

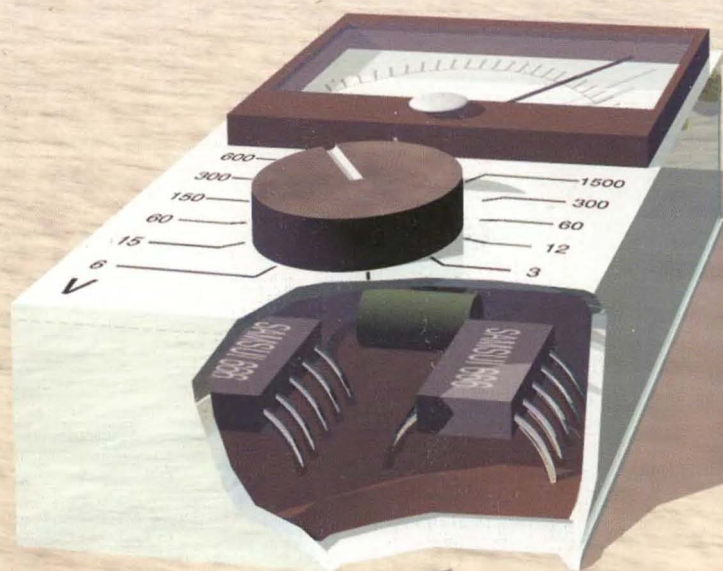
Электронные  
измерения и  
измерительная  
техника

Массовая  
радио •  
библиотека

# Мрб

Кузин В. М.  
Кузин А. В.

# РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ



Hot Line Telecom  
РАДИО И СВЯЗЬ



Основана в 1947 году

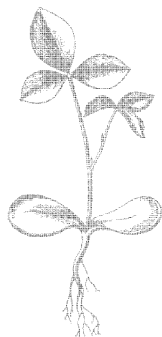
Выпуск 1234

**В.М. Кузин,  
О.В. Кузина**

# **РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ**

Справочник

Москва  
«Радио и связь»  
«Горячая линия — Телеком»  
2001



Scan AAW

УДК 621.396.6.001.92(03)

ББК 32.842

К89

**Кузин В.М., Кузин А.В.**

**К89** Ремонт комбинированных приборов: Справочник. — М.: Радио и Связь. Горячая линия—Телеком, 2001 г. — 264 с.: ил.

**ISBN 5-256-01478-1.**

Рассмотрены принцип действия, устройство, характеристики и основные правила применения комбинированных приборов. Приведены принципиальные электрические схемы, схемы расположения элементов, карты электрических цепей и другие сведения об отечественных и наиболее распространённых зарубежных комбинированных приборах. Даны практические рекомендации по отысканию и устранению неисправностей. Предложены для повторения радиолюбителями, разработанные авторами и реализованные ими на практике, схемы оригинальных измерительных приборов.

Для подготовленных радиолюбителей.

**ББК 32.842**

Справочное издание

Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1234

Кузин Василий Михайлович  
Кузин Александр Васильевич

**Ремонт комбинированных приборов**

**Редактор И.Н. Суслова**

**ИБ № 2903**

ЛР № 061888 от 19.12.97.

Подписано в печать 13.03.2001. Формат 60×88 1/16. Бумага газетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,22. Уч.-изд. л. 15,45. Тираж 2500 экз. Заказ 4910.

ЛР № 071334 от 22.08.96. Издательский Дом "Грааль",  
141200, г. Пушкино Моск. обл., ул. Лесная, д. 5.

Отпечатано в Производственно-издательском комбинате ВИНТИ,  
140010, г. Люберцы, Московской обл., Октябрьский пр-т, 403. Тел. 554-21-86.

**ISBN 5-256-01478-1**

© Кузин В.М., Кузин А.В., 1999

## Предисловие

В практике измерений большое распространение получили переносные комбинированные приборы, позволяющие измерять несколько физических величин в широких пределах значений. Наиболее полно возможности переносных комбинированных приборов можно реализовать при условии правильной эксплуатации и учета влияния их характеристик на результаты измерений, что требует прежде всего знакомства с теорией измерений и наличия необходимой информации о комбинированных приборах как средствах измерений.

В процессе эксплуатации переносных комбинированных приборов могут возникать различного вида неисправности, вызванные как износом и старением элементов системы, так и неправильными действиями оператора. При ремонте этих приборов возможны трудности, связанные с отсутствием маркировки элементов на монтажных платах или колодках, схем расположения элементов и другой необходимой информации.

Предлагаемая читателям книга написана на основе многолетнего опыта эксплуатации переносных комбинированных приборов. В ней изложены основные сведения об измерениях, рассмотрены принципы построения измерительных схем по видам измеряемых физических величин, дана методика подготовки и проведения измерений различных физических величин комбинированными приборами с учетом влияния их характеристик на результаты измерений.

В книге представлены технические и метрологические характеристики, электрические принципиальные, а также монтажные схемы промышленных переносных комбинированных приборов Житомирского производственного объединения «Электроизмеритель» и некоторые варианты исполнения приборов другими заводами.

Подробно рассмотрены вопросы ремонта переносных комбинированных приборов от отыскания неисправностей до подгонки характеристик отдельных элементов с использованием перечня типовых неисправностей и карт электрических цепей на каждый прибор. Такая методика позволяет существенно облегчить ремонт.

Предложен ряд схем любительских комбинированных приборов различного назначения с методикой расчета их элементов и практическими советами по изготовлению. При этом предполагается творческий подход к конструированию и изготовлению приборов в зависимости от конкретных возможностей радиолюбителя. В процессе работы над выбранными конструкциями у читателей могут возникнуть вопросы по компоновке и конструкции приборов. В таких случаях следует обращаться к рекомендованной литературе.

## 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ

В настоящее время все более возрастает значение измерений как источника объективной информации о параметрах, характеризующих состояние и свойства объектов, качество выпускаемой продукции. Любая область науки, техники и практической деятельности человека, в том числе радиолобительская практика, немыслима без измерений, начиная с понятий «далеко — близко», «легкий — тяжелый» и кончая контролем сложных технологических процессов и выполнением научных исследований.

*Метрология* — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Единство измерений — такое их состояние, при котором результаты выражены в стандартизованных единицах и погрешность измерений известна с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

*Измерение* — процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств (средств измерений).

*Средство измерения* — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства. Появляются все более сложные, точные и удобные в работе приборы. Среди их множества особое место занимают комбинированные приборы — постоянные спутники и помощники основной массы радиолюбителей и большого числа специалистов, занимающихся обслуживанием и ремонтом различного рода оборудования — от автоматических линий до бытовой техники.

*Комбинированным прибором* называют средство измерений, с помощью которого можно измерять несколько физических величин в широком интервале значений.

*Физическая величина* — свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Взять хотя бы электрическое напряжение — это свойство, в качественном отношении общее для всех источников электрической энергии — от гидроэлектростанции до гальванического элемента, но в количественном отношении различное и характеризующееся конкретным численным значением. Если на гальваническом элементе написано, например, «1,5 В», то число 1,5 — это значение напряжения, а буква В означает, что оно измерено в единицах напряжения, называемых вольтами.

Некоторые единицы физических величин представлены в табл. 1.

Различают истинное и действительное значения физической величины. *Истинное значение физической величины* — значение, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство данного объекта. Истинное значение практически недостижимо. По-

Таблица 1. Единицы физических величин

| Физическая величина | Единица                  |             |               |                                         |                          |                      | Соотношение между кратной и основной единицей                                                                                                       |
|---------------------|--------------------------|-------------|---------------|-----------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | основная или производная |             |               | кратная или доляная                     |                          |                      |                                                                                                                                                     |
|                     | наименование             | обозначение |               | наименование                            | обозначение              |                      |                                                                                                                                                     |
|                     |                          | русское     | международное |                                         | русское                  | международное        |                                                                                                                                                     |
| Ток                 | Ампер                    | А           | А             | Миллиампер<br>Микроампер<br>Наноампер   | мА<br>мкА<br>нА          | mA<br>μA<br>nA       | $1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$<br>$1 \text{ мкА} = 10^{-6} \text{ А}$<br>$1 \text{ нА} = 10^{-9} \text{ А}$                                     |
| Напряжение          | Вольт                    | В           | V             | Киловольт<br>Милливольт<br>Микровольт   | кВ<br>мВ<br>мкВ          | kV<br>mV<br>μV       | $1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$<br>$1 \text{ мВ} = 10^{-3} \text{ В}$<br>$1 \text{ мкВ} = 10^{-6} \text{ В}$                                        |
| Сопротивление       | Ом                       | Ом          | Ω             | Мегаом<br>Килоом<br>Гигаом<br>Тераом    | МОм<br>кОм<br>ГОм<br>ТОм | MΩ<br>kΩ<br>GΩ<br>TΩ | $1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$<br>$1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$<br>$1 \text{ ГОм} = 10^9 \text{ Ом}$<br>$1 \text{ ТОм} = 10^{12} \text{ Ом}$ |
| Емкость             | Фарада                   | Ф           | F             | Микрофарада<br>Нанофарада<br>Пикофарада | мкФ<br>нФ<br>пФ          | μF<br>nF<br>pF       | $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$<br>$1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$<br>$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$                                    |
| Частота             | Герц                     | Гц          | Hz            | Килогерц<br>Мегагерц<br>Гигагерц        | кГц<br>МГц<br>ГГц        | kHz<br>MHz<br>GHz    | $1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц}$<br>$1 \text{ МГц} = 10^6 \text{ Гц}$<br>$1 \text{ ГГц} = 10^9 \text{ Гц}$                                         |

этому на практике используют *действительное значение физической величины* — значение, полученное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному, что в том или ином конкретном случае может быть использовано вместо него.

По физическому смыслу измерения подразделяют на прямые и косвенные. *Прямое измерение* — измерение, при котором искомое значение физической величины считают непосредственно со шкалы прибора. Например, измерение напряжения вольтметром, тока — амперметром.

*Косвенное измерение* — измерение, при котором искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями. Например, вычисление значения тока по формуле  $I = U/R$ , причем значение напряжения

измеряют вольтметром, а значение сопротивления резистора, как правило, постоянно и известно.

Основная задача измерений — обеспечение точности, достоверности, сравнимости результатов и их единство. Вопросы теории и практики обеспечения единства и точности результатов измерений, получаемых с помощью средств измерений, определяют содержание метрологии.

Точность измерений характеризуется близостью их результатов  $X$  к истинным (действительным) значениям  $X_0$  и выражается погрешностью измерения. Различают абсолютную  $\Delta X$ , относительную  $\delta$  и приведенную  $\gamma$  погрешности.

*Абсолютная погрешность* — непосредственное отклонение измеренного значения  $X$  от действительного  $X_0$ , выражаемое в единицах измеряемой величины:

$$\Delta X = X - X_0.$$

Например, если при измерении напряжения, действительное значение которого  $U_0 = 100$  В, получено измеренное значение  $U = 98$  В, то абсолютная погрешность измерения

$$\Delta U = U - U_0 = -2 \text{ В}$$

или при измерении напряжения, действительное значение которого  $U_0 = 1$  В, получено измеренное значение  $U = 1,05$  В, то абсолютная погрешность

$$\Delta U = U - U_0 = 0,05 \text{ В}.$$

*Относительная погрешность* служит для оценки точности измерений. Ее выражают отношением абсолютной погрешности к действительному (или измеренному) значению в долях или процентах:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_0} \approx \frac{\Delta X}{X}; \quad \delta = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100.$$

Для приведенных примеров

$$1) \quad \delta = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = -2 \%,$$

$$2) \quad \delta = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = 5 \%.$$

Следовательно, первое измерение является более точным, хотя абсолютная погрешность в первом примере больше, чем во втором.

Для сравнительной оценки точности электромеханических приборов, в том числе комбинированных, используют приведенную погрешность, под которой понимают выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению  $X_N$ :

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100.$$

Значение  $X_N$  для однопредельных приборов принимают равным конечному значению шкалы прибора или сумме конечных значений, если шкала двусторонняя, для многопредельных приборов — пределу измерения, на котором ведут измерение.

При существенно неравномерной шкале (логарифмической, гиперболической) приведенную погрешность выражают в процентах от длины шкалы:

$$\gamma = \frac{\Delta X_l}{LC} \cdot 100,$$

где  $L$  — длина рабочей части шкалы, мм;  $l$  — расстояние между двумя соседними делениями на участке шкалы, где остановилась стрелка, мм;  $C$  — цена упомянутого расстояния в единицах измеряемой величины.

Приведенную погрешность, определенную для конкретного прибора при нормальных условиях (определенных температуре, влажности, атмосферном давлении и др.), называют основной погрешностью прибора. Нормальные условия указывают в техническом описании прибора. Основная погрешность обусловлена выбранным методом измерения, конструктивными недостатками прибора, погрешностью градуировки шкалы, погрешностью отсчета. При отклонении условий эксплуатации прибора от нормальных возникают дополнительные погрешности (температурная, частотная и др.).

Обобщенную характеристику, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, называют классом точности прибора и определяют стандартом. Класс точности характеризует свойства приборов в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности отдельных измерений, выполняемых с помощью этих приборов. Приборам, у которых пределы допускаемой основной погрешности заданы приведенной погрешностью, присваивают согласно ГОСТ 8401—80 тот или иной класс точности, выбираемый из ряда:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ , где  $n = 1, 0, -1, -2$  и т. д., например, для электроизмерительных приборов приняты классы точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, где более точным является прибор с классом точности 0,02.

Через определенное время, установленное метрологическими документами, а также после ремонта при сомнениях в показаниях и т. д. проводят проверку соответствия допускаемой основной погрешности прибора установленному классу точности, иначе говоря, прибор подвергают поверке. Поверкой средства измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки его погрешности с целью выяснить, соответствуют ли точностные характеристики средства измерений регламентированным значениям и пригоден ли оно к применению.

Для поверки приборов класса точности 0,5...4,0, к которым отнесены и комбинированные приборы, применяют метод сравнения их показаний с показаниями образцовых (более точных) приборов. Образцовый прибор выбирают исходя из характеристик поверяемого прибора, а именно: рода измеряемой величины (амперметр, вольтметр, микроамперметр и т. д.), рода измеряемого тока (постоянный, переменный) и частотного диапазона для переменного тока, класса точности (класс точности образцового прибора должен быть выше класса точности поверяемого не менее чем в 4 раза), предела измерений (конечные значения шкал образцового и поверяемого приборов не должны отличаться более чем на 25 %).

При отсутствии образцового прибора, удовлетворяющего последнему требованию, можно использовать прибор с большим пределом измерений, но более высокого класса точности, определяемого по формуле

$$\gamma_0 \leq \frac{\gamma_n \cdot A_n}{4A_0},$$

где  $\gamma_0$  — класс точности образцового прибора,  $\gamma_n$  — класс точности поверяемого прибора,  $A_n$  — предел измерения поверяемого прибора,  $A_0$  — предел измерения образцового прибора.

При проверке основная погрешность прибора определяется для каждой числовой отметки шкалы поверяемого прибора 2 раза. Вначале, увеличивая выходное напряжение (ток) источника питания, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы, плавно подводя его к этой отметке со стороны меньших значений («снизу»), и определяют для каждой поверяемой точки действительное значение измеряемой величины по образцовому прибору  $\uparrow A_{0i}$ . Дойдя до конца шкалы, увеличивают измеряемую величину так, чтобы указатель (стрелка) поверяемого прибора дошел до упора, и тогда плавно уменьшая напряжение, снимают показания образцового прибора  $\downarrow A_{0i}$  для каждой отметки шкалы  $A_{ni}$  поверяемого прибора подводя к ней указатель со стороны больших значений («сверху»).

Для каждой числовой отметки шкалы вычисляют среднее арифметическое действительных значений  $A_{0i} = \frac{\uparrow A_{0i} + \downarrow A_{0i}}{2}$  и абсолютные погрешности  $\Delta A_i = A_{ni} - A_{0i}$ .

Затем проверяют условие соответствия определенной допускаемой погрешности классу точности

$$\frac{\Delta A_{\max}}{A_n} \cdot 100 \leq \gamma_n,$$

где  $\gamma_n$  — класс точности поверяемого прибора,  $\Delta A_{\max}$  — наибольшее числовое значение абсолютной погрешности без учета знака,  $A_n$  — предел измерения, на котором проводилась проверка.

Если условие выполняется, то точностные характеристики прибора соответствуют требуемым и его считают пригодным к эксплуатации.

Встроенные омметры и измерители емкости поверяют путем измерения известных значений соответствующих величин, например набора (магазинов) резисторов или конденсаторов, параметры которых приняты за действительные значения. Допускаемая погрешность вычисляется как приведенная погрешность к длине шкалы при каждом значении измеряемой величины.

Здесь описан упрощенный подход к проведению проверки. В действительности процесс поверки средств измерений есть сложный комплекс мероприятий, связанный с определением большого числа характеристик. Поверку имеют право проводить поверители, имеющие специальную подготовку и удостоверение на право поверки, выдаваемое метрологическими органами. Факт поверки оформляют документально, а на прибор наносят специальное клеймо, несущее информацию о квартале и годе поверки, номере и принадлежности организации, ее проводившей.

## 2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Комбинированные приборы являются универсальными измерительными многопредельными приборами. Их применяют для непосредственного измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления

постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения, для контроля наличия или отсутствия тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов; для определения обрыва или замыкания цепей в кабелях, жгутах, предохранителях и электрорадиоэлементах, для проверки исправности различных электрорадиоэлементов.

Приборы могут иметь до четырех десятков пределов измерений. Малое число органов управления современными комбинированными приборами создает удобства в эксплуатации и снижает вероятность выхода приборов из строя вследствие неправильного применения.

Технические характеристики отечественных комбинированных приборов приведены в табл. 2. Основная погрешность (класс точности) приборов выражена в процентах от значений пределов измерений, указанных в таблице для постоянного и переменного токов и напряжений. При измерении сопротивления постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения — в процентах от длины рабочей части шкалы.

Основная погрешность приборов не превышает указанных значений при нормальных условиях или нормальных значениях влияющих факторов, а именно: рабочее положение — горизонтальное с отклонением  $\pm 2^\circ$ , температура 15...25 °C (для вариантов с буквой «Т» в обозначении 22...32 °C), влажность — 80 %, форма кривой тока или напряжения — синусоидальная.

Изменение показаний приборов при отклонении их рабочего положения от горизонтального на  $10^\circ$  в любом направлении не превышает допускаемых погрешностей.

Дополнительные погрешности, вызванные изменением температуры на 10 °C в пределах рабочих температур, не превышают основных погрешностей.

Изменения показаний приборов, вызванные изменением частоты от границ номинальных областей до любых значений в расширенных областях частот при измерении переменного тока и напряжения, относительного уровня переменного напряжения, не превышают допустимых значений основных погрешностей.

Погрешность измерений, вызванная отклонением формы кривой тока или напряжения от практически синусоидальной под влиянием второй, третьей или пятой гармонических составляющих, равной 5 % действующих значений измеряемого тока или напряжения, не превышает значения основной погрешности.

Изоляция приборов между всеми изолированными электрическими цепями и корпусом приборов при нормальных значениях температуры и влажности выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения (значение указано на шкале приборов в киловольтах) практически синусоидальной формы и частотой 50 Гц.

В комбинированных приборах применен измерительный механизм магнито-электрической системы с внутрирамочным магнитом. Принцип действия этих механизмов основан на взаимодействии измеряемого тока, протекающего по проводникам подвижной катушки, с магнитным полем постоянного магнита. В приборах более ранних выпусков еще применяли измерительные механизмы с внешним магнитом. Их принцип действия аналогичен.

Магнитоэлектрический механизм с внутрирамочным магнитом (рис. 1) содержит внутренний цилиндрический магнит 8 из магнитотвердого материала, кольцо 6 из магнитомягкого материала. В воздушном зазоре между ними образуется практически равномерное магнитное поле. В воздушном зазоре помещена рамка 7 из изолированного медного провода диаметром 0,02...0,5 мм, намотанного на легкий алюминиевый каркас прямоугольной формы. К рамке с двух сторон прикреплены алюминиевые буквы 5, в которых закреплены полусоси 3 и 9.

Полусоси выполнены в виде легких алюминиевых трубок, в которые с одной

Т а б л и ц а 2. Характеристики комбинированных приборов

| Прибор   | Виды и пределы измерения      |                                |                       |                       |                       |
|----------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          | постоянное<br>напряжение<br>В | переменное<br>напряжение,<br>В | постоянный ток,<br>мА | переменный<br>ток, мА | сопротивление,<br>кОм |
| ТТ-1     | 10...1000                     | 10...1000                      | 0,2...500             | —                     | 2...2000              |
| ТТ-2     | 7,5...900                     | 7,5...900                      | 0,3...750             | —                     | 2...2000              |
| ТТ-3     | 0,1...1000                    | 1...1000                       | 0,3...3000            | —                     | 2...20 000            |
| ПР-5М    | 6...600                       | 6...600                        | 0,06...600            | —                     | 0,5...5000            |
| АВО-5М   | 3...6000                      | 3...6000                       | 0,06...12 000         | 3...12 000            | 0,3...3000            |
| Ц20      | 1,5...600                     | 7,5...600                      | 0,3...750             | —                     | 1...1000              |
| Ц20-05   | 0,1...1000                    | 0,1...1000                     | 0,1...1000            | 0,1...1000            | 1...1000              |
| Ц51      | 3...7500                      | 3...6000                       | 0,75...15 000         | 3...15 000            | 3...30 000            |
| Ц52      | 0,075...7500                  | 3...6000                       | 0,15...6000           | 3...6000              | 10...10 000           |
| Ц55      | 0,075...600                   | 0,75...600                     | 0,3...1500            | 0,3...1500            | 10...10 000           |
| Ц56      | 0,075...600                   | 0,3...600                      | 0,3...6000            | 1,5...6000            | 3...3000              |
| Ц56/1    | 0,075...900                   | 0,3...900                      | 0,3...6000            | 1,5...6000            | 5...5000              |
| Ц57      | 0,075...600                   | 3...600                        | 0,15...1500           | 3...1500              | 3...3000              |
| Ц315     | 2,5...1000                    | 2,5...1000                     | 1...5000              | 2,5...5000            | 5...5000              |
| Ц430     | 0,75...600                    | 3...600                        | —                     | —                     | 3...3000              |
| Ц430/1   | 0,75...600                    | 3...600                        | —                     | —                     | 3...3000              |
| Ц431     | 3...600                       | 3...600                        | 0,3...6000            | 0,3...6000            | 0,3...3000            |
| Ц431/1   | 3...600                       | 3...600                        | 0,3...6000            | 0,3...6000            | 0,3...3000            |
| Ф432     | 6...600                       | 0,015...600                    | 0,06...30             | 0,6...3               | 20...2000             |
| Ц433     | 0,075...750                   | 1,5...750                      | 0,15...7500           | 3...7500              | —                     |
| Ц434     | 0,5...1000                    | 1,5...1000                     | 0,05...100            | 0,25...25 000         | 3...30 000            |
| Ф434     | 0,3...600                     | 1,5...750                      | 0,06...600            | 0,3...300             | 5...500               |
| (Ф434/1) |                               |                                |                       |                       |                       |
| Ц435     | 0,075...1000                  | 2,5...1000                     | 0,05...2500           | 5...2500              | 3...3000              |
| Ц437     | 2,5...1000                    | 2,5...1000                     | 0,1...1000            | —                     | 0,3...3000            |
| Ц438     | 0,075...600                   | 0,3...600                      | 6...15 000            | 6...15 000            | 0,1...1000            |
| Ц4311    | 0,075...750                   | 0,75...750                     | 0,3...7500            | 3...7500              | —                     |
| Ц4312    | 0,075...900                   | 0,3...900                      | 0,3...6000            | 1,5...3000            | 0,2...3000            |
| Ц4313    | 0,075...600                   | 1,5...600                      | 0,06...1500           | 0,6...1500            | 0,5...5000            |
| Ц4314    | 0,075...600                   | 0,75...600                     | 0,012...1500          | 0,3...1500            | 1...10 000            |
| Ц4315    | 0,075...1000                  | 1...1000                       | 0,05...2500           | 0,5...2500            | 0,3...5000            |
| Ц4317    | 0,1...1000                    | 0,5...1000                     | 0,025...5000          | 0,25...5000           | 0,2...3000            |
| Ф4313    | 0,06...1200                   | 0,3...1200                     | 0,06...6000           | 0,6...6000            | 5000                  |
| Ф4318    | 0,001...1000                  | 0,001...1000                   | 0,001...30 000        | 0,001...30 000        | 0,5...5000            |
| Ц4323    | 0,5...1000                    | 2,5...1000                     | 0,05...500            | 0,05                  | 0,5...500             |
| Ц4324    | 0,6...1200                    | 3...900                        | 0,06...3000           | 0,3...3000            | 0,2...5000            |
| Ц4325    | 0,12...600                    | 3...600                        | 0,03...3000           | 0,3...3000            | 0,5...5000            |
| Ц4326    | 0,6...900                     | 3...900                        | 0,06...3000           | 0,3...3000            | 0,2...2000            |

| емкость, мкФ                         | Частотный диапазон, Гц | Класс точности, %, при измерении |                               |               | Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении |                        | Габаритные размеры, мм  | Масса, кг |
|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
|                                      |                        | постоянного тока и напряжения    | переменного тока и напряжения | сопротивления | постоянного напряжения                         | переменного напряжения |                         |           |
| —                                    | 50...1000              | 4,0                              | 4,0                           | 10            | 5                                              | —                      | 215×115×75              | 1,6       |
| —                                    | 50...5000              | 4,0                              | 4,0                           | 4,0           | 2,5                                            | —                      | 215×115×75 <sup>5</sup> | 1,5       |
|                                      |                        | и 2,5                            |                               |               |                                                |                        |                         |           |
| —                                    | 40...10 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 10                                             | 3,3                    | 135×110×65              | 1         |
| —                                    | 45...10 000            | 4,0                              | 4,0                           | 2,5           | 16,7                                           | 7                      | 169×116×73              | 1,3       |
| —                                    | 50...1000              | 4,0                              | 5,0                           | 2,5           | 20                                             | 2                      | 270×220×220             | 8,5       |
| —                                    | 50...5000              | 4,0                              | 4,0                           | 4,0           | 10                                             | 2                      | 208×118×75              | 1,6       |
| —                                    | 20...20 000            | 4,0                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 20                     | 210×95×75               | 1,2       |
| —                                    | 30...10 000            | 1,0                              | 1,5                           | 1,0           | 20                                             | 2                      | 265×185×135             | 4         |
|                                      |                        | и 2,5                            |                               |               |                                                |                        |                         |           |
| 0,005...10                           | 45...1000              | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 20                                             | 2                      | 205×110×80              | 1,3       |
|                                      |                        | и 4,0                            | и 4,0                         |               |                                                |                        |                         |           |
| 0,1                                  | 45...5000              | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 8,3                                            | 3,3                    | 205×110×84              | 1,3       |
| —                                    | 45...10 000            | 1,0                              | 1,5                           | 1,0           | 0,67                                           | 0,67                   | 205×110×84              | 1,3       |
| —                                    | 45...10 000            | 1,0                              | 1,5                           | 1,0           | 0,67                                           | 0,67                   | 205×110×84              | 1,3       |
| 0,3                                  | 45...5000              | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 20                                             | 10                     | 205×110×90              | 1,3       |
| —                                    | 45...1000              | 1,5                              | 2,5                           | 2,5           | 1                                              | 0,4                    | 210×130×90              | 1,6       |
| —                                    | 45...20 000            | 2,5                              | 2,5                           | 2,5           | 8                                              | 8                      | 128×88×50               | 0,45      |
| —                                    | 45...20 000            | 4,0                              | 4,0                           | 2,5           | 8                                              | 8                      | 128×88×50               | 0,45      |
| —                                    | 45...10 000            | 1,5                              | 2,5                           | 2,5           | —                                              | —                      | 170×85×45               | —         |
| —                                    | 45...10 000            | 2,5                              | 4,0                           | 4,0           | —                                              | —                      | 170×85×45               | —         |
| —                                    | 45...20 000            | 2,5                              | 4,0                           | 1,5           | 16,7                                           | 1000                   | 210×115×90              | 1,4       |
| —                                    | 45...16 000            | 0,5                              | 1,0                           | —             | 10                                             | 0,67                   | 220×170×85              | 1,7       |
| —                                    | 45...10 000            | 1,0                              | 2,5                           | 1,0           | 20                                             | 2                      | 240×200×150             | 2,6       |
|                                      |                        | и 1,5                            |                               | и 1,5         |                                                |                        |                         |           |
| —                                    |                        | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 16,7                                           | 3,38                   | 210×115×90              | 1,3       |
| 0,3                                  | 45...20 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 2                      | 205×110×84              | 1,3       |
| —                                    | 45...40 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 10                                             | 10                     | 212×118×75              | 1,3       |
| —                                    | 45...10 000            | 1,5                              | 2,5                           | 2,5           | 0,67                                           | 0,67                   | 250×200×115             | 2,5       |
| —                                    | 45...16 000            | 0,5                              | 1,0                           | —             | 0,33                                           | 0,3                    | 295×225×125             | 4         |
| —                                    | 45...10 000            | 1,0                              | 1,5                           | 1,0           | 0,67                                           | 0,67                   | 215×115×90              | 1,5       |
| —                                    | 45...5 000             | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 20                                             | 2                      | 215×115×90              | 1,5       |
| 0,0005                               | 45...15 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 83                                             | 3,3                    | 215×115×90              | 1,5       |
| 0,1                                  | 45...20 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 2                      | 215×115×90              | 1,5       |
| 0,03...0,5                           | 45...5 000             | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 2                                              | 4                      | 223×120×95              | 2         |
| —                                    | 45...10 000            | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 20                                             | 20                     | 225×120×95              | 2         |
| —                                    | 30...20 000            | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 1000                                           | 666                    | 315×140×100             | 3,5       |
| 0,05...500<br>НЧ-1 кГц<br>ПЧ-465 кГц | 45...30 000            | 5,0                              | 5,0                           | 5,0           | 20                                             | 20                     | 145×90×42               | 0,45      |
| —                                    | 45...20 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 4                      | 167×96×63               | 0,6       |
| —                                    | 45...20 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 4                      | 162×98×62               | 0,8       |
| —                                    | 45...20 000            | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 4                      | 170×100×65              | 0,6       |

| Прибор   | Виды и пределы измерения |                          |                    |                    |                    |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          | постоянное напряжение, В | переменное напряжение, В | постоянный ток, мА | переменный ток, мА | сопротивление, кОм |
| Ц4328    | 0,3...30                 | 3...300                  | 6                  | —                  | 100                |
| Ц4331    | —                        | 3...30                   | —                  | —                  | —                  |
| Ц4340    | 0,5...1000               | 2,5...1000               | 0,05...25 000      | 0,25...2500        | 3...3000           |
| Ц4341    | 0,3...900                | 1,5...750                | 0,06...600         | 0,3...300          | 0,5...5000         |
| Ц4342    | 1...1000                 | 1...1000                 | 0,05...2500        | 0,25...2500        | 0,3...5000         |
| Ц4342-М1 | 0,1...1000               | 1...1000                 | 0,05...2500        | 0,05...2500        | 0,3...10 000       |
| Ц4352    | 0,075...900              | 0,3...900                | 0,3...6000         | 1,5...6000         | 0,2...3000         |
| Ц4353    | 0,075...600              | 1,5...600                | 0,06...1500        | 0,6...1500         | 0,3...5000         |
| Ц4354    | 0,075...600              | 0,75...600               | 0,12...1500        | 0,12...1500        | 3...3000           |
| Ц4354-М1 | 0,075...600              | 0,75...600               | 0,012...1500       | 0,12...1500        | 0,3...5000         |
| Ц4360    | 0,5...1000               | 2,5...1000               | 0,05...2500        | 0,5...2500         | 0,2...3000         |
| Ц4380    | 0,075...600              | 0,3...600                | 6...15 000         | 6...15 000         | 1...1000           |
| Ц4382    | 2,5...1000               | 2,5...1000               | 0,5...2500         | 0,5...2500         | 2...200            |
| Ц4393    | 3...600                  | 3...600                  | 0,12...1500        | —                  | 0,5...500          |
| 43101    | 0,075...1000             | 0,5...1000               | 0,05...5000        | 0,25...10 000      | 0,2...10 000       |
| 43102    | 0...40                   | 0...400                  | —                  | —                  | 0,1...100          |
| 43109    | 0,5...1000               | 10...1000                | 0,05...500         | —                  | 0,02...500         |
| 43104    | 0,6...1200               | 3...1200                 | 0,06...3000        | 0,3...3000         | 0,2...10 000       |

стороны запрессованы керны (отрезки стальных стержней, заточенных с внешней стороны на конус). Опираются керны на агатовые или корундовые подпятники, закрепленные на неподвижных частях прибора. Рамка 7 может поворачиваться вместе с полуосями 3 и 9 стрелкой 1, конец которой перемещается над шкалой 2. Плоские спиральные пружины 4 и 11 служат для создания момента, противодействующего повороту рамки, и для подвода тока к рамке. Одна из пружин закреплена между полуосью и корпусом. Другая пружина, со стороны шкалы, одним концом прикреплена к полуоси, а другой — к корректору 12, вилка которого охватывает эксцентричный стержень винта корректора 13. Вращением винта стрелка устанавливается на нулевое деление шкалы. Противовесы 10 служат для уравнивания подвижной части механизма с целью стабилизации положения стрелки 1 при изменении положения прибора и уменьшения момента трения, возникающего при вращении рамки между кернами и подпятниками.

Наиболее распространены магнитоэлектрические измерительные механизмы на растяжках (рис. 2), применяемых для крепления подвижной рамки к корпусу

| емкость,<br>мкФ                         | Частотный<br>диапазон, Гц | Класс точности, %, при измерении |                               |               | Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении |                        | Габаритные размеры, мм | Масса, кг |
|-----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
|                                         |                           | постоянного тока и напряжения    | переменного тока и напряжения | сопротивления | постоянного напряжения                         | переменного напряжения |                        |           |
| Частота вращения 9000 мин <sup>-1</sup> | —                         | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 10                                             | 2                      | 215×115×90             | 1,5       |
| —                                       | 50. 1 000 000             | —                                | 1,0                           | —             | —                                              | 0,333                  | 270×170×90             | 2         |
|                                         | 45...10 000               | 1,0                              | 1,5                           | 1,5           | 20                                             | 2                      | 255×190×130            | 3,5       |
|                                         | 45...20 000               | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 16,7                                           | 3,3                    | 215×115×90             | 1,2       |
| Параметры транзисторов                  | 45...2000                 | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 3,6/0,2                | 215×115×90             | 1,2       |
| То же                                   | 45...2000                 | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 3,6/0,2                | 215×115×90             | 1,2       |
| —                                       | 45...10 000               | 1,0                              | 1,5                           | 1,0           | 0,7                                            | 0,7                    | 215×115×90             | 1,5       |
| 0,0005                                  | 45...5000                 | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 20                                             | 2                      | 215×115×90             | 1,5       |
| 0,1                                     | 45...20 000               | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 83                                             | 8,3                    | 215×115×90             | 1,8       |
| 0,1                                     | 45...20 000               | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 36/16                                          | 36/16                  | 215×115×90             | 1,5       |
|                                         | 45...5000                 | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 2                      | 215×115×90             | 1,5       |
| Генератор импульсов                     | 45...10 000               | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 0,7                                            | 0,7                    | 290×200×135            | 3,5       |
| —                                       | 45...200                  | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 7,5                                            | 2                      | 260×178×120            | 3         |
| 0,5                                     | 45...5000                 | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 10                                             | 2                      | 260×200×150            | 2,6       |
| до 1                                    | 45...10 000               | 1,5                              | 2,5                           | 1,5           | 20                                             | 4                      | 215×115×90             | 1,5       |
| Частота вращения 9000 мин <sup>-1</sup> | —                         | 1,5                              | 2,5                           | 2,5           | 10                                             | —                      | 160×120×80             | 0,7       |
| —                                       | 45...20 000               | 4,0                              | 4,0                           | 4,0           | 20                                             | 5                      | 135×85×45              | 0,35      |
| Параметры транзисторов                  | 45...20 000               | 2,5                              | 4,0                           | 2,5           | 20                                             | 4                      | 112×176×52             | 0,6       |

механизма, создания противодействующего момента и подвода тока к виткам рамки. Растяжки 4 и 8 представляют собой тонкие ленточные пружины из бронзы. Одна из растяжек 4 закреплена на корпусе измерительного механизма. Другая растяжка 8 припаивается к подвижной шайбе 10 корректора. Применение растяжек упрощает конструкцию прибора и исключает момент трения, возникающий при движении рамки.

Легкая трубчатая алюминиевая стрелка и шкала образуют отсчетное устройство. Шкала комбинированных приборов многопредельная и содержит большое количество информации о характеристиках прибора (рис. 3). Для уменьшения погрешности отсчета иногда шкалу снабжают зеркалом, помещенным под узким дугообразным вырезом в ней, а стрелку выполняют ножевидной формы с плоскостью, расположенной перпендикулярно шкале. Показания считывают при таком положении глаза наблюдателя, когда стрелка закрывает свое изображение в зеркале.

При протекании по рамке измеряемого тока на ее активные стороны, расположенные в воздушном зазоре между магнитом и кольцом, действует пара

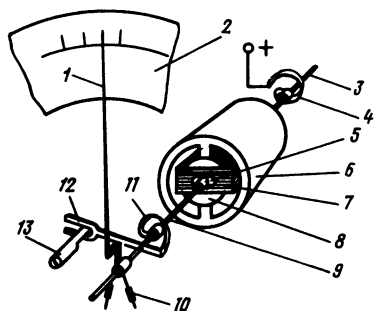


Рис. 1. Магнитоэлектрический измерительный механизм на кернах с внутрирамочным магнитом:

1 — стрелка; 2 — шкала; 3, 9 — полюсы; 4, 11 — спиральные пружины; 5 — бусса; 6 — кольцо из магнитоякого материала; 7 — рамка; 8 — постоянный магнит; 10 — противовесы; 12, 13 — корректоры

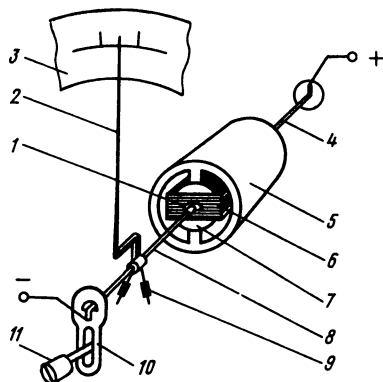


Рис. 2. Магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом:

1 — бусса; 2 — стрелка; 3 — шкала; 4, 8 — растяжки; 5 — кольцо из магнитоякого материала; 6 — рамка; 7 — постоянный магнит; 9 — противовесы; 10 — корректор; 11 — винт корректора

сил, создающая вращающий момент, направление которого определяется правилом левой руки. Вращающий момент вызывает поворот рамки на угол, при котором этот момент оказывается уравновешенным противодействующим моментом, возникающим при закручивании пружин или растяжек. Благодаря равномерному постоянному магнитному полю в воздушном зазоре вращающий момент, а следовательно, и угол  $\alpha$  отклонения подвижной части пропорциональны току  $I$ , протекающему через рамку. Этот угол

$$\alpha = \frac{BSw}{M_{уд}} I,$$

где  $B$  — магнитная индукция в воздушном зазоре, зависящая от свойств применяемого магнита,  $S$  — площадь рамки,  $w$  — число витков обмотки рамки,  $M_{уд}$  — удельный противодействующий момент, определяемый материалом пружин (растяжек) и их размерами.

Очевидно, что угол  $\alpha$  отклонения подвижной части измерительного механизма линейно увеличивается вместе с измеряемым током  $I$ , поэтому шкала магнитоэлектрических механизмов равномерна.

Магнитная индукция в воздушном зазоре, число витков и площадь рамки, а также удельный противодействующий момент остаются постоянными и определяют чувствительность механизма.

При движении рамки в ее алюминиевом каркасе индуцируется ток, взаимодействие которого с полем постоянного магнита создает тормозной момент, всегда направленный против направления движения рамки. Это приводит к быстрому успокоению подвижной части механизма. Для магнитоэлектрических измерительных приборов время успокоения части не превышает 4 с.

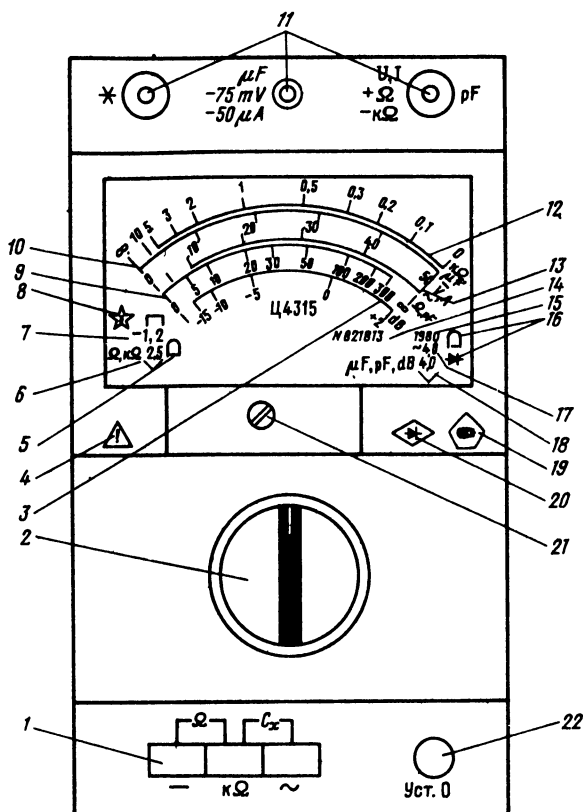


Рис. 3. Шкала и органы управления комбинированного прибора:

1 — переключатель рода работ, 2 — переключатель пределов измерений, 3 — шкала децибел; 4 — *Внимание! Изучи инструкцию*; 5 — обозначение магнитоэлектрической системы; 6 — класс точности встроенного омметра; 7 — класс точности ампервольтметра постоянного тока; 8 — сопротивление изоляции испытано напряжением 3 кВ; 9 — шкала параллельного омметра; 10 — шкала ампервольтметра постоянного тока; 11 — входные зажимы; 12 — шкала последовательного омметра; 13 — шкала ампервольтметра переменного тока; 14 — заводской номер, 15 — год выпуска; 16 — обозначение магнитоэлектрической системы с выпрямлением; 17 — класс точности ампервольтметра переменного тока; 18 — класс точности встроенного фарадометра; 19 — знак стандартов; 20 — фирменный знак завода изготовителя; 21 — винт механического корректора; 22 — ручка переменного резистора «Уст. 0» встроенных омметров и фарадометров

Кроме чувствительности и времени успокоения механизмы характеризуются током полного отклонения  $I_n$ , т. е. током, вызывающим отклонение стрелки до конечной оцифрованной отметки шкалы, а также напряжением полного отклонения  $U_n$  — падением напряжения на рамке при протекании тока  $I_n$  и внутренним сопротивлением  $R_n$ , которое определяется сопротивлением провода рамки. Перечисленные параметры связаны законом Ома:

$$U_n = I_n R_n$$

Магнитоэлектрические механизмы пригодны для измерений только постоянного тока, изменение направления тока в рамке приводит к изменению направления вращающего момента и отклонению подвижной части. При измерении тока с частотой до 7 Гц стрелка будет непрерывно с этой же частотой колебаться около нулевой отметки шкалы. При большей частоте измеряемого тока подвижная система вследствие своей инерционности не успевает следовать за изменением тока и остается в начальном положении. Если через рамку пропустить пульсирующий ток, то отклонение стрелки будет соответствовать значению постоянной составляющей этого тока.

Магнитоэлектрические механизмы сложны в изготовлении, имеют сравнительно низкую перегрузочную способность, обусловленную перегревом пружин (растяжек) и изменением их свойств, а также их показания зависят от температуры. Последние два обстоятельства необходимо учитывать при эксплуатации механизмов. Вместе с тем механизмы рассматриваемого вида наиболее точны и чувствительны, потребляют от исследуемой цепи очень небольшую мощность, их показания почти не зависят от действия внешних магнитных полей (из-за наличия сильного собственного магнитного поля).

В комбинированных приборах применяют только магнитоэлектрический механизм — микроамперметр с током полного отклонения  $I_n = 10 \dots 300$  мкА и внутренним сопротивлением  $R_n = 30 \dots 1200$  Ом. Пределы измерения по току и напряжению расширяют путем применения шунтов и добавочных резисторов.

Если измеряемый ток  $I$  превышает номинальный ток микроамперметра  $I_n$  с сопротивлением  $R_n$ , то параллельно микроамперметру включают резистор, называемый шунтом, через который протекает ток  $I_{ш}$  (рис. 4):

$$I_{ш} = I - I_n.$$

Сопротивление шунта  $R_{ш}$  находят из условия одинакового падения напряжения при параллельном соединении

$$I_n R_n = I_{ш} R_{ш} = (I - I_n) R_{ш}$$

или

$$R_{ш} = \frac{I_n R_n}{I - I_n}.$$

Поделив числитель и знаменатель правой части равенства на  $I_n$ , получим

$$R_{ш} = \frac{R_n}{I/I_n - 1} = \frac{R_n}{p - 1},$$

где  $p = I/I_n$  — коэффициент расширения по току.

Шунты изготовляют из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом. В комбинированных приборах чаще всего применяют многопредельные ступенчатые шунты (рис. 5), называемые универсальными.

Если принять  $I_1 < I_2$ , то сопротивление шунтов для пределов  $I_1$  и  $I_2$  будет соответственно равно:

$$R_{ш1} = R_1 + R_2 = \frac{R_n}{p_1 - 1}; \quad R_{ш2} = R_1 = \frac{R_2 + R_n}{p_2 - 1},$$

где  $p_1 = I_1/I_n$ ;  $p_2 = I_2/I_n$  — соответствующие коэффициенты расширения. Совместное решение этих уравнений определяет сопротивление резисторов  $R_1$  и

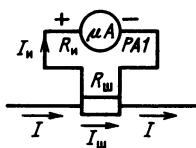


Рис. 4. Схема амперметра

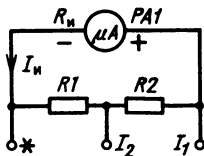


Рис. 5. Схема двухпредельного амперметра

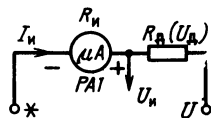


Рис. 6. Схема вольтметра

$R_2$  двухпредельного шунта

$$R_1 = R_n \frac{n_1}{n_1 - 1} \left( \frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right); \quad R_2 = R_n \frac{n_1}{(n_1 - 1)n_2}.$$

Расчет для многопредельного ступенчатого шунта аналогичен.

Микроамперметр с включенным последовательно добавочным резистором используется как вольтметр для измерения напряжения (рис. 6). Измеряемое напряжение  $U$  равно сумме падений напряжения  $U_n$  на внутреннем сопротивлении  $R_n$  микроамперметра и  $U_d$  на добавочном резисторе  $R_d$  при протекающем общем номинальном токе  $I_n$ :

$$U = U_n + U_d; \quad I_n = U_n / R_n = U_d / R_d,$$

откуда

$$R_d = \frac{U}{U_n} R_n = \left( \frac{U - U_n}{U_n} \right) R_n = \left( \frac{U}{U_n} - 1 \right) R_n = (m - 1) R_n,$$

где  $m = U / U_n$  — коэффициент расширения по напряжению.

В комбинированных приборах используется ступенчатое включение резисторов (рис. 7), и для соответствующих пределов измерений  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  при токе измерительного механизма  $I_n$  сопротивления добавочных резисторов рассчитывают по формулам

$$R_1 = (m_1 - 1) R_n; \quad R_2 = (m_2 - 1) R_n - R_1; \quad R_3 = (m_3 - 1) R_n - R_1 - R_2,$$

где  $m_1 = U_1 / U_n$ ;  $m_2 = U_2 / U_n$ ;  $m_3 = U_3 / U_n$  — коэффициенты расширения соответствующих пределов.

В качестве шунтов и добавочных сопротивлений используют резисторы, специально изготовленные из проводов, выполненных из сплавов высокого сопротивления (табл. 3, 4). Провод наматывают на прямоугольные или круглые каркасы, а также на резисторы типов МЛТ, С2-С9 и т. д. (табл. 5).

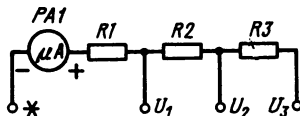


Рис. 7. Схема трехпредельного вольтметра

Таблица 3. Провода, выполненные из сплавов высокого сопротивления

| Марка             | Характеристика                                                                      | Диаметр, мм  |              | Пробивное напряжение, В | Применение                           |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                   |                                                                                     | без изоляции | с изоляцией  |                         |                                      |
| ПЭМТ              | Провод эмалированный манганиновый твердый                                           | 0,02...0,025 | 0,03...0,035 | 100                     | Высокоомные добавочные сопротивления |
| ПЭММ              | Провод эмалированный манганиновый мягкий                                            | 0,03...1     | 0,05...1,1   | 100...300               | Добавочные сопротивления и шунты     |
| ПЭК               | Провод эмалированный константовый                                                   | 0,03...1     | 0,045...1,07 | 100...300               | Добавочные сопротивления и реостаты  |
| ПЭШОМТ (ПЭШОММ)   | Провод эмалированный с одним слоем шелковой изоляции, манганиновый твердый (мягкий) | 0,05...1     | 0,135...1,17 | —                       | Добавочные сопротивления и шунты     |
| ПЭВММ-1 (ПЭВМТ-1) | Провод эмалированный высокопрочный мягкий (твердый)                                 | 0,02...0,4   | 0,04...0,55  | 175...400               | Добавочные сопротивления             |
| ПЭМС              | Провод эмалированный манганиновый высокопрочный стабилизированный                   | 0,05...0,8   | 0,08...0,9   | 175...600               | Добавочные сопротивления и шунты     |

Для измерений на переменном токе магнитоэлектрические микроамперметры применяют совместно с полупроводниковыми выпрямителями. Для рассмотрения работы различных схем выпрямителей необходимо знать, что переменный ток и напряжение переменного тока характеризуются пятью основными параметрами: мгновенным, пиковым, средним, среднев्यпрямленным и среднеквадратическим значениями.

Мгновенное значение — это значение напряжения в определенный момент, например значение напряжения  $u_1$  в момент  $t_1$  или  $u_2$  в момент  $t_2$  (рис. 8).

Пиковое значение  $U_{\text{пик}}$  (амплитудное значение  $U_m$  для синусоидальных переменных напряжений) — наибольшее или наименьшее значение напряжения за время измерения.

Среднее значение переменного напряжения за время измерения

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt.$$

По смыслу среднее значение — это постоянная составляющая переменного напряжения  $u(t)$  за время измерения  $T$ . Графически — это среднее зна-

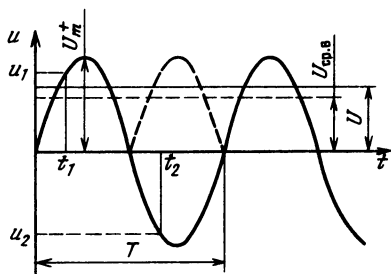


Рис. 8. Синусоидальная форма напряжения

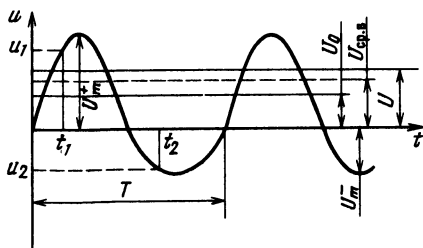


Рис. 9. Несинусоидальная форма напряжения

чение за время  $T$ , равное разности площадей ограниченной кривой под и над осью времени (рис. 8, 9).

Однако среднее значение переменного напряжения, симметричного относительно оси времени за время измерения  $T$ , равно нулю. В этом случае используют средневывпрямленное значение переменного напряжения, определяемое выражением

$$U_{ср. в} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt.$$

Геометрически это сумма площадей, ограниченная кривой над и под осью времени  $t$ . При таком определении считают, что выпрямление двухполупериодное.

Среднеквадратическое значение переменного напряжения за время измерения  $T$  находят из выражения

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [u_2(t)]^2 dt}.$$

Для синусоидального переменного напряжения среднеквадратическое значение называют действующим (эффективным) значением. Действующее значение  $U$  переменного напряжения численно равно такому постоянному напряжению, при действии которого выделяется то же количество тепловой энергии, что и при действии сравниваемого переменного напряжения за одно и то же время.

Связь между параметрами напряжения устанавливают через коэффициенты амплитуды  $K_a$  и формы  $K_\Phi$

$$K_a = U_m / U, \quad K_\Phi = U / U_{ср. в}.$$

Рассмотрим наиболее часто применяемые на практике схемы выпрямителей. На рис. 10 представлены схема прибора с однополупериодной схемой выпрямителя и график протекающего через микроамперметр РА1 выпрямленного тока  $i_n$ . Полупроводниковый диод VD1 пропускает через микроамперметр лишь

Т а б л и ц а 4. Основные параметры проводов, выполненных из сплавов высокого

| Диаметр, мм | Сечение, мм <sup>2</sup> | Манганин (мягкий)        |                     |                                      | Кон                      |
|-------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|
|             |                          | Сопротивление<br>1 м, Ом | Длина на<br>1 Ом, м | Нагрузка<br>(ЧА/мм <sup>2</sup> ), А | Сопротивление<br>1 м, Ом |
|             |                          |                          |                     |                                      |                          |
| 0,03        | 0,00071                  | 606                      | 0,00165             | 0,0028                               | 690                      |
| 0,04        | 0,00126                  | 342                      | 0,00293             | 0,005                                | 389                      |
| 0,045       | 0,00159                  | 271                      | 0,0037              | 0,0064                               | 308                      |
| 0,05        | 0,00196                  | 220                      | 0,00456             | 0,0078                               | 250                      |
| 0,06        | 0,00283                  | 152                      | 0,00658             | 0,011                                | 173                      |
| 0,07        | 0,00385                  | 112                      | 0,00895             | 0,015                                | 127                      |
| 0,08        | 0,00503                  | 85,4                     | 0,0117              | 0,02                                 | 97,4                     |
| 0,09        | 0,00636                  | 67,6                     | 0,0148              | 0,025                                | 77                       |
| 0,1         | 0,00785                  | 54,8                     | 0,0183              | 0,031                                | 64,2                     |
| 0,11        | 0,0095                   | 45,3                     | 0,0221              | 0,038                                | 51,6                     |
| 0,12        | 0,0113                   | 38,1                     | 0,0263              | 0,045                                | 43,4                     |
| 0,13        | 0,0133                   | 32,4                     | 0,0309              | 0,053                                | 36,9                     |
| 0,14        | 0,0154                   | 27,9                     | 0,0358              | 0,062                                | 31,8                     |
| 0,15        | 0,0177                   | 24,3                     | 0,0412              | 0,071                                | 27,7                     |
| 0,16        | 0,0201                   | 21,4                     | 0,0467              | 0,080                                | 24,4                     |
| 0,18        | 0,0255                   | 16,9                     | 0,0593              | 0,1                                  | 19,2                     |
| 0,2         | 0,0314                   | 17,7                     | 0,073               | 0,13                                 | 15,6                     |
| 0,3         | 0,0707                   | 6,06                     | 0,164               | 0,28                                 | 6,93                     |
| 0,4         | 0,126                    | 3,42                     | 0,293               | 0,5                                  | 3,89                     |
| 0,5         | 0,196                    | 2,2                      | 0,456               | 0,78                                 | 2,5                      |
| 0,6         | 0,283                    | 1,52                     | 0,658               | 1,1                                  | 1,73                     |
| 0,7         | 0,385                    | 1,12                     | 0,895               | 1,5                                  | 1,27                     |
| 0,8         | 0,503                    | 0,854                    | 1,17                | 2                                    | 0,974                    |
| 0,9         | 0,636                    | 0,675                    | 1,48                | 2,5                                  | 0,77                     |
| 1           | 0,785                    | 0,548                    | 1,83                | 3,1                                  | 0,624                    |
| 1,5         | —                        | —                        | —                   | —                                    | —                        |
| 2           | —                        | —                        | —                   | —                                    | —                        |
| 2,5         | —                        | —                        | —                   | —                                    | —                        |
| 3           | —                        | —                        | —                   | —                                    | —                        |

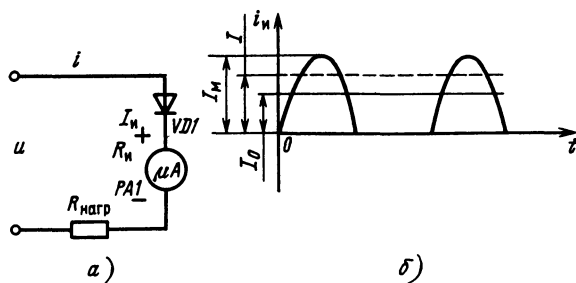


Рис. 10. Схема однополупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр (б)

# сопротивления

| Сплав               |                         |                          |                          |                          |                        |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| стантан (твердый)   |                         | Никелин                  |                          | Нихром (X20Н80)          |                        |
| Длина на<br>1 Ом, м | Нагрузка<br>(ЧА/мм²), А | Сопротивление<br>1 м, Ом | Максималь-<br>ный ток, А | Сопротивление<br>1 м, Ом | Максимальный<br>ток, А |
| 0,00145             | 0,0035                  | —                        | —                        | 1500                     | —                      |
| 0,00257             | 0,0063                  | —                        | —                        | 844                      | —                      |
| 0,00324             | 0,008                   | —                        | —                        | —                        | —                      |
| 0,004               | 0,0098                  | 214                      | 0,0078                   | 535                      | 0,0098                 |
| 0,00578             | 0,014                   | —                        | —                        | 379                      | —                      |
| 0,00782             | 0,019                   | —                        | —                        | 278                      | —                      |
| 0,0103              | 0,025                   | —                        | —                        | 213                      | —                      |
| 0,013               | 0,032                   | —                        | —                        | 168                      | —                      |
| 0,016               | 0,039                   | 53,5                     | 0,031                    | 127                      | 0,039                  |
| 0,0194              | 0,048                   | —                        | —                        | —                        | —                      |
| 0,0231              | 0,056                   | —                        | —                        | 94,7                     | —                      |
| 0,0272              | 0,067                   | —                        | —                        | —                        | —                      |
| 0,0314              | 0,077                   | —                        | —                        | —                        | —                      |
| 0,0361              | 0,089                   | —                        | —                        | 60,5                     | —                      |
| 0,041               | 0,11                    | —                        | —                        | —                        | —                      |
| 0,052               | 0,13                    | —                        | —                        | —                        | —                      |
| 0,0641              | 0,16                    | 13,8                     | 0,13                     | 31,9                     | 0,16                   |
| 0,144               | 0,35                    | 5,95                     | 0,28                     | 14,2                     | 0,35                   |
| 0,257               | 0,63                    | 3,34                     | 0,5                      | 7,95                     | 0,63                   |
| 0,4                 | 0,98                    | 2,14                     | 0,78                     | 5,1                      | 0,98                   |
| 0,578               | 1,4                     | 1,485                    | 1,1                      | 3,54                     | 1,4                    |
| 0,786               | 1,9                     | 1,09                     | 1,5                      | 2,6                      | 1,9                    |
| 1,03                | 2,5                     | 0,836                    | 2                        | 1,99                     | 2,5                    |
| 1,3                 | 3,2                     | 0,66                     | 2,5                      | 1,57                     | 3,2                    |
| 1,6                 | 3,9                     | 0,535                    | 3,1                      | 1,27                     | 3,9                    |
| —                   | —                       | 0,238                    | 7,1                      | 0,565                    | 8,9                    |
| —                   | —                       | 0,134                    | 12                       | 0,319                    | 16                     |
| —                   | —                       | 0,0855                   | 19                       | 0,204                    | 25                     |
| —                   | —                       | 0,0595                   | 28                       | 0,142                    | 35                     |

положительную полуволну измеряемого переменного тока. При частоте более 20 Гц прибор будет показывать среднее значение измеряемого тока  $I_0$ .

Достоинством однополупериодного выпрямления является то, что большая часть входного напряжения падает на диоде VD1. Уже при сравнительно малом входном напряжении он работает в режиме линейного детектирования и шкала прибора получается в большей своей части линейной. Но чувствительность такого амперметра низкая. При измерении синусоидального тока с действующим значением  $I$  средневыврямленное значение тока, отклоняющее стрелку микроамперметра,  $I_0 \approx 0,45I$ ; поэтому при токе полного отклонения микроамперметра  $I_n$  предельное действующее значение  $I_{изм}$  измеряемого однополупериодной схемой выпрямления переменного тока

$$I_{изм} \approx I_n / 0,45 = 2,22 I_n.$$

Наиболее широкое распространение в комбинированных приборах получил двухполупериодный выпрямитель (рис. 11). Здесь микроамперметр PA1 включен в диагональ электрического моста, образованного диодами VD1 и VD2 и резисто-

**Таблица 5. Параметры резисторов, применяемых в качестве добавочных сопротивлений и шунтов в комбинированных приборах**

| Тип     | Номинальная мощность, Вт       | Диапазон номинальных сопротивлений                                               | Отклонение сопротивления от номинального, % | Стабильность, % | Температурный коэффициент сопротивления, $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ | Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$ |
|---------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| МЛТ,    | 0,125                          | 8,2 Ом...3 МОм                                                                   | 2...10                                      | 2...10          | 1200                                                                | —60...<br>+125                                  |
| ОМЛТ    | 0,25<br>0,5<br>1<br>2          | 8,2 Ом...5,1 МОм<br>1 Ом...5,1 МОм<br>1 Ом...10 МОм<br>1 Ом...10 МОм             |                                             |                 |                                                                     |                                                 |
| C2-29B  | 0,062                          | 10 Ом...511 кОм                                                                  | 0,05...1                                    | 0,05...1        | 25...300                                                            | —60...<br>+155                                  |
| C2-29T  | 0,125<br>0,25<br>0,5<br>1<br>2 | 1 Ом...1 МОм<br>1 Ом...2,2 МОм<br>1 Ом...3 МОм<br>1 Ом...8,5 Ом<br>1 Ом...20 МОм |                                             |                 |                                                                     |                                                 |
| C5-5,   | 1                              | 1 Ом...13 кОм                                                                    | 0,05...5                                    | 0,05...5        | 50...150                                                            | +60...<br>+155                                  |
| C5-5B   | 2<br>5<br>8<br>10              | 2 Ом...30 кОм<br>5,1 Ом...75 кОм<br>10 Ом...100 кОм<br>10 Ом...180 кОм           |                                             |                 |                                                                     |                                                 |
| C5-25B, | 0,25                           | 1 Ом...5,6 кОм                                                                   | 0,1...5                                     | 0,1...5         | 10...35                                                             | —60...<br>+125                                  |
| C5-25B1 | 0,5<br>1                       | 2 Ом...10 кОм<br>5,1 Ом...30 кОм                                                 |                                             |                 |                                                                     |                                                 |
| C5-27   | 0,05                           | 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 кОм                                           | 0,01                                        | 0,01            | 5...20                                                              | —40...<br>+70                                   |
| C5-53B  | 0,125                          | 51,1 Ом...330 кОм                                                                | 0,05...0,2                                  | 0,05...0,2      | 10...50                                                             | —60...<br>+125                                  |
|         | 0,25<br>0,5<br>1<br>2          | 51,1 Ом...1 МОм<br>100 Ом...1 МОм<br>100 Ом...1 МОм<br>100 Ом...1 МОм            |                                             |                 |                                                                     |                                                 |
| C5-54B  | 0,125                          | 100 Ом...333 кОм                                                                 | 0,01...<br>0,05                             | 0,01...<br>0,05 | 10...50                                                             | —60...<br>+125                                  |
|         | 0,25<br>0,5<br>1<br>2          | 100 Ом...1 МОм<br>100 Ом...1 МОм<br>100 Ом...1 МОм<br>100 Ом...1 МОм             |                                             |                 |                                                                     |                                                 |
| ПТМН    | 0,5                            | 1 Ом...300 кОм                                                                   | 0,025...1                                   | 0,25...1        | 100...150                                                           | —60...<br>+125                                  |
|         | 1                              | 1 Ом...1 МОм                                                                     |                                             |                 |                                                                     |                                                 |

рами R1 и R2. Одну половину периода ток проходит через диод VD1, далее по параллельным ветвям: микроамперметр PA1, резисторы R2 и R1, а другую — через диод VD2 и по параллельным ветвям: микроамперметр PA1, резисторы R1 и R2. Через микроамперметр ток течет в оба полупериода в одном направлении. При работе

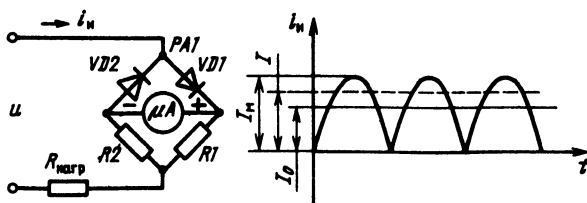


Рис. 11. Схема двухполупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр тока (б)

в режиме линейного детектирования постоянная составляющая  $I_0$  выпрямленного тока равна  $I_0 \approx 0,9I$ , а предельное действующее значение измеряемого синусоидального тока

$$I_{изм} \approx I_n / 0,9 = 1,11 I_n.$$

Резисторы  $R1$  и  $R2$  выбирают исходя из условия

$$R1 = R2 = R_{np} / \sqrt{2},$$

где  $R_{np}$  — прямое сопротивление диода.

Шкалы комбинированных приборов при измерении переменного тока или напряжения градуируют в действующих значениях синусоидального сигнала с коэффициентом формы

$$K_\phi = I/I_0 \approx 1,11.$$

Основные параметры диодов, применяемых в комбинированных приборах, представлены в табл. 6.

Для измерения сопротивления постоянному току в комбинированных приборах применяют последовательные и параллельные магнитоэлектрические омметры.

Схема последовательного омметра изображена на рис. 12. Этот прибор используют для измерений сопротивлений более 10 Ом. Прибор состоит из последовательно включенных микроамперметра  $PA1$  с внутренним сопротивлением  $R_n$ , добавочного резистора, состоящего из постоянной части  $R2$  и переменной  $R1$ , источника постоянного тока  $G1$  напряжением  $U_{G1}$  и измеряемого резистора  $R_x$ . Сопротивление резисторов  $R1$ ,  $R2$  выбирают по формуле  $R1 + R2 = U_{G1max} / I_n$ , чтобы обеспечить при замыкании входных зажимов ( $R_x = 0$ ) и максимальном значении напряжения  $U_{G1max}$  источника протекания через микроамперметр  $PA1$  тока полного отклонения.

В общем случае ток, протекающий через микроамперметр, будет равен

$$I = \frac{U}{R_x + R1 + R2 + R_n},$$

$$\text{при } R_x = 0 \quad I = \frac{U}{R1 + R2 + R_n}; \quad \text{при } R_x = \infty \quad I = 0.$$

Значение тока, а следовательно, и угол отклонения стрелки прибора зависят от  $R_x$ . Чем больше  $R_x$ , тем меньше отклонение стрелки. Таким образом,

Таблица 6. Основные параметры диодов

| Тип    | Средний<br>прямой ток<br>$I_{пр ср}$ мА | Повторяющееся<br>импульсное<br>обратное<br>напряжение<br>$U_{обр и п}$ В | Постоянный<br>обратный ток<br>$I_{обр}$ мкА | Общая<br>емкость<br>диода $C_d$<br>пФ | Рабочая<br>частота<br>$f_p$ МГц |
|--------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Д2Б    | 5                                       | 30                                                                       | 100                                         | <1                                    | 150                             |
| Д2В    | 9                                       | 40                                                                       | 250                                         | <1                                    | 150                             |
| Д2Г    | 2                                       | 75                                                                       | 250                                         | <1                                    | 150                             |
| Д2Д    | 4,5                                     | 75                                                                       | 250                                         | <1                                    | 150                             |
| Д2Е    | 4,5                                     | 100                                                                      | 250                                         | <1                                    | 150                             |
| Д2Ж    | 2                                       | 150                                                                      | 250                                         | <1                                    | 150                             |
| Д2И    | 2                                       | 100                                                                      | 250                                         | <1                                    | 150                             |
| Д9Б    | 90                                      | 10                                                                       | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9В    | 10                                      | 30                                                                       | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9Г    | 30                                      | 30                                                                       | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9Д    | 60                                      | 30                                                                       | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9Е    | 30                                      | 50                                                                       | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9Ж    | 10                                      | 100                                                                      | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9И    | 30                                      | 30                                                                       | 120                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д9К    | 60                                      | 30                                                                       | 60                                          | 1...2                                 | 40                              |
| Д9Л    | 30                                      | 100                                                                      | 250                                         | 1...2                                 | 40                              |
| Д101   | 30                                      | 100                                                                      | 10                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д101А  | 30                                      | 100                                                                      | 10                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д102   | 30                                      | 75                                                                       | 10                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д102А  | 30                                      | 75                                                                       | 10                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д103   | 30                                      | 30                                                                       | 30                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д103   | 30                                      | 30                                                                       | 30                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д103А  | 30                                      | 30                                                                       | 30                                          | <0,5                                  | 200                             |
| Д104   | 30                                      | 100                                                                      | 10                                          | <0,6                                  | 600                             |
| Д104А  | 30                                      | 100                                                                      | 10                                          | <0,6                                  | 600                             |
| Д105   | 30                                      | 75                                                                       | 10                                          | <0,6                                  | 600                             |
| Д105А  | 30                                      | 75                                                                       | 10                                          | <0,6                                  | 600                             |
| Д106   | 30                                      | 30                                                                       | 30                                          | <0,6                                  | 600                             |
| Д106А  | 30                                      | 30                                                                       | 30                                          | <0,6                                  | 600                             |
| Д219А  | 50                                      | 70                                                                       | 1                                           | 15                                    | —                               |
| Д220   | 50                                      | 50                                                                       | 1                                           | 15                                    | —                               |
| Д220А  | 50                                      | 70                                                                       | 1                                           | 15                                    | —                               |
| Д220Б  | 50                                      | 100                                                                      | 1                                           | 15                                    | —                               |
| Д223   | 50                                      | 50                                                                       | 1                                           | —                                     | 20                              |
| Д223А  | 50                                      | 100                                                                      | 1                                           | —                                     | 20                              |
| Д223Б  | 50                                      | 150                                                                      | 1                                           | —                                     | 20                              |
| КД521А | 50                                      | 100                                                                      | 1                                           | 4                                     | —                               |
| КД521Б | 50                                      | 75                                                                       | 1                                           | 4                                     | —                               |
| КД521В | 50                                      | 75                                                                       | 1                                           | 4                                     | —                               |
| КД521Г | 50                                      | 40                                                                       | 1                                           | 4                                     | —                               |

Примечание. Импульсный прямой ток  $I_{пр и}$  диодов Д219А, Д220(А, Б), Д521А-Г составляет 0,5 А. Время обратного восстановления  $t_{вос обр}$  диодов Д219А, Д220(А, Б), Д521А-Г составляет 0,5 мкс, диодов КД521А-Г — 0,004 мкс

омметр, выполненный по последовательной схеме, имеет обратную шкалу, т. е. нулевому сопротивлению измеряемого резистора соответствует крайняя правая отметка шкалы. В качестве источника тока в омметре обычно используют сухие гальванические элементы, реже аккумуляторы. Уменьшение ЭДС источника питания приводит к изменению показаний прибора, поэтому и предусмотрен ре-

гулировочный резистор  $R_1$ . Перед измерением омметр калибруют: замыкают входные зажимы и резистором  $R_1$  устанавливают стрелку на нулевую отметку. Поскольку зависимость тока, протекающего через микроамперметр, от измеряемого сопротивления нелинейна, то шкала прибора, отградуированная в омах, также нелинейна.

Для измерения малого сопротивления (десятки ом и менее) используют параллельный омметр (рис. 13). Он содержит те же элементы, что и последовательный, а отличие состоит в том, что измеряемое сопротивление  $R_x$  подключают параллельно микроамперметру  $PA1$ . Омметр калибруют при разомкнутых входных зажимах, при этом весь ток протекает через микроамперметр и угол отклонения его стрелки оказывается максимальным. При подключении сопротивления  $R_x$  часть тока ответвляется в параллельную цепь: ток, протекающий через микроамперметр, уменьшается, уменьшается и угол отклонения стрелки. Таким образом, шкала параллельного омметра прямая. Ток через микроамперметр выражен соотношением

$$I = \frac{U}{[(R_1 + R_2)R_x] / R_x + R_1 + R_2 + R_x},$$

из которого видно, что шкала нелинейна.

Для измерения емкости в комбинированные приборы встраивают последовательный или параллельный измеритель (микрофарадометр).

Схема параллельного измерителя емкости показана на рис. 14. Устройство содержит: источник переменного напряжения (на схеме не показан), он подключен к выводам 1, 2 частотой  $f=50$  Гц, конденсатор  $C_1$ , миллиамперметр переменного тока, состоящий из микроамперметра  $PA1$ , диодов  $VD1$  и  $VD2$ , резисторов  $R_1—R_4$  и конденсатора  $C_2$ . Измеряемую емкость  $C_x$  подключают параллельно миллиамперметру переменного тока к измерительным зажимам.

Микрофарадометр настраивают при отключенной емкости  $C_x$ , при этом миллиамперметр переменного тока измеряет ток  $I_{C_1}$ , протекающий через конденсатор  $C_1$ . Резистором  $R_4$  устанавливают стрелку микроамперметра  $PA1$  на конечную отметку шкалы, что соответствует нулевой отметке микрофарадометра.

При подключении к измерительным зажимам емкости  $C_x$  миллиамперметр переменного тока шунтируется этой емкостью и часть тока  $I_{C_1}$  будет протекать через емкость  $C_x$ . Чем больше значение измеряемой емкости, тем меньше ее сопротивление переменному току:  $X_C = 1/\omega C_x = 1/2\pi f C_x$ , а следовательно, тем большая часть тока  $I_{C_1}$  протекает через емкость  $C_x$  и меньшая через миллиамперметр переменного тока. Шкала этого микрофарадометра обратная и нелинейная. Его применяют для измерения сравнительно большой емкости — до единиц микрофарад.

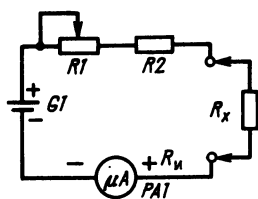


Рис. 12. Схема последовательного омметра

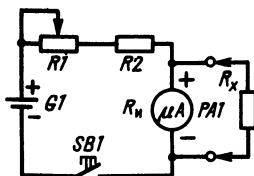


Рис. 13. Схема параллельного омметра

Для измерения малой емкости — до десятков тысяч пикофард — используют последовательный измеритель (рис. 15), содержащий те же элементы, но измеряемую емкость здесь подключают последовательно между источником переменного напряжения и конденсатором  $C1$ , т. е. измеряемая емкость играет роль добавочного реактивного сопротивления.

Настраивают этот микрофарадометр резистором  $R4$  при замкнутых измерительных зажимах. Вращая ручку этого резистора, стрелку микроамперметра  $PA1$  устанавливают на конечное деление шкалы, что соответствует отметке « $\infty$ » микрофарадометра. Включение измеряемой емкости  $C_x$  уменьшает показания миллиамперметра переменного тока, причем чем меньше значение этой емкости, тем больше ее сопротивление переменному току и тем меньше показания миллиамперметра переменного тока. Шкала такого микрофарадометра прямая и нелинейная.

В комбинированных приборах П4311, Ц4315, Ц4324, Ц4325, Ц4326, Ц4340 и других предусмотрена защита измерительного механизма от электрических перегрузок (превышение значения тока полного отклонения). Ее выполняют два кремниевых диода, включенных параллельно микроамперметру и друг другу, причем диоды включены во встречном направлении. При номинальном падении напряжения на сопротивлении микроамперметра (менее 0,1 В) сопротивление диодов, в том числе и включенного в прямом направлении, равно нескольким мегаом, поэтому они не влияют на показания прибора. Когда же в результате аварийного повышения измеряемого напряжения падение напряжения на микроамперметре превысит 0,6 В, то откроется один из диодов и зашунтирует обмотку рамки, предохраня микроамперметр от выхода из строя.

Комбинированные приборы имеют, как правило, пластмассовый корпус, состоящий из двух частей: основания и крышки, на которой размещены микроамперметр, органы управления (рис. 3) и гнезда для подключения прибора к измеряемому объекту. На лицевой панели обычно указаны пределы измерения и виды измеряемых величин. На основании с тыльной стороны (снизу) помещают табличку-инструкцию. Здесь указывают особенности работы с прибором, основные технические характеристики и другую информацию.

Приборы имеют два переключателя: пределов измерения — галетный на 24 положения или кнопочный (клавишный) и рода работы — кнопочный на 3 положения.

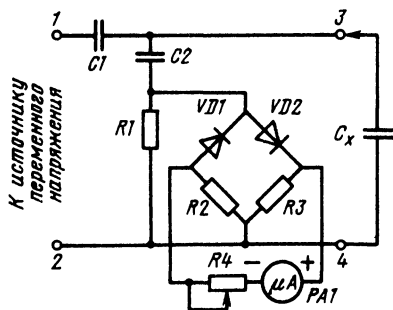


Рис. 14. Схема параллельного измерителя емкости

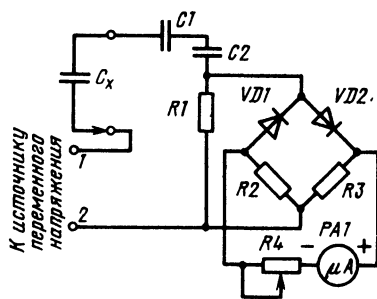


Рис. 15. Схема последовательного измерителя емкости

Измерительный механизм комбинированных приборов заключен в отдельный корпус.

### 3. ИЗМЕРЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМИ ПРИБОРАМИ

#### Меры безопасности.

1. При измерении прибором в цепях с напряжением выше 30 В необходимо выполнять все требования общих правил мер безопасности. Измерения проводят с помощью щупов, входящих в комплект прибора. Измерения со щупом необходимо проводить одной рукой, вторая рука должна оставаться свободной во избежание прохождения электрического тока через организм человека.

2. Измерения в цепях с напряжением выше 200...300 В должны проводиться в присутствии других лиц.

3. Измерение сопротивлений можно проводить лишь в обесточенных электрических цепях.

4. При измерении емкости источником питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В, поэтому следует вначале собрать схему измерения, а затем подключиться к источнику питания.

5. При измерении тока или напряжения не рекомендуется изменять предел измерения при подключенном к объекту приборе во избежание подгорания контактов переключателя пределов измерения.

6. Необходимо пользоваться только исправными проводниками, входящими в комплект прибора

**Порядок измерения.** Для получения достоверных и точных результатов измерений и предупреждения повреждения прибора при работе необходимо придерживаться следующих правил:

1. Установить прибор в горизонтальное положение.

2. При необходимости стрелку прибора с помощью механического корректора установить на начальную отметку шкалы.

3. У приборов, имеющих защитный автомат, проверить его работоспособность по техническому описанию.

4. Переключатель рода работ установить в положение, соответствующее виду измерения и роду тока, т. е. в одно из положений «—», «~», «Г<sub>х</sub>», «С<sub>х</sub>».

5. Переключатель пределов измерений установить в положение, соответствующее ожидаемому значению измеряемой величины; если оно неизвестно, то переключатель установить в положение максимального предела измерения.

6. Подключить соединительные проводники к соответствующим зажимам прибора. Зажим, помеченный знаком «\*», является общим зажимом прибора.

7. При использовании омметра или фарадметра прибор необходимо настраивать каждый раз на выбранном пределе измерения. Параллельный омметр: при разомкнутых проводниках ручкой «Уст.0» установить стрелку прибора на отметку «∞» соответствующей шкалы, затем замкнуть свободные концы проводников и проконтролировать установку стрелки на отметку «0» этой же шкалы, что говорит об исправности омметра и целостности проводников. Последовательный омметр: замкнуть щупы проводников и ручкой «Уст.0» установить стрелку прибора на отметку «0» соответствующей шкалы.

8. Подключить прибор к измеряемой цепи (объекту) с помощью соединительных проводников. При измерении постоянного тока и напряжения общий зажим («\*») подключают к отрицательному полюсу объекта. При измерении переменного напряжения и токов общий зажим подключают к точке с наименьшим потенциалом или к корпусу объекта.

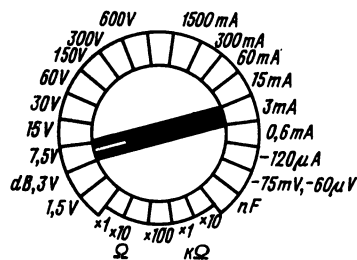
10. Снять отсчет по соответствующей шкале и отключить проводники от измеряемой цепи (объекта).

для постоянного и переменного тока и напряжения (рис. 16)

$$X = \frac{X_N}{N} a, \quad \Delta X = \frac{\gamma X_N}{100},$$

для сопротивления и емкости (рис. 17)

$$X = X_0 M, \Delta X = \frac{\sum \gamma_{\kappa\tau}}{1 \cdot 100} C,$$





$$U = \frac{U_N}{N} \alpha = \frac{7.5}{30} 27.5 = 6.875 B$$

$$\Delta U = \frac{\gamma_{\text{вк}} U_N}{1.00} = \frac{2.5 \cdot 7.5}{100} = 0.1875 B$$

$$U = 6.9 \pm 0.2 B$$

28

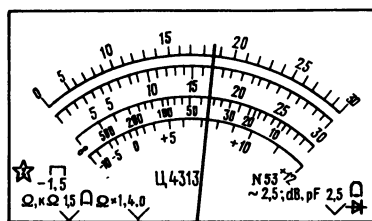
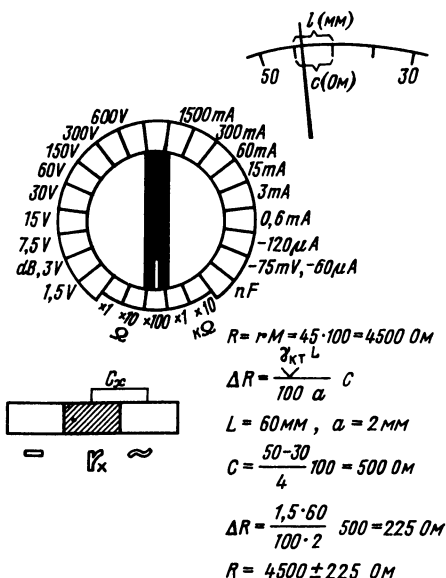


Рис. 17. Пример измерения сопротивления



мм,  $l$  — длина шкалы между двумя соседними делениями, где остановилась стрелка прибора, мм,  $C$  — цена вышеупомянутого участка шкалы в единицах измеряемой величины с учетом множителя. Значение  $L$  берут из паспорта на прибор, значение  $l$  измеряют с помощью линейки.

Результат измерения записывают по формуле  $A = X + \Delta X$ . Числовое значение измеряемой величины  $X$  должно оканчиваться цифрой (после запятой) того же разряда, что и значение погрешности  $\Delta X$ .

12. Привести прибор в исходное состояние, для чего отключить соединительные провода от зажимов прибора, переключатель пределов измерения установить в положение максимального предела по напряжению, переключатель рода тока установить в положение « $\sim$ ». Это предохранит прибор от повреждения при последующих включениях, даже если они будут выполнены неправильно.

**Особенности измерения постоянного напряжения.** При измерении напряжения комбинированный прибор включают параллельно исследуемому участку электрической цепи. Это приводит к изменению общего сопротивления цепи и перераспределению напряжения между ее элементами, что, естественно, вносит погрешность в показания прибора. Здесь следует рассмотреть два основных случая. Первый — когда элементы электрической цепи линейные, т. е. значение их сопротивления не зависит от приложенного напряжения. Тогда достаточно иметь  $R_{вх}/R_{ц} \geq 50 \dots 100$ , где  $R_{вх}$  — входное сопротивление вольтметра,  $R_{ц}$  — эквивалентное сопротивление цепи относительно точек подключения вольтметра, чтобы не учитывать влияние входного сопротивления вольтметра (комбинированного прибора) на результат измерения.

Следовательно, кроме сопротивления входной цепи комбинированного прибора  $R_{вх}$  необходимо знать сопротивление цепи  $R_{ц}$ , что не всегда возможно. В этом случае применяют метод двух отсчетов [3], суть которого состоит в том, что

напряжение на исследуемом участке цепи измеряют два раза на различных пределах измерений  $U_{N1}$ ,  $U_{N2}$  с соответствующими входными сопротивлениями  $R_{вх1}$ ,  $R_{вх2}$  и получают два измеренных значения  $U_1$ ,  $U_2$ , тогда действительное измеряемое значение  $U$  находят по формуле

$$U = U_2 \frac{R_{вх2} - R_{вх1}}{R_{вх2} - R_{вх1} U_2 / U_1}$$

при условии  $R_{вх2} > R_{вх1}$ .

$$\text{Если } R_{вх2}/R_{вх1} = N, \text{ то } U = U_2 \frac{N-1}{N - U_2/U_1}.$$

Например, измерение провели комбинированным прибором Ц4312 на резисторе  $R_2$  (рис. 18) на пределах 15 и 30 В с входным сопротивлением 10 и 20 КОм соответственно и получили значения 7,5 и 10 В. Тогда действительное падение напряжения  $U_{R2}$  на резисторе  $R_2$

$$U_{R2} = U_2 \frac{N-1}{N - U_2/U_1} = 10 \frac{2-1}{2 - 10/1,5} = 15 \text{ В},$$

что нетрудно проверить:

$$U_{R2} = \frac{U}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{30}{20 + 20} 20 = 15 \text{ В}.$$

Если входное сопротивление прибора неизвестно, его можно определить следующим образом. Напряжение на выходных зажимах стабилизированного источника постоянного тока измеряют непосредственно ( $U_1$ ) и, не изменяя предела измерения, через резистор  $R$  с известным сопротивлением ( $U_2$ ). После чего по полученным показаниям  $U_1$ ,  $U_2$  и значению  $R$  вычисляют входное сопротивление прибора (вольтметра)

$$R_{вх} = R \frac{U_2}{U_1 - U_2}.$$

Второй случай измерения напряжения относится к цепям, содержащим нелинейные элементы (полупроводниковые, электровакуумные и др.). Сопротивление нелинейного элемента зависит от приложенного к нему напряжения. Включение прибора (вольтметра) с относительно малым входным сопротивлением может привести к нарушению режима работы всей цепи (срыв генерации, релейный эффект), и само измерение потеряет смысл.

Поэтому необходимо выбирать для измерения напряжения с возможно большим входным сопротивлением или проводить измерение не на оптимальном пределе измерения, а на более высоком. Так, в рассмотренном ранее примере (рис. 18) для предела измерения  $U_{N1} = 15$  В показания прибора были  $U_1 = 7,5$  В ( $R_{вх1} = 10$  КОм), снижение показаний  $\Delta U_1$  за счет входного сопротивления составило 7,5 В, погрешность измерения  $\Delta U_1' = \gamma U_{N1} / 100 = 0,15$  В

для  $U_{N2} = 30$  В;  $U_2 = 10$  В;  $\Delta U_2 = 5$  В;  $\Delta U_2' = 0,3$  В;

для  $U_{N3} = 60$  В;  $U_3 = 11$  В;  $\Delta U_3 = 4$  В;  $\Delta U_3' = 0,6$  В;

для  $U_{N4} = 150$  В;  $U_4 = 15$  В;  $\Delta U_4 = 0$ ;  $\Delta U_4' = 1,5$  В.

Вольтметр (комбинированный прибор) часто применяют для косвенного измерения тока. В этом случае измеряют падение напряжения  $U$  на резисторе  $R$ ,

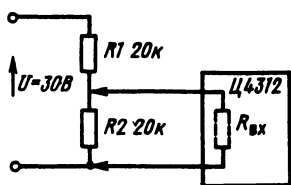


Рис. 18. Измерение напряжения

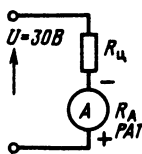


Рис. 19. Измерение тока

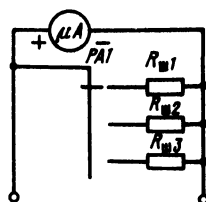


Рис. 20. Многопредельный амперметр с переключаемыми шунтами

сопротивление которого известно. Значение тока  $I$  через резистор  $R$  определяется по закону Ома:  $I = U/R$ . Для получения более точного результата необходимо выполнить условие  $R_{вх} \gg R$ .

**Особенности измерения постоянного тока.** При измерении тока комбинированный прибор включают последовательно в исследуемую цепь, что приводит к возрастанию общего сопротивления цепи и уменьшению протекающего в ней тока (рис. 19).

По двум измерениям  $I_1$ ,  $I_2$  на соседних пределах  $I_{N1}$ ,  $I_{N2}$  соответственно с внутренними сопротивлениями  $R_{A1}$ ,  $R_{A2}$  действительное значение измеряемого тока  $I$  определяют из выражения

$$I = I_2 \frac{R_{A1} - R_{A2}}{R_{A1} - R_{A2} I_2 / I_1}$$

при условии  $R_{A1} > R_{A2}$ .

Значения внутреннего сопротивления  $R_{A1}$ ,  $R_{A2}$  на соответствующих пределах измерений вычисляют исходя из приведенных значений падений напряжений  $U_{n1}$ ,  $U_{n2}$  в паспорте на конкретный прибор по формуле  $R_A = U_n / I_N$ .

В комбинированных приборах с переключаемыми шунтами (рис. 20) на всех пределах измерений максимальное падение напряжения на приборе одинаково и равно напряжению полного отклонения микроамперметра.

Переключать пределы измерения в приборе с переключаемым шунтом можно только после отключения прибора во избежание его перегрузки в тот момент, когда отключены все шунты.

В комбинированных приборах с универсальным шунтом (рис. 5) падение напряжения на приборе равно напряжению полного отклонения лишь на пределе  $I_1$ . На других пределах оно возрастает до значения, равного сумме падений напряжения на микроамперметре и на шунтах, используемых в измерительной цепи.

Комбинированные приборы, имеющие предел измерения 75 мВ, можно использовать для измерения постоянного тока, большего по значению, чем предельное значение прибора, если имеется соответствующий наружный комбинированный шунт. При этом комбинированный прибор используют как милливольтметр на 75 мВ и подключают к потенциальным зажимам наружного шунта (рис. 21), тогда предел измерения прибора будет равен номинальному току шунта.

**Особенности измерения переменного тока и напряжения.** Применение выпрямителей на полупроводниковых диодах в комбинированных приборах ведет к понижению чувствительности прибора, уменьшению входного сопротивления вольт-

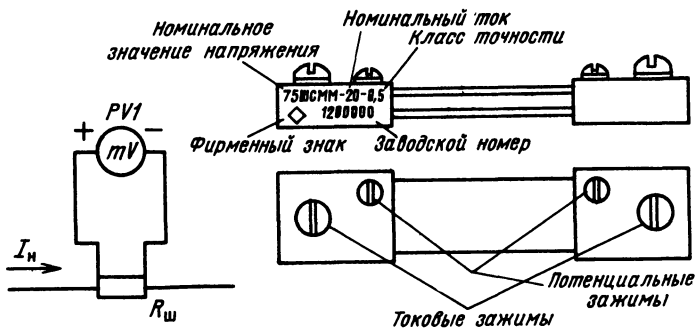


Рис. 21. Наружный шунт измерителя постоянного тока

метра и увеличению падения напряжения на амперметре. Частотный диапазон комбинированного прибора определяется частотными свойствами полупроводниковых диодов и емкостью монтажа и лежит в пределах 45 Гц...20 кГц.

Различают номинальную и расширенную частотные области. Изменение показаний прибора, вызванное изменением частоты от границы в номинальной области до любого значения в смежной части расширенной области при измерении переменного тока и напряжения, не превышает допускаемого значения основной погрешности. Приведенные приемы по учету влияния входного сопротивления на результаты измерений постоянного тока и напряжения справедливы и для переменного тока и напряжения, но при условии, что сопротивление  $R_{вх}$  является активным (без емкости и индуктивности).

В проводной связи и радиотехнике для оценки эффективности передачи сигналов по линиям связи через усилительные и согласующие устройства пользуются понятием уровня передачи (усиления, ослабления) сигнала. Этот параметр определяет значение напряжения сигнала в относительных логарифмических единицах — децибелах, посредством которых напряжение  $U_x$  или мощность  $P_x$  измеряемого сигнала сравнивается с некоторым исходным значением. Если в качестве исходных величин выбраны напряжение  $U_0 = 0,775$  В или мощность  $P_0 = 1$  мВт (на сопротивление нагрузки  $R_0 = 600$  Ом при напряжении на нем  $U_0 = 0,775$  В), то соответствующие уровни называют абсолютными. Абсолютный уровень переменного напряжения, выраженный в децибелах, определяют по формуле

$$N_U^0 = 20 \lg \frac{U_x}{U_0} = 20 \lg \frac{U_x}{0,775},$$

где  $U_x$  — измеряемое значение напряжения, В.

Шкала децибел неравномерная, нулевая отметка шкалы совпадает с точкой шкалы комбинированного прибора  $U_0 = 0,775$  В предела измерения. При измерении на пределе «дБ» отсчет производится непосредственно по шкале «дБ». При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения показания прибора по шкале «дБ» необходимо увеличить на соответствующие значения, указанные в пересчетных таблицах, которые приводятся в описаниях на комбинированные приборы.

Если уровень передачи по напряжению  $N_U^0$  измеряют на нагрузке с известным сопротивлением  $R$ , то можно рассчитать абсолютный уровень передачи по мощности

$$N_P^0 = N_U^0 - 10 \lg (R/600)$$

при условии  $R_{вх} \gg R$ , где  $R_{вх}$  — входное сопротивление прибора. В частном случае при  $R = 600 \text{ Ом}$   $N_P^0 = N_U^0$ .

Для определения относительного уровня передачи устройства (усилителя, делителя и др.) измеряют абсолютное значение уровня на его входе  $N_{вх}^0$  и выходе  $N_{вых}^0$ , тогда

$$N_U = N_{U \text{ вых}}^0 - N_{U \text{ вх}}^0; N_P = N_{P \text{ вых}}^0 - N_{P \text{ вх}}^0.$$

**Особенности измерения сопротивления.** При измерении сопротивления резисторов или определении качества электрорадиоэлементов непосредственно в местах их установки (на плате устройства) необходимо предварительно убедиться, что источники питания отключены, высоковольтные конденсаторы разряжены, а параллельно проверяемому элементу не присоединены другие элементы, могущие оказывать влияние на результат измерения.

Встроенный омметр комбинированных приборов является источником тока, что необходимо учитывать при работе с микромощными элементами. Значения тока, потребляемого от источника на различных пределах измерения, указаны в соответствующих таблицах.

Время установки омметра «на ноль» и измерения сопротивления должно быть по возможности малым, что продлит срок службы встроенного источника питания.

**Особенности измерения емкости.** При измерении емкости комбинированным прибором необходимо соблюдать меры предосторожности, так как источником его питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В.

Напряжение, приложенное к конденсатору при любом его испытании, не должно превышать его допустимого рабочего напряжения. Если конденсатор заряжается до значительного напряжения, то необходимо его разрядить через резистор сопротивлением несколько килоом.

Емкость оксидных (электролитических) конденсаторов измерять запрещается.

## 4. РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

В процессе эксплуатации комбинированного прибора могут возникнуть различные неисправности, обусловленные как износом и старением его элементов, так и неправильными действиями оператора.

Возможны следующие неисправности:

- потеря проводимости добавочных резисторов;
- потеря проводимости переменного резистора «Уст. 0»;
- нарушение контактов в местах соединений элементов;
- обгорание или деформация контактов переключателей;
- обрывы в цепи универсального шунта;
- потеря проводимости подгоночных резисторов;
- обрыв или замыкание диодов выпрямителя;
- обрыв растяжек или обмотки рамки измерительного механизма.

Не спешите вскрывать прибор. Сначала необходимо установить возможную причину неисправности, для чего следует попытаться измерить величины на всех пределах измерения, зная измеряемые значения или контролируя каждое из них другим прибором. Затем, воспользовавшись данными табл. 7 типовых неисправностей комбинированных приборов и их причин, принципиальной электрической схемой и картой электрических цепей для конкретного прибора, определить предполагаемые неисправные элементы или участок цепи исходя из конкретной ситуации.

На карте электрических цепей знаком «X» обозначены элементы, непосредственно входящие в цепь измерения, знаком «+» обозначены элементы, шунтирующие измерительную цепь меньшим *малым* суммарным сопротивлением, знаком «O» — элементы, шунтирующие измерительную цепь *большим* суммарным сопротивлением.

С помощью карты электрических цепей (см. Справочные сведения) можно определить, какие элементы и в какой степени использованы на том или ином пределе измерения, а следовательно, и предполагаемые неисправные элементы прибора как непосредственно при «прозвонке» элементов, так и при анализе ситуации.

Например, при измерении прибором Ц4315 постоянного напряжения показания оказались завышенными на всех пределах, следовательно, можно предположить, что есть обрыв в шунтирующей цепи, элементах, обозначенных знаком «O» — резисторах R1—R10, R28, R30 или нормально замкнутой паре контактов 10—11 переключателя SB1.3. Пусть при измерении этим же прибором постоянного тока на пределах 0,5, 1, 5 и 25 мА показания завышены; это говорит об исправности (или, по крайней мере, об отсутствии обрыва) резисторов R5—R10, R28, R30 и пары контактов 10—11 переключателя SB1.3.

Если на пределах 0,1, 0,5, 2,5 А показания отсутствуют, это значит, что измерительная цепь (элементы, обозначенные знаком «X») нарушается при переключении резистора R4 из шунтирующей цепи в измерительную. В этом случае можно утверждать однозначно, что на участке цепи резистора R4 есть обрыв, а исправность резисторов R1—R3 требуется проверить, подготовив прибор для измерения постоянного тока на пределе 0,1 А, и измерить сопротивление входной цепи омметром. При исправных резисторах показания омметра должны быть равны 2 Ом.

В приборах, в схеме измерения которых применяют микросхему, необходимо контролировать напряжения источников питания.

Для установления неисправности прибор нужно вскрыть. Вывернуть винты,

Т а б л и ц а 7. Типовые неисправности комбинированных приборов и их причины

| Измеряемая величина | Род тока               | Внешнее проявление неисправности                                                        | Возможные причины                                                                                                      |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Напряжение          | Постоянный, переменный | Показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему отсутствуют | Потеря проводимости или нарушение мест соединений одного из добавочных резисторов вольтметра, контактов переключателей |
| Напряжение          | То же                  | Показания приборов на всех пределах завышены                                            | Обрыв в цепи универсального шунта, элементы обозначены на карте электрических цепей знаком «O»                         |

| Измеряемая величина            | Род тока               | Внешнее проявление неисправности                                                                                                                  | Возможные причины                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Напряжение                     | Переменный             | Показания прибора занижены примерно наполовину                                                                                                    | Вышел из строя один из диодов или один из резисторов выпрямителя                                                                                                                   |
| Напряжение                     | »                      | Отсутствуют показания на всех пределах                                                                                                            | Вышли из строя: оба диода или оба резистора выпрямителя или регулировочный резистор по переменному току; нарушено соединение перечисленных элементов                               |
| Ток                            | Постоянный, переменный | Отсутствуют показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему                                                           | Обрыв в цепи универсального шунта, элементы обозначены на карте электрических цепей знаком «X»                                                                                     |
| Ток                            | То же                  | Завышены показания на установленном пределе измерения и на более низком по отношению к нему                                                       | Обрыв в цепи резисторов универсального шунта, отмеченных на карте электрических цепей знаком «+»                                                                                   |
| Ток                            | Переменный             | Отсутствуют показания на всех пределах, на постоянном токе работает нормально                                                                     | Вышли из строя: оба диода, оба резистора выпрямителя, регулировочный резистор по переменному току, обрыв в местах соединения перечисленных элементов                               |
| Сопротивление                  |                        | При установке прибора «на нуль»: стрелка не доходит до конца шкалы, стрелка зашкаливает вправо, стрелка зашкаливает влево, стрелка не отклоняется | Мало напряжение источника питания<br>Потеря проводимости элементов, обозначенных на карте электрических цепей знаками «+» или «0»<br>Не соответствует полярность источника питания |
| Сопротивление                  |                        | Отсутствуют показания на одном из пределов измерения, на остальных прибор работает нормально                                                      | Отсутствует источник питания, потеря проводимости переменного резистора установки нуля или резистора в цепи источника питания                                                      |
| Ток, напряжение, сопротивление | Постоянный, переменный | Прибор не работает на всех пределах                                                                                                               | Потеря проводимости соответствующего добавочного резистора<br>Обрыв в цепи подгоночного резистора или обрыв обмотки рамки измерительного механизма, или обрыв растяжки             |

Примечание. В любой из перечисленных ситуаций возможен выход контактов переключателей соответствующей цепи.

снять тыльную табличку, а затем, вывернув винты, крепящие крышку, отделить ее от корпуса. Изъять встроенный источник питания.

Отпаять от одного из входных лепестков измерительного механизма соответствующие элементы или проводники. При наличии защитных диодов их также следует отпаять с одной стороны. Эти меры позволят избежать повреждений измерительного механизма при «прозвонке» цепей прибора омметром, ток в измерительной цепи которого, как правило, значительно превышает ток полного отклонения измерительного механизма. Кроме того, исключается взаимное шунтирующее влияние элементов.

Пользуясь схемой расположения элементов, найти соответствующие элементы на карте электрических цепей и произвести их ориентировочные измерения омметром. Особое внимание обратить на элементы со следами перегрева (потемневшие, растрескавшиеся).

При проверке сопротивления резисторов омметр должен показывать значения, указанные в перечне к принципиальной электрической схеме прибора с учетом погрешности омметра. В случае отклонения резистор выпаять и более тщательно исследовать. Переменный резистор проверяют, подключая омметр к среднему и одному из крайних выводов и вращая ручку «Уст. 0», при этом изменение показаний омметра должно быть плавным, без срывов и скачков.

Отсутствие соединений между элементами проверяют визуально — на наличие надежной пайки и омметром. Обрыв в цепи универсального шунта иногда обнаруживают визуально по обгорелой поверхности элементов с последующей проверкой проводимости.

Переключатели должны работать четко, без больших усилий и с надежной фиксацией в каждом положении, переходное сопротивление замкнутых контактов должно быть равно нулю.

Об исправности диодов выпрямителя (кнопка « $\sim$ » переключателя не нажата) судят по выполнению условия  $R_{обр}/R_{пр} > 10$ , где  $R_{обр}$  и  $R_{пр}$  — показания омметра при измерении обратного и прямого сопротивлений диода ( $R_{пр} = 10 \dots 100$  Ом).

Обрыв растяжек легко обнаруживают при осмотре измерительного механизма. Обрыв цепи рамки определяют с помощью устройства, схема которого изображена на рис. 22. Сопротивление резистора  $R_1$  находят из выражения  $R_1 \geq U/I_m$ , где  $U$  — напряжение источника,  $I_m$  — ток полного отклонения измерительного механизма.

Возможность свободного перемещения подвижной части измерительного механизма (отсутствие затирания) проверяют путем воздействия на стрелку прибора потока воздуха в направлении ее движения. Дунув на стрелку так, чтобы она отклонилась до конечной отметки шкалы (или упора), наблюдают за возвращением

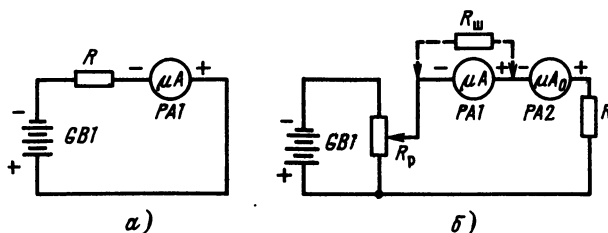


Рис. 22. Схемы устройства для проверки измерительного механизма:

а — проверка исправности, б — определение тока полного отклонения

стрелки. При наличии задеваний стрелка будет возвращаться скачками или остановится, не дойдя до нулевой отметки.

При закрытом измерительном механизме отсутствие затирания проверяют путем плавного увеличения показаний прибора до крайней отметки шкалы, а затем уменьшения их до нуля. Затирание может быть вызвано попаданием в магнитный зазор мелких посторонних предметов или стальных опилок либо зацеплением подвижных деталей измерительного механизма за неподвижные.

Неуравновешенность измерительного механизма определяют, наклоняя прибор в разные стороны на угол  $5^\circ$ . Если при этом стрелка прибора отклоняется от нуля более чем на значение основной погрешности по шкале постоянного тока, то это означает, что измерительный механизм неуравновешен неудовлетворительно.

Все резисторы, кроме подгоночных, подбирают с точностью, указанной в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора. Перед установкой новые резисторы рекомендуется подвергнуть электрической тренировке, пропуская через них номинальный ток в течение нескольких часов. Если требуемых резисторов найти не удалось, то следует взять резисторы со значениями сопротивления, наиболее близкого к требуемому, но меньше. Затем, удалив слой краски, надфилем осторожно уменьшают толщину токопроводящего слоя и тем самым увеличивают сопротивление резисторов до требуемого значения. После подгонки токопроводящий слой покрывают лаком и тщательно просушивают. При отсутствии омметра требуемой точности или моста постоянного тока резисторы подгоняют на месте их установки, измеряя заранее известные или контролируемые значения величин (рис. 22, 23).

Неисправный универсальный шунт заменяют на исправный при его наличии, но, как правило, резисторы шунта приходится изготавливать самостоятельно. Для этой цели берут манганиновый провод соответствующего диаметра (или меньшего диаметра, но несколько проводов  $n$ ) и отрезают отрезок провода, длина  $l_{ш}$  (в метрах) которого определяется значением сопротивления резистора  $R_{ш}$  (в омах) шунта с учетом мест пайки:

$$l_{ш} = \frac{R_{ш}}{R_0} + 0,008, \quad l_{ш} = \frac{R_{ш}}{R_0} n + 0,008,$$

где  $R_0$  — значение сопротивления 1 м провода выбранного сечения, Ом. Если значение  $R_0$  неизвестно, то измеряют сопротивление  $R$  имеющегося отрезка провода длиной  $l_n$ , тогда искомая длина

$$l_{ш} = \frac{l_n R_{ш}}{R} + 0,008.$$

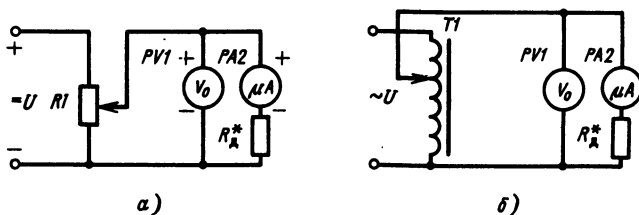


Рис. 23. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) напряжениям

Резисторы шунта (отрезки манганинового провода) впайвают на соответствующие места и, если больше других неисправностей не обнаружено, подгоняют их значения к требуемым следующим образом. Собирают установку по схеме, изображенной на рис. 24, и, начиная с большего предела измерения, подгоняют показания ремонтируемого прибора РА1 к показаниям образцового прибора РА2 путем уменьшения сечения соответствующего шунта (на карте электрических цепей он обозначен знаком «+») надфилем по всей длине при занижении показаний ремонтируемым прибором или увеличения площади пайки в местах соединения при завышении. Измерения проводят на последней трети шкалы.

Далее переходят на следующий предел измерения и повторяют операции для следующего шунта, не трогая предыдущий. После подгонки последнего шунта результаты подгонки проверяют, начиная с большего предела, при необходимости подгонки повторяют.

Ремонт переключателя пределов измерений заключается в удалении нагара и окисла с контактов промывкой спиртом (ацетоном), при наличии оплавления зачисткой мелкой наждачной бумагой, в устранении деформации подвижного контакта.

В переключателе рода работы отсутствие надежной фиксации штока секции может быть устранено подгибанием пружины фиксатора, удалением препятствий для свободного перемещения рейки-фиксатора и заменой износившихся деталей. Для смены штока (также при чистке или смене подвижных контактов) необходимо снять нижнюю арматуру переключателя, предварительно отогнув выступы, удерживающие от горизонтального перемещения секции, отделить клавишу от штока, вынуть стопорную пластину из паза штока и снять возвратную пружину. Затем, надавив со стороны клавиши на шток, осторожно вытянуть его из секции. После устранения дефекта переключатель собирают в обратном порядке. Шток устанавливают в секцию при смещенной в сторону пружине рейки-фиксатора, подвижные контакты устанавливают попарно по очереди по мере введения штока.

После замены диодов выпрямителя необходимо проверить градуировку шкал на переменном токе. Для этого подключают прибор на одном из пределов переменного тока или напряжения к источнику переменного тока частотой 50 Гц с коэффициентом искажения формы кривой не более 2 % и по образцовому прибору устанавливают в цепи проверяемого прибора значение тока или напряжения, равного выбранному пределу измерения (см. рис. 23, б).

Подгоночный резистор, предназначенный для регулировки (подгонки) в цепи переменного тока, подбирают так, чтобы при указанных условиях стрелка измерительного механизма отклонялась до конечной отметки шкалы, после чего проверяют соответствие промежуточных оцифрованных отметок шкалы переменного

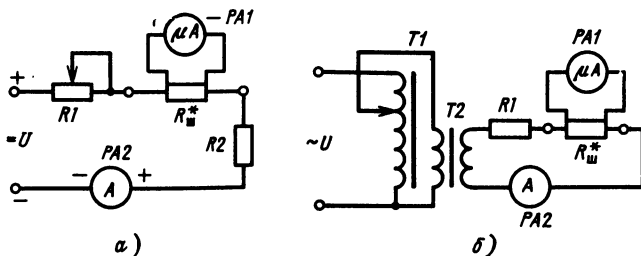


Рис. 24. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) токам

тока. При несоответствии, большем, чем на основную погрешность от значения предела измерения, шкалы переменного тока, «dВ» и емкости необходимо переградуировать.

Подгоночные резисторы большинства комбинированных приборов представляют собой катушки с намотанным на каркас манганиновым проводом. Ремонт подгоночных резисторов заключается в замене обгоревшего манганинового провода на манганиновый провод нужного диаметра или несколько большего, но значение сопротивления которого должно обеспечить требуемый диапазон измерения. Сопротивление резистора подгоняют изменением длины провода.

Самым сложным и ответственным этапом является ремонт измерительного механизма. Неуравновешенность измерительного механизма устраняют путем добавления или уменьшения количества припоя на противовесе. При искривлении стрелки перед уравниванием ее нужно выпрямить.

Для замены растяжек прежде всего необходимо иметь соответствующие растяжки и граммомер. Граммомер (он подобен обычным пружинным весам) можно изготовить самостоятельно, оттарировав его с помощью набора гирь. К подвижной части граммомера надежно прикрепляют отрезок одножильного хорошо залуженного провода диаметром 0,4...0,6 мм.

Измерительный механизм извлекают из корпуса и с помощью деревянных миниатюрных клиньев закрепляют рамку неподвижно и симметрично относительно постоянного магнита с четырех сторон, не допуская деформации рамки. Тщательно очищенным от окалины и хорошо залуженным паяльником с диаметром жала 1,5...2,5 мм удаляют остатки оборванных растяжек с рамки и с шайб корпуса механизма и к буксам рамки с обеих сторон припаивают новые растяжки. Продернув свободные концы растяжек в отверстия соответствующих шайб (у мест пайки), подпаивают одну из них к проводнику граммомера и задают необходимое натяжение в направлении, перпендикулярном торцу рамки. Не изменяя натяжения, растяжкой касаются места пайки и сгибают ее. В таком положении растяжку припаивают.

Далее, удалив деревянные клинья, освобождают рамку измерительного механизма и припаивают вторую растяжку способом, описанным выше. Перегрев растяжек не допускается. Проверяют ток полного отклонения измерительного механизма. При отклонении более чем на 10 % от номинального значения растяжку переплавляют, при отклонении менее чем на 10 % показания подгоняют к номинальному значению путем дополнительного намагничивания или плавного размagnetивания магнитной системы. При токе полного отклонения выше номинального параллельно измерительному механизму можно подключить шунтирующий резистор. Выступающие концы растяжек удаляют боковыми кусачками и помещают механизм в корпус.

При обрыве в цепи рамки измерительный механизм, как правило, ремонту не подлежит и требует замены.

После ремонта или замены деталей, влекущих за собой изменение параметров прибора, о чем было сказано ранее, необходима его подгонка. В зависимости от характера ремонта подгонку можно начинать с того или другого этапа, придерживаясь такой последовательности:

1. Настройка и регулировка измерительного механизма.
2. Подгонка суммарного сопротивления измерительного механизма и подгоночного резистора до номинального значения при температуре  $20 \pm 5^\circ \text{C}$ .
3. Подгонка сопротивления резисторов шунта на постоянном токе.
4. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения постоянного тока.

5. Проверка градуировки шкал переменного тока после замены диодов выпрямителя.

6. Подгонка прибора на переменном токе.

7. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения переменного тока.

8. Проверка показаний встроенного омметра на всех пределах.

9. Проверка фарадометра.

10. Проверка и настройка вспомогательных устройств в соответствии с техническим описанием прибора.

После устранения неисправности необходимо места паяк и подгоночных поверхностей покрыть цапон-лаком, собрать прибор и проверить его по методике, описанной в гл. 1.

В радиолюбительских условиях в качестве образцового обычно выбирают более точный, заведомо исправный прибор, в том числе цифровой.

Показания поверяемого прибора с показаниями образцового (рис. 23, 24) на всех оцифрованных отметках сличают только на одном из пределов измерения постоянного тока и напряжения, переменного тока и напряжения, на остальных пределах проверяют совпадение отклонений стрелки на конечных отметках шкал.

## 5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основной электромеханических (стрелочных) комбинированных приборов является магнитоэлектрический измерительный механизм (микроамперметр), характеристики которого во многом определяют качество прибора в целом. Поэтому расчет и выбор элементов прибора начинают после выбора микроамперметра и определения его параметров: тока полного отклонения  $I_n$  и внутреннего сопротивления  $R_n$ . Обычно значения параметров указаны на шкале прибора, в противном случае их определяют экспериментально с помощью вспомогательных измерительных приборов, например микроамперметра. Для этого собирают установку по схеме на рис. 22, б и, перемещая движок переменного резистора  $R_1$  снизу вверх (по схеме), устанавливают стрелку микроамперметра  $РА1$  на конечное значение шкалы. Вспомогательный микроамперметр  $РА2$  покажет значение тока полного отклонения  $I_n$  исследуемого микроамперметра. Для определения значения внутреннего сопротивления  $R_n$  цепь исследуемого микроамперметра шунтируют резистором, сопротивление  $R_{ш}$  которого подбирают таким образом, чтобы показание исследуемого микроамперметра  $I_1$  уменьшилось примерно наполовину. Внутреннее сопротивление рассчитывают по формуле

$$R_n = R_{ш}(I_n/I_1 - 1).$$

Внутреннее сопротивление микроамперметра можно также определить, измерив напряжение  $U_n$  на зажимах исследуемого микроамперметра при токе полного отклонения  $I_n$ , тогда  $R_n = U_n/I_n$ . Для этой цели годится милливольтметр с пределом измерения 100...500 мВ или комбинированный прибор с соответствующими пределами измерения.

Если имеется возможность выбора микроамперметра, то следует выбрать прибор более высокого класса точности с возможно меньшим током полного отклонения  $I_n$  (не более 200 мкА) и напряжением полного отклонения  $U_n$ . Чем меньше ток полного отклонения микроамперметра, тем выше входное сопротивление вольтметра и шире диапазон (вверх) встроенного омметра. Меньшее напряжение полного отклонения микроамперметра соответствует меньшему внутреннему сопротивлению цепи амперметра и большей точности измерения сопротивления.

Чем выше класс точности микроамперметра, тем меньшая погрешность может быть достигнута во всех видах измерений будущим комбинированным прибором. При использовании микроамперметра с классом точности 1,0; 1,5, правильных расчетов и выборе элементов можно получить приведенную погрешность измерения тока и напряжения не хуже 2,5 % на постоянном и 4 % на переменном токе.

В процессе проектирования или выбора схемы комбинированного прибора следует учитывать потребности практической деятельности. Обычно предусматривают измерение тока от единиц микроампер до единиц ампер, напряжения от десятков милливольт до тысячи вольт и сопротивления от единиц ом до десяти мегаом. Нижние пределы измерения тока и напряжения определяют параметрами микроамперметра, верхние могут быть расширены, если необходимо, но это приводит к усложнению схемы.

Наиболее распространен комбинированный прибор, позволяющий измерять пять электрических величин: постоянные ток и напряжение, переменные ток и напряжение низкой частоты, сопротивление постоянному току. Такие приборы имеют как минимум три шкалы — постоянного тока, переменного тока и омметра. Для обеспечения требуемой точности измерений во всем интервале измеряемой величины прибор должен иметь несколько пределов, что достигается применением переключаемых шунтов и добавочных резисторов, рассчитанных должным образом.

Отношение максимальных значений смежных пределов измерения называют переходным множителем шкалы. Наиболее удобен множитель  $N = 10$ , тогда пределы выглядят так: 1, 10, 100, 1000 В, но при этом не обеспечивается необходимая точность измерения во всем интервале измеряемой величины. Поэтому для повышения точности измерений в комбинированных приборах предельные значения выбирают соответствующими ряду чисел 1, 2,5, 5, 10, 25, 25, 100, 250, 500, 1000 или 0,3, 1,5, 3, 7,5, 30, 75, 150, 300, 600, применяя для отсчета общую шкалу соответствующего рода тока.

Для омметра обычно полагают переходной множитель  $M = 10$ .

Выбранные пределы измерения должны быть согласованы с параметрами выбранного микроамперметра. Например, при выбранном микроамперметре с  $I_n = 100$  мкА и  $R_n = 860$  Ом нельзя вводить предел измерения 75 мВ, так как  $U_n = I_n R_n = 86$  мВ, для этого же микроамперметра нереально введение предела измерения 50 МОм, поскольку напряжение источника питания такого омметра будет иметь значение около 1000 В.

Разработка схемы комбинированного прибора состоит из выбора и расчета схем отдельных измерителей и взаимного их согласования на основе выбранных элементов коммутации. Изменять вид измеряемой величины и предел измерения можно с помощью различных переключателей, использования набора гнезд или комбинированным способом. Применение галетных или многоконтактных клавишных (кнопочных) переключателей упрощает эксплуатацию прибора, но усложняет его схему и уменьшает надежность из-за большого числа групп контактов. Коммутация с помощью набора гнезд упрощает схему прибора, но повышает опасность ошибочного включения.

Следует предусмотреть защиту от ошибочного включения, например включить в цепь общего зажима предохранитель на ток, в 1,5—2 раза превышающий максимальный предел измерения тока, или защиту измерительного механизма двумя встречно-параллельно включенными кремниевыми диодами, не оказывающими влияния на параметры измерительного механизма.

Конструкцию прибора определяет принципиальная схема. Органы управления комбинированного прибора размещают равномерно по всей площади лицевой панели, группируя по назначению.

При монтаже элементы и детали закрепляют надежно, чтобы исключить их деформацию и возможность взаимного соприкосновения в различных экстремальных ситуациях (ударах, сотрясениях и пр.). Все соединения выполняют изолированным проводом соответствующего сечения. Источник питания омметра помещают в отдельный отсек для того, чтобы в случае разгерметизации элементов источника электролит не попал на элементы прибора.

Выбранные детали должны быть исправными и иметь устойчивые во времени и мало зависящие от условий эксплуатации характеристики. Регулировка комбинированного прибора заключается в такой подгонке значений сопротивления шунтов и добавочных резисторов, которая обеспечивает получение выбранных пределов измерений. Прежде всего подгоняют элементы, общие для всех видов измерений, а затем элементы отдельных измерителей.

Градуируют шкалы измерителей по методике, описанной в гл. 4.

В общем случае шкала переменного напряжения (тока) не совпадает со шкалой постоянного напряжения (тока). Но при одинаковых предельных значениях обеих шкал их соответствующие деления, несколько смещенные одно относительно другого, расположены близко, что позволяет использовать один ряд чисел для отсчета по обеим шкалам.

Рассмотрим ряд схем комбинированных приборов и методику расчета элементов.

**Вольтмиллиамперомметр постоянного тока.** Пусть имеется в наличии микроамперметр М494 с током полного отклонения  $I_n = 100$  мкА класса точности 1,5 с внутренним сопротивлением  $R_n = 650$  Ом. Требуется спроектировать прибор с пределами измерения 1, 10, 100 мА, 1 А, 1, 10, 100, 1000 В, 1...100, 10...1000 Ом, 0,1...10, 1...100 кОм. Выбираем схему прибора с универсальным шунтом, отдельными на каждый предел измерения добавочными резисторами, последовательную схему для омметра и комбинированную коммутацию пределов измерения (рис. 25).

Сопротивление резисторов универсального шунта  $R_5, R_7, R_9, R_{11}, R_{13}$  рассчитывают, начиная с верхнего предела измерения, по формуле

$$R_n = \frac{I_n}{I_N} (R_n + R_{14} + R_\Sigma),$$

где  $R_n$  — сумма значений сопротивления резисторов универсального шунта, включенных в шунтирующую цепь,  $I_n, R_n$  — ток полного отклонения и внутреннее сопротивление микроамперметра,  $I_N$  — предел измерения,  $R_{14}$  — сопротивление подгоночного добавочного резистора, включенного в цепь микроамперметра,  $R_{14} = (0,1...0,4) R_n$ ;  $R_\Sigma$  — суммарное сопротивление всех резисторов универсального шунта:

$$R_\Sigma = \frac{R_n + R_{14}}{n - 1} = \frac{R_n + R_{14}}{I'_n - I_n} I_n = R_3 + R_7 + R_9 + R_{11} + R_{13},$$

где  $I'_n$  — ток полного отклонения прибора при наличии универсального шунта

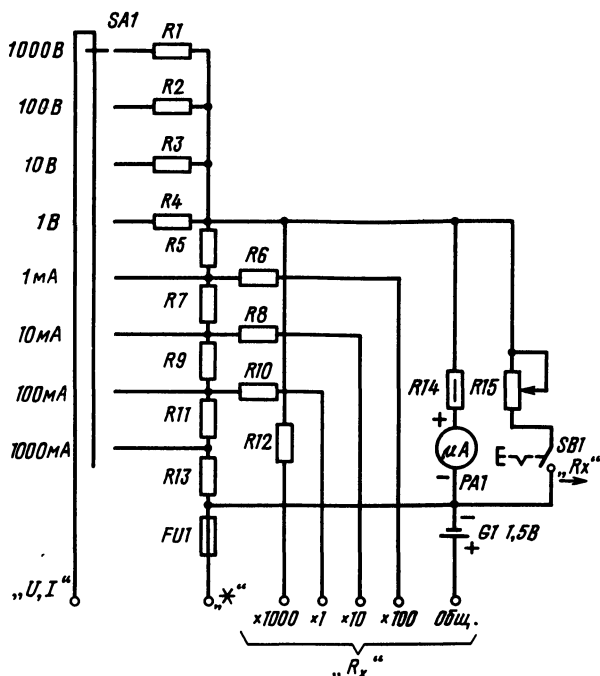


Рис. 25. Схема электрическая принципиальная вольтмиллиамперометра постоянного тока

определяет входное сопротивление вольтметра);

$$R_{\Sigma} = \frac{R_n + R_{14}}{I'_n - I_n} I_n = \frac{650 + 150}{200 \cdot 10^{-6} - 100 \cdot 10^{-6}} 100 \cdot 10^{-6} = 800 \text{ Ом};$$

$$R_{13} = \frac{I_n}{I_{N1}} (R_n + R_{14} + R_{\Sigma}) = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{1} (650 + 150 + 800) = 0,16 \text{ Ом};$$

$$R_{11} = \frac{I_n}{I_{N2}} (R_n + R_{14} + R_{\Sigma}) - R_{13} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{0,1} (650 - 150 + 800) - 0,16 = 1,44 \text{ Ом};$$

$$R_9 = \frac{I_n}{I_{N3}} (R_n + R_{14} + R_{\Sigma}) - R_{13} - R_{11} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-3}} (650 + 150 + 800) = 0,16 - 1,44 = 14,4 \text{ Ом};$$

$$R_7 = \frac{I_n}{I_{N4}} (R_n + R_{14} + R_{\Sigma}) - R_{13} - R_{11} - R_9 = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} (650 + 150 + 800) - 0,16 - 1,44 - 14,4 = 144 \text{ Ом};$$

$$R_5 = R_{\Sigma} - (R_7 + R_9 + R_{11} + R_{13}) = 800 - (144 + 14,4 + 1,44 - 0,16) = 640 \text{ Ом}.$$

Падение напряжения на миллиамперметре

$$U_{ш} = I_{N1} R_{13} = 1 \cdot 0,16 = 0,16 \text{ В},$$

входное сопротивление вольтметра на пределе 1 В

$$R_{вх} = \frac{U_1}{I'_в} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} = 5000 \text{ Ом}.$$

Для того чтобы улучшить характеристики миллиамперметра, уменьшив  $U_{ш}$ , необходимо увеличить ток полного отклонения  $I'_в$ , но при этом уменьшается входное сопротивление вольтметра.

Значения сопротивлений добавочных резисторов вольтметра  $R_1$ — $R_4$  вычисляют по формуле

$$R_m = \frac{U_N}{I'_в} - \frac{(R_n + R_{14})R_{\Sigma}}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}},$$

где  $R_m$  — добавочный резистор, соответствующий пределу измерения:

$$R_4 = \frac{U_{N4}}{I'_в} - \frac{(R_n + R_{14})R_{\Sigma}}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 4600 \text{ Ом};$$

$$R_3 = \frac{U_{N3}}{I'_в} - \frac{(R_n + R_{14})R_{\Sigma}}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}} = \frac{10}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 49\,600 \text{ Ом};$$

$$R_2 = \frac{U_{N4}}{I'_в} - \frac{(R_n + R_{14})R_{\Sigma}}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}} = \frac{100}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 499\,600 \text{ Ом};$$

$$R_1 = \frac{U_{N5}}{I'_в} - \frac{(R_n + R_{14})R_{\Sigma}}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}} = \frac{1000}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 4\,999\,600 \text{ Ом}.$$

Для омметра источником питания может служить элемент 373 с минимальным напряжением  $U_{\min}$ , равным 1 В. Чтобы рассчитать сопротивление резисторов  $R_6$ ,  $R_8$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{12}$  омметра, нужно определить результирующее сопротивление миллиамперметра на каждом пределе измерения относительно входных зажимов омметра, причем влиянием переменного резистора  $R_{15} = 5 \dots 10 \text{ кОм}$  можно пренебречь, так как результирующее сопротивление миллиамперметра существенно меньше сопротивления этого резистора. При расчете будем считать, что входные зажимы омметра замкнуты.

$$\begin{aligned} R_{100 \text{ мА}} &= \frac{(R_n + R_{14} + R_5 + R_7 + R_9)(R_{11} + R_{13})}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}} = \\ &= \frac{(650 + 150 + 640 + 144 + 14,4)(1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 1,598 \text{ Ом}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{10 \text{ мА}} &= \frac{(R_n + R_{14} + R_5 + R_7)(R_9 + R_{11} + R_{13})}{R_n + R_{14} + R_{\Sigma}} = \\ &= \frac{(650 + 150 + 640 + 144)(14,4 + 1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 15,84 \text{ Ом}; \end{aligned}$$

$$R_{1 \text{ мА}} = \frac{(R_n + R_{14} + R_5)(R_7 + R_9 + R_{11} + R_{13})}{R_n + R_{14} + R_\Sigma} = \\ = \frac{(650 + 150 + 640)(144 + 14,4 + 1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 144 \text{ Ом};$$

$$R_{1\text{к}} = \frac{(R_n + R_{14})R_\Sigma}{R_n + R_{14} + R_\Sigma} = \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 400 \text{ Ом};$$

$$R_{10} = \frac{U_{\min}}{I_{100 \text{ мА}}} - R_{100 \text{ мА}} = \frac{1}{0,1} - 1,598 = 8,402 \text{ Ом};$$

$$R_8 = \frac{U_{\min}}{I_{10 \text{ мА}}} - R_{10 \text{ мА}} = \frac{1}{0,01} - 15,84 = 84,16 \text{ Ом};$$

$$R_6 = \frac{U_{\min}}{I_{1 \text{ мА}}} - R_{1 \text{ мА}} = \frac{1}{0,001} - 144 = 856 \text{ Ом};$$

$$R_{12} = \frac{U_{\min}}{I_n'} - R_{1\text{к}} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} - 400 = 4600 \text{ Ом}.$$

При отсутствии номиналов резисторов, близких к расчетным значениям, следует использовать последовательное и параллельное соединения резисторов с последующей подгонкой на каждом пределе в соответствии с рекомендациями, изложенными в четвертой главе.

Сопротивление резистора  $R_{15}$  выбирают из условия

$$R_{15} = (3 \dots 10) \frac{(R_n + R_{14})R_\Sigma}{R_n + R_{14} + R_\Sigma}.$$

Важно правильно выбрать резисторы по рассеиваемой мощности, что влияет на точность измерения. В технике измерений нагревание добавочных резисторов и шунтов недопустимо. Поэтому номинальная мощность рассеивания резисторов должна превышать в пять и более раз расчетную мощность  $R$ , вычисленную по формуле

$$P = RI^2,$$

где  $R$  — сопротивление резистора,  $I$  — максимальный ток, протекающий через резистор.

**Простой комбинированный прибор.** На рис. 26—28 представлены три схемных варианта комбинированного прибора — ампервольтметра, с помощью которого можно измерять постоянное и переменное напряжения, постоянный ток и сопротивление постоянному току. Варианты отличаются элементами коммутации, число пределов измерений указано ориентировочно и определяется переключателем пределов. Номиналы добавочных резисторов и шунтов на схемах не указаны, их рассчитывают в соответствии с выбранными пределами и имеющимся в наличии микроамперметром по описанной выше методике.

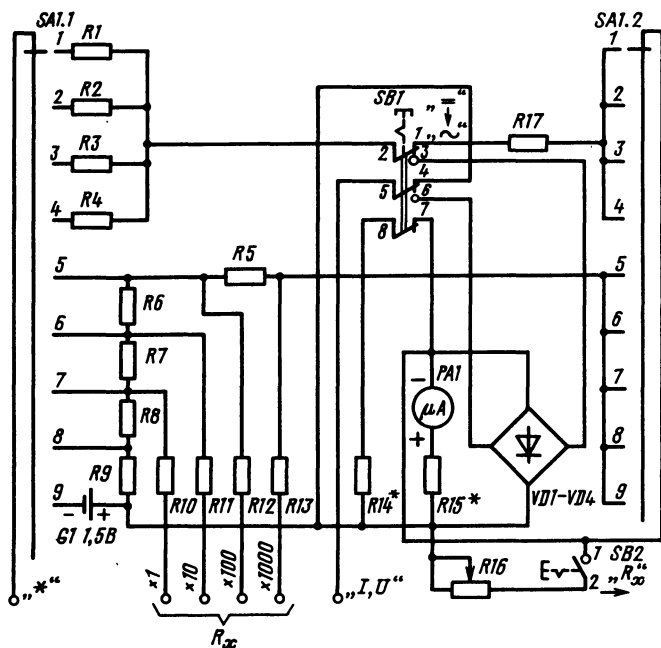


Рис. 26. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 1)

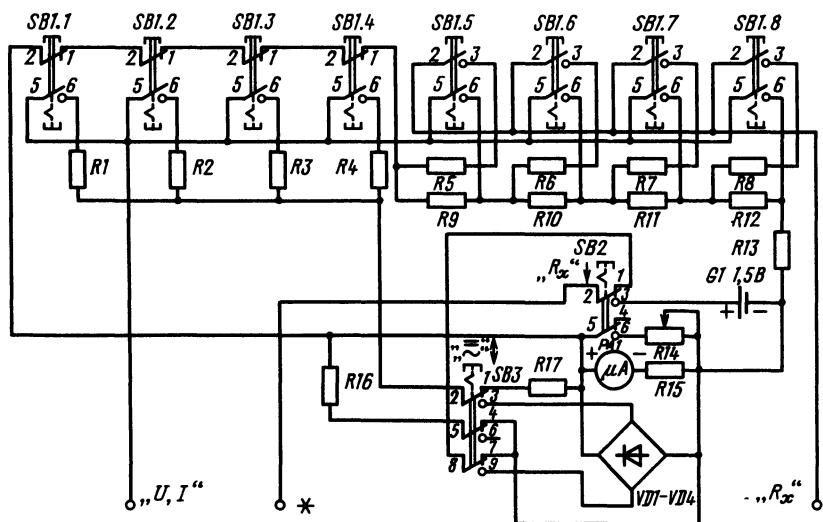


Рис. 27. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 2)

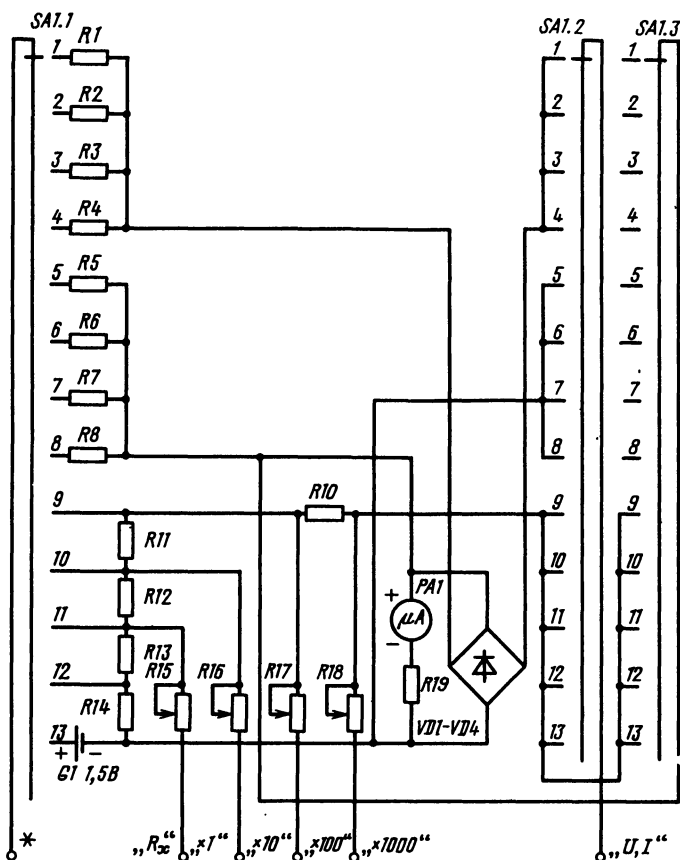


Рис. 28. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 3)

Несмотря на простоту прибор имеет хорошие метрологические характеристики и прежде всего максимально достижимое входное сопротивление вольтметра постоянного тока при минимальном сопротивлении цепи миллиамперметра. Это обеспечено рациональным включением микроамперметра. Дело в том, что цепь универсального шунта при измерении напряжения разрывается и ток, потребляемый вольтметром, оказывается равным току отклонения микроамперметра. Следовательно, суммарное значение сопротивления универсального шунта можно уменьшить при сохранении выбранных пределов измерения тока, что позволит существенно снизить падение напряжения на резисторах шунта и тем самым уменьшить степень влияния миллиамперметра на объект измерения. Применение диодного моста снижает ток, потребляемый вольтметром переменного тока, до  $(1,1 \dots 1,3) I_n$  по сравнению с наиболее распространенными в комбинированных приборах мостами на двух диодах и двух

резисторах, что позволяет повышать входное сопротивление вольтметра переменного напряжения.

Диоды для моста следует выбрать по трем точкам вольт-амперной характеристики. Для этого можно воспользоваться любым многопредельным омметром или комбинированным прибором. Достаточно измерить сопротивление диодов в прямом направлении (положительный вывод омметра к аноду диода) на трех пределах омметра и отобрать диоды с одинаковыми значениями сопротивления на всех трех пределах.

Добавочные резисторы вольтметра переменного тока рассчитывают так же, как для вольтметра постоянного тока, но с учетом, что ток полного отклонения микроамперметра с выпрямителем  $I_v = (1,1 \dots 1,3) I_n$ . Более точное значение тока  $I_v$  определяют экспериментально.

В первых двух вариантах прибора (рис. 26, 27) резисторы R14 и R16 соответственно выполняют роль шунтирующего в цепи микроамперметра, необходимого для уравнивания по току полного отклонения микроамперметра при измерении постоянного и переменного напряжений, ориентировочно  $R14 (R16) = R_n I_n / (I_v - I_n)$ . Окончательно сопротивление подбирают при регулировке. Использование этих резисторов дает возможность применять в качестве добавочных одни и те же резисторы (R1—R4) на постоянном и переменном токах, а расчет вести только по току полного отклонения микроамперметра с выпрямителем  $I_v$ .

Резистор R17 уравнивает падение напряжения  $U_n$  на микроамперметре и  $U_v$  на диодном мосте VD1—VD4:

$$R17 = (U_v - U_n) / I_v.$$

Точное сопротивление резистора R17 устанавливают перед регулировкой вольтметра постоянного тока.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора для первого варианта следующий: PA1, VD1—VD4, R15, R14, R9, R8, R7, R6, R5, R17, R4, R3, R2, R1, R10, R11, R12, R13, R16. То же для третьего варианта: PA1, VD1—VD4; R14, R13, R12, R11, R10, R15, R16, R17, R18, R5—R8, R1—R4.

Комбинированный прибор, электрическая принципиальная схема которого изображена на рис. 29, позволяет измерять постоянный и переменный токи и напряжения, сопротивление постоянному току. Число пределов измерений и их значения выбирают с учетом потребностей и имеющихся возможностей.

Для упрощения регулировки в приборе применены отдельные универсальные шунты для постоянного (R17—R21) и переменного (R9—R12, R22) токов, отключаемые при измерении напряжений, добавочные резисторы на каждый предел измерения постоянного и отдельно на каждый предел измерения переменного напряжения. Множитель встроенного омметра выбирают переключателем SB1 (секции SB1.5—SB1.8), предназначенным также для выбора пределов измерения тока. Переключатель SB1 (П2К) с зависимой фиксацией.

Комбинированный прибор является дальнейшим усовершенствованием второго варианта предыдущего прибора.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора по схеме на рис. 29 аналогичен описанному ранее и с учетом обозначения элементов следующий: PA1, VD1—VD4; R24, R21, R20, R19, R18, R17, R22, R12, R11, R10, R9, R13—R16, R5—R8, R1—R4, R23.

**Комбинированный прибор радиолюбителя.** Предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, сопротивления постоянному току, обратного

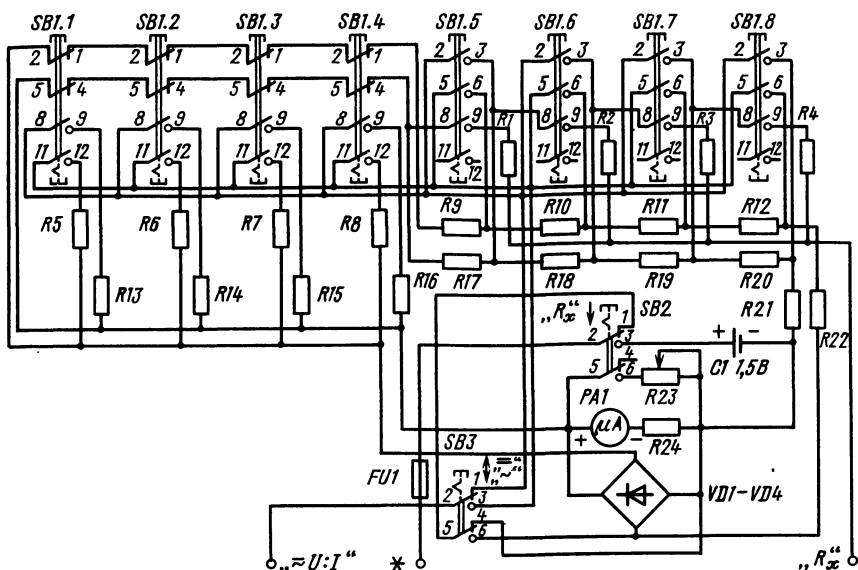


Рис. 29. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора

и начального токов коллектора и статического коэффициента передачи тока базы биполярных транзисторов любой мощности и структуры, а также для проверки исправности диодов. Электрическая принципиальная схема прибора показана на рис. 30.

В приборе использована ранее рассмотренная (рис. 25) схема ампервольтметра, но с отключением универсального шунта при измерении напряжения, и встроен измеритель статических параметров биполярных транзисторов (с переключателями SB1, SB2, SB3 и кнопкой SB4).

При правильной сборке и подгонке пределов измерений вольтмиллиамперметра настраивать измеритель статических параметров транзисторов не требуется.

Пределы измерения вольтметра выбирают в соответствии с потребностями, входное сопротивление вольтметра зависит от тока полного отклонения микроамперметра, значение которого не должно превышать 200 мкА. Это требование обусловлено характеристиками современных транзисторов, их малыми значениями тока  $I_{КБ0}$  и  $I_{К,н}$ . Необходимый режим измерения задают в основном напряжением питания  $U$ , для большинства маломощных и ряда мощных транзисторов вполне приемлемо напряжение  $U=4...5$  В.

Пределы измерения миллиамперметра выбирают исходя из возможных значений статического коэффициента передачи тока  $h_{21Э}$  испытуемых транзисторов. Оптимальным можно считать пределы 0,1, 1, 10, 100 мА.

Известно [3], что  $h_{21Э} = (I_K - I_{КБ0}) / (I_B + I_{КБ0})$ , где  $I_K$  — ток в цепи коллектора при наличии тока  $I_B$  в цепи базы;  $I_{КБ0}$  — обратный ток коллектора транзистора. При малых значениях обратного тока  $I_{КБ0}$  или  $I_B \gg I_{КБ0}$   $h_{21Э} \approx I_K / I_B$ .

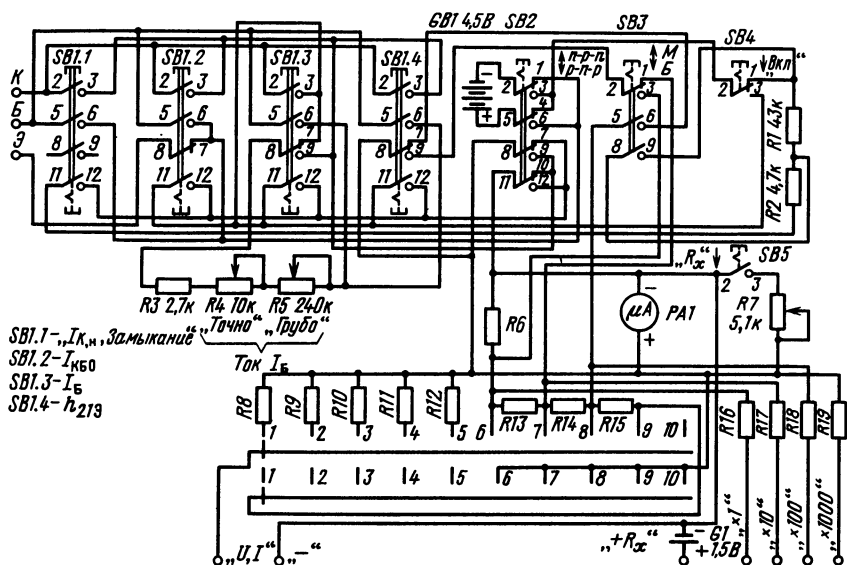


Рис. 30. Схема электрическая принципиальная прибора радиолюбителя

При измерении статического коэффициента передачи тока  $h_{213}$  в цепи базы испытуемого транзистора переменными резисторами R4 и R5 устанавливают определенный ток  $I_B$ : 25, 50 или 100 мкА на пределе 0,1 мА для маломощных и 0,5, 1 мА на пределе 1 мА для мощных транзисторов. Ток в цепи коллектора  $I_K$  измеряют на пределе  $I_K = 10$  мА для маломощных и на пределе  $I_K = 100$  мА для мощных транзисторов. Максимальные значения статического коэффициента передачи тока будут соответственно равны 400, 200, 100 для маломощных и 200, 100 для мощных транзисторов.

Сопротивление резисторов R3—R5 выбирают из следующих соотношений:

$$R3 \approx 0,8 \frac{U}{I_{B \max}}; R3 + R4 \geq \frac{U}{I_{B \min}},$$

$$R3 + R4 + R5 \geq \frac{U}{I_{B \min}},$$

где  $U$  — напряжение питания;  $I_{B \max}$  и  $I_{B \min}$  — максимальное и минимальное значения устанавливаемого тока базы при испытании транзисторов большой мощности;  $I_{B \min}$  — минимальное значение устанавливаемого тока базы при испытании маломощных транзисторов.

Резисторы R1 и R2 предназначены для ограничения тока через микроамперметр при проверке транзисторов на отсутствие замыкания и при проверке исправности диодов. Сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при замкнутых зажимах «К» и «Э» прибора в положении « $I_K$ , Замыкание» переключателя SB1 (SB1.1) показания прибора в положениях «М» и «Б» переключателя SB3 были равны (напряжение источника питания GB1 должно быть номинальным), что необходимо в дальнейшем для определения пригодности источника питания по равенству показаний прибора.

Для проверки транзистора его подключают к зажимам прибора в соответствии с цоколевкой, переключатель SB2 устанавливают в положение, определяемое структурой транзистора, переключатель SA1 — в положение «10». Ток  $I_B$  в цепи базы устанавливают резисторами R4 («Точно») и R5 («Грубо») при нажатой кнопке SB4 и при необходимых переключениях, определяемых табл. 8.

Испытуемый диод подключают выводами к зажимам «К» и «Э» (переключатель SA1 установлен в положение «10»), переключатель SB1 устанавливают в положение « $I_{K,н}$ , Замыкание» (SB1.1). Переключателем SB2 изменяют полярность подключения источника питания SB1. При измерении обратного тока переключатель SB3 возвращают в положение «М».

На рис. 31 представлена электрическая принципиальная схема приставки к комбинированному прибору, предназначенной для проверки диодов и транзисторов. Возможности приставки такие же, что и у описанного выше прибора радиолюбителя. Ее подключают к входным зажимам комбинированного прибора, который устанавливают в режим измерения малых значений постоянного тока.

Сопротивление резисторов R6—R8 рассчитывают по формуле

$$R = \frac{R_N}{I - I_N} I_N = \frac{U_N}{I - I_N},$$

где R — сопротивление резистора шунта (R6—R8),  $R_N$  — внутреннее сопротивление прибора на выбранном пределе измерения,  $I_N$  — выбранный предел измерения тока,  $U_N$  — падение напряжения на внутреннем сопротивлении прибора при выбранном пределе, I — значение тока, до которого необходимо расширить предел измерения приставки ( $I_B$ ;  $I_K$ ;  $I'_K$ ).

Например, для прибора Ц4313  $I_N = 60$  мкА,  $U_N = 75$  мВ, значения тока I следует выбрать  $I_B = 0,6$  мА,  $I_K = 6$  мА,  $I'_K = 60$  мА. Если выбрать  $I_N = 120$  мкА,  $U_N = 0,12$  В (см. технические характеристики), то значения тока I следует выбрать  $I_B = 1,2$  мА,  $I_K = 12$  мА,  $I'_K = 120$  мА.

Т а б л и ц а 8. Состояние переключателей прибора при измерении параметров транзисторов

| Измеряемый параметр | Конечное значение шкалы, мА | Положения переключателей |       |       |       |     |   |         |       |     |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-----|---|---------|-------|-----|
|                     |                             | SB1.1                    | SB1.2 | SB1.3 | SB1.4 | SB3 |   | SB4     |       | SA1 |
|                     |                             |                          |       |       |       | М   | Б | Отпущен | Нажат |     |
| $I_{К,н}$           | 0,1                         | ×                        |       |       |       | ×   |   |         | ×     | 10  |
|                     | 1                           | ×                        |       |       |       |     | × |         | ×     | 10  |
| $I_{КБ0}$           | 0,1                         |                          | ×     |       |       | ×   | × |         | ×     | 10  |
|                     | 1                           |                          | ×     |       |       |     | × |         | ×     | 10  |
| $I_B$               | 0,1                         |                          |       | ×     |       | ×   |   |         | ×     | 10  |
|                     | 1                           |                          |       | ×     |       |     | × |         | ×     | 10  |
|                     | 10                          |                          |       |       | ×     | ×   |   |         | ×     | 10  |
| $h_{21Э}$           | 100                         |                          |       |       | ×     | ×   | × |         | ×     | 10  |
| «Замыкание»         | 0,1                         | ×                        |       |       |       | ×   |   | ×       |       | 10  |
|                     | 1                           | ×                        |       |       |       |     | × | ×       |       | 10  |

П р и м е ч а н и е. Знак × означает включенное положение переключателя.

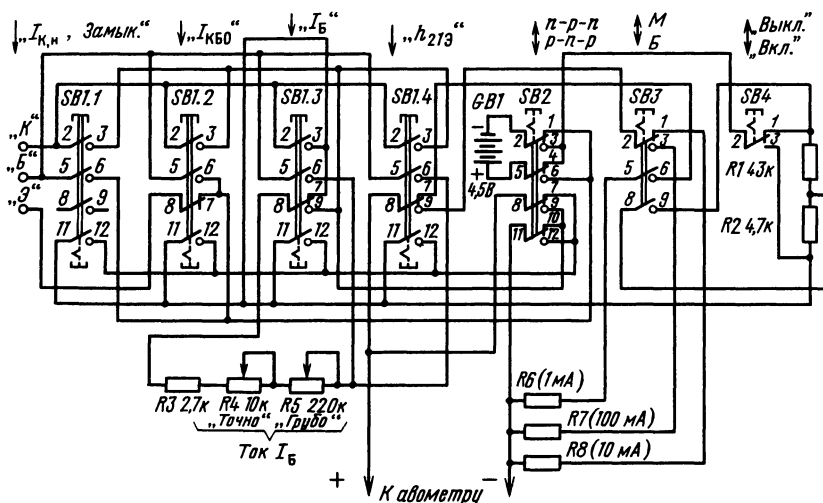


Рис. 31. Схема электрическая принципиальная приставки к комбинированному прибору

Регулировка приставки заключается в подгонке пределов измерений  $I_b$ ,  $I_k$  по описанной выше методике.

**Прибор автолюбителя** предназначен для измерения постоянного напряжения на пределах 25 и 2,5 В, сопротивления постоянному току и частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля. Это позволяет контролировать напряжение аккумуляторной батареи в целом и отдельно каждого аккумулятора, оценивать степень его заряженности, контролировать работу генератора и регулятора напряжения, устанавливать требуемую частоту вращения коленчатого вала двигателя, проверять исправность предохранителей, ламп накаливания и других цепей системы электрооборудования автомобиля.

Прибор доступен в изготовлении и прост в налаживании. Он состоит (рис. 32) из тахометра (резисторы R1, R6—R8, диоды VD1—VD5, конденсаторы C1 и C2, микроамперметр PA1), вольтметра R2, R3, R7, R8 и омметра PA1 (R4, R7—R9, R10, источник питания G1 на 1,2...1,5 В и PA1) и нагрузочного резистора R5 с кнопкой SB1.

Вид измерения выбирают переключателем SA1.

Для измерения прибор подключают зажимом «—» к корпусу автомобиля. В положении 1 переключателя SA1 измеряют частоту вращения коленчатого вала, при этом щуп «п, U, R» прибора подключают к выводу конденсатора прерывателя. Импульсное напряжение с контактов прерывателя поступает на формирователь прямоугольных импульсов (R1, C1). Параметрический стабилизатор (R6, VD1) ограничивает импульсы по напряжению, после чего они через конденсатор C2 поступают на диодный выпрямительный мост VD2—VD5. Конденсатор C2 преобразует прямоугольные положительные импульсы в последовательность положительных и отрицательных коротких импульсов, параметры которых практически не зависят от параметров импульсов на прерывателе.

Выпрямленное напряжение измеряет милливольтметр, состоящий из микроамперметра PA1 и резистора R7. Милливольтметр измеряет среднее значение импульсного напряжения на нагрузке выпрямителя — резисторе R8. Оно propor-

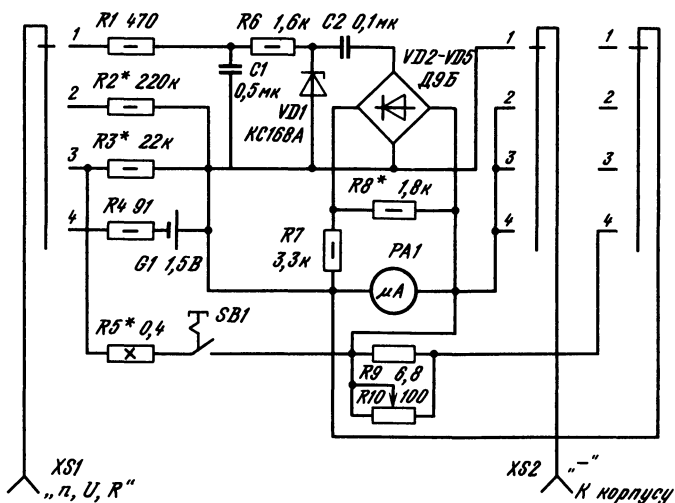


Рис. 32. Схема электрическая принципиальная прибора автолюбителя

ционально и частоте следования импульсов, и соответственно частоте вращения коленчатого вала двигателя.

В положениях 2 и 3 переключателя SA1 прибор работает как вольтметр соответственно на 25 и 2,5 В, причем на пределе 2,5 В имеется возможность подключить кнопкой SB1 параллельно входным зажимам прибора нагрузку — резистор R5, сопротивление которого вычисляют по формуле  $R5 = U_A / I_3$ , где  $U_A$  — напряжение на зажимах аккумулятора под нормальной нагрузкой, обычно  $U_A = 2$  В,  $I_3$  — номинальный ток зарядки, численно равный 0,1 номинальной емкости аккумуляторной батареи. Если при подключении резистора R5 напряжение на аккумуляторе снижается до 2...2,1 В, а в дальнейшем в течение 1...2 мин остается постоянным, можно считать, что он заряжен нормально.

В положении 4 переключателя SA1 прибор работает как омметр. На «нуль» омметр устанавливают резистором R10.

Номиналы резисторов указаны для случая использования микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА и внутренним сопротивлением около 800 Ом.

Наладивание прибора начинают с тахометра. Прежде всего необходимо отградуировать шкалу тахометра, для этого на стекло микроамперметра наклеивают узкую дугообразную полосу тонкой бумаги (или кальки), повторяющую по форме основную шкалу, но закрывающую ее (разбирать микроамперметр не рекомендуется). От нулевой до конечной отметки основной шкалы на полосе бумаги делают отметки, расположенные равномерно, например через  $500 \text{ мин}^{-1}$  (0, 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60)  $\times 100 \text{ мин}^{-1}$ , причем оцифровывают отметки через одну.

Затем тахометр в сборе подключают к источнику напряжением около 20 В, частотой 50 Гц и подборкой резистора R8 добиваются установки стрелки прибора на отметку  $1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Пределы измерения вольтметра подгоняют по ранее описанной методике. Омметр градуируют по результатам измерения сопротивления образцовых резисторов, делая при этом соответствующие отметки на шкале.

Пределы измерения омметра при указанных на схеме номиналах — примерно от 10 до 1000 Ом.

В приборе можно применить микроамперметр с другими характеристиками, но при этом придется изменить номиналы резисторов R2, R3, R7—R9.

Приставка, принципиальная электрическая схема которой представлена на рис. 33, предназначена для проверки биполярных и полевых транзисторов, а также для измерения их основных параметров.

Элементы приставки рассчитаны для применения в комбинированном приборе Ц20-05. Приставку можно использовать с любым комбинированным прибором или самостоятельно с отдельным микроампервольтметром при условии пересчета номинальных сопротивлений резисторов, помеченных знаком «\*».

Приставка сконструирована на основе переключателей П2К. Переключатели SB1 и SB5 — кнопочного типа, остальные с независимой фиксацией. Переключатель SB3 — двоянный, объединенный единой клавишей. Возможно применение переключателя на четыре переключающих контакта, однако при этом увеличиваются «в глубину» габаритные размеры приставки.

Резисторы R2 и R3 предназначены для ограничения и установки тока в цепи базы транзисторов. Резисторы R1, R4, R6 выполняют роль шунтов, соответственно на 15, 150 и 1,5 мА. Резисторы R5 и R7 являются делителем напряжения для подачи на затвор полевых транзисторов напряжения смещения.

Резисторы R2, R5, R7 — любого типа (желательно малогабаритные) на указанные номиналы. Резистор R3 — СП4-2М или другого типа с линейной характеристикой (группы А). В качестве резистора R3 следует применять два последовательно соединенных резистора с сопротивлениями 10...43 кОм («точно») и 300...390 кОм («грубо»).

Конструктивно приставку выполняют в виде отдельного блока или, что наиболее целесообразно, размещают внутри комбинированного прибора Ц20-05 в его нижней части, позади отсека питания, для чего в корпусе прибора высвер-

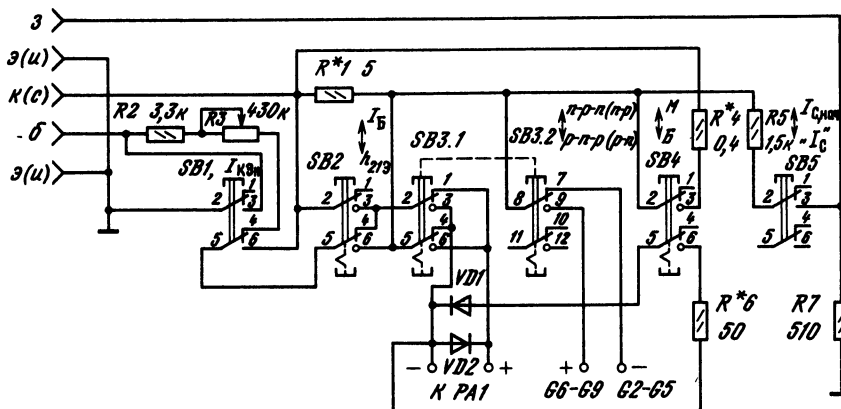


Рис. 33. Схема электрическая принципиальная приставки для измерения параметров транзисторов.

При измерении параметров полевых транзисторов кнопка SB2 должна быть нажата

ливают (прорезают) отверстия под кнопки (клавиши) и винты крепления переключателя.

Штыри переключателей укорачивают с двух сторон до 2...3 мм.

Резистор R3 размещают на боковой стенке корпуса.

Наладка приставки заключается в подборе сопротивлений резисторов R1, R4, R6 на указанные номинальные токи.

При подборе сопротивления резистора R1 необходимо нажать и зафиксировать переключатель SB2, а к зажимам эмиттер «э» и «к» подключить последовательно соединенные миллиамперметр на 15...25 мА и переменный резистор 510...910 Ом. В качестве R1 можно взять резистор с номинальными значениями 5,1...6,8 Ом и, параллельно ему подключив резисторы с номинальными сопротивлениями десятки ом, добиться максимальных показаний встроенного прибора с пределом 15 мА.

Затем при нажатой кнопке переключателя SB4 подбирают значение резистора R6. Последовательно соединенные переменный резистор 5,1...24 кОм и миллиамперметр на 1,5...2,5 мА подключают к зажимам «э» и «б». Резистор R6 берут сопротивлением 51...68 Ом, параллельно ему подключают резисторы сопротивлением сотни ом и подбирают суммарное сопротивление резистора R3 таким образом, чтобы максимальное отклонение измерительного прибора составило 1,5 мА.

Резистор R4 — проволоочный из манганина или константана диаметром 0,3 мм, длиной 60...100 мм. Подбор сопротивления заключается в выборе длины провода, при этом максимальное отклонение встроенного в комбинированный прибор измерителя должно соответствовать 150 мА при нажатых кнопках SB2 и SB4. К зажимам «э» и «к» подключают последовательно соединенные переменный резистор сопротивлением 51...100 Ом и миллиамперметр на 150...250 мА.

В качестве R4 возможно применение резистора типа C2-34 или C5-43 сопротивлением 0,5 Ом с последующим подключением параллельно резисторов с номинальным значением единицы ом.

При выполнении операций по наладке приставки следует использовать внешний источник питания, можно однополярный.

Перед работой с приставкой необходимо убедиться, что все кнопки прибора Ц20-05 отжаты, в том числе и кнопка «Вкл.»

Порядок работы следующий:

ручку резистора (резисторов) R3 установить в крайнее левое положение, что соответствует максимальному значению сопротивления;

установить переключатели SB3 и SB4 в соответствии с проводимостью и мощностью испытуемого транзистора;

подключить испытуемый транзистор к выходным зажимам;

при малом отклонении стрелки прибора, вращая ручку резистора R3, убедиться в увеличении показаний (отсутствие показаний прибора говорит об обрыве в цепи эмиттер — база транзистора);

кратковременно нажать кнопку SB1 («зашкаливание» стрелки прибора говорит о пробое перехода эмиттер — коллектор транзистора или неправильном выборе проводимости), прибор должен показать значение тока  $I_{КН}$  по шкале 30, при этом показания в делениях необходимо умножить на 4 мкА;

ручкой резистора R3 установить стрелку прибора на отметку 10 и нажать кнопку (клавишу) переключателя SB2, снять отсчет в делениях по шкале 30 и умножить на 10, полученное значение соответствует коэффициенту передачи тока транзистора  $h_{21э}$ ; если стрелка прибора «зашкаливает», то ручкой резистора R3 выставить стрелку прибора в пределах шкалы, отжать кнопку SB2 и в меньшую сторону выставить значение тока базы, кратное 10 делениям, а



Диапазон измеряемых емкостей разбит на 10 поддиапазонов: 0...100, 0...300; 0...1000; 0...3000; 0...10 000; 0...30 000; 0...100 000 пФ; 0...0,3; 0...1; 0...3 мкФ.

«Шкала» приставки практически линейна. Погрешность измерения не превышает 5 %.

Принцип действия приставки основан на измерении среднев्यпрямленного значения тока, проходящего через измеряемую емкость под действием импульсного напряжения прямоугольной формы со скважностью, равной 2.

Значение тока определяется частотой импульсного напряжения и измеряемой емкостью.

Приставка состоит из кварцевого генератора (DD1.1, DD1.2, R1, R2, C1, C2, BQ1), делителя частоты (DD1.3, DD1.4, DD2—DD6), коммутатора SB2, ключа VT1 и измерителя VD1—VD4, R5—R7, PA1 (Ц20-05).

Кварцевый резонатор может иметь резонансную частоту 200...1000 кГц.

Делитель частоты выполнен из пяти декадных счетчиков на базе двояных 4-разрядных двоичных счетчиков.

Выходом каждого счетчика является выход первого триггера, откуда снимается выходной сигнал прямоугольной формы со скважностью, равной 2, что позволило получить практически линейную характеристику приставки, а также дискретно изменять пределы измерения, не подстраивая каждый из пределов.

Пределы измерения, кратные десяти, выбирают с помощью переключателя SB2, смежный предел задается и настраивается с помощью шунтирующего резистора R7.

Ключ VT1 необходим для согласования маломощного выхода делителя частоты с выходом генератора.

В приставке использованы: переключатель SB1 любой, например П2К с независимой фиксацией, МТ-1; переключатель SB2 типа П2К с зависимой фиксацией; резисторы R1—R5 малогабаритные типа МЛТ-0,125 или другие, R6, R7 — подстроечные типа СП5-2; конденсаторы керамические типа КТ или КМ. Вместо транзистора КТ315А можно применить транзисторы КТ315 с любым буквенным индексом или 2Т312. Микросхемы серии 561 можно заменить микросхемами серии 564 без какого-либо изменения электрической схемы. В качестве VD1—VD4 можно использовать диод типа Д9 или Д2.

Конструктивно приставка представляет собой переключатель со смонтированной на нем платой с элементами. Если приставка выполнена внутри прибора Ц20-05М1, то «штырьки» переключателя укорачивают с обеих сторон до 2...3 мм и все устройство размещают за отсеком питания в нижней части прибора.

Настройка устройства заключается в измерении известных значений емкостей конденсаторов, вначале настраивают 0...100 или 0...1000 пФ с помощью резистора R6, используя шкалу 0...10, а затем смежный предел 0...300 пФ.

При настройке следует исключить влияние емкости соединительных проводов и касания входных зажимов при измерении.

Чем выше частота генератора, тем выше чувствительность приставки, так при частоте генератора 500...600 кГц нижний предел может быть 0...30 пФ.

Работа с прибором проста и особых навыков не требует. При определении места обрыва кабеля или двухпроводной линии проводят два измерения C1 и C2 с обеих сторон кабеля и измеряют длину кабеля l, тогда расстояние до места обрыва кабеля

$$l_1 = \frac{C1 + C2}{1} C1.$$

## СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

### Ампервольтметр АВО-5М1

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 9 и на рис. 35—37.

Номинальная частотная область для пределов 3...1200 В составляет 45...1000 Гц, для предела 6000 В — 45...55 Гц.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В на всех пределах измерения постоянного напряжения и 2 кОм/В на всех пределах измерения переменного напряжения (табл. 10).

Рабочая температура —10...+50 °С, относительная влажность до 60 %.

В приборе применен магнитоэлектрический механизм типа М24-5 с номинальным током 50 мкА и внутренним сопротивлением 2250 Ом.

Для питания прибора используют сухой элемент на 1,6 В и пять элементов 3336У.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 11).

Таблица 9. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                           | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В |
|--------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 6000; 1200; 600<br>300; 12,3 В             | Постоянный | 50                          | —                                |
| 6000; 1200; 600<br>300; 12,3 В             | Переменный | 500                         | —                                |
| 12 000; 1200; 120; 30; 3; 0,3;<br>0,06 мкА | Постоянный | —                           | 0,27                             |
| 12; 1,2 А                                  | Переменный | —                           | 0,08                             |
| 120 мА                                     | »          | —                           | 0,5                              |
| 30 мА                                      | »          | —                           | 0,8                              |
| 3 мА                                       | »          | —                           | 2                                |
| Примечание Основная погрешность $\pm 4\%$  |            |                             |                                  |

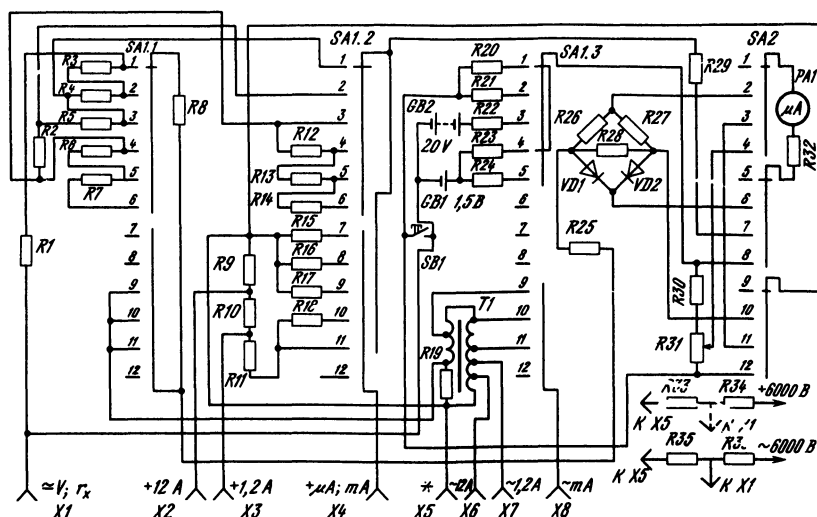


Рис. 35. Схема электрическая принципиальная ампервольтметра АВО-5М1

Таблица 10. Пределы измерения сопротивления и уровни передачи переменного напряжения

| Предел измерения        | Конечное значение измеряемого параметра | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------------|-----------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega$                | 3...300 Ом                              | 0,5                 | 1,5                   | ±86                           | ±2,5                    |
| $\Omega \times 100$     | 0,3...30 кОм                            | 0,05                | 1,5                   |                               |                         |
| $\Omega \times 10\,000$ | 0,03...3 МОм                            | 0,06                | 20                    |                               |                         |
| 3V                      | -12...+12                               | —                   | —                     | 47                            | ±4                      |

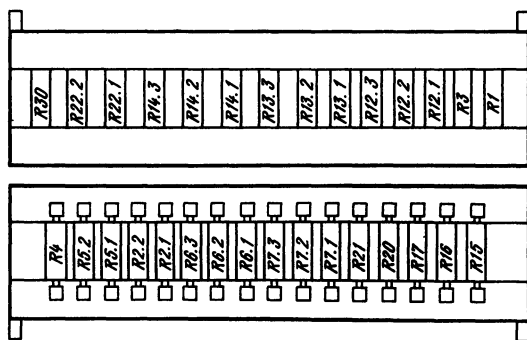
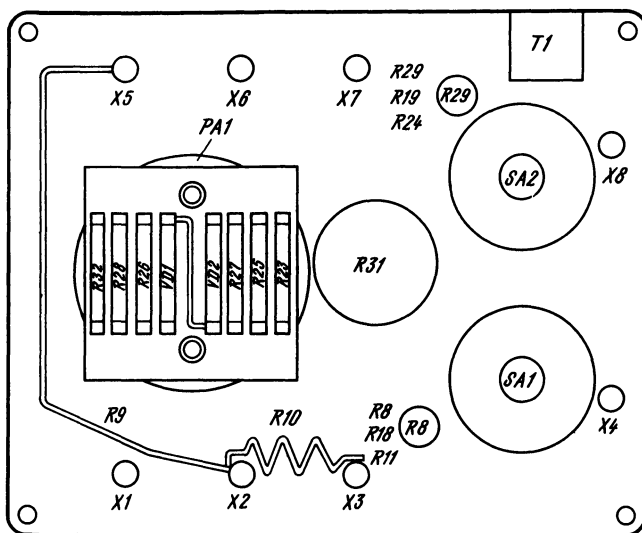


Рис. 36. Схема расположения элементов ампервольтметра АВО-5М1

[illegible]

Рис. 37. Карта электрических цепей ампервольтомметра АВО-5М1

Таблица 11. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме ампервольтметра АВО-5М1

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт | Примечание |
|-------------------------|--------------|-----------|------------|
|-------------------------|--------------|-----------|------------|

## Резисторы

|     |                               |   |                                                                     |
|-----|-------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------|
| R1  | 1000±3 Ом, проволочный        | 1 | Для приборов<br>АВО-5МІТ со-<br>противление<br>проволочное<br>То же |
| R2  | BC-0,5-360±3,6 кОм            | 1 |                                                                     |
| R3  | УЛИ-0,25-18±0,18 кОм          | 1 |                                                                     |
| R4  | УЛИ-0,25-36±0,36 кОм          | 1 |                                                                     |
| R5  | BC-0,5-180±1,8 кОм            | 1 |                                                                     |
| R6  | BC-0,5-600±6 кОм              | 1 |                                                                     |
| R7  | BC-0,5-1200±12 кОм            | 1 |                                                                     |
| R8  | 2000±6 Ом, проволочный        | 1 |                                                                     |
| R9  | 0,0209 Ом, проволочный        | 1 |                                                                     |
| R10 | 0,188±0,00056 Ом, проволочный | 1 |                                                                     |
| R11 | 1,88±0,0056 Ом, проволочный   | 1 |                                                                     |
| R12 | BC-0,5-5400±54 кОм            | 1 |                                                                     |
| R13 | BC-0,5-6000±60 кОм            | 1 |                                                                     |

| Позиционное обозначение | Наименование                | Число, шт. | Примечание  |
|-------------------------|-----------------------------|------------|-------------|
| R14                     | BC-0,5-12±0,12 МОм          | 1          | Подгоночное |
| R15                     | BC-0,5-24±2,4 кОм           | 1          |             |
| R16                     | 1000±3 Ом, проволочный      | 1          |             |
| R17                     | 84,6±0,25 Ом, проволочный   | 1          |             |
| R18                     | 6,35±0,019 Ом, проволочный  | 1          |             |
| R19                     | 4...6,5 кОм, проволочный    | 1          |             |
| R20                     | 5,45±0,016 Ом, проволочный  | 1          |             |
| R21                     | 700±2,1 Ом, проволочный     | 1          |             |
| R22                     | BC-0,5-296±2,96 кОм         | 1          |             |
| R23                     | 24,6±0,0738 Ом, проволочный | 1          |             |
| R24                     | 2460±7,38 Ом, проволочный   | 1          | »           |
| R25                     | 300...500 Ом, проволочный   | 1          |             |
| R26                     | BC-0,5-2000±200 Ом          | 1          |             |
| R27                     | BC-0,5-2000±200 Ом          | 1          |             |
| R28                     | 450...700 Ом, проволочный   | 1          |             |
| R29                     | 2500±7,5 Ом, проволочный    | 1          |             |
| R30                     | BC-0,5-2700±270 Ом          | 1          |             |
| R31                     | 11±1,1 кОм, проволочный     | 1          |             |
| R32                     | 250...900 Ом, проволочный   | 1          |             |
| R33                     | BC-0,5-7,5±0,75 МОм         | 1          | »           |
| R34                     | BC-0,5-119±1 МОм            | 1          |             |
| R35                     | BC-0,5-750±75 кОм           | 1          |             |
| R36                     | BC-0,5-11,9±0,1 МОм         | 1          |             |

## Диоды

|          |                                 |   |  |
|----------|---------------------------------|---|--|
| VD1, VD2 | Выпрямитель купоросный ВКВ-7-1А | 2 |  |
|----------|---------------------------------|---|--|

## Комбинированный прибор Ц20-05

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и уровня передачи переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 12—14 и на рис. 38—40.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжения составляет 20 кОм/В. Рабочая температура —10...+40 °С, относительная влажность окружающего воздуха до 90 % при температуре 30 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический механизм на кернах с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 150 мкА.

Питание прибора осуществляется от девяти элементов типа 316. Разность значений напряжений источников G2—G5 и G6—G9 не должна превышать 1,2 В.

При измерении уровня передачи переменного напряжения на пределе 3V отсчет производится непосредственно по шкале «дВ». При переходе на другие пределы к показанию прибора необходимо прибавить число, указанное в табл. 15.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 16).

**Таблица 12. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра**

| Предел измерения                         | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, мВ |
|------------------------------------------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 В  | Постоянный | 50                          | —                                 |
| 1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 В  | Переменный | 50                          | —                                 |
| 1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 мА | Постоянный | —                           | 60                                |
| 1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 мА | Переменный | —                           | 60                                |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 4\%$ .

**Таблица 13. Частотные параметры прибора**

| Предел измерения, В | Частотная область, Гц |             |
|---------------------|-----------------------|-------------|
|                     | номинальная           | расширенная |
| 1000                | 20...55               | 20...55     |
| 300; 100            | 20...500              | 20...500    |
| 30                  | 20...5000             | 20...5000   |
| 10; 3; 1; 0,3; 0,1  | 20...20 000           | 20...20 000 |

**Таблица 14. Основные технические параметры встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения**

| Предел измерения                                                                             | Конечное значение параметра                                         | Ток потребления, мА            | Напряжение питания, В                                          | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega \times 1$<br>$\Omega \times 10$<br>$\Omega \times 100$<br>$\Omega \times 1000$<br>dB | 0...1 кОм<br>0...10 кОм<br>0...100 кОм<br>0...1000 кОм<br>—10...+12 | 30<br>3<br>0,3<br>0,03<br>0,05 | $\left. \begin{array}{c} 1,5 \\ \text{—} \end{array} \right\}$ | 64<br>52                      | $\pm 2,5$<br>$\pm 4$    |

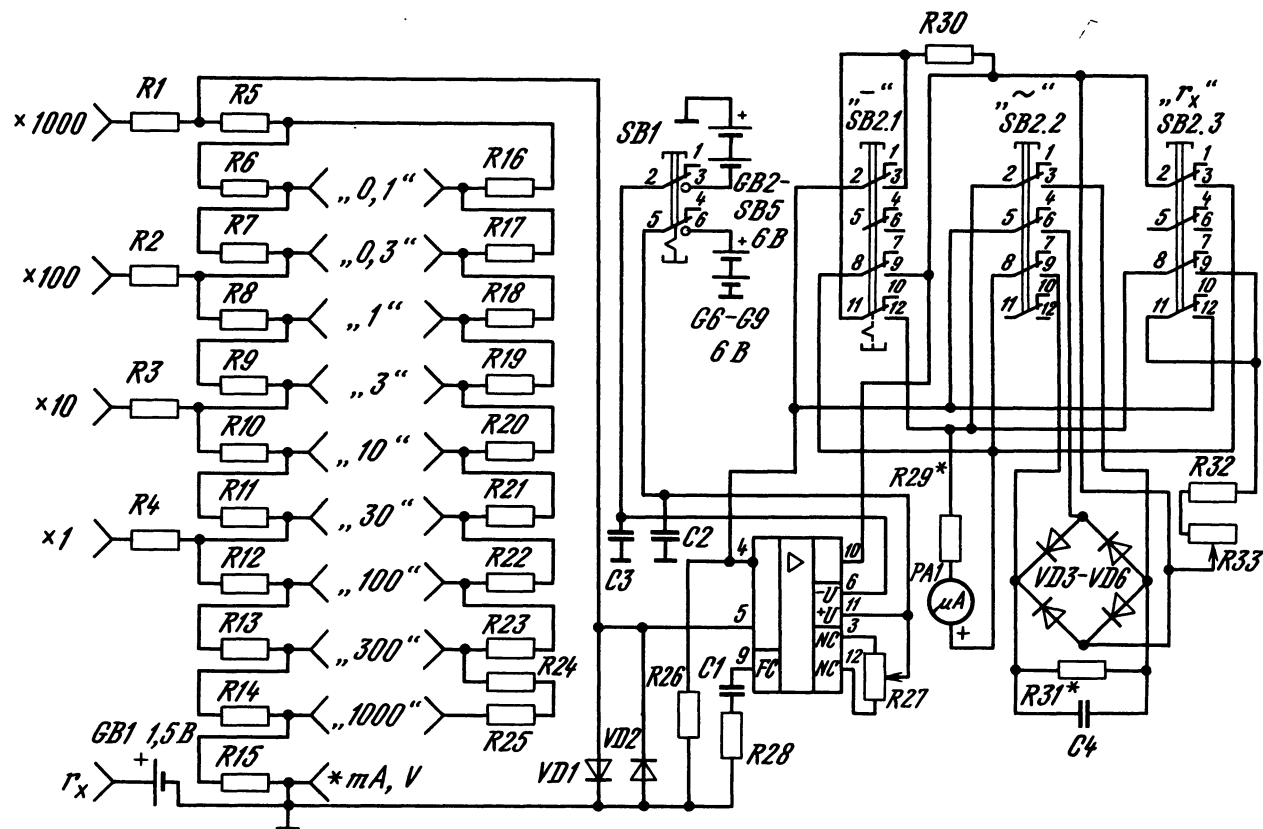


Рис. 38. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц20-05

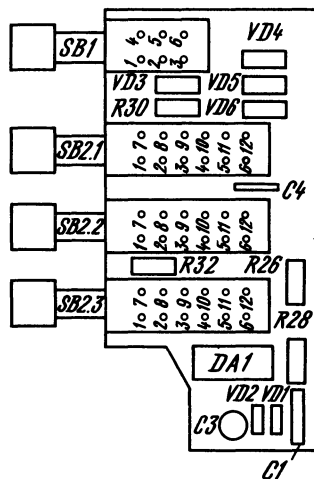
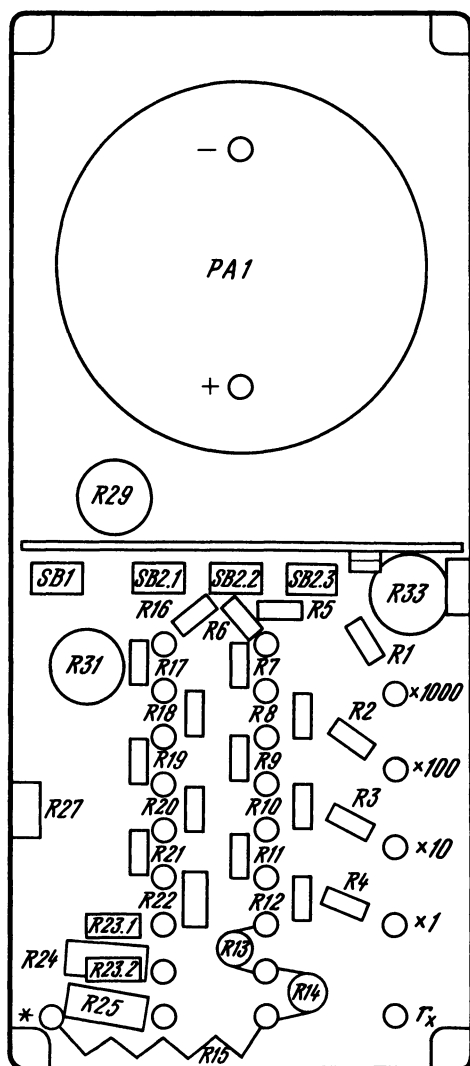


Рис. 39. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц20-05

| Пределы        |       | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|----------------|-------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|---|--|
|                |       | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24, R25 |   |  |
| V              | "—"   | 1000     |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 300      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 100      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 30       |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 10       |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 3        |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 1        |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 0,3      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 0,1      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                | "~"   | 1000     |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 300      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 100      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 30       |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 10       |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 3        |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 1        |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 0,3      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
|                |       | 0,1      |    |    |    | X  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | + |  |
| mA             | "—"   | 1000     |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 300      |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 100      |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 30       |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 10       |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 3        |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 1        |    |    |    | X  | X  | X  | X  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |          |   |  |
|                |       | 0,3      |    |    |    | X  | X  | X  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |          |   |  |
|                |       | 0,1      |    |    |    | X  | X  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |   |  |
|                | "~"   | 1000     |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 300      |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 100      |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 30       |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   | X   | X   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 10       |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 3        |    |    |    | X  | X  | X  | X  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |          |   |  |
|                |       | 1        |    |    |    | X  | X  | X  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |          |   |  |
|                |       | 0,3      |    |    |    | X  | X  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |          |   |  |
|                |       | 0,1      |    |    |    | X  | X  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |   |  |
| r <sub>x</sub> | ×1    |          |    |    | +  | X  | X  | X  | X  | X  | X   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                | ×10   |          |    | +  |    | X  | X  | X  | X  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                | ×100  |          | +  |    |    | X  | X  | X  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |
|                | ×1000 | +        |    |    |    | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |          |   |  |

Рис. 40. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц20-05

| Элементы |          |                    |   |                        |   |         |          |   |     |                   |   |     |   |            |   |            |  |       |       |  |                   |  |
|----------|----------|--------------------|---|------------------------|---|---------|----------|---|-----|-------------------|---|-----|---|------------|---|------------|--|-------|-------|--|-------------------|--|
| GB1      | R32, R33 | D14, D22, D29, R26 |   | R27, D11, D12, C23, C5 |   | C1, R28 | R29, PA1 |   | R30 | D13, D16, R34, C4 |   | SB1 |   | SB2.1      |   | SB2.2      |  |       | SB2.3 |  |                   |  |
|          |          |                    |   |                        |   |         |          |   |     |                   |   |     |   | 2-3<br>5-6 |   | 2-3<br>8-9 |  | 11-12 |       |  | 2-3<br>5-6<br>8-9 |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X | X          | X |            |  |       |       |  |                   |  |
|          |          | X                  | X | X                      | X |         | X        | X | X   | X                 | X | X   | X |            |   |            |  |       |       |  |                   |  |

Т а б л и ц а 15. Поправочные числа к пределам измерений

| Предел измерения,<br>В | 0,1 | 0,3 | 1   | 3 | 10  | 30  | 100 | 300 | 1000 |
|------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|------|
| Поправочное число, дБ  | —30 | —20 | —10 | 0 | +10 | +20 | +30 | +40 | +50  |

Т а б л и ц а 16. Перечень элементов к принципиальной схеме комбинированного прибора Ц20-05

| Позиционное обозначение | Наименование               | Число, шт. | Примечание                                          |
|-------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------------------------|
| Резисторы               |                            |            |                                                     |
| R1                      | C2-29В-0,125-48,1 кОм ±1 % | 1          | Шунт<br>»<br>»<br><br>400...600 Ом<br><br>4...6 кОм |
| R2                      | C2-29В-0,125-4,81 кОм ±1 % | 1          |                                                     |
| R3                      | C2-29В-0,125-481 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R4                      | C2-29В-0,25-48,1 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R5                      | C2-29В-0,125-665 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R6                      | C2-29В-0,125-499 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R7                      | C2-29В-0,125-332 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R8                      | C2-29В-0,125-177 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R9                      | C2-29В-0,25-33,2 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R10                     | C2-29В-0,125-11,7 Ом ±1 %  | 1          |                                                     |
| R11                     | C2-29В-0,125-3,32 кОм ±1 % | 1          |                                                     |
| R12                     | C2-29В-0,125-1,17 Ом ±1 %  | 1          |                                                     |
| R13                     | 0,333±0,003 Ом             | 1          |                                                     |
| R14                     | 0,117±0,001 Ом             | 1          |                                                     |
| R15                     | 0,05±0,0005 Ом             | 1          |                                                     |
| R16                     | C2-29В-0,125-1 кОм ±1 %    | 1          |                                                     |
| R17                     | C2-29В-0,125-4,02 кОм ±1 % | 1          |                                                     |
| R18                     | C2-29В-0,125-14 кОм ±1 %   | 1          |                                                     |
| R19                     | C2-29В-0,125-40,2 кОм ±1 % | 1          |                                                     |
| R20                     | C2-29В-0,125-140 кОм ±1 %  | 1          |                                                     |
| R21                     | C2-29В-0,125-402 кОм ±1 %  | 1          |                                                     |
| R22                     | C2-29В-0,25-1,4 МОм ±1 %   | 1          |                                                     |
| R23                     | C2-29В-0,25-4,02 МОм ±1 %  | 1          |                                                     |
| R24                     | C2-29В-1,0-6,04 МОм ±1 %   | 1          |                                                     |
| R25                     | C2-29В-1,0-7,96 МОм ±1 %   | 1          |                                                     |
| R26                     | C2-29В-0,125-249 Ом ±1 %   | 1          |                                                     |
| R27                     | СПЗ-39НА-1-47 кОм ±20 %    | 1          |                                                     |
| R28                     | МЛТ-0,25-39 Ом ±10 %       | 1          |                                                     |
| R29*                    | Катушка 5ПБ.520.281-18     | 1          |                                                     |
| R30                     | C2-29В-0,125-3,01 кОм ±1 % | 1          |                                                     |
| R31*                    | Катушка 5ПБ.520.281-19     | 1          |                                                     |
| R32                     | МЛТ-0,25-1 кОм ±10 %       | 1          |                                                     |
| R33                     | СПЗ-9А-4,7 кОм ±20 %       | 1          |                                                     |
| Конденсаторы            |                            |            |                                                     |
| C1                      | K10-7В-Н30-3300 пФ ±20 %   | 1          |                                                     |
| C2, C3*                 | K50-16-10 В-20 мкФ         | 2          |                                                     |
| C4                      | K10-7В-М750-62 пФ ±10 %    | 1          |                                                     |
| V1—V6                   | Диоды КД521В               | 6          |                                                     |
| D1                      | Микросхема КР551УД1А       | 1          |                                                     |

\* Подбирают при регулировке

## Комбинированный прибор Ц4311

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...16 000 Гц. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 17—19 и на рис. 41—49.

Прибор можно использовать как образцовый при проверке других комбинированных приборов.

Входное сопротивление прибора 3,3 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3 кОм/В при измерении переменного напряжения.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внешним магнитом. Рамка подвешена на растяжках ПлСр-20М 1,0 при натяжении  $100 \pm 20$  г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки не более 75 Ом (180 витков провода ПЭС-1 0,06). Встроенная батарея 3336 (или 3336Л) служит для питания узла защиты от перегрузок.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R17, R24, R26, R28, R32, R33, R39, R45, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 20).

Таблица 17. Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока

| Напряжение, В | Ток полного отклонения, мА | Ток    | Падение напряжения на зажимах, В | Напряжение, В | Ток полного отклонения, мВ | Ток     | Падение напряжения на зажимах, В |
|---------------|----------------------------|--------|----------------------------------|---------------|----------------------------|---------|----------------------------------|
| 750           | 3                          | 7,5 А  | 0,86                             | 3             | 5                          | 30 мА   | 0,6                              |
| 300           | 3                          | 3 А    | 0,71                             | 1,5           | 0,5                        | 15 мА   | 0,59                             |
| 150           | 3                          | 1,5 А  | 0,66                             | 0,75          | 0,5                        | 7,5 мА  | 0,57                             |
| 75            | 3                          | 750 мА | 0,63                             | 0,300         | 0,3                        | 3 мА    | 0,54                             |
| 30            | 3                          | 300 мА | 0,6                              | 0,150         | 0,342                      | 1,5 мА  | 0,48                             |
| 15            | 3                          | 150 мА | 0,6                              | 0,075         | 0,342                      | 0,75 мА | 0,36                             |
| 7,5           | 3                          | 75 мА  | 0,6                              |               |                            | 300 мкА | 0,075                            |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 0,5\%$ .

Таблица 18. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

| Напряжение, В | Ток полного отклонения, мА | Расширенная частотная область, Гц | Напряжение, В | Ток полного отклонения, мА | Расширенная частотная область, Гц |
|---------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 750           | 3,5                        | 45...300                          | 15            | 3,5                        | 45...8 000                        |
| 300           | 3,5                        | 45...300                          | 7,5           | 3,5                        | 45...16 000                       |
| 150           | 3,5                        | 45...1000                         | 3             | 5                          | 45...16 000                       |
| 75            | 3,5                        | 45...3000                         | 1,5           | 0,7                        | 45...16 000                       |
| 30            | 3,5                        | 45...5000                         | 0,75          | 1,5                        | 45...16 000                       |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 1\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

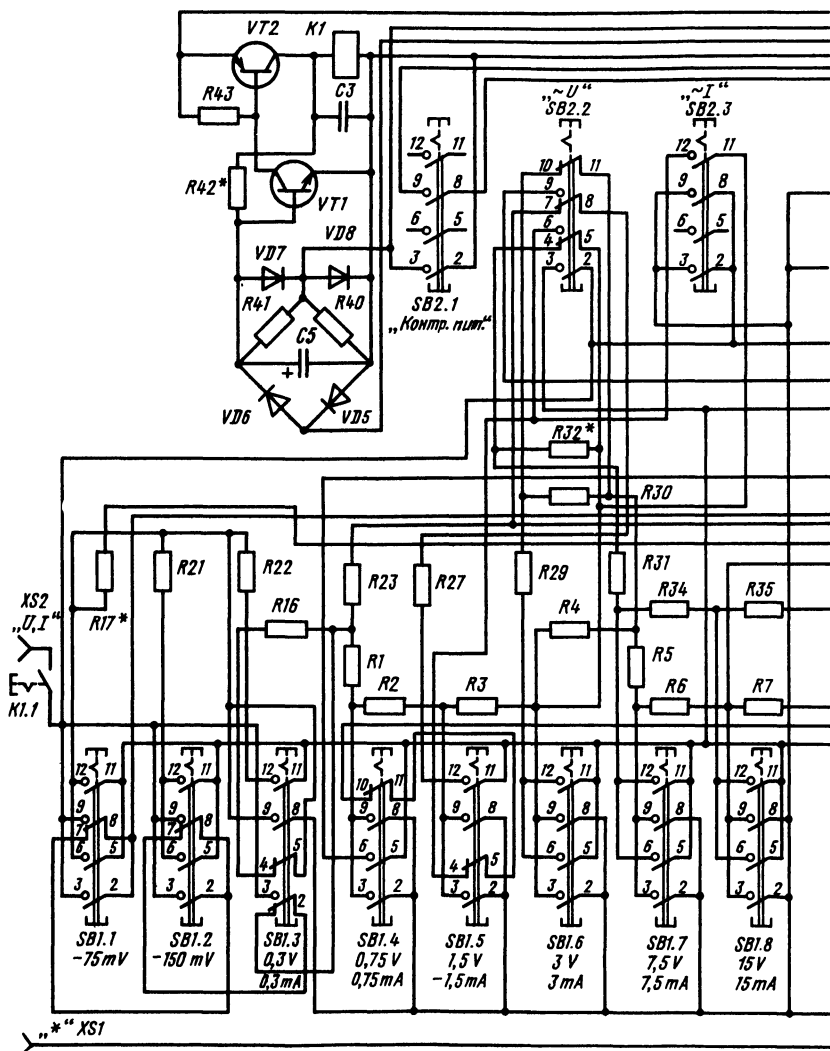
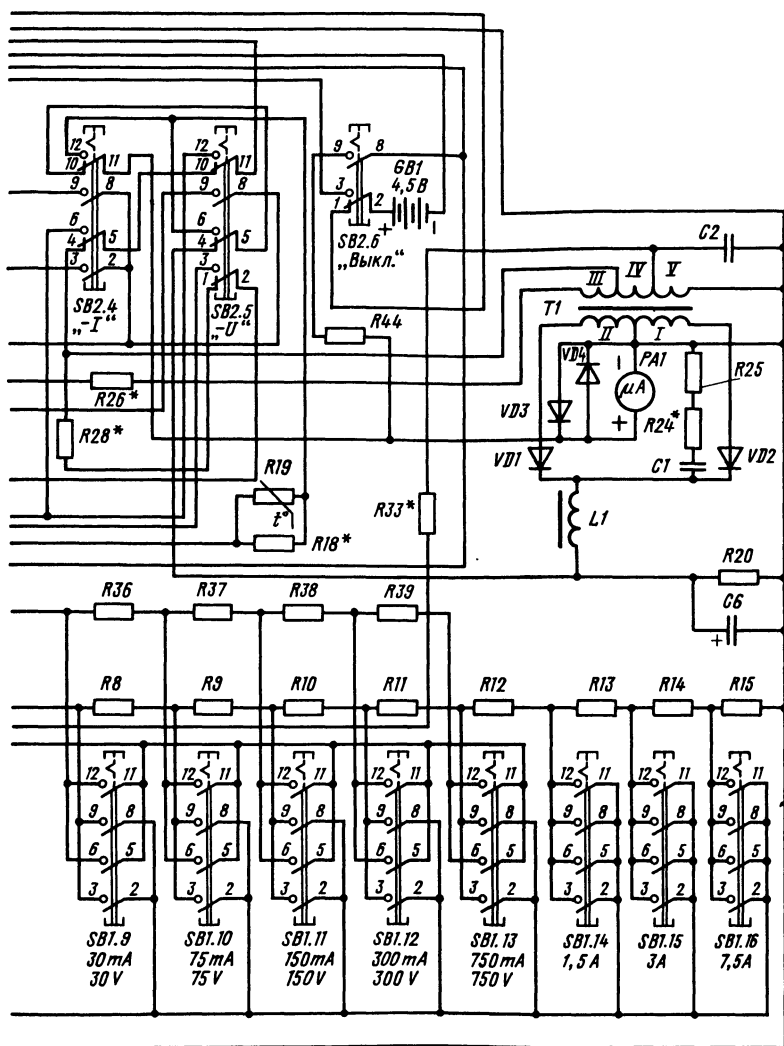


Рис. 41. Схема электрическая принципиальная ампервольтметра Ц4311



**Т а б л и ц а 19. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

| Ток                   | 7,5 А | 3 А | 1,5 А | 0,75 А | 0,3 А,<br>0,15 А | 75 мА,<br>30 мА | 15 мА | 7,5 мА | 3 мА |
|-----------------------|-------|-----|-------|--------|------------------|-----------------|-------|--------|------|
| Падение напряжения, В | 0,95  | 0,8 | 0,75  | 0,7    | 0,65             | 0,65            | 0,6   | 0,55   | 0,4  |

П р и м е ч а н и я: 1. Основная погрешность  $\pm 1\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.  
3. Расширенная частотная область 45...16 000 Гц.

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма  $R_{\text{ц}}$ , термокомпенсатора  $R18R19/(R18+R19)$  и резистора  $R17$  должно быть в пределах  $250 \pm 0,25$  Ом при температуре  $20^\circ\text{C}$ .

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

$R33$  — при измерении переменного тока на одном из пределов,

$R26$ ,  $R28$ ,  $R30$ ,  $R32$  — при измерении переменного напряжения на пределах 0,75, 1,5, 3, 7, 5 В соответственно,

$R42$  — для установки порога срабатывания автовыключателя.

В приборе применена защита электрической схемы прибора и микроамперметра при электрических перегрузках, осуществляется автовыключателем. Схема автовыключателя представляет собой (рис. 33) диодный выпрямительный мост ( $VD5$ ,  $VD6$ ,  $R40$ ,  $R41$ ) и двухкаскадный транзисторный усилитель ( $VT1$ ,  $VT2$ ) с положительной обратной связью между каскадами ( $R42$ ). Нагрузкой усилителя является специальное реле  $K1.1$  (рис. 45). Сигнал перегрузки подается на вход усилителя с выходной диагонали диодного выпрямительного моста, входная диагональ которого при измерении постоянного напряжения или тока подключается параллельно измерительному механизму, а при измерении переменного напряжения или тока подключается к обмотке IV, V трансформатора  $T1$ . При этом транзистор  $VT1$  открывается, через обмотку реле  $K1$  (рис. 41, 45) протекает ток, ослабляя магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом 4, удерживающий якорь 3, сила пружинящей пластины якоря 3 разрывает контакты  $K1.1$ , отключая прибор от исследуемой цепи. Настройка автокомпенсатора состоит в следующем. Винтом 11 устанавливают давление подвижного контакта 8 на якорь 3 силой  $40 \pm 5$  г при замкнутых контактах, а винтом 10 пружинящее усилие пластины якоря 9 в пределах  $80 \pm 5$  г, причем при определении усилия якорь 3 не должен соприкасаться с магнитопроводом.

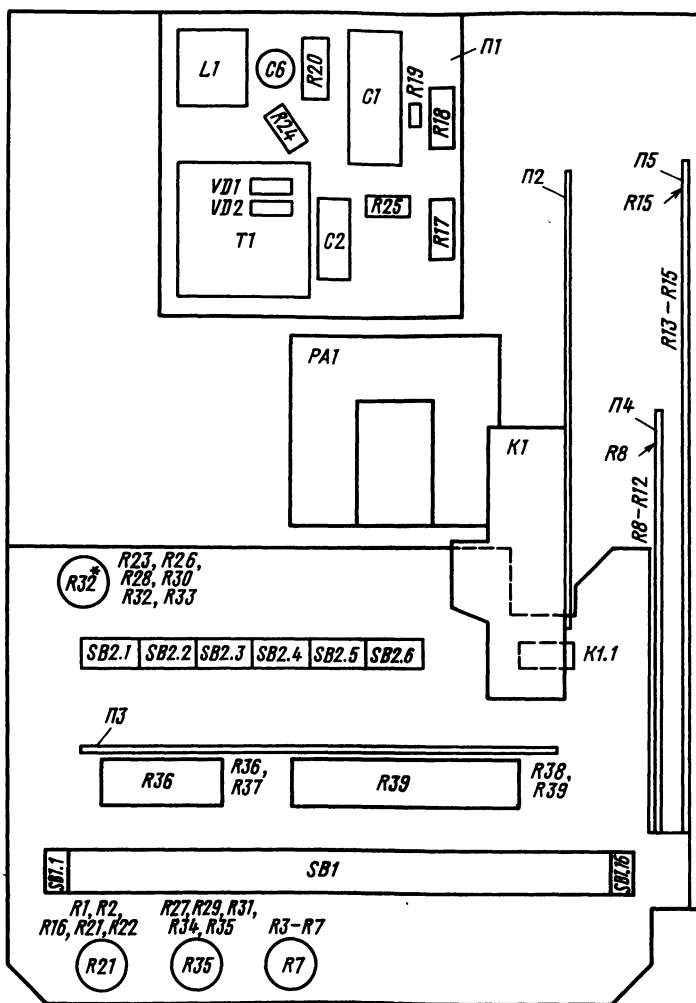


Рис. 42. Схема расположения элементов ампервольтметра Ц4311

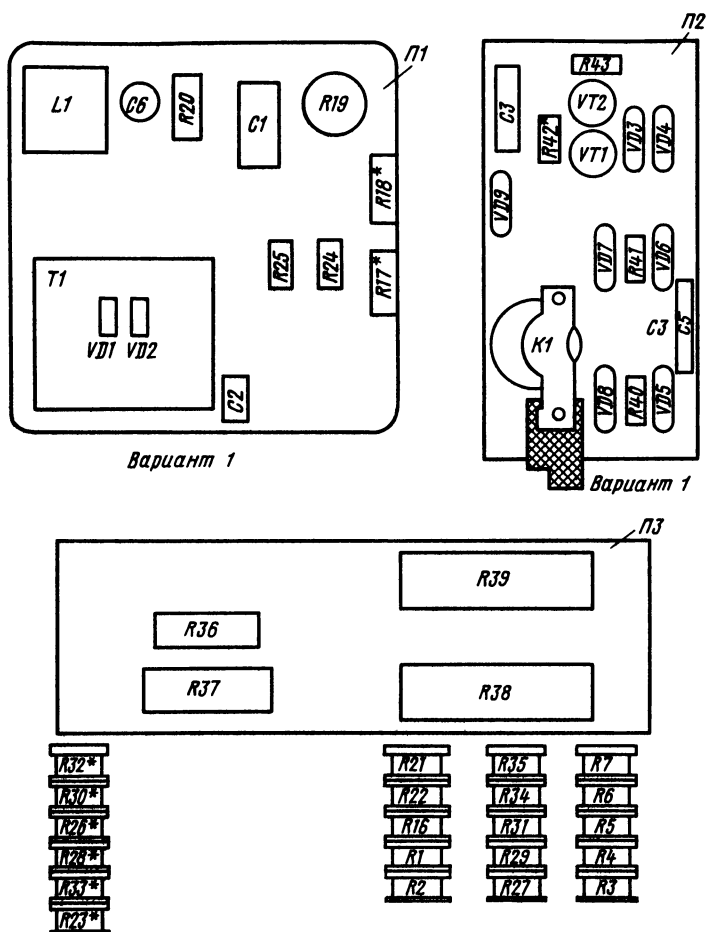


Рис. 43. Схема расположения элементов на платах П1—П3 и резисторных сборках ампервольтметра Ц4311

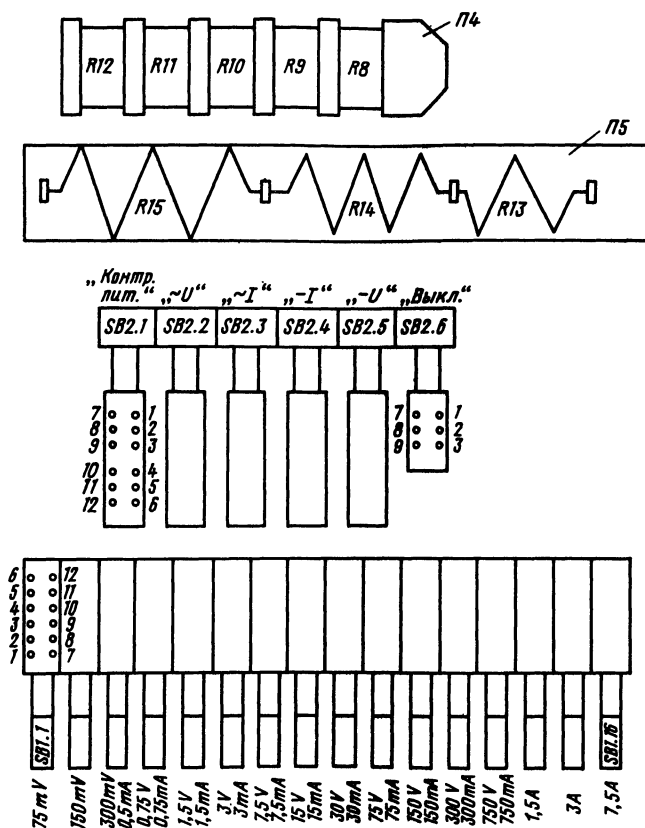


Рис. 44. Схема расположения элементов на платах П4, П5, расположение секций и контактов переключателей SB1 и SB2 ампер-вольтметра Ц4311

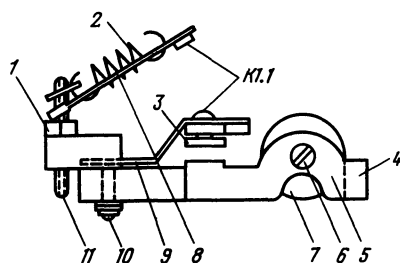


Рис. 45. Кинематическая схема авто-выключателя:

1 — фиксирующая гайка; 2 — пружина; 3 — якорь; 4 — постоянный магнит; 5 — корпус (магнитопровод); 6 — винт крепления обмотки реле; 7 — обмотка реле; 8 — пластина подвижного контакта; 9 — пружинящая пластина якоря; 10 — регулировочный винт пружинящей пластины якоря, 11 — регулировочный винт

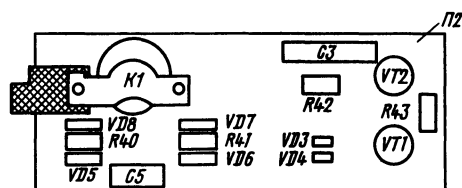


Рис. 46. Схема расположения элементов на плате А2 ампервольтметра Ц4311 (вариант 2)

[illegible]

Рис. 47. Матрица замыкания контактов переключателя пределов измерения ампервольтметра Ц4311

[illegible]

Рис. 48. Матрица замыкания контактов переключателя рода работы ампервольтметра Ц4311

| Пределы |    | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|---------|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
|         |    | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20, G6 | R21 | R22 | R23 | R24, G1 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 |  |  |
| ~       | V  | 750      | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 300      | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 150      | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 75       | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 30       | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         | mV | 75       | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 15       | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 7,5      | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 3        | x  | x  | x  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 1,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
| ~       | V  | 750      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 300      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 150      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 75       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 30       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         | mA | 75       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 15       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 7,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 3        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 1,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
| ~       | A  | 750      | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 300      | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 150      | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 75       | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 30       | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         | mA | 75       | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 15       | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 7,5      | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 3        | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 1,5      | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
| ~       | A  | 750      | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 300      | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 150      | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 75       | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 30       | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         | mA | 75       | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 15       | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 7,5      | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 3        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |
|         |    | 1,5      | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |         |     |     |     |         |     |     |     |     |     |     |  |  |

Рис. 49. Карта электрических цепей ампервольтметра Ц4311:

⊗ — цепи трансформатора T1, 3 — цепи защиты



Таблица 20. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4311

| Позиционное обозначение | Наименование                        | Число, шт. | Примечание                                                                  |  |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|
| Резисторы               |                                     |            |                                                                             |  |
| R1, R2                  | 400±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,1         | 2          | Намотка бифи-<br>лярная<br>То же<br>Шунт<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>» |  |
| R3                      | 200±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,1         | 1          |                                                                             |  |
| R4                      | 80±0,04 Ом, провод ПЭМС 0,1         | 1          |                                                                             |  |
| R5, R6                  | 40±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,2         | 2          |                                                                             |  |
| R7                      | 20±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,2         | 1          |                                                                             |  |
| R8                      | 12±0,006 Ом, провод ПЭМС 0,3        | 1          |                                                                             |  |
| R9                      | 4±0,002 Ом, провод ПЭМС 0,4         | 1          |                                                                             |  |
| R10                     | 2±0,001 Ом, провод ПЭМС 0,5         | 1          |                                                                             |  |
| R11                     | 1,2±0,0006 Ом, провод ПЭМС 0,6      | 1          |                                                                             |  |
| R12                     | 0,4±0,0002 Ом, провод ПЭМС 0,8      | 1          |                                                                             |  |
| R13                     | 0,2±0,0001 Ом, провод МнМц-3-12 1   | 1          | »<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»                              |  |
| R14                     | 0,12±0,00006 Ом, лист МнМц-3-12 0,5 | 1          |                                                                             |  |
| R15                     | 0,08±0,00005 Ом, лист МнМц-3-12 0,5 | 1          |                                                                             |  |
| R16                     | 550±0,27 Ом, провод ПЭМС 0,1        | 1          |                                                                             |  |
| R17*                    | До 180 Ом, ПЭМС 0,2                 | 1          |                                                                             |  |
| R18*                    | До 50 Ом, ПЭМС 0,2                  | 1          |                                                                             |  |
| R19                     | ММТ 8-62 Ом ±10 %                   | 1          |                                                                             |  |
| R20                     | 240±2,4 Ом, провод ПЭМС 0,1         | 1          |                                                                             |  |
| R21                     | 218,8±0,11 Ом, провод ПЭМС 0,1      | 1          |                                                                             |  |
| R22                     | 750±0,37 Ом, провод ПЭМС 0,08       | 1          |                                                                             |  |
| R23                     | 1020±0,51 Ом, провод ПЭМС 0,1       | 1          | Намотка бифи-<br>лярная<br>То же<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»<br>»    |  |
| R24*                    | МЛТ-0,5-(0,5...1,2) кОм             | 1          |                                                                             |  |
| P25                     | МЛТ-0,5-2,2 кОм ±10 %               | 1          |                                                                             |  |
| R26*, R28*              | До 450 Ом, ПЭМС 0,1                 | 2          |                                                                             |  |
| R27                     | 1500±0,75 Ом, провод ПЭМС 0,05      | 1          |                                                                             |  |
| R29                     | 487±0,24 Ом, провод ПЭМС 0,1        | 1          |                                                                             |  |
| R30*                    | До 35 Ом, ПЭМС 0,2                  | 1          |                                                                             |  |
| R31                     | 2320±1,15 Ом, провод ПЭМС 0,05      | 1          |                                                                             |  |
| R32*                    | До 100 Ом, провод ПЭМС 0,15         | 1          |                                                                             |  |
| R33*                    | До 180 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1          |                                                                             |  |
| R34                     | 2500±1,25 Ом, провод ПЭМС 0,05      | 1          | Соединены по-<br>следовательно                                              |  |
| R35                     | 5000±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,05       | 1          |                                                                             |  |
| R36                     | МрГЧ-0,25-15 кОм ±0,05 %            | 1          |                                                                             |  |
| R37                     | МрГЧ-0,5-25 кОм ±0,05 %             | 1          |                                                                             |  |
| R38                     | МрГЧ-1-50 кОм ±0,05 %               | 1          |                                                                             |  |
| R39                     | МрГЧ-1-75 кОм ±0,05 %               | 2          |                                                                             |  |
| R40, R41                | МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %                  | 2          |                                                                             |  |
| R42*                    | МЛТ-0,5 (до 150) кОм                | 1          |                                                                             |  |
| R43, R44                | МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %                | 2          |                                                                             |  |
| Диоды                   |                                     |            |                                                                             |  |
| VD1, VD2                | Д9Д                                 | 4          | Допускается<br>замена на<br>Д220А, Д220Б,<br>Д219                           |  |
| VD7, VD8                | Д220                                | 4          |                                                                             |  |
| VD3—VD6                 |                                     |            |                                                                             |  |
|                         |                                     |            |                                                                             |  |

| Позиционное обозначение | Наименование                              | Число, шт. | Примечание                          |
|-------------------------|-------------------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Транзисторы             |                                           |            |                                     |
| VT1                     | МП37Б                                     |            | Допускается замена на МП36А         |
| VT2                     | П41                                       |            |                                     |
| Конденсаторы            |                                           |            |                                     |
| C1                      | МБМ-160-1,0-П-1 мкФ                       | 1          | Допускается замена К50-6-15-100 мкФ |
| C2                      | КСО-5-500-Б-2700 пФ ±5 %                  | 1          |                                     |
| C3                      | К50-3-6 мкФ                               | 1          |                                     |
| C5                      | БМТ-2-400-0,01 ±10 %                      | 1          |                                     |
| C6                      | К50-6-6-100 мкФ                           | 1          |                                     |
| Трансформатор           |                                           |            |                                     |
| T1                      | Обмотка I 2100 витков провода ПЭС-1 0,08  | 1          |                                     |
|                         | Обмотка II 2100 витков провода ПЭС-1 0,08 |            |                                     |
|                         | Обмотка III 524 витка провода ПЭС-1 0,12  |            |                                     |
|                         | Обмотка IV 130 витков провода ПЭС-1 0,12  |            |                                     |
|                         | Обмотка V 656 витков провода ПЭС-1 0,12   |            |                                     |
| L1                      | 1000 витков провода ПЭС-1 0,2             |            | 1                                   |
| K1                      | 1800 витков провода ПЭВ-1 0,2             | 1          |                                     |

\* Подбирают при регулировке.

\* Подбирают при регулировке.

## Комбинированный прибор Ц4312

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...10 000 Гц и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 21—24 и на рис. 50—53.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 667 Ом/В. Рабочий температурный интервал 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), а для тропического исполнения (Ц4312Т) — 5...45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр-2ОМ-0,5 при натяжении  $55 \pm 5$  г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки 50 Ом. Рамка содержит 100...

**Таблица 21. Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока**

| Напря-<br>жение,<br>В | Ток<br>полного<br>отклоне-<br>ния, мА | Ток    | Падение<br>напряжения<br>на<br>зажимах,<br>В | Напря-<br>жение,<br>В | Ток<br>полного<br>отклоне-<br>ния, мА | Ток    | Падение<br>напряже-<br>ния на<br>зажимах,<br>В |
|-----------------------|---------------------------------------|--------|----------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------|------------------------------------------------|
| 900                   | 1,5                                   | 6 А    | 0,5                                          | 30                    | 1,5                                   | 15 мА  | 0,31                                           |
| 600                   | 1,5                                   | 1,5 А  | 0,4                                          | 7,5                   | 1,5                                   | 6 мА   | 0,3                                            |
| 300                   | 1,5                                   | 0,6 А  | 0,38                                         | 1,5                   | 0,3                                   | 1,5 мА | 0,25                                           |
| 150                   | 1,5                                   | 0,15 А | 0,35                                         | 0,3                   | 0,3                                   | 0,3 мА | 0,075                                          |
| 60                    | 1,5                                   | 60 мА  | 0,32                                         | 0,075                 | 0,3                                   |        |                                                |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 1\%$ .

**Таблица 22. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

| Напряже-<br>ние, В | Ток<br>полного<br>отклоне-<br>ния, мА | Расширенная<br>частотная область,<br>Гц | Напряже-<br>ние, В | Ток<br>полного<br>отклоне-<br>ния, мА | Расширенная частотная<br>область, Гц |
|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 900                | 1,5                                   | 45...1000                               | 30                 | 1,5                                   | 45...10 000                          |
| 600                | 1,5                                   | 45...1000                               | 7,5                | 1,5                                   | 45...10 000                          |
| 300                | 1,5                                   | 45...2000                               | 1,5                | 0,9                                   | 45...10 000                          |
| 150                | 1,5                                   | 45...2000                               | 0,3                | 4,5                                   | 45...10 000                          |
| 60                 | 1,5                                   | 45...2000                               |                    |                                       |                                      |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 1,5\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

**Таблица 23. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

| Ток                        | 6 А | 1,5 А | 0,6 А | 0,15 А | 60 мА | 15 мА | 6 мА | 1,5 мА |
|----------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|------|--------|
| Падение напряже-<br>ния, В | 0,5 | 0,4   | 0,38  | 0,35   | 0,3   | 0,25  | 0,08 | 0,6    |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 1,5\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...10 000 Гц.

Т а б л и ц а 24. Основные технические параметры встроенного в прибор омметра

| Предел измерения          | Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Напряжение источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| $\Omega$                  | 200 Ом                                                              | 22                  | 3,7...4,7                       | 54                            |
| $\kappa\Omega \times 1$   | 3 кОм                                                               | 20                  | 3,7...4,7                       |                               |
| $\kappa\Omega \times 10$  | 30 кОм                                                              | 2                   | 3,7...4,7                       | 63                            |
| $\kappa\Omega \times 100$ | 300 кОм                                                             | 0,7                 | 11...14                         |                               |
| М $\Omega$                | 3 МОм                                                               | 0,8                 | 120...160                       |                               |

П р и м е ч а н и е. Основная погрешность  $\pm 1\%$ .

120 витков привода ПЭВ-1 0,06. В приборе используется встроенная батарея питания КБС-Л-0,5 или 3336, 3336Л.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R16, R31, R33, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 25).

Суммарное сопротивление измерительного механизма  $R_{\text{и}}$  и резистора R33 (в омах) определяют по формуле

$$R_{\text{и}} + R33 = [(250 + 0,004(t - 20)R_{\text{и}}) \pm 0,25],$$

где  $t$  — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора: R32 — при измерении переменного тока на одном из пределов от 6 мА до 6 А, а R31, R16 — при измерении переменного напряжения на пределах 1,5 и 7,5 В соответственно.

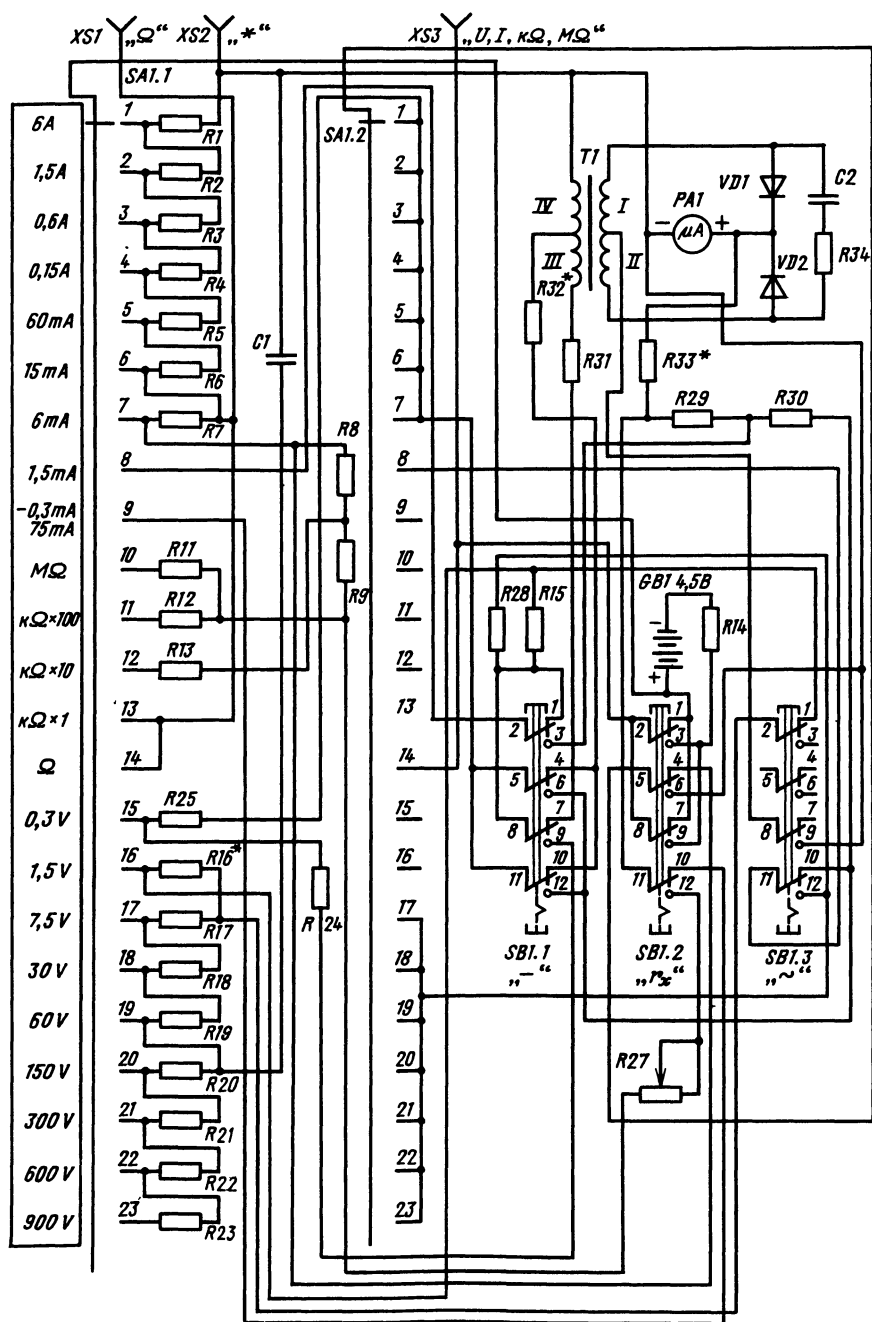


Рис. 50. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4312

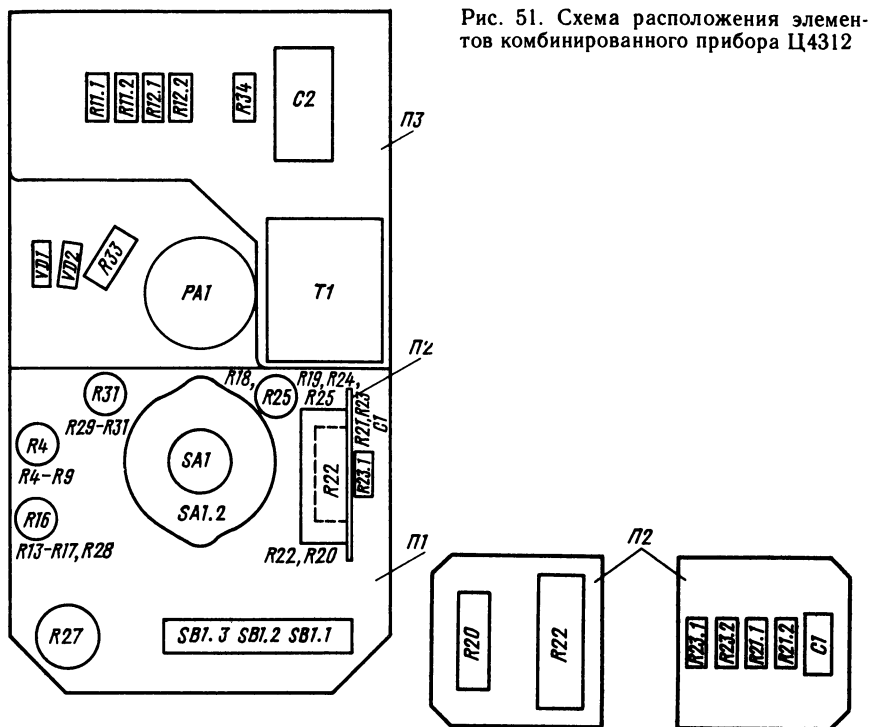


Рис. 51. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4312

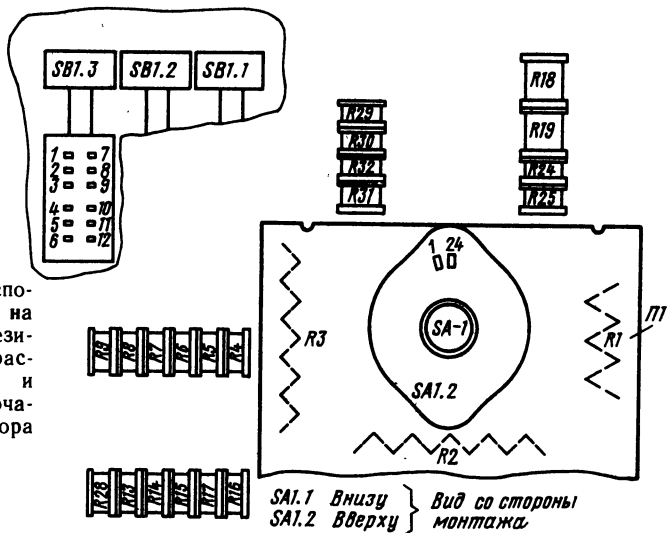


Рис. 52. Схема расположения элементов на платах П1, П2, резисторных сборках и расположения секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4312

| Пределы |    | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |   |   |
|---------|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|---|---|
|         |    | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 | R34, C2 |   |   |
| V       | V  | 900      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ | ○ |
|         |    | 600      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 300      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 150      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 60       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 30       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 7,5      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 1,5      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 0,3      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ | ○ |
|         |    | 900      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ | ○ |
| mA      | mA | 600      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 300      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 150      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 60       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 30       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 7,5      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 1,5      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 0,3      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 75       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○       | ○ |   |
|         |    | 6        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       | + |   |
| mV      | mV | 1,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 0,6      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 0,15     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 60       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 15       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 6        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 1,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 0,3      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       | + |   |
|         |    | 75       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       | + |   |
|         |    | 6        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       | + |   |
| A       | A  | 1,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 0,6      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 0,15     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 60       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 15       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 6        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +       |   |   |
|         |    | 1,5      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |         |   |   |

Таблица 25. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4312

| Позиционное обозначение | Наименование                          | Число, шт. | Примечание                            |
|-------------------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                       |            |                                       |
| R1                      | 0,05±0,00005 Ом, провод МнМц-2-12 0,5 | 1          | Шунт                                  |
| R2                      | 0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1   | 1          | »                                     |
| R3                      | 0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1     | 1          | »                                     |
| R4                      | 1,5±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5        | 1          |                                       |
| R5                      | 3±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,4            | 1          |                                       |
| R6                      | 15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2          | 1          |                                       |
| R7                      | 30±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2           | 1          |                                       |
| R8                      | 150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1          |                                       |
| R9                      | 390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1           | 1          |                                       |
| R11                     | МЛТ-0,5-120 кОм ±10 %                 | 1          | Суммарное сопротивление 245,5±1,2 кОм |
| R12                     | МЛТ-0,5-12 кОм ±10 %                  | 2          | Суммарное сопротивление 24,1±0,12 кОм |
| R13                     | 2070±10 Ом, провод ПЭМС 0,05          | 1          |                                       |
| R14                     | 223±1 Ом, провод ПЭМС 0,1             | 1          |                                       |
| R15                     | 1000±1 Ом, провод ПЭМС 0,05           | 1          |                                       |
| R16*                    | До 470 Ом, провод ПЭМС 0,05           | 1          |                                       |
| R17                     | 3200±3,2 Ом, провод ПЭМС 0,05         | 1          |                                       |
| R18                     | 15±0,015 кОм, провод ПЭМС 0,05        | 1          |                                       |
| R19                     | 20±0,02 кОм, провод ПЭМС 0,05         | 1          |                                       |
| R20                     | МРХ-0,125-60 кОм ±0,05 %              | 1          |                                       |
| R21                     | МЛТ-0,5-51 кОм ±5 %                   | 1          | Суммарное сопротивление 99,8±0,3 кОм  |
|                         | МЛТ-0,5-47 кОм ±5 %                   | 1          |                                       |
| R22                     | МРХ-0,25-200 кОм ±0,05 %              | 1          | Суммарное сопротивление 200±0,6 кОм   |
| R23                     | МЛТ-0,5-51 кОм ±10 %                  | 1          |                                       |
|                         | МЛТ-0,5-150 кОм ±10 %                 | 1          |                                       |
| R24                     | 3000±3 Ом, провод ПЭМС 0,05           | 1          |                                       |
| R25                     | 50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,15           | 1          |                                       |
| R27                     | СПЗ-9а-25-1 кОм ±20 %                 | 1          |                                       |
| R28                     | 950±0,95 Ом, провод 0,08              | 1          |                                       |
| R29                     | 550±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1          |                                       |
| R30                     | 150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1          |                                       |
| R31*                    | До 4100 Ом, провод ПЭМС 0,1           | 1          |                                       |
| R32*                    | До 7 Ом, провод ПЭМС 0,3              | 1          |                                       |
| R33*                    | До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1            | 1          |                                       |
| R34                     | МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %                  | 1          |                                       |
| <i>Диоды</i>            |                                       |            |                                       |
| VD1, VD2                | Д9Д                                   | 2          | Допускается замена на Д9М             |
| <i>Конденсаторы</i>     |                                       |            |                                       |
| C1                      | КСО-1-250-330±10 %                    | 1          |                                       |
| C2                      | БМТ-2-400-0,1 мкФ ±10 %               | 1          |                                       |

| Позиционное обозначение      | Наименование                                                                                                                    | Число, шт. | Примечание |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| <i>Трансформатор</i>         |                                                                                                                                 |            |            |
| T1                           | I и II обмотки ПЭС-1, 0,06, 2000 витков, III обмотка, провод ПЭС-1, 0,1, 600 витков, IV обмотка, провод ПЭС-1, 0,35, 150 витков | 1          |            |
| * Подбирают при регулировке. |                                                                                                                                 |            |            |

### Комбинированный прибор Ц4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 26—29 и на рис. 54—57.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В при измерении переменного.

Прибор выпускается в двух модификациях:

Ц4313 — для работы при температуре окружающего воздуха  $-10...+40^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 80 %;

Ц4313Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха  $-5...+45^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 95 %.

Таблица 26. Конечные значения шкал постоянного напряжения тока и падение напряжения на зажимах прибора

| Напряжение, В | Ток     | Падение напряжения на зажимах, В |
|---------------|---------|----------------------------------|
| 600           | 1500 мА | 0,23                             |
| 300           | 300 мА  | 0,2                              |
| 150           | 60 мА   | 0,18                             |
| 60            | 15 мА   | 0,18                             |
| 30            | 3 мА    | 0,18                             |
| 15            | 0,6 мА  | 0,17                             |
| 7,5           | 120 мкА | 0,12                             |
| 3             | 60 мкА  | 0,075                            |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 1,5\%$ . 2. Ток полного отклонения при напряжении 0,075 В составляет 60 мкА, при остальных напряжениях 50 мкА.

Таблица 27. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

| Напряжение, В | Ток полного отклонения, мА | Частотная область, Гц |             |
|---------------|----------------------------|-----------------------|-------------|
|               |                            | номинальная           | расширенная |
| 600           | 0,5                        | 45...200              | 45...500    |
| 300           |                            | 45...500              | 45...1000   |
| 150           |                            | 45...1000             | 45...2000   |
| 60            |                            |                       |             |
| 30            | 0,6                        | 45...2000             | 45...5000   |
| 15            |                            |                       |             |
| 7,5           |                            |                       |             |
| 3             |                            |                       |             |
| 1,5           | 5                          |                       |             |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ .

**Таблица 28. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

|                       |      |      |     |     |      |     |
|-----------------------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Ток, мА               | 1500 | 300  | 60  | 15  | 3    | 0,6 |
| Падение напряжения, В | 0,95 | 0,92 | 0,9 | 0,9 | 0,87 | 0,7 |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...2000 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...5000 Гц.

**Таблица 29. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения    | Конечное значение измеряемого сопротивления | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В      | Основная погрешность, % |
|---------------------|---------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|
| $\Omega \times 1$   | 500 Ом                                      | 70                  | 3,7...4,7                  | $\pm 1,0$               |
| $\Omega \times 10$  | 5000 Ом                                     | 7                   | 3,7...4,7                  |                         |
| $\Omega \times 100$ | 50 000 Ом                                   | 0,7                 | 3,7...4,7                  |                         |
| $k\Omega \times 1$  | 500 кОм                                     | 0,07                | 3,7...4,7                  | $\pm 1,5$               |
| $k\Omega \times 10$ | 5000 кОм                                    | 0,07                | 33...43                    |                         |
| $C_x$               | 500 пФ                                      | 4                   | 190...245<br>50 $\pm 1$ Гц | $\pm 2,5$               |
| dB                  | -10...+12                                   | 0,5...5             | —                          | $\pm 2,5$               |

Примечание. Длина рабочей части шкалы 62 мм.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,25 при напряжении  $40 \pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление подвижной рамки  $632 \pm 3$  Ом; она содержит 400 витков провода ПЭВ-1 0,05. Прибор питается от встроенной батареи КБС-Л-0,5 (3336), тропический вариант — от батареи 4,1—0,7 Т.

При измерении на пределе 3 В относительный уровень переменного напряжения отсчитывают непосредственно по шкале dB. При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения к показанию прибора необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 30.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R33 и R35, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 31). Резистор R35 служит для подгонки показаний прибора на постоянном токе. Суммарное сопротивление измерительного механизма  $R_n$  и резистора R35 (в омах) определяют по формуле

$$R_n + R35 = \{[635 + 0,004(t - 20)R_n] \pm 3\},$$

где  $t$  — температура, при которой регулируют прибор, °С.

На переменном токе прибор подгоняют изменением сопротивления резистора R33 на наименьшем пределе.

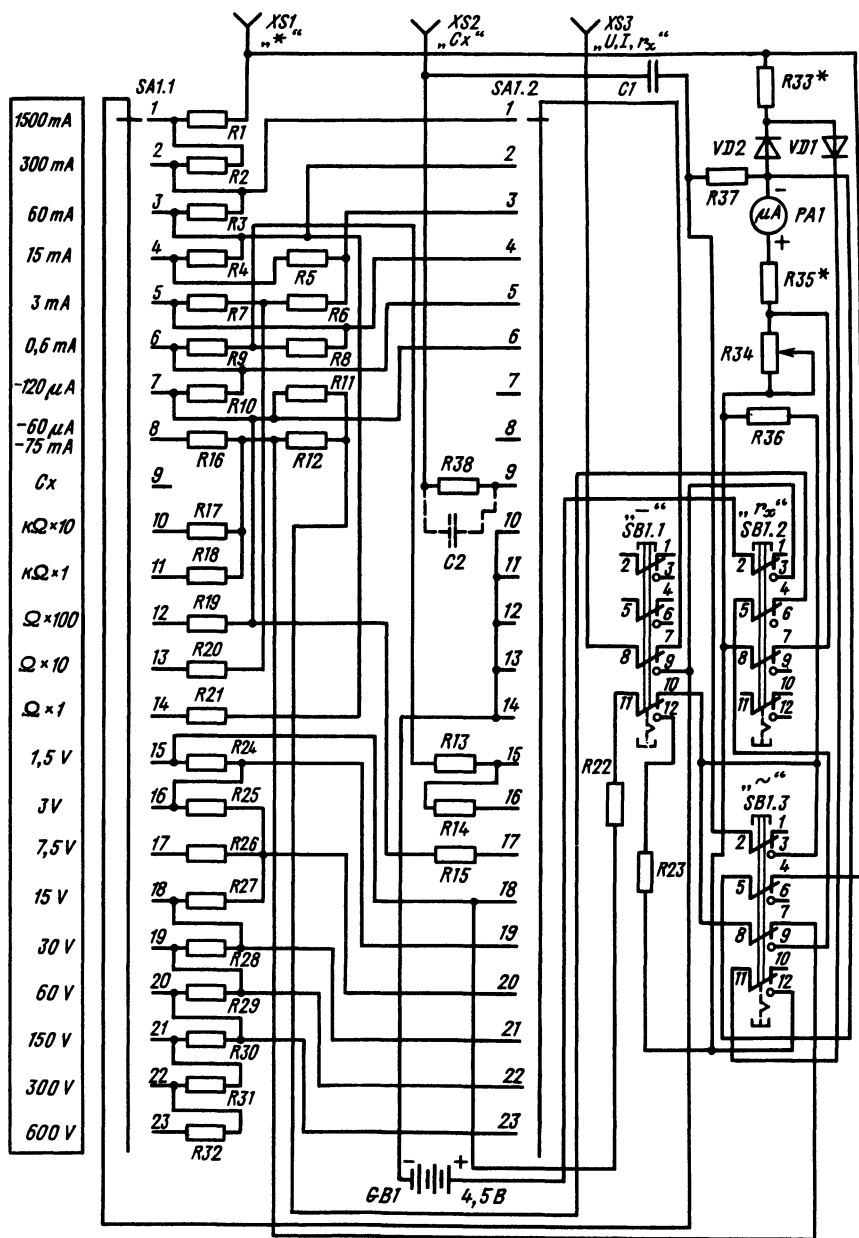


Рис. 54. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4313

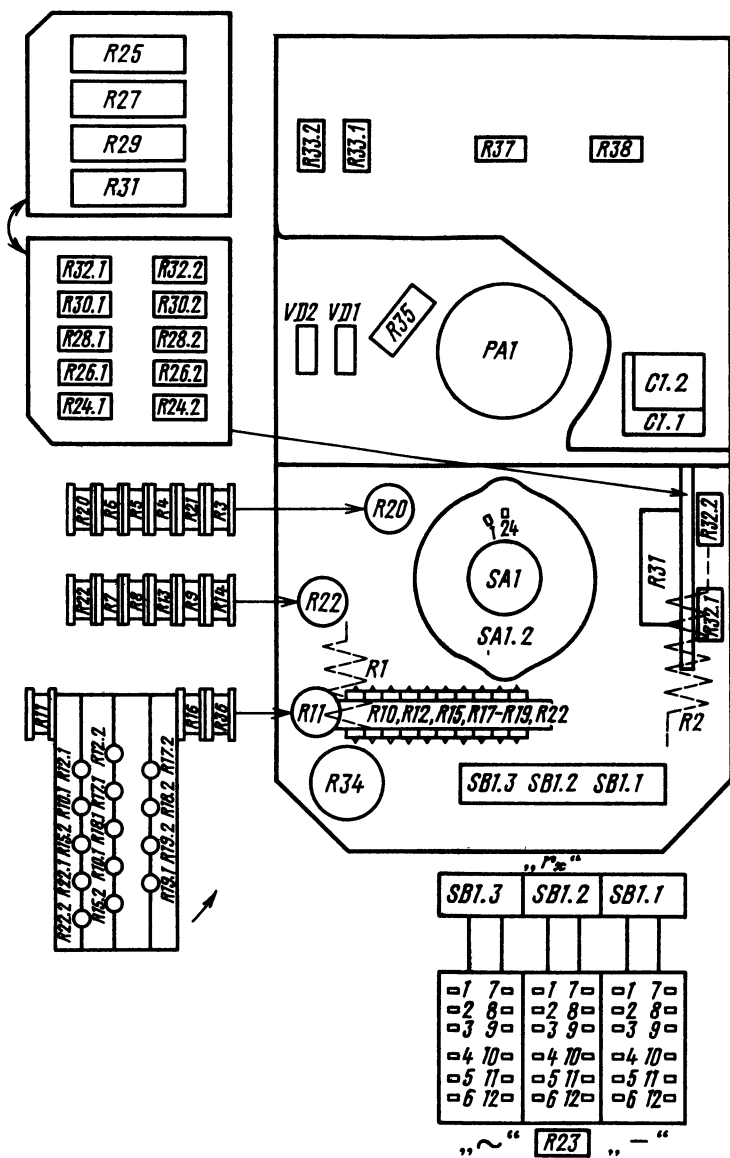


Рис. 55. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 1)

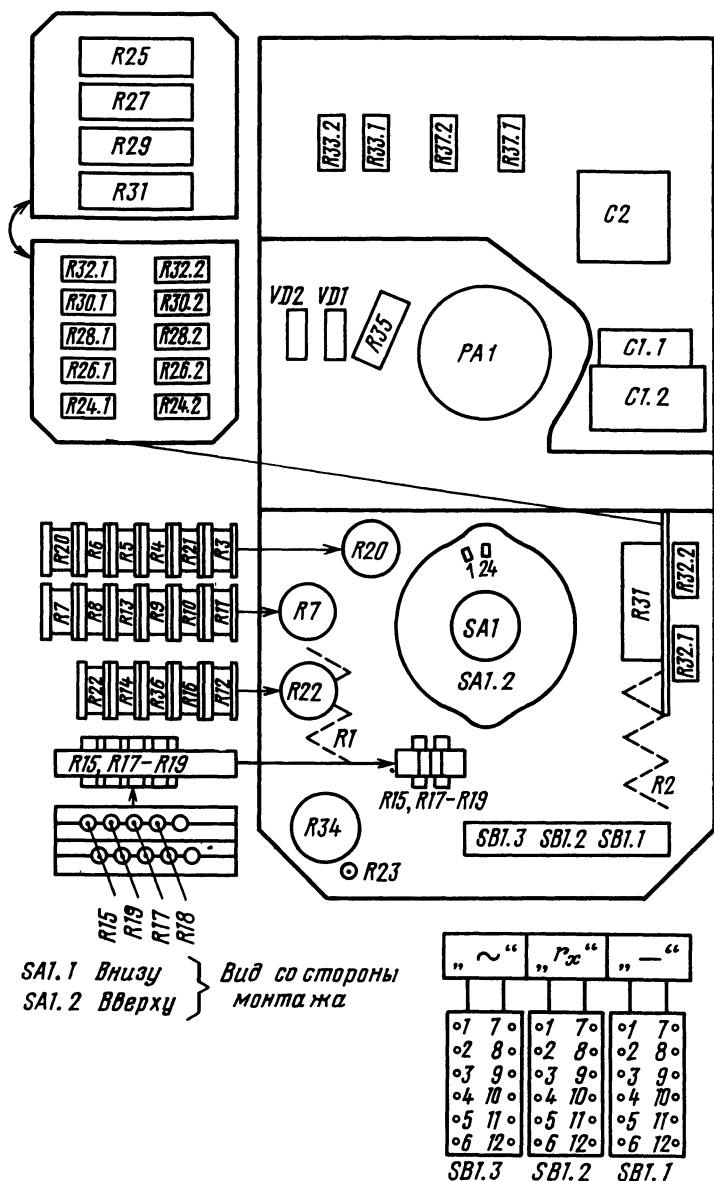


Рис. 56. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 2)

| Пределы |    | Элементы |     |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|----|----------|-----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |    |          |     |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | R1       | R2  | R3  | R4 | R5 | R6  | R7  | R8 | R9  | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 |
| ~       | V  | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 600      | 300 | 150 | 60 | 30 | 15  | 7,5 | 3  | 1,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ~       | mA | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ~       | μA | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 120      | 60  |     |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ~       | mA | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1500     | 300 | 60  | 15 | 3  | 0,6 |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Ω       | kΩ | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| nF      | pF | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |    | 1        | 10  | 100 |    |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Рис. 57. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4313

Таблица 30. Поправочные числа к пределам измерений

| Предел измерения, В   | 1,5 | 3 | 7,5 | 15 | 30 | 60 | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|-----|---|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | —6  | 0 | 8   | 14 | 20 | 26 | 34  | 40  | 46  |

Таблица 31. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4313

| Позиционное обозначение | Наименование                     | Число, шт. | Примечание                             |
|-------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                  |            |                                        |
| R1                      | 0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-3-11 | 1          | Шунт                                   |
| R2                      | 0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-3-11 | 1          |                                        |
| R3                      | 2,4±0,004 Ом, провод ПЭМС 0,5    | 1          | »                                      |
| R4                      | 9,00±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4    | 1          |                                        |
| R5                      | 3,00±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4    | 1          |                                        |
| R6                      | 15,00±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2   | 1          |                                        |
| R7                      | 30,00±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25  | 1          |                                        |
| R8, R9                  | 120±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,15     | 2          |                                        |
| R10, R12                | 1200±2 Ом, провод ПЭМС 0,05      | 2          |                                        |
| R11, R14                | 300±1 Ом, провод ПЭМС 0,1        | 2          |                                        |
| R13                     | 125±0,3 Ом, провод ПЭМС 0,15     | 1          |                                        |
| R15                     | МЛТ-0,5-5,6 кОм ±5 %             | 2          | Суммарное сопротивление 11,36±0,04 кОм |
| R16                     | 375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1      | 1          | Суммарное сопротивление 582,7±3,0 кОм  |
| R17                     | МЛТ-0,5-360 кОм ±5 %             | 1          |                                        |
| R18                     | МЛТ-0,5-220 кОм ±5 %             | 1          | Суммарное сопротивление 57,2±0,3 кОм   |
|                         | МЛТ-0,5-27 кОм ±5 %              | 1          |                                        |
| R19                     | МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %              | 1          | Суммарное сопротивление 5,56±0,03 кОм  |
|                         | МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %             | 1          |                                        |
| R20                     | МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %             | 1          | Суммарное сопротивление 30±0,09 кОм    |
|                         | 550±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,1      | 1          |                                        |
| R21                     | 51±0,25 Ом, провод ПЭМС 0,25     | 1          | Суммарное сопротивление 30±0,09 кОм    |
| R22                     | 28,72±0,03 кОм, провод ПЭМС 0,25 | 1          |                                        |
| R23                     | МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %             | 1          | Суммарное сопротивление 300±1 кОм      |
| R24                     | МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %              | 2          |                                        |
| R25                     | МВСГ-0,12-0,1-60 кОм             | 1          | Суммарное сопротивление 1800±5,4 кОм   |
| R26                     | МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %              | 2          |                                        |
| R27                     | МВСГ-0,12-0,1-180 кОм            | 1          | Суммарное сопротивление 6±0,0018 МОм   |
| R28                     | МЛТ-0,5-150 кОм ±5 %             | 2          |                                        |
| R29                     | МВСГ-0,25-0,1-600 кОм            | 1          | Суммарное сопротивление 6±0,0018 МОм   |
| R30                     | МЛТ-0,5-910 кОм ±5 %             | 2          |                                        |
| R31                     | МВСГ-0,12-0,1-3 МОм              | 1          | Суммарное сопротивление 6±0,0018 МОм   |
| R32                     | МЛТ-0,5-3 МОм                    | 2          |                                        |

| Позиционное обозначение | Наименование                              | Число, шт. | Примечание                                                                                        |
|-------------------------|-------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R33                     | 2...3 кОм, провод ПЭМС 0,5                | 1          | $R_{\text{н}} + R35 = 635 \pm 3 \text{ Ом}$<br><br>Суммарное сопротивление $600 \pm 2 \text{ Ом}$ |
| R34                     | СПЗ-9а-25-2,2 кОм $\pm 20 \%$             | 1          |                                                                                                   |
| R35                     | Подгоночный, провод ПЭМС 0,05             | 1          |                                                                                                   |
| R36                     | $600 \pm 1 \text{ Ом}$ , провод ПЭМС 0,05 | 1          |                                                                                                   |
| R37                     | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5 \%$                 | 2          |                                                                                                   |

*Конденсаторы*

|     |                             |   |                                                    |
|-----|-----------------------------|---|----------------------------------------------------|
| C1* | КБГ-И-2-400-0,05 $\pm 5 \%$ | 1 | Суммарная емкость<br>$54\,700 \pm 1100 \text{ пФ}$ |
|     | КСО-5-500-4700 $\pm 5 \%$   | 1 |                                                    |
| C2* | КСО-5-500-3600 $\pm 5 \%$   | 1 | Суммарная емкость<br>$3700 \pm 70 \text{ пФ}$      |
|     | КСО-2-500-100 $\pm 5 \%$    | 1 |                                                    |

*Диоды*

|          |     |   |                           |
|----------|-----|---|---------------------------|
| VD1, VD2 | Д9Д | 2 | Допускается замена на Д9Д |
|----------|-----|---|---------------------------|

\* Подбирают при регулировке.

## Комбинированный прибор Ф4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и уровня передачи переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 32—34 и на рис. 58—61.

Напряжение питания автовыключателя составляет 6,4...8,3 В.

Входное сопротивление  $R_{вх\ N}$  прибора определяют исходя из данных табл. 35 по формуле

$$R_{вх\ N} = U_{Ni} / I_{и\ и},$$

где  $U_{Ni}$  — предел измерения;  $I_{и\ и}$  — ток полного отклонения на пределе измерения.

Рабочая температура 10...40 °С, относительная влажность до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПпН23-0,36 с током полного отклонения 40 мкА. Сопротивление подвижной рамки, содержащей 550...620 витков провода ПЭВ-1 0,05, 600...800 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 36).

**Таблица 32. Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока**

| Напряжение, В | Ток полного отклонения, мкА | Ток, мА | Падение напряжения на зажимах, В |
|---------------|-----------------------------|---------|----------------------------------|
| 1200          | 104                         | 6000    | 1                                |
| 600           | 52                          | 1200    | 0,5                              |
| 300           | 52                          | 300     | 0,45                             |
| 120           | 52                          | 60      | 0,4                              |
| 30            | 52                          | 12      | 0,35                             |
| 6             | 52                          | 3       | 0,32                             |
| 1,2           | 52                          | 0,6     | 0,3                              |
| 0,3           | 52                          | 0,12    | 0,25                             |
| 0,06          | 52                          | 0,06    | 0,15                             |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 1,5$  %.

**Т а б л и ц а 33. Конечные значения шкал переменного тока и ток полного отклонения**

| Напряжение,<br>В | Ток полного<br>отклонения,<br>мкА | Частотная область, Гц |             |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|
|                  |                                   | номинальная           | расширенная |
| 1200             | 150                               | 45...60               | 45...100    |
| 600              | 70                                | 45...100              | 45...200    |
| 300              | 60                                | 45...500              | 45...1 000  |
| 120              | 54                                | 45...2000             | 45...5 000  |
| 30               | 54                                | 45...5000             | 45...10 000 |
| 6                | 54                                | 45...5000             | 45...10 000 |
| 1,2              | 54                                | 45...5000             | 45...10 000 |
| 0,3              | 54                                | 45...5000             | 45...10 000 |
| 0,06             | 54                                | 45...5000             | 45...10 000 |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ .

**Т а б л и ц а 34. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

| Ток, мА                    | 6000 | 1200 | 300  | 60  | 12   | 3    | 0,6 | 0,12 | 0,06 |
|----------------------------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| Падение напряже-<br>ния, В | 1    | 0,5  | 0,45 | 0,4 | 0,35 | 0,32 | 0,3 | 0,25 | 0,15 |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...5000 Гц. 3. Расширенная область 45...10 000 Гц.

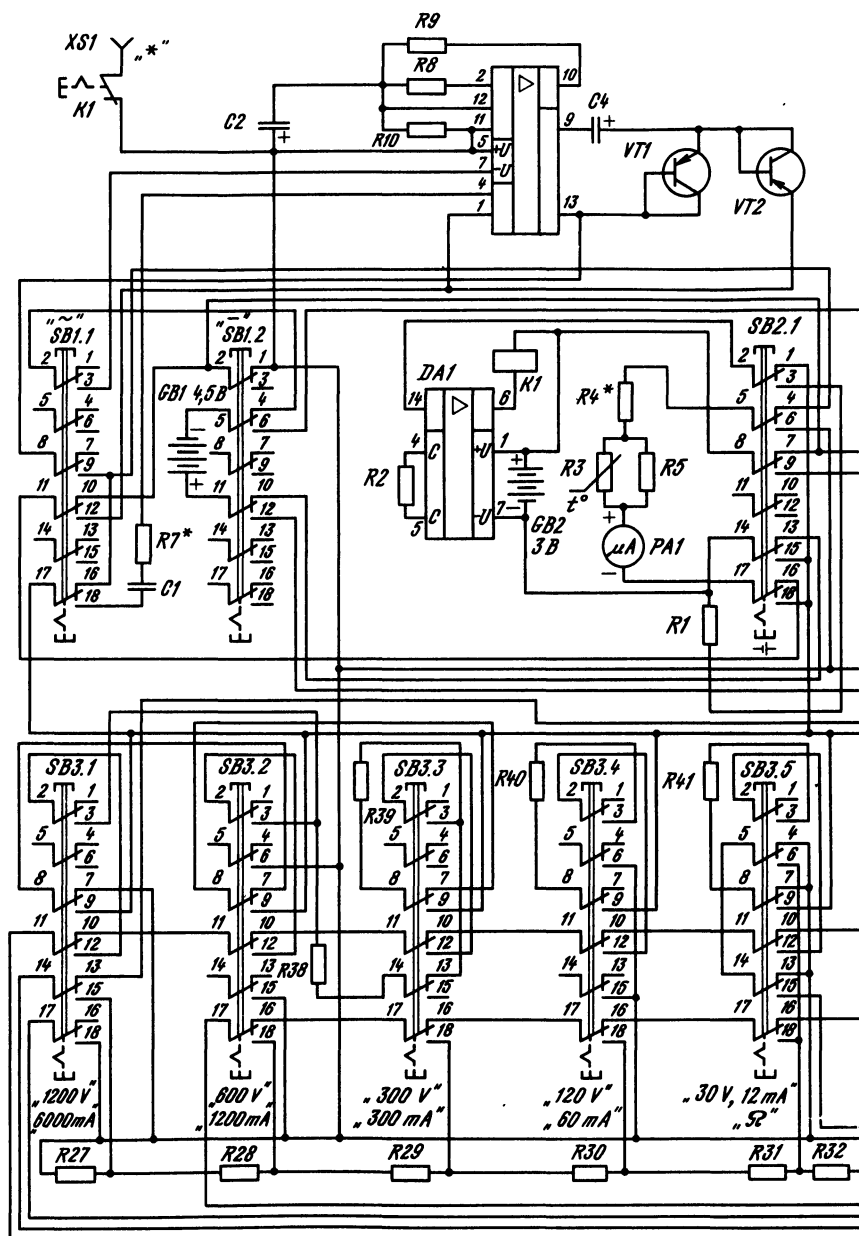
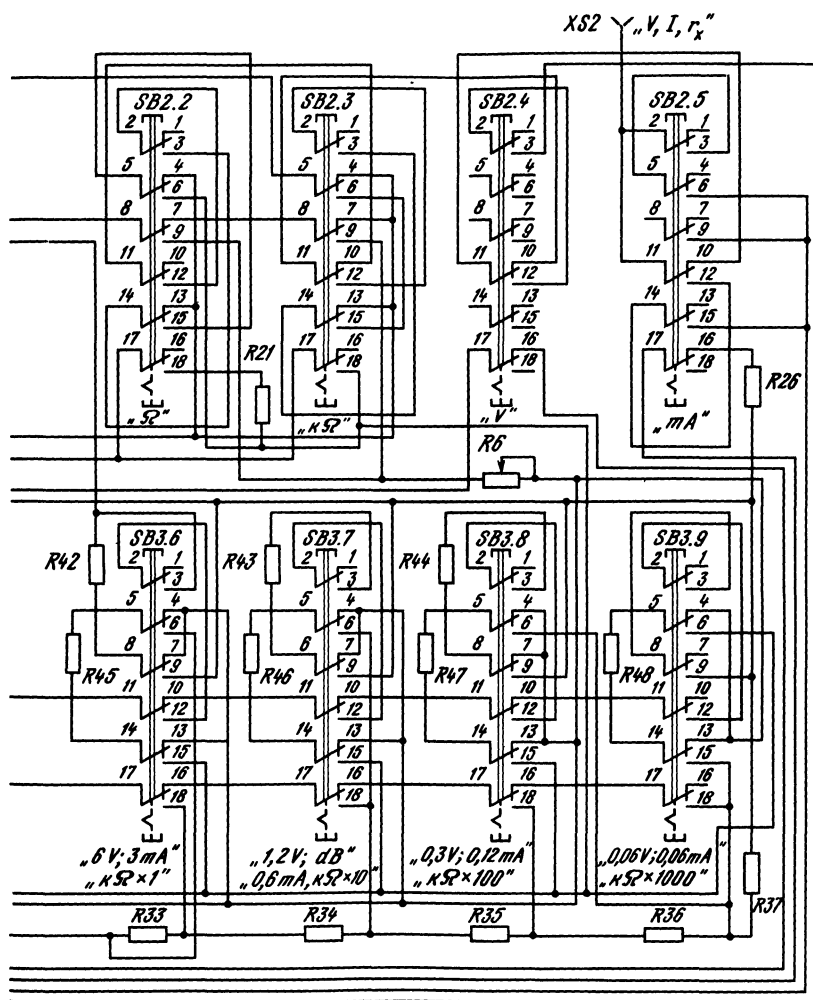


Рис. 58. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ф4313



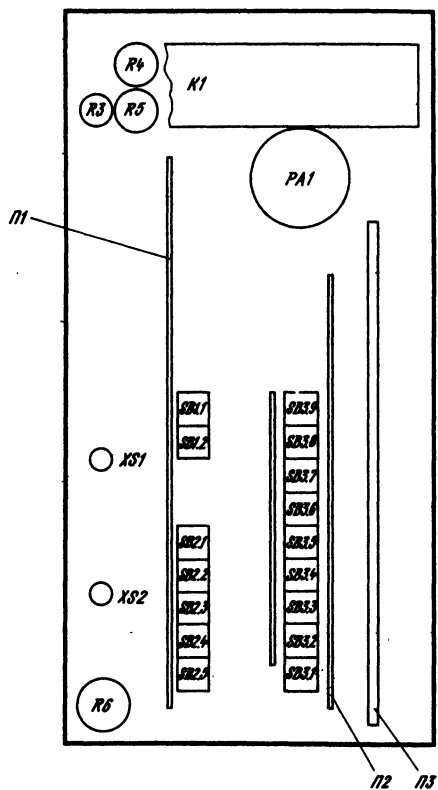


Рис. 59. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ф4313

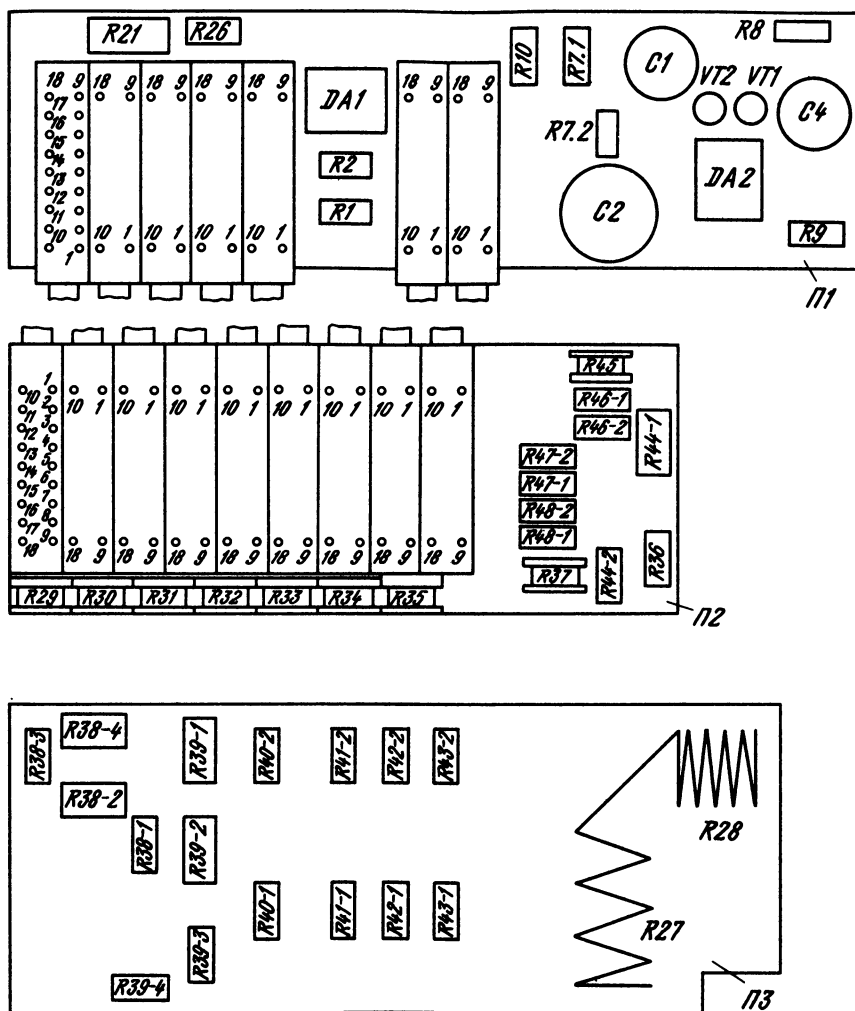


Рис. 60. Схема расположения элементов на платах П1—П3 комбинированного прибора Ф4313

| Пределы      |     | Элементы |             |                   |     |              |                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |  |
|--------------|-----|----------|-------------|-------------------|-----|--------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|              |     | R1       | R2, DA1, K1 | R3, R4*, R5*, PA1 | R6* | C4, VT1, VT2 | R8, R9, R10, DA2, E1, E2, R7 | R21 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 | R34 | R35 | R36 | R37* | R38 | R39 | R40 | R41 | R42 |  |
| V            | "—" | 1200     | 3           | x                 |     |              |                              |     | +   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    | x   | x   |     |     |     |  |
|              |     | 600      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    | x   | x   |     |     |     |  |
|              |     | 300      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     | x   |     |     |     |  |
|              |     | 120      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     | x   |     |     |  |
|              |     | 30       | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     | x   |     |  |
|              |     | 6        | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     | x   |  |
|              |     | 1,2      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 0,3      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 0,06     | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | "        | "           | 1200              | 3   | o            |                              | o   | x   |     | +   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    | o   | o   | x   | x   |     |  |
| 600          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    | x   | x   |     |     |     |  |
| 300          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     | x   |     |     |     |  |
| 120          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     | x   |     |     |  |
| 30           | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     | x   |     |  |
| 6            | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     | x   |  |
| 1,2          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     |     |  |
| 0,3          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     |     |  |
| 0,06         | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o    |     |     |     |     |     |  |
| mA           | "—" |          |             | 6000              | 3   | x            |                              |     |     |     |     | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    | x   | x   |     |     |     |  |
|              |     | 1200     | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 300      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 60       | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 12       | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 3        | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 0,6      | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 0,12     | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | 0,06     | 3           | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | "        | "           | 6000              | 3   | o            |                              | o   | x   |     |     | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    | x   | x   |     |     |     |  |
| 1200         | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
| 300          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
| 60           | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
| 12           | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
| 3            | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   | x   | x    |     |     |     |     |     |  |
| 0,6          | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x    |     |     |     |     |     |  |
| 0,12         | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +    | x   |     |     |     |     |  |
| 0,06         | 3   |          |             | o                 |     | o            | x                            |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +    | +   |     |     |     |     |  |
| кΩ           | "   |          |             | x1                | 3   | x            | x                            |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x    | x   |     |     |     |     |  |
|              |     | x10      | 3           | x                 | x   |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | x   |      |     |     |     |     |     |  |
|              |     | x100     | 3           | x                 | x   |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +    |     |     |     |     |     |  |
|              |     | x1000    | 3           | x                 | x   |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +    | +   |     |     |     |     |  |
| Контр. п.ит. |     | 3        |             | x                 |     |              |                              |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |      |     |     |     | x   |     |  |

Рис. 61. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ф4313.  
При измерении сопротивления включить переключатель SB1.2

[illegible]

| Пределы     |   | Элементы |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |  |
|-------------|---|----------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|--|
|             |   | SB2.2    |     |     |     |     |       |       |       | SB2.3 |     |     |     |     |     |       |       | SB2.4 |       |       |     |       |       |       |  |
|             |   | 2-3      | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 11-12 | 13-14 | 14-15 | 17-18 | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 10-11 | 11-12 | 13-14 | 14-15 | 17-18 | 2-3 | 10-11 | 11-12 | 16-17 |  |
| V           | — | 1200     |     |     | x   |     |       |       |       |       | x   |     |     | x   |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 600      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 300      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 120      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 30       |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 6        |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 1,2      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 0,3      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             | ~ | 0,06     |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 1200     |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 600      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 300      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 120      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 30       |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 6        |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
|             |   | 1,2      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       | x   |       | x     |       |  |
| mA          | — | 0,3      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       | x     |     | x     |       |       |  |
|             |   | 0,06     |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       | x     |     | x     |       |       |  |
|             |   | 6000     |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |  |
|             |   | 1200     |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 300      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 60       |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 12       |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 3        |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             | ~ | 0,6      |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 0,12     |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 0,06     |     |     | x   |     |       |       |       |       |     |     | x   |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 6000     |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |  |
|             |   | 1200     |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 300      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 60       |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
|             |   | 12       |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       | +     |  |
| кΩ          | — | 3        |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       | +     |       |  |
|             |   | 0,6      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     | +     |       |       |  |
|             |   | 0,12     |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     | +     |       |       |  |
|             |   | 0,06     |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     | +     |       |       |  |
| Ω           |   |          |     | x   | x   | x   |       | x     | +     |       | +   |     |     |     | x   |       |       |       |       |       | +   |       |       |       |  |
| кΩ          | — | x1       |     |     | x   |     |       |       |       |       | +   | +   | x   | x   | +   | +     | +     | +     | +     | +     | +   | +     | +     | +     |  |
|             |   | x10      |     |     | x   |     |       |       |       |       | +   | +   | x   | x   | +   | +     | +     | +     | +     | +     | +   | +     | +     |       |  |
|             |   | x100     |     |     | x   |     |       |       |       |       | +   | +   | x   | x   | +   | +     | +     | +     | +     | +     | +   | +     | +     |       |  |
|             |   | x1000    |     |     | x   |     |       |       |       |       | +   | +   | x   | x   | +   | +     | +     | +     | +     | +     | +   | +     | +     |       |  |
| Контр. пит. |   |          |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |  |

Продолжение рис. 61



| Пределы     |       | Элементы   |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|-------------|-------|------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|             |       | SB3.5      |     |     |     |     |       |       |       |       | SB3.6 |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 2-3, 11-12 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 10-11 | 13-14 | 14-15 | 16-17 | 17-18 | 2-3, 11-12 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 10-11 | 13-14 | 14-15 | 16-17 | 17-18 |  |
| V           | " - " | 1200       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 600        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 300        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 120        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 30         | x   |     |     |     | x     |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 6          |     |     |     |     |       | x     |       |       |       | x          |     |     |     | x   |       |       |       |       |       |  |
|             | " ~ " | 1,2        |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     |     | x     |       |       |       |       |  |
|             |       | 0,3        |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     |     | x     |       |       |       |       |  |
|             |       | 0,06       |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     |     | x     |       |       |       |       |  |
|             |       | 1200       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 600        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 300        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
| mA          | " - " | 120        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 30         | x   |     |     |     | x     |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 60         |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     | x   |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 1,2        |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     |     | x     |       |       |       |       |  |
|             |       | 0,3        |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     |     | x     |       |       |       |       |  |
|             |       | 0,06       |     |     |     |     |       | x     |       |       |       |            |     |     |     |     | x     |       |       |       |       |  |
|             | " ~ " | 8000       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 1200       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 300        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 60         |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 12         |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 3          |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       |       | +     |  |
| кΩ          | " - " | 0,6        |     |     |     |     |       |       |       |       | +     |            |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             |       | 0,12       |     |     |     |     |       |       |       |       | +     |            |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             |       | 0,06       |     |     |     |     |       |       |       |       | +     |            |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             |       | 0,06       |     |     |     |     |       |       |       |       | +     |            |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             | " ~ " | 6000       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 1200       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 300        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 60         |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
| кΩ          | " ~ " | 12         |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | 3          |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             |       | 0,6        |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             |       | 0,12       |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
| кΩ          | " ~ " | 0,06       |     |     |     |     |       |       |       |       |       | +          |     |     |     |     |       |       |       | +     |       |  |
|             |       | Ω          |     | x   |     |     |       |       |       | x     |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | x1         |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            | +   |     |     |     |       |       | +     |       |       |  |
|             |       | x10        |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
| кΩ          | " ~ " | x100       |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |
|             |       | x1000      |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     | x   |       |       |       |       |       |  |
| Контр. лит. |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |            |     |     |     |     |       |       |       |       |       |  |

Окончание рис. 61



**Т а б л и ц а 35. Пределы измерений сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения | Конечное значение, кОм | Ток потребления, мА | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Ω                | 0,3                    | 20                  | 3,8...4,8                                | 71                            | ±1,5                    |
| кΩ×1             | 5                      | 8,5                 | 3,8...4,8                                | 51                            |                         |
| кΩ×10            | 50                     | 0,85                | 3,8...4,8                                | 51                            |                         |
| кΩ×100           | 500                    | 0,085               | 3,8...4,8                                | 51                            |                         |
| кΩ×1000          | 5000                   | 0,085               | 38...49                                  | 51                            |                         |
| дВ               | —20...+3 дВ            | —                   | —                                        | 45                            | 2,5                     |

**Т а б л и ц а 36. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ф4313**

| Позиционное обозначение | Наименование | Число | Примечание |
|-------------------------|--------------|-------|------------|
|-------------------------|--------------|-------|------------|

*Резисторы*

|      |                                      |   |                                       |
|------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|
| R1   | МЛТ-0,5-10 кОм ±10 %                 | 1 | Допускается ММТ-136                   |
| R2   | МЛТ-0,5-680 Ом ±10 %                 | 1 |                                       |
| R3   | ММТ-13В-470 Ом ±20 %                 | 1 |                                       |
| R4*  | До 700 Ом, провод ПЭМС 0,1           | 1 |                                       |
| R5*  | До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1           | 1 |                                       |
| R6*  | СПЗ-9а-1-4,7 кОм ±20 %               | 1 | Допускается С2-13, С2-29              |
| R7*  | С2-14-0,25-1,52 кОм ±1 %             | 1 |                                       |
| R8*  | МЛТ-0,5-(36...220) кОм ±15 %         | 1 | Параллельно                           |
|      | С2-14-0,25-1,52 кОм ±1 %             | 1 | Допускается С2-13, С2-29              |
| R10  | МЛТ-0,5-(1,5...18) кОм ±5 %          | 1 | Параллельно                           |
|      | МЛТ-0,5-820 Ом ±10 %                 | 1 |                                       |
| R21  | 273±0,59 Ом, провод ПЭМС 1,0         | 1 | Шунт                                  |
| R26  | С5-55-1,2 кОм ±0,1 %                 | 1 |                                       |
| R27  | 0,05±0,00005 Ом, лента МнМц-3-12 0,5 | 1 |                                       |
| R28  | 0,2±0,00026 Ом, провод МнМц-3-12 0,8 | 1 |                                       |
| R29  | 0,75±0,00075 Ом, провод ПЭМС 0,6     | 1 |                                       |
| R30  | 4±0,008 Ом, провод ПЭМС 0,4          | 1 |                                       |
| R31  | 20±0,04 Ом, провод ПЭМС 0,25         | 1 |                                       |
| R32  | 25±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25         | 1 |                                       |
| R33  | 50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,2           | 1 |                                       |
| R34  | 400±0,8 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1 |                                       |
| R35  | 2±0,004 кОм, провод ПЭМС 0,08        | 1 | Или 2,5±0,005 кОм<br>провод ПЭМС 0,05 |
| R36  | С5-55-2,5 кОм ±0,2 %                 | 1 |                                       |
| R37* | До 1,05 кОм, провод ПЭМС 0,008       | 1 | Последовательно<br>6±0,018 МОм        |
| R38  | МЛТ-1-1,5 МОм ±5 %                   | 4 |                                       |
| R39  | МЛТ-1-1,5 МОм ±5 %                   | 4 |                                       |

| Позиционное обозначение | Наименование                        | Число | Примечание                          |
|-------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| R40                     | МЛТ-0,5-1 МОм $\pm 5\%$             | 2     | Последовательно $24 \pm 0,0072$ МОм |
|                         | МЛТ-0,5-390 кОм $\pm 5\%$           | 1     | Последовательно                     |
| R41                     | МЛТ-0,5-560 кОм $\pm 5\%$           | 1     | $598,8 \pm 1,8$ кОм                 |
|                         | МЛТ-0,5-39 кОм $\pm 5\%$            | 1     | Последовательно                     |
| R42                     | МЛТ-0,5-110 кОм $\pm 5\%$           | 1     | $118,8 \pm 0,36$ кОм                |
|                         | МЛТ-0,5-8,2 кОм $\pm 5\%$           | 1     |                                     |
|                         | МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 5\%$            | 1     | Последовательно                     |
| R43                     | МЛТ-0,5-16 кОм $\pm 5\%$            | 1     | $22,8 \pm 0,07$ кОм                 |
|                         | МЛТ-0,5-6,8 кОм $\pm 5\%$           | 1     | Последовательно                     |
| R44                     | С2-14-4,7 кОм $\pm 0,5\%$           | 1     | $4,8 \pm 0,0288$ кОм                |
|                         | МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 5\%$            | 1     |                                     |
| R45                     | $548 \pm 1,96$ Ом, провод ПЭМГ 0,08 | 1     | Последовательно                     |
| R46                     | МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$           | 1     | $5,543 \pm 0,028$ кОм               |
|                         | МЛТ-0,5-2,2 кОм $\pm 5\%$           | 1     | Последовательно                     |
| R47                     | МЛТ-0,5-36 кОм $\pm 5\%$            | 1     | $58,014 \pm 0,291$ кОм              |
|                         | МЛТ-0,5-22 кОм $\pm 5\%$            | 1     | Последовательно                     |
| R48                     | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$           | 2     | $5999,364 \pm 2,997$ кОм            |
| <i>Конденсаторы</i>     |                                     |       |                                     |
| C1                      | К50-6-11-16 В-50 мкФ                | 1     |                                     |
| C2                      | К50-6-11-6,3 В-500 мкФ              | 1     |                                     |
| C4                      | К50-6-11-6,3 В-200 мкФ              | 1     |                                     |
| <i>Транзисторы</i>      |                                     |       |                                     |
| VT1, VT2                | ГТЗ10Г                              | 2     |                                     |
| <i>Микросхемы</i>       |                                     |       |                                     |
| DA1                     | КМП201УП1Б                          | 1     |                                     |
| DA2                     | КМП202УН1                           | 1     |                                     |
| GB1                     | Элемент 332                         | 3     |                                     |
| GB2                     | Элемент 332                         | 2     |                                     |
| SB1—SB2                 | П2К                                 | 3     |                                     |

\* Подбирают при регулировке.

Примечание. Допускается применение других типов резисторов, основные параметры которых не хуже, чем у резисторов, указанных в таблице.

## Комбинированный прибор Ц4314

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Техническая характеристика, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 37—39 и на рис. 62—65.

Входное сопротивление прибора равно 83,3 кОм/В при измерении постоянного и 3,3 кОм/В — переменного напряжений. Температурные пределы работоспособности прибора 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,1 при натяжении  $30 \pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 10 мкА. Сопротивление рамки 2200 Ом; она содержит 730...750 витков провода ПЭВ-1 0,02. Прибор питается от встроенной батареи 3336 (3336Л).

При измерении относительного уровня передачи переменного напряжения на всех пределах, кроме 3 В, к показаниям прибора по шкале dВ необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 40.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R14 и R16, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 41).

Суммарное сопротивление измерительного механизма  $R_n$  и резистора R16 (в омах) определяют по формуле

$$R_n + R16 = \{2\,500 + 0,004(t - 20)R_n\} \pm 25,$$

где  $t$  — температура, при которой регулируют прибор, °С.

На переменном токе прибор регулируют подгонкой сопротивления резистора R14.

**Т а б л и ц а 37. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

| Предел измерения                                 | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|--------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0,075; 0,75; 3; 7,5; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В | Постоянный | 12                          | —                                | $\pm 2,5$               |
| 0,75; 3; 7,5; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В        | Переменный | 300                         | —                                | $\pm 4$                 |
| 12; 60 мкА                                       | Постоянный | —                           | 0,3                              | $\pm 2,5$               |
| 0,3; 3; 15; 60; 300; 1500 мА                     | Переменный | —                           | 1,2                              | $\pm 4$                 |

**Т а б л и ц а 38. Частотные параметры прибора**

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 600; 300 В                          | 45...200              | 45...500    |
| 150; 60 В                           | 45...500              | 45...1000   |
| 30; 15 В                            | 45...1000             | 45...5000   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...2000             | 45...15 000 |

**Т а б л и ц а 39. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения     | Конечное значение измерительного сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В         | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $k\Omega \times 1$   | 1 кОм                                                                  | 40                  | 3,7...4,8                     | 62                            | $\pm 2,5$               |
| $k\Omega \times 10$  | 10 кОм                                                                 | 4                   | 3,7...4,8                     |                               |                         |
| $k\Omega \times 100$ | 100 кОм                                                                | 0,4                 | 3,7...4,8                     |                               |                         |
| $M\Omega \times 1$   | 1 МОм                                                                  | 0,004               | 3,7...4,8                     |                               |                         |
| $M\Omega \times 10$  | 10 МОм                                                                 | 0,002               | 11...13,8                     | 60<br>58                      | $\pm 4$<br>$\pm 4$      |
| $C_x$                | 0,1 мкФ                                                                | 0,5                 | (190...245) — (50 $\pm$ 1) Гц |                               |                         |
| дВ                   | —10...+12                                                              | 0,3                 | —                             |                               |                         |

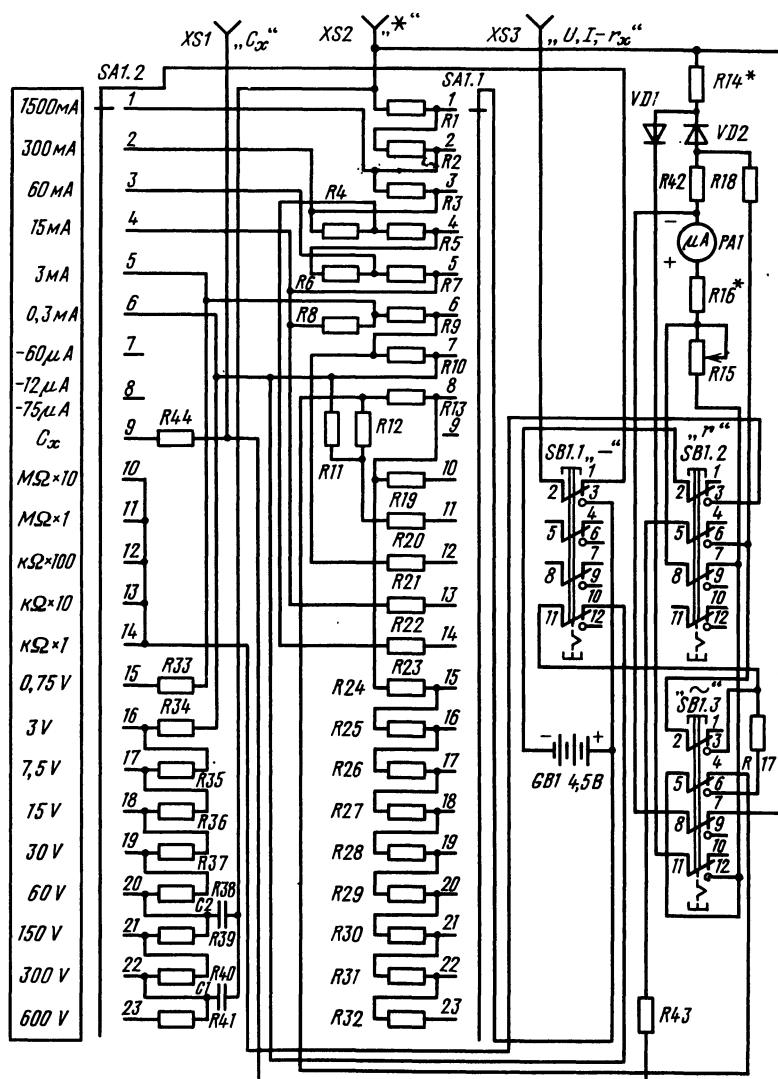


Рис. 62. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4314

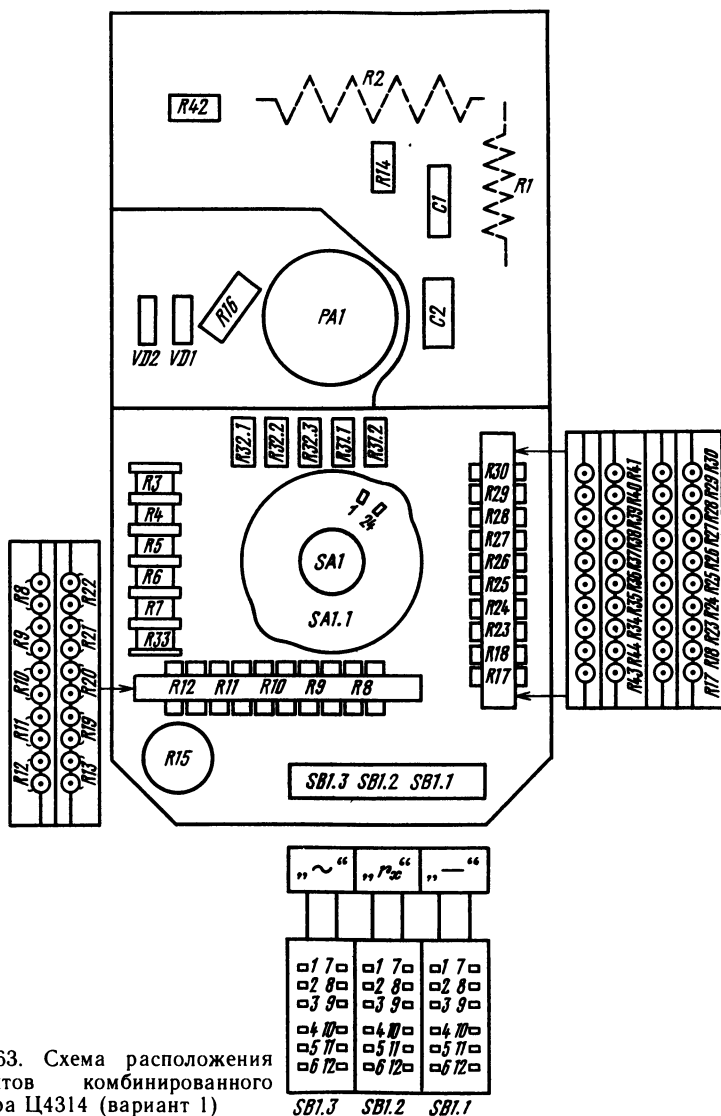


Рис. 63. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 1)

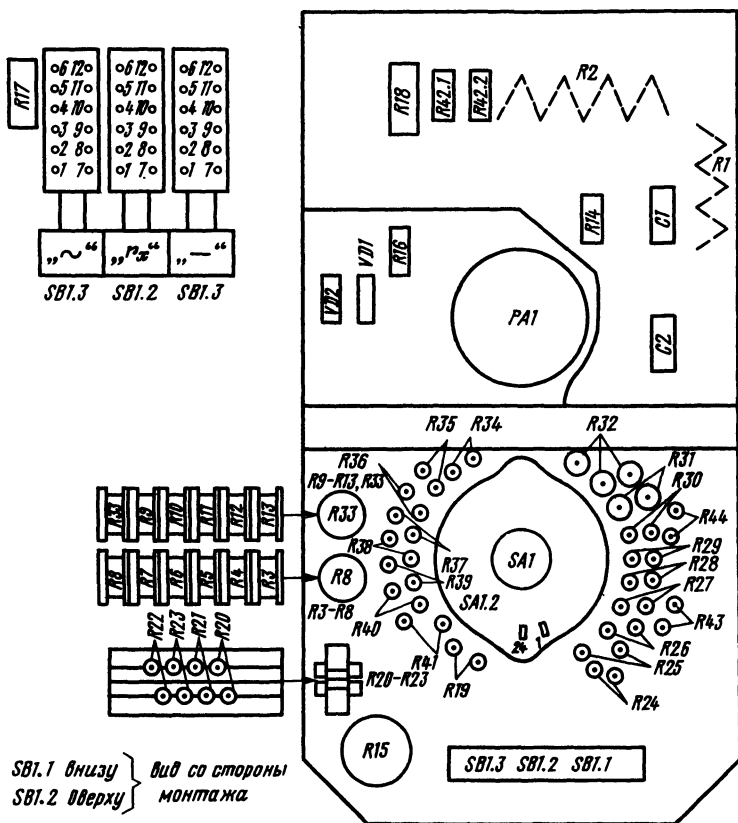


Рис. 64. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 2)

| Пределы |  | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         |  | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 | R34 | R35 | R36 | R37 | R38 | R39 | R40 | R41 | R42 | R43 | R44 | GB1 | VP1 | VP2 | CU | CU2 | SA1.1 | SA1.2 | SA1.3 | SA1.4 | SA1.5 | SA1.6 | SA1.7 | SA1.8 | SA1.9 | SA1.10 | SA1.11 | SA1.12 | SA1.13 | SA1.14 | SA1.15 | SA1.16 | SA1.17 | SA1.18 | SA1.19 | SA1.20 | SA1.21 | SA1.22 | SA1.23 | SA1.24 | SA1.25 | SA1.26 | SA1.27 | SA1.28 | SA1.29 | SA1.30 | SA1.31 | SA1.32 | SA1.33 | SA1.34 | SA1.35 | SA1.36 | SA1.37 | SA1.38 | SA1.39 | SA1.40 | SA1.41 | SA1.42 | SA1.43 | SA1.44 | SA1.45 | SA1.46 | SA1.47 | SA1.48 | SA1.49 | SA1.50 | SA1.51 | SA1.52 | SA1.53 | SA1.54 | SA1.55 | SA1.56 | SA1.57 | SA1.58 | SA1.59 | SA1.60 | SA1.61 | SA1.62 | SA1.63 | SA1.64 | SA1.65 | SA1.66 | SA1.67 | SA1.68 | SA1.69 | SA1.70 | SA1.71 | SA1.72 | SA1.73 | SA1.74 | SA1.75 | SA1.76 | SA1.77 | SA1.78 | SA1.79 | SA1.80 | SA1.81 | SA1.82 | SA1.83 | SA1.84 | SA1.85 | SA1.86 | SA1.87 | SA1.88 | SA1.89 | SA1.90 | SA1.91 | SA1.92 | SA1.93 | SA1.94 | SA1.95 | SA1.96 | SA1.97 | SA1.98 | SA1.99 | SA1.100 | SA1.101 | SA1.102 | SA1.103 | SA1.104 | SA1.105 | SA1.106 | SA1.107 | SA1.108 | SA1.109 | SA1.110 | SA1.111 | SA1.112 | SA1.113 | SA1.114 | SA1.115 | SA1.116 | SA1.117 | SA1.118 | SA1.119 | SA1.120 | SA1.121 | SA1.122 | SA1.123 | SA1.124 | SA1.125 | SA1.126 | SA1.127 | SA1.128 | SA1.129 | SA1.130 | SA1.131 | SA1.132 | SA1.133 | SA1.134 | SA1.135 | SA1.136 | SA1.137 | SA1.138 | SA1.139 | SA1.140 | SA1.141 | SA1.142 | SA1.143 | SA1.144 | SA1.145 | SA1.146 | SA1.147 | SA1.148 | SA1.149 | SA1.150 | SA1.151 | SA1.152 | SA1.153 | SA1.154 | SA1.155 | SA1.156 | SA1.157 | SA1.158 | SA1.159 | SA1.160 | SA1.161 | SA1.162 | SA1.163 | SA1.164 | SA1.165 | SA1.166 | SA1.167 | SA1.168 | SA1.169 | SA1.170 | SA1.171 | SA1.172 | SA1.173 | SA1.174 | SA1.175 | SA1.176 | SA1.177 | SA1.178 | SA1.179 | SA1.180 | SA1.181 | SA1.182 | SA1.183 | SA1.184 | SA1.185 | SA1.186 | SA1.187 | SA1.188 | SA1.189 | SA1.190 | SA1.191 | SA1.192 | SA1.193 | SA1.194 | SA1.195 | SA1.196 | SA1.197 | SA1.198 | SA1.199 | SA1.200 | SA1.201 | SA1.202 | SA1.203 | SA1.204 | SA1.205 | SA1.206 | SA1.207 | SA1.208 | SA1.209 | SA1.210 | SA1.211 | SA1.212 | SA1.213 | SA1.214 | SA1.215 | SA1.216 | SA1.217 | SA1.218 | SA1.219 | SA1.220 | SA1.221 | SA1.222 | SA1.223 | SA1.224 | SA1.225 | SA1.226 | SA1.227 | SA1.228 | SA1.229 | SA1.230 | SA1.231 | SA1.232 | SA1.233 | SA1.234 | SA1.235 | SA1.236 | SA1.237 | SA1.238 | SA1.239 | SA1.240 | SA1.241 | SA1.242 | SA1.243 | SA1.244 | SA1.245 | SA1.246 | SA1.247 | SA1.248 | SA1.249 | SA1.250 | SA1.251 | SA1.252 | SA1.253 | SA1.254 | SA1.255 | SA1.256 | SA1.257 | SA1.258 | SA1.259 | SA1.260 | SA1.261 | SA1.262 | SA1.263 | SA1.264 | SA1.265 | SA1.266 | SA1.267 | SA1.268 | SA1.269 | SA1.270 | SA1.271 | SA1.272 | SA1.273 | SA1.274 | SA1.275 | SA1.276 | SA1.277 | SA1.278 | SA1.279 | SA1.280 | SA1.281 | SA1.282 | SA1.283 | SA1.284 | SA1.285 | SA1.286 | SA1.287 | SA1.288 | SA1.289 | SA1.290 | SA1.291 | SA1.292 | SA1.293 | SA1.294 | SA1.295 | SA1.296 | SA1.297 | SA1.298 | SA1.299 | SA1.300 | SA1.301 | SA1.302 | SA1.303 | SA1.304 | SA1.305 | SA1.306 | SA1.307 | SA1.308 | SA1.309 | SA1.310 | SA1.311 | SA1.312 | SA1.313 | SA1.314 | SA1.315 | SA1.316 | SA1.317 | SA1.318 | SA1.319 | SA1.320 | SA1.321 | SA1.322 | SA1.323 | SA1.324 | SA1.325 | SA1.326 | SA1.327 | SA1.328 | SA1.329 | SA1.330 | SA1.331 | SA1.332 | SA1.333 | SA1.334 | SA1.335 | SA1.336 | SA1.337 | SA1.338 | SA1.339 | SA1.340 | SA1.341 | SA1.342 | SA1.343 | SA1.344 | SA1.345 | SA1.346 | SA1.347 | SA1.348 | SA1.349 | SA1.350 | SA1.351 | SA1.352 | SA1.353 | SA1.354 | SA1.355 | SA1.356 | SA1.357 | SA1.358 | SA1.359 | SA1.360 | SA1.361 | SA1.362 | SA1.363 | SA1.364 | SA1.365 | SA1.366 | SA1.367 | SA1.368 | SA1.369 | SA1.370 | SA1.371 | SA1.372 | SA1.373 | SA1.374 | SA1.375 | SA1.376 | SA1.377 | SA1.378 | SA1.379 | SA1.380 | SA1.381 | SA1.382 | SA1.383 | SA1.384 | SA1.385 | SA1.386 | SA1.387 | SA1.388 | SA1.389 | SA1.390 | SA1.391 | SA1.392 | SA1.393 | SA1.394 | SA1.395 | SA1.396 | SA1.397 | SA1.398 | SA1.399 | SA1.400 | SA1.401 | SA1.402 | SA1.403 | SA1.404 | SA1.405 | SA1.406 | SA1.407 | SA1.408 | SA1.409 | SA1.410 | SA1.411 | SA1.412 | SA1.413 | SA1.414 | SA1.415 | SA1.416 | SA1.417 | SA1.418 | SA1.419 | SA1.420 | SA1.421 | SA1.422 | SA1.423 | SA1.424 | SA1.425 | SA1.426 | SA1.427 | SA1.428 | SA1.429 | SA1.430 | SA1.431 | SA1.432 | SA1.433 | SA1.434 | SA1.435 | SA1.436 | SA1.437 | SA1.438 | SA1.439 | SA1.440 | SA1.441 | SA1.442 | SA1.443 | SA1.444 | SA1.445 | SA1.446 | SA1.447 | SA1.448 | SA1.449 | SA1.450 | SA1.451 | SA1.452 | SA1.453 | SA1.454 | SA1.455 | SA1.456 | SA1.457 | SA1.458 | SA1.459 | SA1.460 | SA1.461 | SA1.462 | SA1.463 | SA1.464 | SA1.465 | SA1.466 | SA1.467 | SA1.468 | SA1.469 | SA1.470 | SA1.471 | SA1.472 | SA1.473 | SA1.474 | SA1.475 | SA1.476 | SA1.477 | SA1.478 | SA1.479 | SA1.480 | SA1.481 | SA1.482 | SA1.483 | SA1.484 | SA1.485 | SA1.486 | SA1.487 | SA1.488 | SA1.489 | SA1.490 | SA1.491 | SA1.492 | SA1.493 | SA1.494 | SA1.495 | SA1.496 | SA1.497 | SA1.498 | SA1.499 | SA1.500 | SA1.501 | SA1.502 | SA1.503 | SA1.504 | SA1.505 | SA1.506 | SA1.507 | SA1.508 | SA1.509 | SA1.510 | SA1.511 | SA1.512 | SA1.513 | SA1.514 | SA1.515 | SA1.516 | SA1.517 | SA1.518 | SA1.519 | SA1.520 | SA1.521 | SA1.522 | SA1.523 | SA1.524 | SA1.525 | SA1.526 | SA1.527 | SA1.528 | SA1.529 | SA1.530 | SA1.531 | SA1.532 | SA1.533 | SA1.534 | SA1.535 | SA1.536 | SA1.537 | SA1.538 | SA1.539 | SA1.540 | SA1.541 | SA1.542 | SA1.543 | SA1.544 | SA1.545 | SA1.546 | SA1.547 | SA1.548 | SA1.549 | SA1.550 | SA1.551 | SA1.552 | SA1.553 | SA1.554 | SA1.555 | SA1.556 | SA1.557 | SA1.558 | SA1.559 | SA1.560 | SA1.561 | SA1.562 | SA1.563 | SA1.564 | SA1.565 | SA1.566 | SA1.567 | SA1.568 | SA1.569 | SA1.570 | SA1.571 | SA1.572 | SA1.573 | SA1.574 | SA1.575 | SA1.576 | SA1.577 | SA1.578 | SA1.579 | SA1.580 | SA1.581 | SA1.582 | SA1.583 | SA1.584 | SA1.585 | SA1.586 | SA1.587 | SA1.588 | SA1.589 | SA1.590 | SA1.591 | SA1.592 | SA1.593 | SA1.594 | SA1.595 | SA1.596 | SA1.597 | SA1.598 | SA1.599 | SA1.600 | SA1.601 | SA1.602 | SA1.603 | SA1.604 | SA1.605 | SA1.606 | SA1.607 | SA1.608 | SA1.609 | SA1.610 | SA1.611 | SA1.612 | SA1.613 | SA1.614 | SA1.615 | SA1.616 | SA1.617 | SA1.618 | SA1.619 | SA1.620 | SA1.621 | SA1.622 | SA1.623 | SA1.624 | SA1.625 | SA1.626 | SA1.627 | SA1.628 | SA1.629 | SA1.630 | SA1.631 | SA1.632 | SA1.633 | SA1.634 | SA1.635 | SA1.636 | SA1.637 | SA1.638 | SA1.639 | SA1.640 | SA1.641 | SA1.642 | SA1.643 | SA1.644 | SA1.645 | SA1.646 | SA1.647 | SA1.648 | SA1.649 | SA1.650 | SA1.651 | SA1.652 | SA1.653 | SA1.654 | SA1.655 | SA1.656 | SA1.657 | SA1.658 | SA1.659 | SA1.660 | SA1.661 | SA1.662 | SA1.663 | SA1.664 | SA1.665 | SA1.666 | SA1.667 | SA1.668 | SA1.669 | SA1.670 | SA1.671 | SA1.672 | SA1.673 | SA1.674 | SA1.675 | SA1.676 | SA1.677 | SA1.678 | SA1.679 | SA1.680 | SA1.681 | SA1.682 | SA1.683 | SA1.684 | SA1.685 | SA1.686 | SA1.687 | SA1.688 | SA1.689 | SA1.690 | SA1.691 | SA1.692 | SA1.693 | SA1.694 | SA1.695 | SA1.696 | SA1.697 | SA1.698 | SA1.699 | SA1.700 | SA1.701 | SA1.702 | SA1.703 | SA1.704 | SA1.705 | SA1.706 | SA1.707 | SA1.708 | SA1.709 | SA1.710 | SA1.711 | SA1.712 | SA1.713 | SA1.714 | SA1.715 | SA1.716 | SA1.717 | SA1.718 | SA1.719 | SA1.720 | SA1.721 | SA1.722 | SA1.723 | SA1.724 | SA1.725 | SA1.726 | SA1.727 | SA1.728 | SA1.729 | SA1.730 | SA1.731 | SA1.732 | SA1.733 | SA1.734 | SA1.735 | SA1.736 | SA1.737 | SA1.738 | SA1.739 | SA1.740 | SA1.741 | SA1.742 | SA1.743 | SA1.744 | SA1.745 | SA1.746 | SA1.747 | SA1.748 | SA1.749 | SA1.750 | SA1.751 | SA1.752 | SA1.753 | SA1.754 | SA1.755 | SA1.756 | SA1.757 | SA1.758 | SA1.759 | SA1.760 | SA1.761 | SA1.762 | SA1.763 | SA1.764 | SA1.765 | SA1.766 | SA1.767 | SA1.768 | SA1.769 | SA1.770 | SA1.771 | SA1.772 | SA1.773 | SA1.774 | SA1.775 | SA1.776 | SA1.777 | SA1.778 | SA1.779 | SA1.780 | SA1.781 | SA1.782 | SA1.783 | SA1.784 | SA1.785 | SA1.786 | SA1.787 | SA1.788 | SA1.789 | SA1.790 | SA1.791 | SA1.792 | SA1.793 | SA1.794 | SA1.795 | SA1.796 | SA1.797 | SA1.798 | SA1.799 | SA1.800 | SA1.801 | SA1.802 | SA1.803 | SA1.804 | SA1.805 | SA1.806 | SA1.807 | SA1.808 | SA1.809 | SA1.810 | SA1.811 | SA1.812 | SA1.813 | SA1.814 | SA1.815 | SA1.816 | SA1.817 | SA1.818 | SA1.819 | SA1.820 | SA1.821 | SA1.822 | SA1.823 | SA1.824 | SA1.825 | SA1.826 | SA1.827 | SA1.828 | SA1.829 | SA1.830 | SA1.831 | SA1.832 | SA1.833 | SA1.834 | SA1.835 | SA1.836 | SA1.837 | SA1.838 | SA1.839 | SA1.840 | SA1.841 | SA1.842 | SA1.843 | SA1.844 | SA1.845 | SA1.846 | SA1.847 | SA1.848 | SA1.849 | SA1.850 | SA1.851 | SA1.852 | SA1.853 | SA1.854 | SA1.855 | SA1.856 | SA1.857 | SA1.858 | SA1.859 | SA1.860 | SA1.861 | SA1.862 | SA1.863 | SA1.864 | SA1.865 | SA1.866 | SA1.867 | SA1.868 | SA1.869 | SA1.870 | SA1.871 | SA1.872 | SA1.873 | SA1.874 | SA1.875 | SA1.876 | SA1.877 | SA1.878 | SA1.879 | SA1.880 | SA1.881 | SA1.882 | SA1.883 | SA1.884 | SA1.885 | SA1.886 | SA1.887 | SA1.888 | SA1.889 | SA1.890 | SA1.891 | SA1.892 | SA1.893 | SA1.894 | SA1.895 | SA1.896 | SA1.897 | SA1.898 | SA1.899 | SA1.900 | SA1.901 | SA1.902 | SA1.903 | SA1.904 | SA1.905 | SA1.906 | SA1.907 | SA1.908 | SA1.909 | SA1.910 | SA1.911 | SA1.912 | SA1.913 | SA1.914 | SA1.915 | SA1.916 | SA1.917 | SA1.918 | SA1.919 | SA1.920 | SA1.921 | SA1.922 | SA1.923 | SA1.924 | SA1.925 | SA1.926 | SA1.927 | SA1.928 | SA1.929 | SA1.930 | SA1.931 | SA1.932 | SA1.933 | SA1.934 | SA1.935 | SA1.936 | SA1.937 | SA1.938 | SA1.939 | SA1.940 | SA1.941 | SA1.942 | SA1.943 | SA1.944 | SA1.945 | SA1.946 | SA1.947 | SA1.948 | SA1.949 | SA1.950 | SA1.951 | SA1.952 | SA1.953 | SA1.954 | SA1.955 | SA1.956 | SA1.957 | SA1.958 | SA1.959 | SA1.960 | SA1.961 | SA1.962 | SA1.963 | SA1.964 | SA1.965 | SA1.966 | SA1.967 | SA1.968 | SA1.969 | SA1.970 | SA1.971 | SA1.972 | SA1.973 | SA1.974 | SA1.975 | SA1.976 | SA1.977 | SA1.978 | SA1.979 | SA1.980 | SA1.981 | SA1.982 | SA1.983 | SA1.984 | SA1.985 | SA1.986 | SA1.987 | SA1.988 | SA1.989 | SA1.990 | SA1.991 | SA1.992 | SA1.993 | SA1.994 | SA1.995 | SA1.996 | SA1.997 | SA1.998 |

Рис. 65. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4314

Таблица 40. Поправочные числа к пределам измерений

| Предел измерения, В   | 0,75 | 3 | 7,5 | 15  | 30  | 60  | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | —12  | 0 | +8  | +14 | +20 | +26 | +34 | +40 | +46 |

Таблица 41. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4314

| Позиционное обозначение | Наименование                            | Число, шт. | Примечание                                    |
|-------------------------|-----------------------------------------|------------|-----------------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                         |            |                                               |
| R1                      | $0,1 \pm 0,0005$ Ом, провод МнМц-3-12 1 | 1          | Шунт                                          |
| R2                      | $0,4 \pm 0,002$ Ом, провод МнМц-3-12 1  | 1          |                                               |
| R3                      | $2 \pm 0,01$ Ом, провод ПЭМС 0,4        | 1          | »                                             |
| R4, R6                  | $2,5 \pm 0,012$ Ом, провод ПЭМС 0,4     | 2          |                                               |
| R5                      | $5 \pm 0,025$ Ом, провод ПЭМС 0,4       | 1          |                                               |
| R7                      | $37,5 \pm 0,19$ Ом, провод ПЭМС 0,2     | 1          |                                               |
| R8                      | $200 \pm 1$ Ом, провод ПЭМС 0,1         | 1          |                                               |
| R9                      | $250 \pm 1,25$ Ом, провод ПЭМС 0,1      | 1          |                                               |
| R10                     | $2 \pm 0,01$ кОм, провод ПЭМС 0,05      | 1          |                                               |
| R11                     | $2,5 \pm 0,012$ кОм, провод ПЭМС 0,05   | 1          |                                               |
| R12                     | $7,5 \pm 0,037$ кОм, провод ПЭМС 0,05   | 1          |                                               |
| R13                     | $4,17 \pm 0,02$ кОм, провод ПЭМС 0,05   | 1          |                                               |
| R14                     | МЛТ-0,5-(1,6...2,4) кОм $\pm 5\%$       | 1          | Подгоночный                                   |
| R15                     | СП-3-9а-26-10 кОм $\pm 10\%$            | 1          |                                               |
| R16                     | МЛТ-0,5-(420...720) Ом $\pm 5\%$        | 1          | Подгоночный                                   |
| R17, R18                | $1,33 \pm 0,013$ кОм, провод ПЭМС 0,05  | 2          |                                               |
| R19                     | МЛТ-0,5-560 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $1,16 \pm 0,0116$ МОм |
| R20                     | МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 5\%$                | 2          |                                               |
| R21                     | МЛТ-0,5-5,6 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $112 \pm 1,12$ кОм    |
| R22                     | МЛТ-0,5-560 Ом $\pm 5\%$                | 2          |                                               |
| R23                     | МЛТ-0,5-220 Ом $\pm 5\%$                | 2          | Суммарное сопротивление $1,11 \pm 0,11$ кОм   |
| R24                     | МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$                | 1          |                                               |
| R25                     | МЛТ-0,5-27 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $56,2 \pm 0,288$ кОм  |
|                         | МЛТ-0,5-91 кОм $\pm 5\%$                | 2          |                                               |
| R26                     | МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $187,5 \pm 0,933$ кОм |
| R27                     | МЛТ-0,5-330 кОм $\pm 5\%$               | 1          |                                               |
| R28                     | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление $375 \pm 1,8$ кОм     |
|                         | МЛТ-0,5-620 кОм $\pm 5\%$               | 2          |                                               |
| R29                     | МЛТ-0,5-1,2 МОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление                       |

| Позиционное обозначение | Наименование                 | Число, шт. | Примечание                                    |
|-------------------------|------------------------------|------------|-----------------------------------------------|
| R30                     | МЛТ-0,5-1,3 МОм $\pm 5\%$    | 1          | $2,5 \pm 0,025$ МОм                           |
|                         | МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление $7,5 \pm 0,0375$ МОм  |
| R31                     | МЛТ-0,5-3,9 МОм $\pm 5\%$    | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление $12,5 \pm 0,0625$ МОм |
| R32                     | МЛТ-1,0-9,1 МОм $\pm 5\%$    | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-1,0-6,8 МОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление $25 \pm 0,125$ МОм    |
| R33                     | МЛТ-1,0-9,1 МОм $\pm 5\%$    | 2          |                                               |
| R33                     | $8,33 \pm 0,04$ Ом, ПЭМС 0,3 | 1          |                                               |
| R34                     | МЛТ-0,5-3,9 кОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление $8,33 \pm 0,04$ кОм   |
| R35                     | МЛТ-0,5-4,3 кОм $\pm 5\%$    | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-0,5-7,5 кОм $\pm 5\%$    | 2          | Суммарное сопротивление $15 \pm 0,075$ кОм    |
| R36                     | МЛТ-0,5-12 кОм $\pm 5\%$     | 1          | Суммарное сопротивление $25 \pm 0,125$ кОм    |
| R37                     | МЛТ-0,5-13 кОм $\pm 5\%$     | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 5\%$     | 1          | Суммарное сопротивление $50 \pm 0,25$ кОм     |
| R38                     | МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$     | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-0,5-51 кОм $\pm 5\%$     | 2          | Суммарное сопротивление $100 \pm 5$ кОм       |
| R39                     | МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$    | 2          | Суммарное сопротивление $300 \pm 1,5$ кОм     |
| R40                     | МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление                       |
| R41                     | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$    | 1          | $500 \pm 2,5$ кОм                             |
|                         | МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 5\%$    | 2          | Суммарное сопротивление $1 \pm 0,005$ МОм     |
| R42                     | МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление $6,8 \pm 0,034$ кОм   |
| R43                     | МЛТ-0,5-3,6 кОм $\pm 5\%$    | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-0,5-130 кОм $\pm 5\%$    | 1          | Суммарное сопротивление $280 \pm 2,8$ кОм     |
| R44                     | МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$    | 1          |                                               |
|                         | МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$    | 2          | Суммарное сопротивление $300 \pm 3$ кОм       |

## Диоды

|          |     |   |                           |
|----------|-----|---|---------------------------|
| VD1, VD2 | Д2Д | 2 | Допускается замена на Д9М |
|----------|-----|---|---------------------------|

## Конденсаторы

|    |                    |   |  |
|----|--------------------|---|--|
| C1 | КТ-26-М47-3-16 пФ  | 1 |  |
| C2 | КТ-26-М700-3-62 пФ | 1 |  |

## Комбинированный прибор Ц4315

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 42—45 и на рис. 66—70.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного и 2 кОм/В переменного напряжений. Прибор выпускается в модификациях: Ц4315 — для работы при температуре окружающего воздуха  $-10...+40^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 80 % и Ц4315Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха  $-5...+45^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 95 %.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПЛСр-20-0,25 при натяжении  $40\pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление рамки не более 635 Ом; она содержит 370...460 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Для питания прибора Ц4315 использована батарея 3336, для Ц4315Т — 3336Т.

При изменении уровня передачи переменного напряжения на других пределах, кроме 1 В, к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавлять поправочные числа, указанные в табл. 46.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R27 и R29, должно соответствовать указанному в перечне элементов к электрической принципиальной схеме прибора (табл. 47).

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное сопротивление измерительного механизма  $R_{\text{и}}$  и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_{\text{и}} + R29 = \{706 + 0,004(t - t_{\text{н}})R_{\text{и}}\} \pm 3\},$$

**Таблица 42. Конечные значения шкал постоянного напряжения, ток и падение напряжения на зажимах прибора**

| Напряжение, В | Ток     | Падение напряжения на зажимах, В |
|---------------|---------|----------------------------------|
| 1000          | 2,5 А   | 0,3                              |
| 500           | 0,5 А   | 0,24                             |
| 250           | 0,1 А   | 0,21                             |
| 100           | 25 мА   | 0,21                             |
| 25            | 5 мА    | 0,2                              |
| 10            | 1 мА    | 0,19                             |
| 5             | 0,5 мА  | 0,19                             |
| 2,5           | 100 мкА | 0,13                             |
| 1             | 50 мкА  | 0,075                            |
| 0,075         |         |                                  |

Примечания: 1. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ . 2. Ток полного отклонения 50 мкА.

**Таблица 43. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

| Напряжение, В | Ток полного отклонения, мА | Частотная область, Гц |             |
|---------------|----------------------------|-----------------------|-------------|
|               |                            | номинальная           | расширенная |
| 1000          | 0,5                        | 45...60               | 45...200    |
| 500           | 0,5                        | 45...60               | 45...200    |
| 250           | 0,5                        | 45...200              | 45...1000   |
| 100           | 0,5                        | 45...200              | 45...1000   |
| 25            | 0,5                        | 45...2000             | 45...10 000 |
| 10            | 0,5                        | 45...5000             | 45...20 000 |
| 5             | 0,5                        | 45...5000             | 45...20 000 |
| 2,5           | 1                          | 45...5000             | 45...20 000 |
| 1             | 2,5                        | 45...4000             | 45...10 000 |

Примечание Основная погрешность  $\pm 4\%$

где  $t$  — температура, при которой регулируют прибор, °C;  $t_n$  — температура, соответствующая нормальным условиям, °C.

Резистором R27 подгоняют показания прибора на переменном токе.

**Таблица 44. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

| Ток                   | 2,5 А | 0,5 А | 0,1 А | 25 мА | 5 мА | 1 мА | 0,5 мА |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| Падение напряжения, В | 1,2   | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1    | 0,9  | 0,8    |

Примечание: 1. Основная погрешность  $\pm 4\%$ . 2. Номинальная частотная область 45...4000 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...10 000 Гц

**Таблица 45. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения           | Конечное значение измеряемого сопротивления | Потребляемый ток, мА | Напряжение питания, В      | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|----------------------------|---------------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega$                   | 300 Ом                                      | 9,5                  | 3,7...4,7                  | 59                            | $\pm 2,5$               |
| $\kappa\Omega \times 1$    | 5 кОм                                       | 9,5                  | 3,7...4,7                  | 79                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 10$   | 50 кОм                                      | 0,95                 | 3,7...4,7                  | 79                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 100$  | 500 кОм                                     | 0,095                | 3,7...4,7                  | 79                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 1000$ | 5000 кОм                                    | 0,095                | 33...43                    | 79                            |                         |
| $\text{pF} \times 100$     | 30000 пФ                                    | 0,29                 | 190...245                  | 59                            | $\pm 4$                 |
| $\mu\text{F} \times 0,1$   | 0,5 мкФ                                     | 0,29                 | 190...245 <sup>50</sup> Гц | 79                            |                         |
| dB                         | —15...2                                     | 0,5                  | —                          | 54                            | $\pm 4$                 |

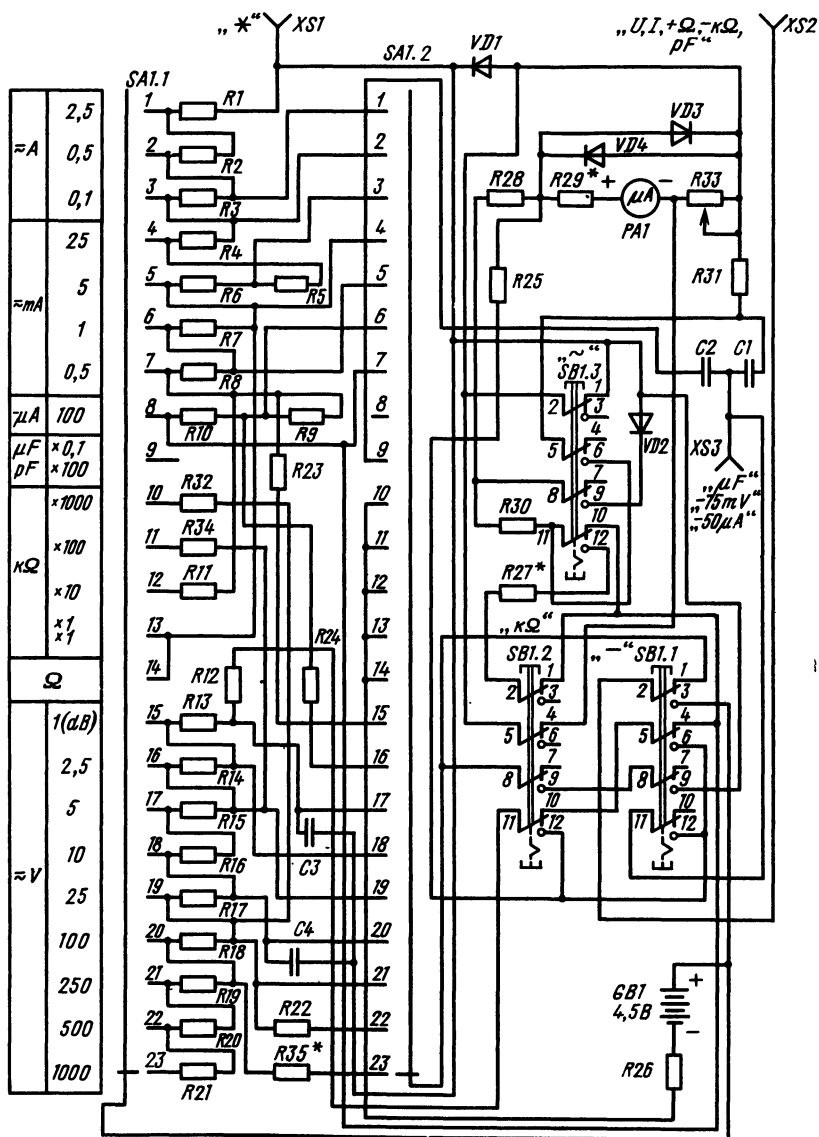


Рис. 66. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1)

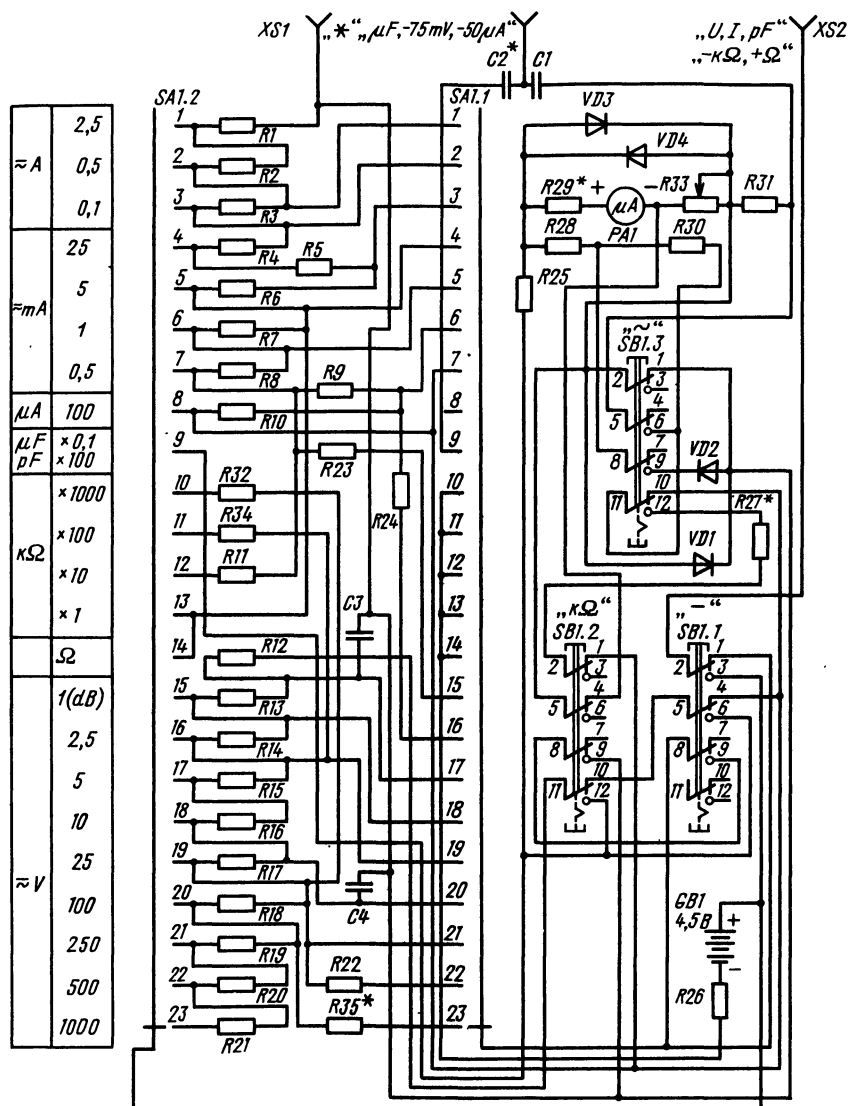


Рис. 67. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2)

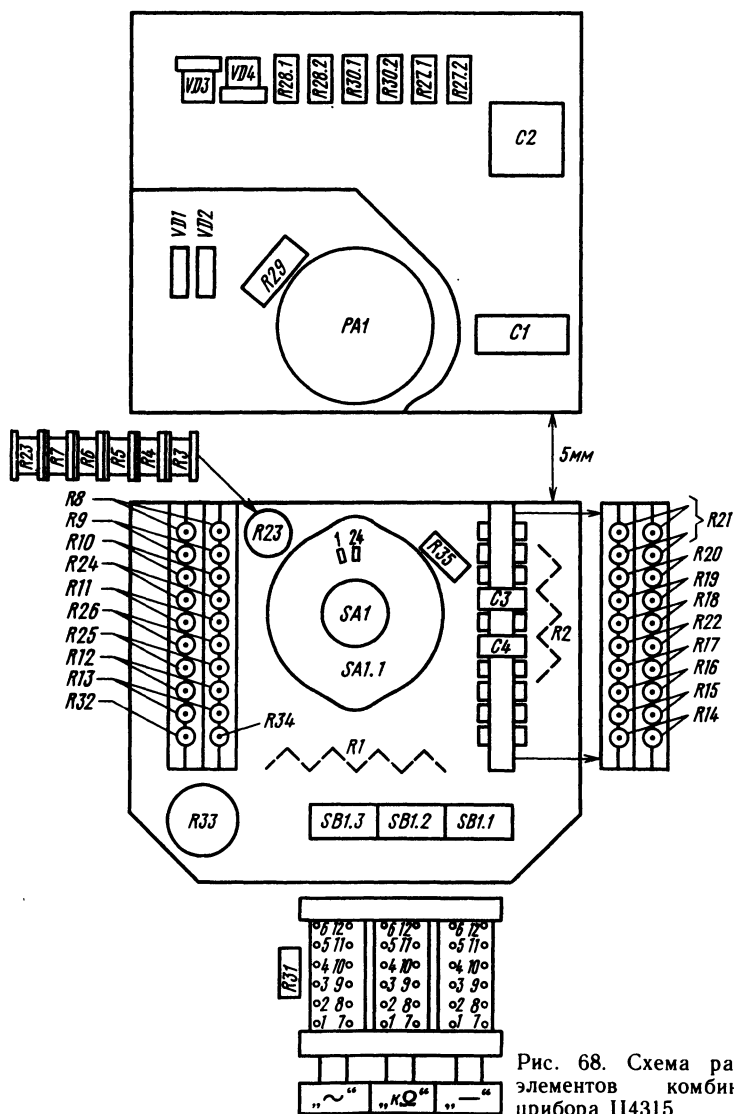


Рис. 68. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4315

[illegible]

Рис. 69. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1).

[illegible]

Рис. 70. Карта электрических целей комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2)

Таблица 46. Поправочные числа к пределам измерений

| Предел измерения, В   | 1 | 2,5 | 5   | 10  | 25  | 100 | 250 | 500 | 1000 |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Поправочное число, дБ | 0 | +8  | +14 | +20 | +28 | +40 | +48 | +54 | +60  |

Таблица 47. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4315

| Позиционное обозначение | Наименование                         | Число, шт | Примечание                           |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                      |           |                                      |
| R1                      | 0,08±0,0002 Ом провод<br>МнМц-3-12 1 | 1         | Шунт                                 |
| R2                      | 0,32±0,001 Ом, провод<br>МнМц-3-12 1 | 1         | »                                    |
| R3                      | 1,6±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5        | 1         |                                      |
| R4                      | 6±0,018 Ом, провод ПЭМС 0,3          | 1         |                                      |
| R5                      | 2±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,3           | 1         |                                      |
| R6                      | 30±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25         | 1         |                                      |
| R7                      | 150±0,5 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1         |                                      |
| R8                      | МЛТ-0,5-100 Ом ±10 %                 | 2         | Суммарное сопротивление 200±1 Ом     |
| R9                      | МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %                  | 2         | Суммарное сопротивление 600±3 Ом     |
| R10                     | МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %                  | 1         | Суммарное сопротивление 1000±5 Ом    |
| R11                     | МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %                 | 1         | Суммарное сопротивление 4440±22 Ом   |
| R11                     | МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %                   | 1         |                                      |
| R12                     | МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 %                 | 2         | Суммарное сопротивление 8570±42 Ом   |
| R13                     | МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 %                 | 1         | Суммарное сопротивление 9970±50 Ом   |
| R13                     | МЛТ-0,5-5,6 кОм ±5 %                 | 1         |                                      |
| R14                     | МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %                 | 2         | Суммарное сопротивление 30±0,15 кОм  |
| R15                     | МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %                  | 1         | Суммарное сопротивление 50±0,25 кОм  |
| R15                     | МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %                  | 1         |                                      |
| R16                     | МЛТ-0,5-43 кОм ±5 %                  | 1         | Суммарное сопротивление 100±0,5 кОм  |
| R16                     | МЛТ-0,5-56 кОм ±5 %                  | 1         |                                      |
| R17                     | МЛТ-0,5-150 кОм ±10 %                | 2         | Суммарное сопротивление 300±1,5 кОм  |
| R18                     | МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %                 | 2         | Суммарное сопротивление 1500±7,5 кОм |
| R19                     | МЛТ-0,5-1,5 МОм ±10 %                | 2         | Суммарное сопротивление 3000±15 кОм  |
| R20                     | МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %                   | 1         | Суммарное сопротивление 5±0,025 МОм  |
| R20                     | МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %                   | 1         |                                      |
| R21                     | МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %                   | 2         | Суммарное сопротивление 10±0,05 МОм  |
| R21                     | МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %                   | 2         |                                      |
| R22                     | МЛТ-0,5-200 кОм ±5 %                 | 1         | Суммарное сопротивление 500±2,5 кОм  |
| R22                     | МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %                 | 1         |                                      |

| Позиционное обозначение | Наименование               | Число, шт. | Примечание                               |
|-------------------------|----------------------------|------------|------------------------------------------|
| R23                     | 24±0,1 Ом, ПЭМС 0,2        | 1          | Допускается замена на МЛТ-0,5-24 Ом ±5 % |
| R24                     | МЛТ-0,5-820 Ом ±10 %       | 2          | Суммарное сопротивление 1650±8 Ом        |
| R25                     | МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %        | 1          | Суммарное сопротивление 900±5 Ом         |
| R26                     | МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %        | 1          | Суммарное сопротивление 490±2 Ом         |
| R27*                    | МЛТ-0,5-220 Ом ±10 %       | 1          |                                          |
| R28                     | МЛТ-0,5-(1...3) кОм ±5 %   | 1          |                                          |
| R29                     | МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %      | 2          | Суммарное сопротивление 760±3,5 Ом       |
| R30                     | До 260 Ом ПЭМС-0,1         | 1          |                                          |
| R31                     | МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %        | 2          | Суммарное сопротивление 1240±4 Ом        |
| R32                     | МЛТ-0,5-1,2 кОм ±5 %       | 1          |                                          |
| R33                     | МЛТ-0,5-30 кОм ±10 %       | 1          |                                          |
| R34                     | СПЗ-9а-6,8 кОм ±20 %       | 1          |                                          |
| R35                     | МЛТ-0,5-1,2 кОм ±10 %      | 1          |                                          |
|                         | МЛТ-0,5-(22...33) кОм ±5 % | 1          |                                          |

*Диоды*

|          |       |   |                                  |
|----------|-------|---|----------------------------------|
| VD1, VD2 | Д9Д   | 2 | Допускается замена на Д9А        |
| VD3, VD4 | Д103М | 2 | Допускается замена на Д104, Д108 |

*Конденсаторы*

|    |                       |   |  |
|----|-----------------------|---|--|
| C1 | КБГ-И-200-0,05 ±5 %   | 1 |  |
| C2 | КСО-6-500-Б-3900 ±5 % | 1 |  |
| C3 | КСО-1-250-330 ±5 %    | 1 |  |
| C4 | КСО-1-250-100 ±5 %    | 1 |  |

\* Подбирают при регулировке.

**Комбинированный прибор Ц4323 (Ц4323Т)**

Прибор со встроенным генератором предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и определения работоспособности трактов усиления радиотехнических устройств.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 48—50 и на рис. 71—73.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 20 кОм/В. Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), для тропического исполнения (Ц4323Т) рабочая температура —5...+45 °С, относительная влажность 95 % (при температуре 35 °С).

Т а б л и ц а 48. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                   | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В |
|------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1000; 500; 250; 50; 10; 2,5; 0,5 В | Постоянный | 50                          | —                                |
| 1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В      | Переменный | 50                          | —                                |
| 500; 50; 0,5; 0,05 мА              | Постоянный | —                           | 1,2                              |
| 0,05 мА                            | Переменный | —                           | 2,6                              |

Примечание Основная погрешность встроенного ампервольтметра определяется при нормальных условиях и не превышает  $\pm 5\%$  значения предела измерения

Т а б л и ц а 49. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 1000; 500; 250 В                    | 45...400              | 45...1000   |
| 50 В                                | 45...2000             | 45...5000   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...20 000           | 45...30 000 |

Т а б л и ц а 50. Пределы измерения сопротивлений. Режим генератора

| Предел измерения         | Конечное значение измеряемого сопротивления | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В            | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|--------------------------|---------------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega \times 10$       | 0,5 кОм                                     | 75                  | 2,7...3,8                        | 65                            | $\pm 5$                 |
| $\Omega \times 100$      | 5 кОм                                       | 7,5                 | 2,7...3,8                        |                               |                         |
| $\kappa\Omega \times 1$  | 50 кОм                                      | 0,75                | 2,7...3,8                        |                               |                         |
| $\kappa\Omega \times 10$ | 500 кОм                                     | 0,075               | 2,7...3,8                        |                               |                         |
| НЧ                       | 1 кГц                                       | 100                 | $U_{\text{вых}} = 0,5 \text{ В}$ | —                             | $\pm 20$                |
| ПЧ                       | 465 кГц                                     | 100                 | $U_{\text{вых}} = 0,5 \text{ В}$ | —                             | $\pm 10$                |

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА, сопротивление рамки  $1600 \pm 200 \text{ Ом}$ .

Коэффициент модуляции напряжения на выходе «ПЧ» (промежуточная частота) прибора частотой 465 кГц не менее 20...90 %.

Изменением сопротивления резистора R1 прибор регулируют на постоянном токе, а резистора R3 — на переменном. Сопротивление остальных резисторов должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 51).

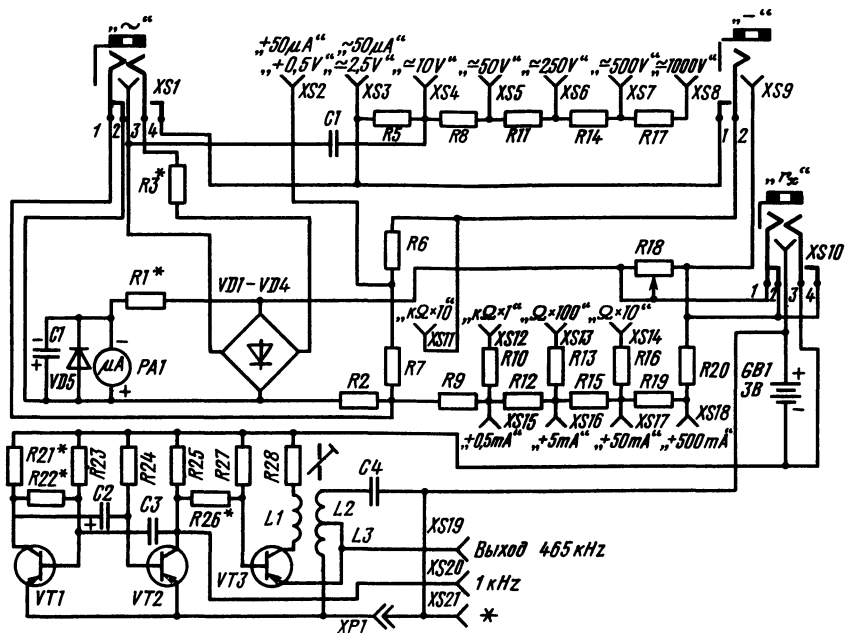


Рис. 71. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

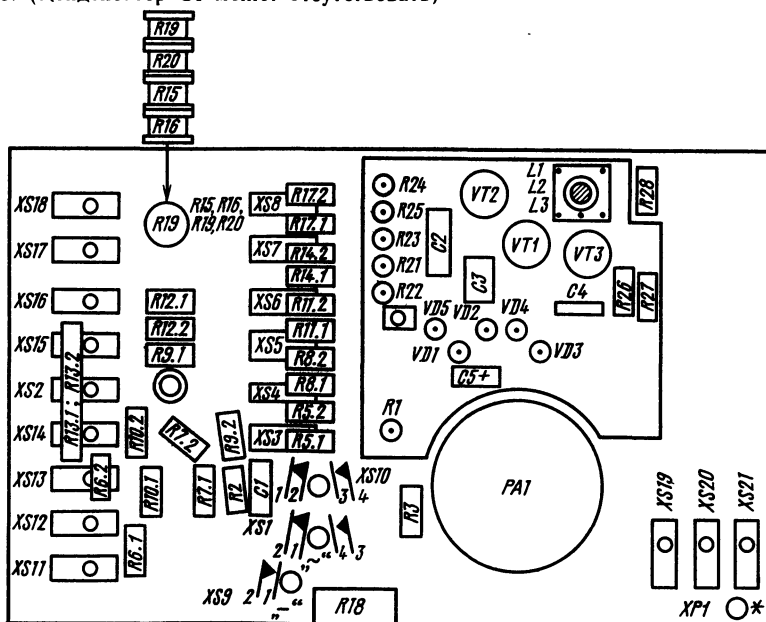


Рис. 72. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

| Пределы       |      | Э л е м е н т ы |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         | XS1 |     | XS9 |     | XS10 |   | C1 |
|---------------|------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|------|---|----|
|               |      |                 |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |     |     |     |     |      |   |    |
|               |      | R1              | R2 | R3 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | VD1-VD2 | GB1 | 1-2 | 3-4 | 1-2 | 3-4  |   |    |
| Напряжение, V | 1000 | x               |    |    | x  | x  | x  | x  | o  |     | x   | o   |     | x   | o   |     | x   |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
|               | 500  | x               |    |    | x  | x  | x  | x  | o  |     | x   | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
|               | 250  | x               |    |    | x  | x  | x  | x  | o  |     | x   | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
|               | 50   | x               |    |    | x  | x  | x  | x  | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
|               | 10   | x               |    |    | x  | x  | x  |    | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
|               | 2,5  | x               |    |    | x  | x  | x  |    | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
| Ток, mA       | 0,5  | x               |    |    |    |    | x  |    | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   | x    |   |    |
|               | 1000 | x               | o  | x  | x  |    |    | x  | o  |     | x   | o   |     | x   | o   |     | x   |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 500  | x               | o  | x  | x  |    |    | x  | o  |     | x   | o   |     | x   | o   |     |     |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 250  | x               | o  | x  | x  |    |    | x  | o  |     | x   | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 50   | x               | o  | x  | x  |    |    | x  | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 10   | x               | o  | x  | x  |    |    |    | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
| C1            | 2,5  | x               | o  | x  | o  |    |    |    | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 0,5  | x               |    |    |    |    | x  |    | o  |     |     | o   |     |     | o   |     |     |     | o   | o   |         |     | x   |     | x   |      |   |    |
|               | 1000 | x               | o  | x  | x  |    |    | x  | o  |     | x   | o   |     | x   | o   |     | x   |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 500  | x               |    |    |    |    |    | x  |    | x   | x   |     | x   |     | x   |     |     |     | +   | +   |         | x   |     | x   |     |      |   |    |
|               | 50   | x               |    |    |    |    |    | x  |    | x   | x   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | x   |     | x   |     |      |   |    |
|               | 5    | x               |    |    |    |    |    | x  |    | x   | x   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | x   |     | x   |     |      |   |    |
| C1            | 0,5  | x               |    |    |    |    |    | x  |    | o   | +   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | x   |     | x   |     |      |   |    |
|               | 0,05 | x               |    |    |    |    | x  | o  |    | o   | o   |     | o   |     | o   |     |     |     | o   | o   |         | x   |     | x   |     |      |   |    |
|               | 0,05 | x               | o  | x  | o  |    |    | o  |    | o   | o   |     | o   |     | o   |     |     |     | o   | o   | x       |     | x   |     | o   | o    | o |    |
|               | 10   | x               |    |    |    | +  | +  | +  |    | +   | +   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | x   |     |     | +   |      |   |    |
|               | 1    | x               |    |    |    |    |    | x  | +  | +   | +   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | x   |     |     | +   |      |   |    |
|               | 100  | x               |    |    |    |    |    | x  |    | x   | +   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | +   | x   |     | +   |      |   |    |
| C1            | 10   | x               |    |    |    |    |    | x  |    | x   | x   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | +   | x   |     | +   |      |   |    |
|               | 10   | x               |    |    |    |    |    | x  |    | x   | x   |     | +   |     | +   |     |     |     | +   | +   |         | +   | x   |     | +   |      |   |    |

Рис. 73. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4323.  
(Конденсатор C1 может отсутствовать)

Таблица 51. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4323

| Позиционное обозначение | Наименование         | Число, шт. | Примечание                          |
|-------------------------|----------------------|------------|-------------------------------------|
| Резисторы               |                      |            |                                     |
| R1*                     | МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 % | 1          | Суммарное сопротивление 150±1,5 кОм |
| R2                      | МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %  | 1          |                                     |
| R3*                     | МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %  | 1          |                                     |
| R5                      | МЛТ-0,5-75 кОм ±5 %  | 2          |                                     |
| R6                      | МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %  | 2          | Суммарное сопротивление 40±0,4 кОм  |
| R7                      | МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %   | 2          | Суммарное сопротивление 6±0,06 кОм  |
| R8                      | МЛТ-0,5-560 кОм ±5 % | 1          | Суммарное сопротивление 800±8 кОм   |
|                         | МЛТ-0,5-240 кОм ±5 % | 1          |                                     |
| R9                      | МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %  | 1          | Суммарное сопротивление 18±0,18 кОм |
|                         | МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %   |            |                                     |

| Позиционное обозначение | Наименование                      | Число, шт. | Примечание                                                |
|-------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|
| R10                     | МЛТ-0,5-3 кОм $\pm 5\%$           | 1          | Суммарное сопротивление $3,39 \pm 0,034$ кОм              |
|                         | МЛТ-0,5-390 Ом $\pm 5\%$          | 1          |                                                           |
| R11                     | МЛТ-0,5-2 МОм $\pm 5\%$           | 2          | Суммарное сопротивление $4 \pm 0,04$ МОм                  |
| R12                     | МЛТ-0,5-1,5 кОм $\pm 5\%$         | 1          | Суммарное сопротивление $1,8 \pm 0,018$ кОм               |
|                         | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$          | 1          |                                                           |
| R13                     | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$          | 1          | Суммарное сопротивление $324 \pm 3,2$ Ом                  |
|                         | МЛТ-0,5-24 Ом $\pm 5\%$           | 1          |                                                           |
| R14                     | МЛТ-0,5-3 МОм $\pm 5\%$           | 1          | Суммарное сопротивление $5 \pm 0,05$ МОм                  |
|                         | МЛТ-0,5-2 МОм $\pm 5\%$           | 1          |                                                           |
| R15                     | $180 \pm 1,8$ Ом, провод ПЭМС 0,1 | 1          | Суммарное сопротивление $10 \pm 0,1$ МОм                  |
| R16                     | $30 \pm 0,1$ Ом, провод ПЭМС 0,4  | 1          |                                                           |
| R17                     | МЛТ-0,5-8,2 МОм $\pm 5\%$         | 1          |                                                           |
|                         | МЛТ-0,5-1,8 МОм $\pm 5\%$         | 1          |                                                           |
| R18                     | СПЗ-3гМ-15-22 кОм $\pm 20\%$      | 1          | Суммарное сопротивление $18 \pm 0,18$ Ом, провод ПЭМС 0,4 |
| R19                     | $18 \pm 0,18$ Ом, провод ПЭМС 0,4 | 1          |                                                           |
| R20                     | $2 \pm 0,02$ Ом, провод ПЭМС 0,4  | 1          | Суммарное сопротивление $2 \pm 0,02$ Ом, провод ПЭМС 0,4  |
| R21*                    | МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$         | 1          |                                                           |
| R22*                    | МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$         | 1          | Суммарное сопротивление $2 \pm 0,02$ Ом, провод ПЭМС 0,4  |
| R23                     | МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$         | 1          |                                                           |
| R24                     | МЛТ-0,5-2 кОм $\pm 10\%$          | 1          | Суммарное сопротивление $2 \pm 0,02$ Ом, провод ПЭМС 0,4  |
| R25                     | МЛТ-0,5-33 Ом $\pm 10\%$          | 1          |                                                           |
| R26*                    | МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 10\%$         | 1          | Суммарное сопротивление $2 \pm 0,02$ Ом, провод ПЭМС 0,4  |
| R27                     | МЛТ-0,5-22 кОм $\pm 10\%$         | 1          |                                                           |
| R28                     | $80 \pm 3$ Ом, ПЭМС 0,1           | 1          |                                                           |

*Конденсаторы*

|    |                           |   |                               |
|----|---------------------------|---|-------------------------------|
| C1 | КД-10 пФ                  | 1 | Применяется при необходимости |
| C2 | К50-9-2,0 мкФ $\pm 10\%$  | 1 |                               |
| C3 | К74-0,15 мкФ $\pm 10\%$   | 1 |                               |
| C4 | КС0-1-270 пФ $\pm 10\%$   | 1 |                               |
| C5 | К50-9-10,0 мкФ $\pm 10\%$ | 1 |                               |

*Индуктивности*

|    |                              |   |  |
|----|------------------------------|---|--|
| L1 | 50 витков провода ПЭВ-1 0,1  | 1 |  |
| L2 | 140 витков провода ПЭВ-1 0,1 | 1 |  |
| L3 | 35 витков провода ПЭВ-1 0,1  | 1 |  |

*Диоды*

|         |        |   |  |
|---------|--------|---|--|
| VD1—VD5 | КД521Г | 5 |  |
|---------|--------|---|--|

*Транзисторы*

|          |      |   |                            |
|----------|------|---|----------------------------|
| VT1, VT2 | П41  | 2 | Замена на МП15             |
| VT3      | П403 | 1 | Замена на П401, П402, П416 |

\* Подбирают при регулировке.

## Комбинированный прибор Ц4324

Прибор Ц4324 предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 52—54 и на рис. 74—76.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Рабочая температура  $-10...+40^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность до 80 % (при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ ), для тропического варианта (Ц4324Т)  $-5...+45^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность до 95 % (при температуре  $35^{\circ}\text{C}$ ).

Т а б л и ц а 52. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                          | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|-------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1200; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,6 В | Постоянный | 50                          | —                                | $\pm 2,5$               |
| 900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В        | Переменный | 250                         | —                                | $\pm 4$                 |
| 3000; 600; 60; 6; 0,6 мА; 60 мкА          | Постоянный | —                           | 0,4                              | $\pm 2,5$               |
| 3000; 300; 30; 3; 0,3 мА                  | Переменный | —                           | 1,0                              | $\pm 4$                 |

Т а б л и ц а 53. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 900; 600; 300 В                     | 45...60               | 45...100    |
| 150 В                               | 45...100              | 45...500    |
| 60 В                                | 45...1000             | 45...2000   |
| 15 В                                | 45...5000             | 45...10 000 |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...10 000           | 45...20 000 |

Т а б л и ц а 54. Пределы измерения сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения

| Предел измерения             | Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega \times 10$           | 0,2 кОм                                                             | 7                   | 3,2...4               | 48                            | $\pm 2,5$               |
| $\text{к}\Omega \times 1$    | 5 кОм                                                               | 7                   | 3,2...4               | 52                            |                         |
| $\text{к}\Omega \times 10$   | 50 кОм                                                              | 0,7                 | 3,2...4               | 52                            |                         |
| $\text{к}\Omega \times 100$  | 500 кОм                                                             | 0,07                | 3,2...4               | 52                            |                         |
| $\text{к}\Omega \times 1000$ | 5000 кОм                                                            | 0,07                | 32...40               | 52                            | $\pm 4$                 |
| dB                           | $-10... \pm 12$                                                     | 0,25                | —                     | 45                            |                         |

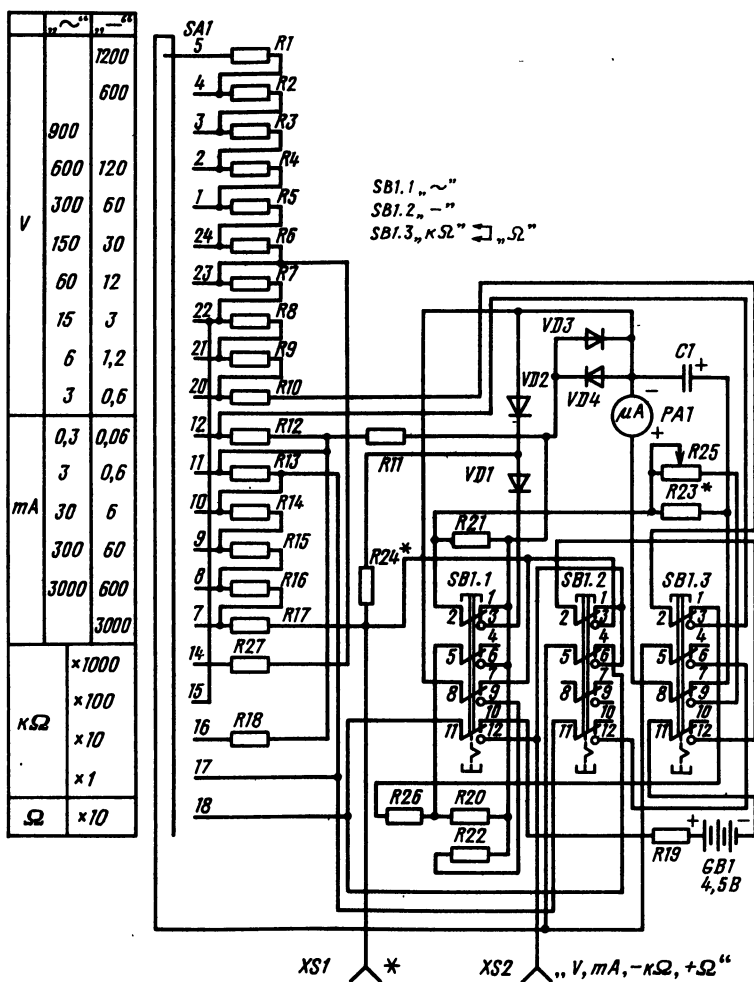
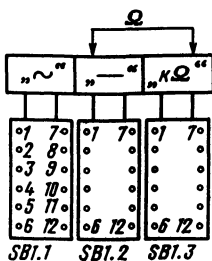
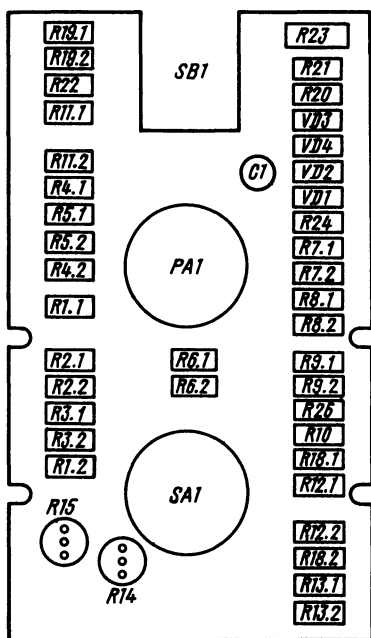
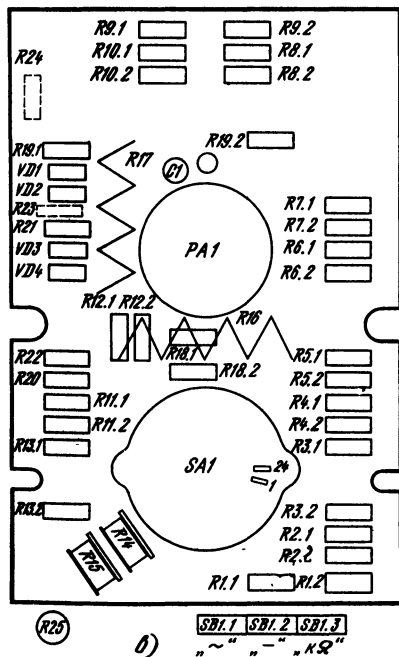


Рис. 74. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4324



а)



б)

Рис. 75. Схемы расположения элементов комбинированного прибора Ц4324 (резистор R27 подпаян непосредственно к переключателю пределов измерений) (а), прибора Ц4324 выпусков 1976 г. (б) и 1985 г. (в)

| Пределы |   | Э л е м е н т ы                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                 |                           |                           |   |             |   |   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---|-------------|---|---|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 VDI-VI2 68-1 3A1 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | SB1.1 " ~ "                     |                           |                           |   | SB1.2 " ~ " |   |   |   | SB1.3 " κΩ " |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|         |   |                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1-2 2-3 5-6 7-8 8-9 10-11 11-12 | 1-2 2-3 4-5 5-6 7-8 11-12 | 1-2 2-3 5-6 7-8 8-9 11-12 |   |             |   |   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V       | ~ | 1200                                                                                                                | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                               | x                         | x                         | x | x           | x | x | x | x            | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,32 при натяжении  $65 \pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток отклонения 37,5 мкА. Сопротивление рамки  $600 \pm 120$  Ом; она содержит  $600 \pm 50$  витков провода ПЭВ-1 0,03.

Напряжение встроенного источника питания 3,2...4 В. В приборе использована батарея из трех аккумуляторов Д-0,1. При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить число, указанное в табл. 55. Сопротивление всех резисторов, кроме R24 и R23, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 56).

Таблица 55. Поправочные числа к пределам измерений

| Предел измерения      | 3 | 6  | 15  | 60  | 150 | 300 | 600 | 900 |
|-----------------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | 0 | +6 | +14 | +26 | +34 | +40 | +46 | +50 |

Таблица 56. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4324

| Позиционное обозначение | Наименование              | Число, шт. | Примечание                                        |
|-------------------------|---------------------------|------------|---------------------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                           |            |                                                   |
| R1                      | МЛТ-0,5-6,8 МОм $\pm 5\%$ | 1          | Суммарное сопротивление $12 \pm 0,06$ МОм         |
|                         | МЛТ-0,5-5,1 МОм $\pm 5\%$ | 1          |                                                   |
| R2                      | МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$ | 1          | Суммарное сопротивление $8,4 \pm 0,042$ МОм       |
|                         | МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$ | 1          |                                                   |
| R3                      | МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$ | 1          | Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм       |
|                         | МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 5\%$ | 1          |                                                   |
| R4                      | МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$ | 1          | Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм       |
|                         | МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 5\%$ | 1          |                                                   |
| R5                      | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$ | 2          | Суммарное сопротивление $600 \pm 3$ кОм           |
|                         |                           | 2          |                                                   |
| R6                      | МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 5\%$ | 2          | Суммарное сопротивление $360 \pm 1,8$ кОм         |
|                         |                           | 2          |                                                   |
| R7                      | МЛТ-0,5-91 кОм $\pm 5\%$  | 2          | Суммарное сопротивление $180 \pm 0,9$ кОм         |
|                         |                           | 2          |                                                   |
| R8                      | МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 5\%$  | 2          | Суммарное сопротивление $36 \pm 0,18$ кОм         |
|                         |                           | 2          |                                                   |
| R9                      | МЛТ-0,5-6,8 кОм $\pm 5\%$ | 1          | Суммарное сопротивление $12 \pm 0,06$ кОм         |
|                         | МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 5\%$ | 1          |                                                   |
| R10                     | МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$ | 3          | Суммарное сопротивление с R26 $10,5 \pm 0,05$ кОм |
|                         |                           | 3          |                                                   |
| R11                     | МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$  | 1          | Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ Ом          |
|                         | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$  | 1          |                                                   |
| R12                     | МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5\%$ | 2          | Суммарное сопротивление $2,25 \pm 0,0115$ кОм     |
|                         |                           | 2          |                                                   |
| R13                     | МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 5\%$  | 1          | Суммарное сопротивление $225 \pm 1$ Ом            |
|                         | МЛТ-0,5-120 Ом $\pm 5\%$  | 1          |                                                   |

| Позиционное обозначение | Наименование                          | Число, шт. | Примечание                                                                                    |
|-------------------------|---------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| R14                     | 22,5±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4          | 1          | Шунт                                                                                          |
| R15                     | 2,25±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4         | 1          |                                                                                               |
| R16                     | 0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1,2    | 1          |                                                                                               |
| R17                     | 0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12 1,5 | 1          |                                                                                               |
| R18                     | МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %                  | 1          | Суммарное сопротивление 4,56±0,03 кОм                                                         |
|                         | МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %                  | 1          |                                                                                               |
| R19                     | МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %                   | 1          |                                                                                               |
|                         | МЛТ-0,5-240 Ом ±5 %                   | 1          |                                                                                               |
| R20                     | МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %                   | 1          | Суммарное сопротивление 500±2,45 Ом                                                           |
| R21                     | МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %                    | 1          |                                                                                               |
| R22                     | МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %                    | 1          |                                                                                               |
| R23                     | ВС-0,125а-(110-430) Ом ±10 %          | 1          |                                                                                               |
| R24                     | МЛТ-0,5-(1...2) кОм ±5 %              | 1          | Суммарное сопротивление с R <sub>н</sub> 1000±6 Ом при t=20 °С<br>Подбирается при регулировке |
| R25                     | СП-3-9а-16-2,2 кОм ±20 %              | 1          |                                                                                               |
| R26                     | МЛТ-0,5-7,5 кОм ±5 %                  | 1          |                                                                                               |
| R27                     | МЛТ-0,5-270 кОм ±5 %                  | 1          |                                                                                               |

## Диоды

|          |                                 |   |                          |
|----------|---------------------------------|---|--------------------------|
| VD1, VD2 | Д9Д                             | 2 | Допускается Д220, КД521Г |
| VD3, VD4 | Д103                            | 2 |                          |
| C1       | Конденсатор К50-6-6-50 мк ±20 % | 1 |                          |
| GB1      | Аккумулятор Д-0,1               | 3 |                          |

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма R<sub>н</sub> и резистора R23 (в омах) определяется по формуле

$$R_n + R_{23} = [1000 + 0,004(t - 20)R_n] \pm 6,$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Резистор R24 используют для подгонки прибора на переменном токе.

### Комбинированный прибор Ц4325

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...20 000 Гц, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 57—59 и на рис. 77—79.

**Т а б л и ц а 57. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

| Предел измерения                                     | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 600; 120; 60; 30; 12; 6; 3; 1,2 В<br>0,6 В<br>120 мВ | Постоянный | 50<br>60<br>30              | —                                | ±2,5                    |
| 600; 300; 150; 60; 30; 15; 6 В<br>3 В                | Переменный | 250<br>300                  | —                                | ±4                      |
| 3000; 600; 120; 30; 6; 1,2; 0,3 мА<br>60; 30 мкА     | Постоянный | —                           | 0,4                              | ±2,5                    |
| 3000; 600; 150; 30; 6; 1,5; 0,3 мА                   | Переменный | —                           | 1                                | ±4                      |

**Т а б л и ц а 58. Частотные параметры прибора**

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 600 В                               | 45...100              | 45...500    |
| 300 В                               | 45...500              | 45...1000   |
| 150 В                               | 45...1000             | 45...2000   |
| 60 В                                | 45...2000             | 45...10 000 |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...5000             | 45...20 000 |

**Т а б л и ц а 59. Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения $\Omega \times$ | Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1                                | 500                                                                 | 41                  | 1,12...1,45           | 63                            | ±2,5                    |
| 10                               | 5 000                                                               | 4,1                 | 1,12...1,45           |                               |                         |
| 100                              | 50 000                                                              | 0,41                | 1,12...1,45           |                               |                         |
| 1 000                            | 500 000                                                             | 0,041               | 1,12...1,45           |                               |                         |
| 10 000                           | 5 000 000                                                           | 0,041               | 11,25...14,85         | 58                            | ±4                      |
| dB                               | —10...+12                                                           | 300                 | —                     |                               |                         |

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха —10...+40 °С и относительной влажности до 80 %.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,28 при натяжении 40±5 г с внешним магнитом. Ток полного





[illegible]

Рис. 79. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4325

Таблица 60. Поправочные числа к пределам измерения

| Предел измерения, В   | 3 | 6  | 15  | 30  | 60  | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | 0 | +6 | +14 | +20 | +26 | +34 | +40 | +46 |

Таблица 61. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4325

| Позиционное обозначение | Наименование                            | Число, шт. | Примечание                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------|------------|----------------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                         |            |                                              |
| R1                      | МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление $9,6 \pm 0,048$ МОм  |
| R2                      | МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление $1200 \pm 6$ кОм     |
| R3                      | МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление $600 \pm 3$ кОм      |
| R4                      | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $360 \pm 1,8$ кОм    |
| R5                      | МЛТ-0,5-68 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $120 \pm 0,6$ кОм    |
| R6                      | МЛТ-0,5-51 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $60 \pm 0,3$ кОм     |
| R7                      | МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$                | 2          | Суммарное сопротивление $36 \pm 0,18$ кОм    |
| R8                      | МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $22,44 \pm 0,11$ кОм |
| R9                      | МЛТ-0,5-11 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $8,5 \pm 0,042$ кОм  |
| R10                     | МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление $3 \pm 0,015$ кОм    |
| R11                     | МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ Ом     |
| R12                     | МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $2000 \pm 10$ Ом     |
| R13                     | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $375 \pm 1,8$ Ом     |
| R14                     | МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 5\%$                | 1          |                                              |
| R15                     | МЛТ-0,5-270 Ом $\pm 5\%$                | 1          |                                              |
| R16                     | $75 \pm 0,37$ Ом, провод ПЭМС 0,1       | 1          |                                              |
| R17                     | $25 \pm 0,12$ Ом, провод ПЭМС 0,2       | 1          |                                              |
| R18                     | $20 \pm 0,1$ Ом, провод ПЭМС 0,2        | 1          |                                              |
| R19                     | $3,75 \pm 0,018$ Ом, провод ПЭМС 0,4    | 1          |                                              |
| R20                     | $1 \pm 0,005$ Ом, провод ПЭМС 0,5       | 1          |                                              |
| R21                     | $0,2 \pm 0,001$ Ом, провод МнМц-3-12    | 1          | Шунт                                         |
| R22                     | $0,05 \pm 0,00025$ Ом, провод МнМц-3-12 | 1          | »                                            |
| R23                     | МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $398 \pm 3,9$ кОм    |
|                         | МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $38,2 \pm 0,38$ кОм  |
|                         | МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 5\%$                | 1          | Суммарное сопротивление $3500 \pm 35$ Ом     |
|                         | МЛТ-0,5-2,4 кОм $\pm 5\%$               | 1          |                                              |
|                         | МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5\%$               | 1          |                                              |

| Позиционное обозначение | Наименование                       | Число, шт. | Примечание                                |
|-------------------------|------------------------------------|------------|-------------------------------------------|
| R24                     | МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$           | 1          | Суммарное сопротивление $315 \pm 3,1$ Ом  |
| R25                     | МЛТ-0,5-110 Ом $\pm 5\%$           | 1          |                                           |
| R27                     | 32,0 $\pm 0,3$ Ом, провод ПЭМС 0,2 | 1          | Суммарное сопротивление $1080 \pm 5,5$ Ом |
| R28                     | МЛТ-0,5-470 Ом $\pm 5\%$           | 1          |                                           |
|                         | МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 5\%$           | 1          | Суммарное сопротивление $1080 \pm 5,5$ Ом |
| R29                     | МЛТ-0,5-470 Ом $\pm 5\%$           | 1          |                                           |
|                         | МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 5\%$           | 1          | Суммарное сопротивление $1460 \pm 7,3$ Ом |
| R30                     | 810...920 Ом, провод ПЭМС 0,05     | 1          |                                           |
| R31                     | МЛТ-0,5-750 Ом $\pm 5\%$           | 2          |                                           |
| R32                     | СПЗ-9-25-3,3 кОм $\pm 10\%$        | 1          |                                           |
|                         | МЛТ-0,5-(1...2) кОм $\pm 5\%$      | 1          |                                           |
| <i>Диоды</i>            |                                    |            |                                           |
| VD1, VD2                | Д103                               | 2          | Допускается замена на Д103А, Д107, Д108   |
| VD3, VD4                | Д9Д                                | 2          | Допускается замена на Д9А, Д9М, Д9Е       |
| <i>Конденсатор</i>      |                                    |            |                                           |
| C1                      | КД2 М700-3-30 пФ                   | 1          |                                           |

### Комбинированный прибор Ц4326

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения постоянного и переменного токов синусоидальной формы, относительного уровня напряжения переменного тока и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 62—64 и на рис. 80—84.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха 10...45 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре 30 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20М-0,32 при натяжении  $65 \pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 37,5 мкА.

Рамка содержит 580...650 витков провода ПЭВ-1 0,03. Напряжение встроенного источника питания равно 1,3...1,5 В.

При измерении относительного переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить числа, указанные в табл. 65.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R23 и R24, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 66).

Т а б л и ц а 62. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                         | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 900; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,3 В | Постоянный | 50                          | —                                | $\pm 2,5$               |
| 900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В       | Переменный | 250                         | —                                | $\pm 4$                 |
| 3000; 600; 60; 6; 0,6; 0,06 мА           | Постоянный | —                           | 0,5                              | $\pm 2,5$               |
| 3000; 300; 30; 3; 0,3 мА                 | Переменный | —                           | 1,2                              | $\pm 4$                 |

Т а б л и ц а 63. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 900; 600; 300 В                     | 45...60               | 45...100    |
| 150 В                               | 45...100              | 45...500    |
| 60 В                                | 45...1000             | 45...2000   |
| 15 В                                | 45...5000             | 45...10 000 |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...10 000           | 45...20 000 |

Т а б л и ц а 64. Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения

| Предел измерения           | Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega \times 10$         | 200 Ом                                                              | 9                   | 1,3...1,7             | 48                            | $\pm 2,5$               |
| $\kappa\Omega \times 1$    | 2 кОм                                                               | 9                   | 1,3...1,7             |                               |                         |
| $\kappa\Omega \times 10$   | 20 кОм                                                              | 0,9                 | 1,3...1,7             | 52                            | $\pm 2,5$               |
| $\kappa\Omega \times 100$  | 200 кОм                                                             | 0,09                | 1,3...1,7             |                               |                         |
| $\kappa\Omega \times 1000$ | 2000 кОм                                                            | 0,09                | 13...17               |                               |                         |
| dB                         | $-10... \pm 12$                                                     | 0,25                | —                     | 48                            | $\pm 4$                 |

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма  $R_u$  и резистора  $R_{23}$

$$R_u + R_{23} = 900 \pm 6 \text{ Ом}$$

при температуре 20 °С.

Резистор  $R_{24}$  предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

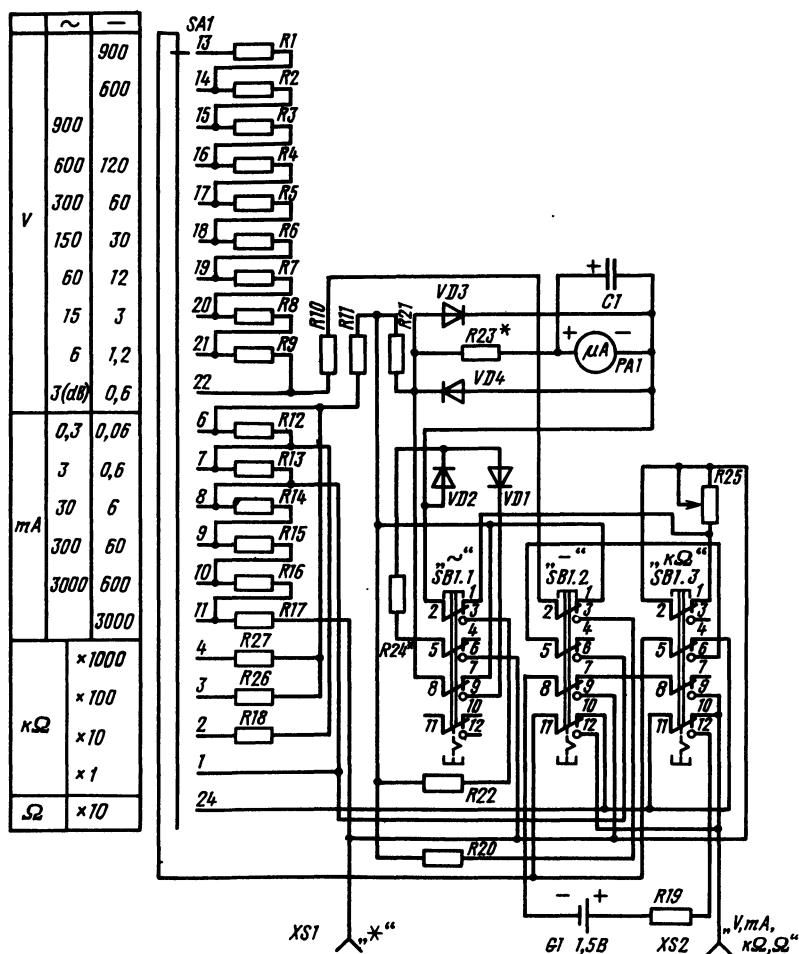


Рис. 80. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 1)

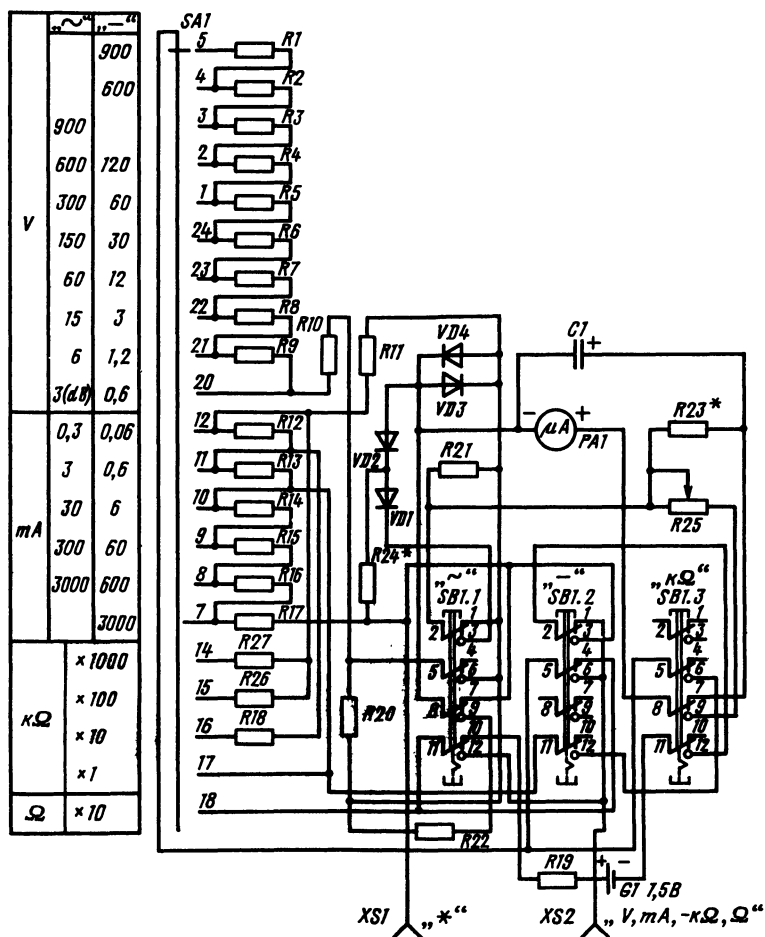


Рис. 81. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

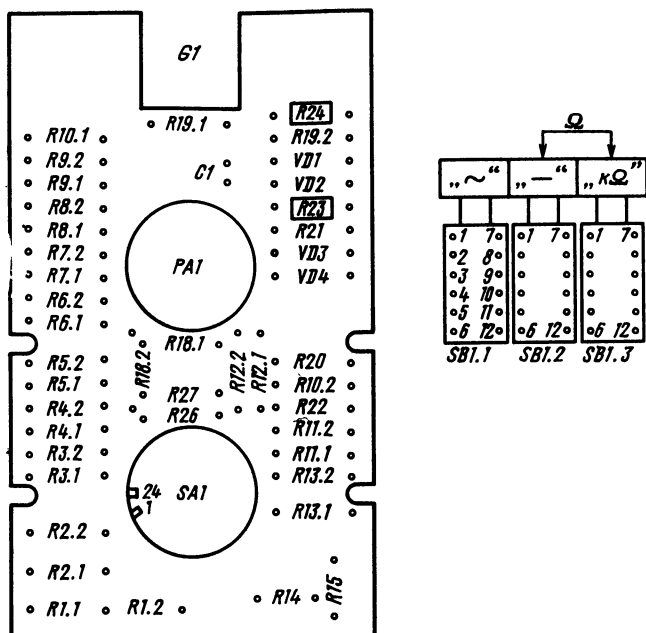


Рис. 82. Схема расположения элементов прибора Ц4326. (Все элементы, за исключением резисторов R23, R24, размещены с обратной стороны платы, резистор R25 закреплен на передней крышке прибора, R16, R17 — резисторы универсального шунта)

Таблица 65. Поправочные числа к пределам измерений

| Предел измерения, В   | 3 | 6  | 15  | 60  | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | 0 | +6 | +14 | +26 | +34 | +40 | +46 |

[illegible]

| Пределы |       |       | Э л е м е н т ы                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---------|-------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|         |       |       | R1<br>R2<br>R3<br>R4<br>R5<br>R6<br>R7<br>R8<br>R9<br>R10<br>R11<br>R12<br>R13<br>R14<br>R15<br>R16<br>R17<br>R18<br>R19<br>R20<br>R21<br>R22, C1<br>R23,<br>R24<br>R25<br>R26<br>R27<br>VD1<br>VD2<br>BT |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | SB1.1 „~“                                         |                                         |                            |                            | SB1.2 „—“ |   |   |   | SB1.3 „Ω“ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       |       |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1-2<br>2-3<br>3-6<br>7-8<br>8-9<br>10-11<br>11-12 | 1-2<br>2-3<br>3-5<br>4-6<br>5-6<br>7-12 | 5-6<br>7-8<br>8-9<br>11-12 | 5-6<br>7-8<br>8-9<br>11-12 |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         | „1“   | 900   | x                                                                                                                                                                                                         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |   |  |
|         |       | 600   | x                                                                                                                                                                                                         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |   |  |
|         |       | 120   |                                                                                                                                                                                                           |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |   |  |
|         |       | 60    |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |   |  |
|         |       | 30    |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |  |
|         | „2“   | 12    |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |  |
|         |       | 3     |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |  |
|         |       | 1,2   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |  |
|         |       | 0,6   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |  |
|         |       | 3(dB) |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x                                                 | x                                       | x                          | x                          | x         | x | x | x | x         | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |  |
| mA      | „1“   | 3000  |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 600   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 60    |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 6     |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 0,6   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         | „2“   | 3000  |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 300   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 30    |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 3     |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | 0,3   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| кΩ      | x1000 | x1000 |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | x100  |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | x10   |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|         |       | x1    |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ω       | x10   |       |                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                   |                                         |                            |                            |           |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |

Рис. 84. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

Таблица 66. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4326

| Позиционное обозначение | Наименование                                | Число, шт. | Примечание                                   |
|-------------------------|---------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                             |            |                                              |
| R1                      | МЛТ-0,5-3 МОм $\pm 5\%$                     | 2          | Суммарное сопротивление $6 \pm 0,03$ МОм     |
| R2                      | МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$                   | 1          | Суммарное сопротивление $8,4 \pm 0,042$ МОм  |
| R3                      | МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$                   | 1          | Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм  |
| R4                      | МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$                   | 1          | Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм  |
| R5                      | МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 10\%$                  | 1          | Суммарное сопротивление $600 \pm 3$ кОм      |
| R6                      | МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$                   | 2          | Суммарное сопротивление $360 \pm 1,8$ кОм    |
| R7                      | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$                   | 2          | Суммарное сопротивление $180 \pm 0,9$ кОм    |
| R8                      | МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 10\%$                  | 2          | Суммарное сопротивление $36 \pm 0,18$ кОм    |
| R9                      | МЛТ-0,5-6,8 кОм $\pm 5\%$                   | 1          | Суммарное сопротивление $12 \pm 0,06$ кОм    |
| R10                     | МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 10\%$                  | 1          | Суммарное сопротивление $10,5 \pm 0,05$ кОм  |
| R11                     | МЛТ-0,5-6,2 кОм $\pm 5\%$                   | 1          | Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ Ом     |
| R12                     | МЛТ-0,5-4,3 кОм $\pm 5\%$                   | 1          | Суммарное сопротивление $2250 \pm 11$ Ом     |
| R13                     | МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 10\%$                   | 2          | Суммарное сопротивление $225 \pm 1,12$ Ом    |
| R14                     | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$                    | 1          |                                              |
| R15                     | МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 10\%$                  | 1          |                                              |
| R16                     | МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 10\%$                   | 1          |                                              |
| R17                     | МЛТ-0,5-120 Ом $\pm 5\%$                    | 1          |                                              |
| R18                     | 22,5 $\pm 0,11$ Ом, провод ПЭМС 0,2         | 1          |                                              |
| R19                     | 2,25 $\pm 0,011$ Ом, провод ПЭМС 0,4        | 1          |                                              |
| R20                     | 0,2 $\pm 0,001$ Ом, провод МнМц-3-12        | 1          | Шунт                                         |
| R21                     | 0,05 $\pm 0,00025$ Ом, провод МнМц-3-12 1,5 | 1          | »                                            |
| R22                     | МЛТ-0,5-820 Ом $\pm 10\%$                   | 2          | Суммарное сопротивление $1660 \pm 8,3$ Ом    |
| R23*                    | МЛТ-0,5-91 Ом $\pm 10\%$                    | 2          | Суммарное сопротивление $180 \pm 0,9$        |
| R24*                    | МЛТ-0,5-750 Ом $\pm 5\%$                    | 1          |                                              |
| R25                     | МЛТ-0,5-1 кОм $\pm 10\%$                    | 2          |                                              |
| R26                     | ВС-0,125а-(110...300) Ом                    | 1          |                                              |
| R27                     | МЛТ-0,5-(560...1200) Ом $\pm 10\%$          | 1          |                                              |
| R28                     | СП-9а-16-2,2 кОм $\pm 20\%$                 | 1          | Переменный                                   |
| R29                     | МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 5\%$                    | 2          | Суммарное сопротивление $19,4 \pm 0,097$ кОм |
| R30                     | МЛТ-0,5-110 кОм $\pm 10\%$                  | 1          | Суммарное сопротивление $206 \pm 1$ кОм      |
| R31                     | МЛТ-0,5-100 кОм $\pm 10\%$                  |            |                                              |
| <i>Диоды</i>            |                                             |            |                                              |
| VD1, VD2                | Д9Д                                         | 2          |                                              |
| VD3, VD4                | КД521Г                                      | 2          |                                              |

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|--------------|------------|------------|
|-------------------------|--------------|------------|------------|

## Конденсатор

|    |                   |   |  |
|----|-------------------|---|--|
| С1 | К5-6-1-6 В-50 мкФ | 1 |  |
|----|-------------------|---|--|

\* Подбирают при регулировке

## Комбинированный прибор Ц4340

Прибор с защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 67—69 и на рис. 85—89.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В — переменного. Рабочая температура —20...+40 °С (без источника питания —30...+40 °С), относительная влажность до 90 % (при температуре 30 °С), для тропического исполнения (Ц4340Т) —5...+45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр.М-0,36 при натяжении  $40 \pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА. Рамка содержит 500 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Прибор питается от встроенных батарей 3336У.

Т а б л и ц а 67. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                  | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1000; 500; 250; 50; 10; 25; 0,5 В | Постоянный | 50                          | —                                | $\pm 1$                 |
| 1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В     | Переменный | 500                         | —                                | $\pm 2,5$               |
| 25; 5; 2,5; 0,5 А                 | Постоянный | —                           | 0,75                             | $\pm 1$                 |
| 100; 25; 5; 1 мА                  |            |                             |                                  |                         |
| 250; 50 мкА                       |            |                             |                                  |                         |
| 25; 5; 2,5; 0,5 А                 | Переменный | —                           | 1,1                              | $\pm 2,5$               |
| 100; 25; 5; 1 мА                  |            |                             |                                  |                         |
| 250 мкА                           |            |                             |                                  |                         |

Таблица 68. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 1000 В                              | 45...60               | 45...400    |
| 500; 250 В                          | 45...60               | 45...1000   |
| 25; 5; 2,5; 0,5 А                   | 45...60               | 45...5000   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...60               | 45...10 000 |

Таблица 69. Пределы измерения сопротивления

| Предел измерения<br>кΩ× | Конечное значение измеряемого<br>сопротивления (в рабочей части<br>шкалы) | Ток потребления,<br>мА |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 10 000                  | 30 МОм                                                                    | 40/0,3*                |
| 1 000                   | 3 МОм                                                                     | 25/0,3*                |
| 100                     | 300 кОм                                                                   | 0,3                    |
| 10                      | 30 кОм                                                                    | 3                      |
| 1                       | 3 кОм                                                                     | 30                     |

\* Омметр питается выходным напряжением преобразователя. Ток, потребляемый преобразователем, указан в числителе. Основная погрешность  $\pm 1,5\%$  — от длины рабочей части шкалы, равной 50 мм. Напряжение питания 3,7...4,8 В.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R10, R11, R19, R20, R21, R29, R30, R41, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 70).

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний (или установки режимов работы):

R10, R11 — на пределах измерения сопротивления  $\times 10\,000$  и  $\times 1000$  кОм соответственно;

R19 — на одном из пределов постоянного тока;

R20 — при измерении переменного тока и напряжения;

R29 — на пределе 2,5 В переменного напряжения;

R30 — на пределе 10 В переменного напряжения;

R41 — для установки выходного напряжений встроенного преобразователя напряжения таким образом, чтобы на пределах  $\times 10\,000$  и  $\times 1000$  кОм можно было килоомметром установить на «нуль».

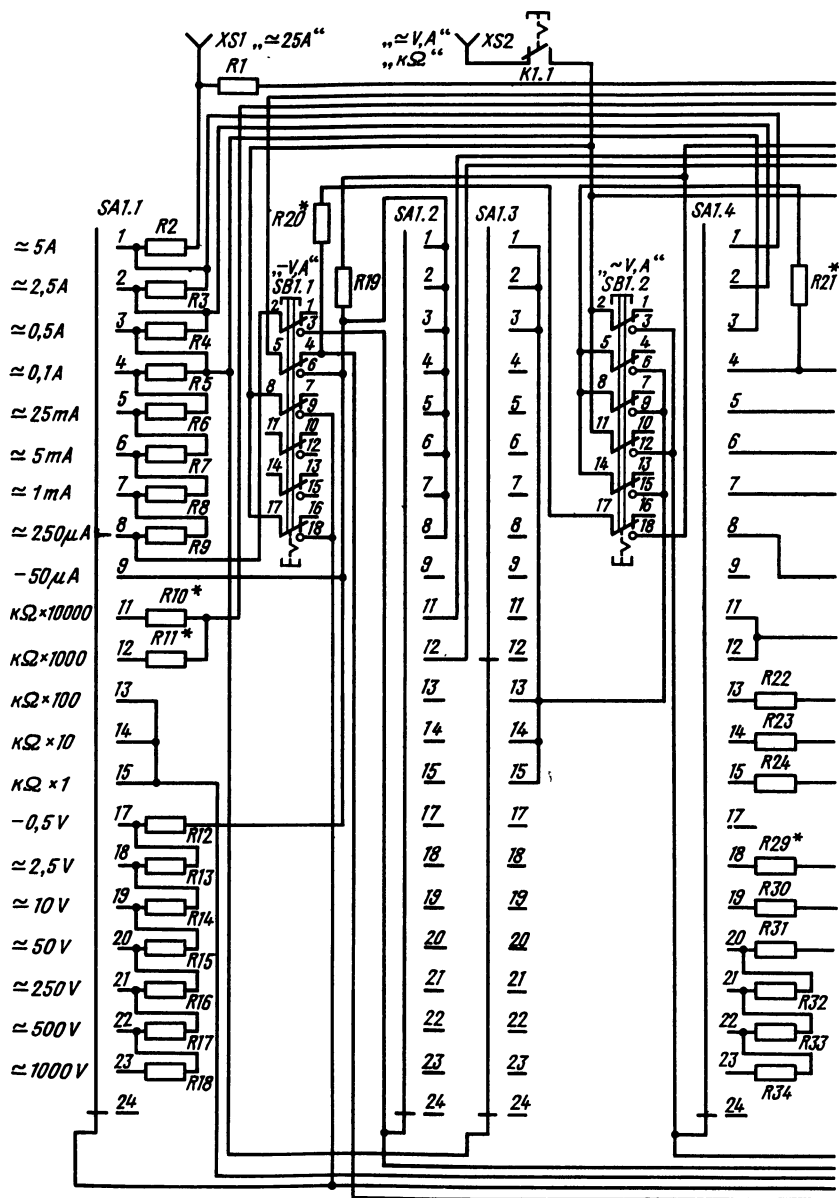
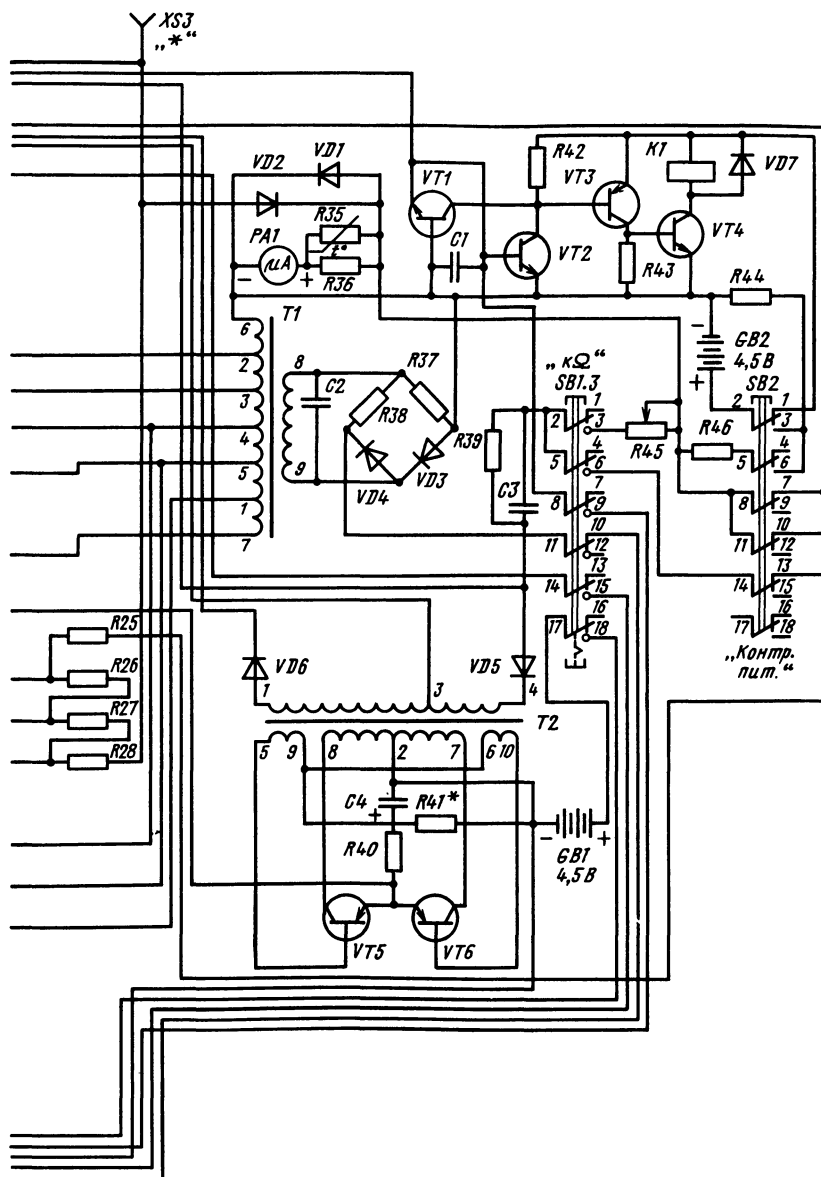


Рис. 85. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4340



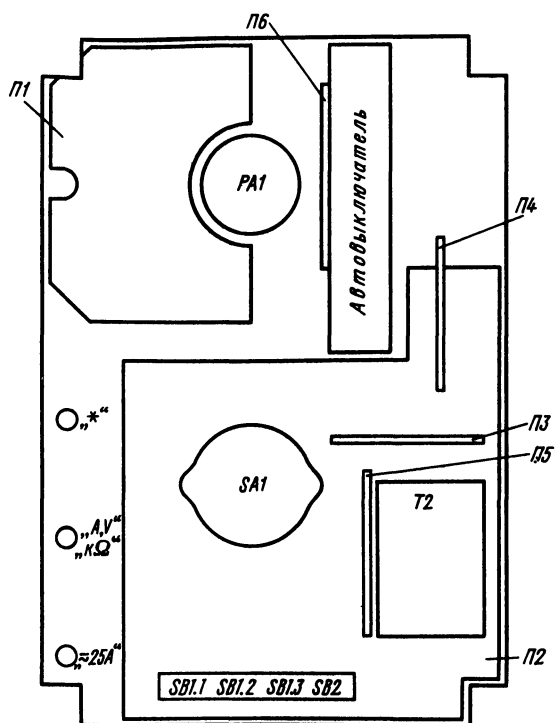


Рис. 86. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4340

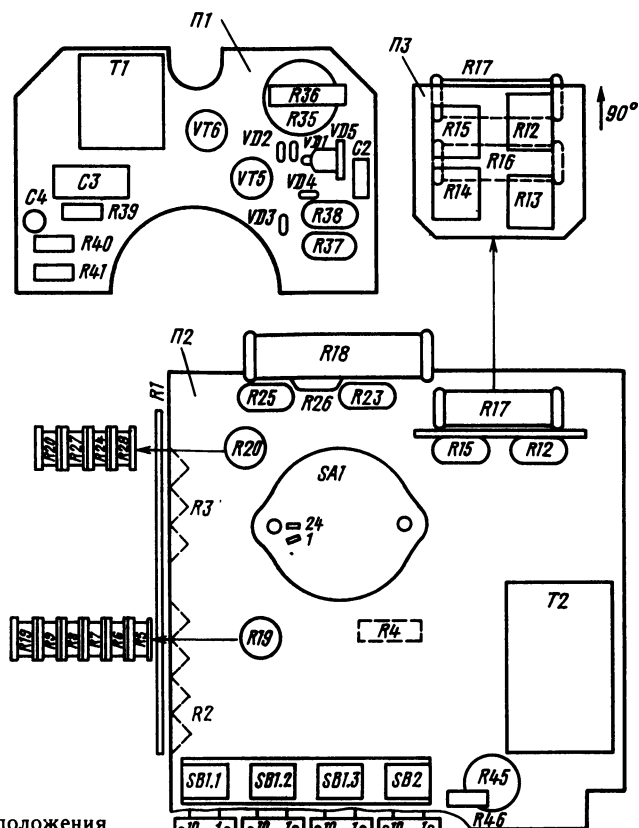


Рис. 87. Схема расположения элементов на платах П1—П3, резисторных сборках и расположения секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4340

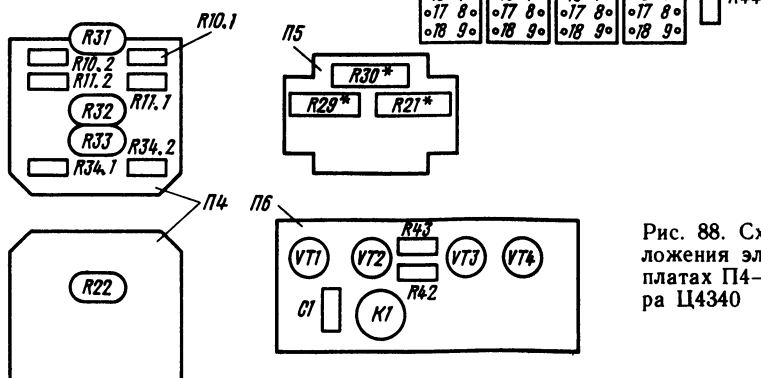


Рис. 88. Схема расположения элементов на платах П4—П6 прибора Ц4340

| Пределы |   | Э л е м е н т ы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|---|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|         |   | R1              | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 | R34 | R35 | R36 | R37 | R38 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| V       | ~ | 1000            |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис. 89. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4340

Таблица 70. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4340

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|--------------|------------|------------|
|-------------------------|--------------|------------|------------|

*Резисторы*

|    |                                                  |   |      |
|----|--------------------------------------------------|---|------|
| R1 | 0,0045±0,000009 Ом, провод<br>МнМц-3-12 лист 0,7 | 1 | Шунт |
| R2 | 0,018±0,000036 Ом, провод<br>МнМц-3-12 лист 0,5  | 1 | »    |
| R3 | 0,0225±0,000045 Ом, провод<br>МнМц-3-12 лист 0,5 | 1 | »    |
| R4 | 0,18±0,00036 Ом, провод МнМц-3-12 I              | 1 |      |
| R5 | 0,9±0,0018 Ом, провод ПЭМС 0,5                   | 1 |      |
| R6 | 3,375±0,00675 Ом, провод ПЭМС 0,3                | 1 |      |

| R39, C3<br>R45<br>R46<br>VD3, VD4<br>T1<br>GB1 | SBI.1 |  | SBI.2 |  | SBI.3 |  | SBI.4 |  | SBI.5 |  | SBI.6 |  | SBI.7 |  | SBI.8 |  | SBI.9 |  | SBI.10 |  | SBI.11 |  | SBI.12 |  | SBI.13 |  | SBI.14 |  | SBI.15 |  | SBI.16 |  | SBI.17 |  | SBI.18 |  | SBI.19 |  | SBI.20 |  | SBI.21 |  | SBI.22 |  | SBI.23 |  | SBI.24 |  | SBI.25 |  | SBI.26 |  | SBI.27 |  | SBI.28 |  | SBI.29 |  | SBI.30 |  | SBI.31 |  | SBI.32 |  | SBI.33 |  | SBI.34 |  | SBI.35 |  | SBI.36 |  | SBI.37 |  | SBI.38 |  | SBI.39 |  | SBI.40 |  | SBI.41 |  | SBI.42 |  | SBI.43 |  | SBI.44 |  | SBI.45 |  | SBI.46 |  | SBI.47 |  | SBI.48 |  | SBI.49 |  | SBI.50 |  | SBI.51 |  | SBI.52 |  | SBI.53 |  | SBI.54 |  | SBI.55 |  | SBI.56 |  | SBI.57 |  | SBI.58 |  | SBI.59 |  | SBI.60 |  | SBI.61 |  | SBI.62 |  | SBI.63 |  | SBI.64 |  | SBI.65 |  | SBI.66 |  | SBI.67 |  | SBI.68 |  | SBI.69 |  | SBI.70 |  | SBI.71 |  | SBI.72 |  | SBI.73 |  | SBI.74 |  | SBI.75 |  | SBI.76 |  | SBI.77 |  | SBI.78 |  | SBI.79 |  | SBI.80 |  | SBI.81 |  | SBI.82 |  | SBI.83 |  | SBI.84 |  | SBI.85 |  | SBI.86 |  | SBI.87 |  | SBI.88 |  | SBI.89 |  | SBI.90 |  | SBI.91 |  | SBI.92 |  | SBI.93 |  | SBI.94 |  | SBI.95 |  | SBI.96 |  | SBI.97 |  | SBI.98 |  | SBI.99 |  | SBI.100 |  | SBI.101 |  | SBI.102 |  | SBI.103 |  | SBI.104 |  | SBI.105 |  | SBI.106 |  | SBI.107 |  | SBI.108 |  | SBI.109 |  | SBI.110 |  | SBI.111 |  | SBI.112 |  | SBI.113 |  | SBI.114 |  | SBI.115 |  | SBI.116 |  | SBI.117 |  | SBI.118 |  | SBI.119 |  | SBI.120 |  | SBI.121 |  | SBI.122 |  | SBI.123 |  | SBI.124 |  | SBI.125 |  | SBI.126 |  | SBI.127 |  | SBI.128 |  | SBI.129 |  | SBI.130 |  | SBI.131 |  | SBI.132 |  | SBI.133 |  | SBI.134 |  | SBI.135 |  | SBI.136 |  | SBI.137 |  | SBI.138 |  | SBI.139 |  | SBI.140 |  | SBI.141 |  | SBI.142 |  | SBI.143 |  | SBI.144 |  | SBI.145 |  | SBI.146 |  | SBI.147 |  | SBI.148 |  | SBI.149 |  | SBI.150 |  | SBI.151 |  | SBI.152 |  | SBI.153 |  | SBI.154 |  | SBI.155 |  | SBI.156 |  | SBI.157 |  | SBI.158 |  | SBI.159 |  | SBI.160 |  | SBI.161 |  | SBI.162 |  | SBI.163 |  | SBI.164 |  | SBI.165 |  | SBI.166 |  | SBI.167 |  | SBI.168 |  | SBI.169 |  | SBI.170 |  | SBI.171 |  | SBI.172 |  | SBI.173 |  | SBI.174 |  | SBI.175 |  | SBI.176 |  | SBI.177 |  | SBI.178 |  | SBI.179 |  | SBI.180 |  | SBI.181 |  | SBI.182 |  | SBI.183 |  | SBI.184 |  | SBI.185 |  | SBI.186 |  | SBI.187 |  | SBI.188 |  | SBI.189 |  | SBI.190 |  | SBI.191 |  | SBI.192 |  | SBI.193 |  | SBI.194 |  | SBI.195 |  | SBI.196 |  | SBI.197 |  | SBI.198 |  | SBI.199 |  | SBI.200 |  | SBI.201 |  | SBI.202 |  | SBI.203 |  | SBI.204 |  | SBI.205 |  | SBI.206 |  | SBI.207 |  | SBI.208 |  | SBI.209 |  | SBI.210 |  | SBI.211 |  | SBI.212 |  | SBI.213 |  | SBI.214 |  | SBI.215 |  | SBI.216 |  | SBI.217 |  | SBI.218 |  | SBI.219 |  | SBI.220 |  | SBI.221 |  | SBI.222 |  | SBI.223 |  | SBI.224 |  | SBI.225 |  | SBI.226 |  | SBI.227 |  | SBI.228 |  | SBI.229 |  | SBI.230 |  | SBI.231 |  | SBI.232 |  | SBI.233 |  | SBI.234 |  | SBI.235 |  | SBI.236 |  | SBI.237 |  | SBI.238 |  | SBI.239 |  | SBI.240 |  | SBI.241 |  | SBI.242 |  | SBI.243 |  | SBI.244 |  | SBI.245 |  | SBI.246 |  | SBI.247 |  | SBI.248 |  | SBI.249 |  | SBI.250 |  | SBI.251 |  | SBI.252 |  | SBI.253 |  | SBI.254 |  | SBI.255 |  | SBI.256 |  | SBI.257 |  | SBI.258 |  | SBI.259 |  | SBI.260 |  | SBI.261 |  | SBI.262 |  | SBI.263 |  | SBI.264 |  | SBI.265 |  | SBI.266 |  | SBI.267 |  | SBI.268 |  | SBI.269 |  | SBI.270 |  | SBI.271 |  | SBI.272 |  | SBI.273 |  | SBI.274 |  | SBI.275 |  | SBI.276 |  | SBI.277 |  | SBI.278 |  | SBI.279 |  | SBI.280 |  | SBI.281 |  | SBI.282 |  | SBI.283 |  | SBI.284 |  | SBI.285 |  | SBI.286 |  | SBI.287 |  | SBI.288 |  | SBI.289 |  | SBI.290 |  | SBI.291 |  | SBI.292 |  | SBI.293 |  | SBI.294 |  | SBI.295 |  | SBI.296 |  | SBI.297 |  | SBI.298 |  | SBI.299 |  | SBI.300 |  | SBI.301 |  | SBI.302 |  | SBI.303 |  | SBI.304 |  | SBI.305 |  | SBI.306 |  | SBI.307 |  | SBI.308 |  | SBI.309 |  | SBI.310 |  | SBI.311 |  | SBI.312 |  | SBI.313 |  | SBI.314 |  | SBI.315 |  | SBI.316 |  | SBI.317 |  | SBI.318 |  | SBI.319 |  | SBI.320 |  | SBI.321 |  | SBI.322 |  | SBI.323 |  | SBI.324 |  | SBI.325 |  | SBI.326 |  | SBI.327 |  | SBI.328 |  | SBI.329 |  | SBI.330 |  | SBI.331 |  | SBI.332 |  | SBI.333 |  | SBI.334 |  | SBI.335 |  | SBI.336 |  | SBI.337 |  | SBI.338 |  | SBI.339 |  | SBI.340 |  | SBI.341 |  | SBI.342 |  | SBI.343 |  | SBI.344 |  | SBI.345 |  | SBI.346 |  | SBI.347 |  | SBI.348 |  | SBI.349 |  | SBI.350 |  | SBI.351 |  | SBI.352 |  | SBI.353 |  | SBI.354 |  | SBI.355 |  | SBI.356 |  | SBI.357 |  | SBI.358 |  | SBI.359 |  | SBI.360 |  | SBI.361 |  | SBI.362 |  | SBI.363 |  | SBI.364 |  | SBI.365 |  | SBI.366 |  | SBI.367 |  | SBI.368 |  | SBI.369 |  | SBI.370 |  | SBI.371 |  | SBI.372 |  | SBI.373 |  | SBI.374 |  | SBI.375 |  | SBI.376 |  | SBI.377 |  | SBI.378 |  | SBI.379 |  | SBI.380 |  | SBI.381 |  | SBI.382 |  | SBI.383 |  | SBI.384 |  | SBI.385 |  | SBI.386 |  | SBI.387 |  | SBI.388 |  | SBI.389 |  | SBI.390 |  | SBI.391 |  | SBI.392 |  | SBI.393 |  | SBI.394 |  | SBI.395 |  | SBI.396 |  | SBI.397 |  | SBI.398 |  | SBI.399 |  | SBI.400 |  | SBI.401 |  | SBI.402 |  | SBI.403 |  | SBI.404 |  | SBI.405 |  | SBI.406 |  | SBI.407 |  | SBI.408 |  | SBI.409 |  | SBI.410 |  | SBI.411 |  | SBI.412 |  | SBI.413 |  | SBI.414 |  | SBI.415 |  | SBI.416 |  | SBI.417 |  | SBI.418 |  | SBI.419 |  | SBI.420 |  | SBI.421 |  | SBI.422 |  | SBI.423 |  | SBI.424 |  | SBI.425 |  | SBI.426 |  | SBI.427 |  | SBI.428 |  | SBI.429 |  | SBI.430 |  | SBI.431 |  | SBI.432 |  | SBI.433 |  | SBI.434 |  | SBI.435 |  | SBI.436 |  | SBI.437 |  | SBI.438 |  | SBI.439 |  | SBI.440 |  | SBI.441 |  | SBI.442 |  | SBI.443 |  | SBI.444 |  | SBI.445 |  | SBI.446 |  | SBI.447 |  | SBI.448 |  | SBI.449 |  | SBI.450 |  | SBI.451 |  | SBI.452 |  | SBI.453 |  | SBI.454 |  | SBI.455 |  | SBI.456 |  | SBI.457 |  | SBI.458 |  | SBI.459 |  | SBI.460 |  | SBI.461 |  | SBI.462 |  | SBI.463 |  | SBI.464 |  | SBI.465 |  | SBI.466 |  | SBI.467 |  | SBI.468 |  | SBI.469 |  | SBI.470 |  | SBI.471 |  | SBI.472 |  | SBI.473 |  | SBI.474 |  | SBI.475 |  | SBI.476 |  | SBI.477 |  | SBI.478 |  | SBI.479 |  | SBI.480 |  | SBI.481 |  | SBI.482 |  | SBI.483 |  | SBI.484 |  | SBI.485 |  | SBI.486 |  | SBI.487 |  | SBI.488 |  | SBI.489 |  | SBI.490 |  | SBI.491 |  | SBI.492 |  | SBI.493 |  | SBI.494 |  | SBI.495 |  | SBI.496 |  | SBI.497 |  | SBI.498 |  | SBI.499 |  | SBI.500 |  | SBI.501 |  | SBI.502 |  | SBI.503 |  | SBI.504 |  | SBI.505 |  | SBI.506 |  | SBI.507 |  | SBI.508 |  | SBI.509 |  | SBI.510 |  | SBI.511 |  | SBI.512 |  | SBI.513 |  | SBI.514 |  | SBI.515 |  | SBI.516 |  | SBI.517 |  | SBI.518 |  | SBI.519 |  | SBI.520 |  | SBI.521 |  | SBI.522 |  | SBI.523 |  | SBI.524 |  | SBI.525 |  | SBI.526 |  | SBI.527 |  | SBI.528 |  | SBI.529 |  | SBI.530 |  | SBI.531 |  | SBI.532 |  | SBI.533 |  | SBI.534 |  | SBI.535 |  | SBI.536 |  | SBI.537 |  | SBI.538 |  | SBI.539 |  | SBI.540 |  | SBI.541 |  | SBI.542 |  | SBI.543 |  | SBI.544 |  | SBI.545 |  | SBI.546 |  | SBI.547 |  | SBI.548 |  | SBI.549 |  | SBI.550 |  | SBI.551 |  | SBI.552 |  | SBI.553 |  | SBI.554 |  | SBI.555 |  | SBI.556 |  | SBI.557 |  | SBI.558 |  | SBI.559 |  | SBI.560 |  | SBI.561 |  | SBI.562 |  | SBI.563 |  | SBI.564 |  | SBI.565 |  | SBI.566 |  | SBI.567 |  | SBI.568 |  | SBI.569 |  | SBI.570 |  | SBI.571 |  | SBI.572 |  | SBI.573 |  | SBI.574 |  | SBI.575 |  | SBI.576 |  | SBI.577 |  | SBI.578 |  | SBI.579 |  | SBI.580 |  | SBI.581 |  | SBI.582 |  | SBI.583 |  | SBI.584 |  | SBI.585 |  | SBI.586 |  | SBI.587 |  | SBI.588 |  | SBI.589 |  | SBI.590 |  | SBI.591 |  | SBI.592 |  | SBI.593 |  | SBI.594 |  | SBI.595 |  | SBI.596 |  | SBI.597 |  | SBI.598 |  | SBI.599 |  | SBI.600 |  | SBI.601 |  | SBI.602 |  | SBI.603 |  | SBI.604 |  | SBI.605 |  | SBI.606 |  | SBI.607 |  | SBI.608 |  | SBI.609 |  | SBI.610 |  | SBI.611 |  | SBI.612 |  | SBI.613 |  | SBI.614 |  | SBI.615 |  | SBI.616 |  | SBI.617 |  | SBI.618 |  | SBI.619 |  | SBI.620 |  | SBI.621 |  | SBI.622 |  | SBI.623 |  | SBI.624 |  | SBI.625 |  | SBI.626 |  | SBI.627 |  | SBI.628 |  | SBI.629 |  | SBI.630 |  | SBI.631 |  | SBI.632 |  | SBI.633 |  | SBI.634 |  | SBI.635 |  | SBI.636 |  | SBI.637 |  | SBI.638 |  | SBI.639 |  | SBI.640 |  | SBI.641 |  | SBI.642 |  | SBI.643 |  | SBI.644 |  | SBI.645 |  | SBI.646 |  | SBI.647 |  | SBI.648 |  | SBI.649 |  | SBI.650 |  | SBI.651 |  | SBI.652 |  | SBI.653 |  | SBI.654 |  | SBI.655 |  | SBI.656 |  | SBI.657 |  | SBI.658 |  | SBI.659 |  | SBI.660 |  | SBI.661 |  | SBI.662 |  | SBI.663 |  | SBI.664 |  | SBI.665 |  | SBI.666 |  | SBI.667 |  | SBI.668 |  | SBI.669 |  | SBI.670 |  | SBI.671 |  | SBI.672 |  | SBI.673 |  | SBI.674 |  | SBI.675 |  | SBI.676 |  | SBI.677 |  | SBI.678 |  | SBI.679 |  | SBI.680 |  | SBI.681 |  | SBI.682 |  | SBI.683 |  | SBI.684 |  | SBI.685 |  | SBI.686 |  | SBI.687 |  | SBI.688 |  | SBI.689 |  | SBI.690 |  | SBI.691 |  | SBI.692 |  | SBI.693 |  | SBI.694 |  | SBI.695 |  | SBI.696 |  | SBI.697 |  | SBI.698 |  | SBI.699 |  | SBI.700 |  | SBI.701 |  | SBI.702 |  | SBI.703 |  | SBI.704 |  | SBI.705 |  | SBI.706 |  | SBI.707 |  | SBI.708 |  | SBI.709 |  | SBI.710 |  | SBI.711 |  | SBI.712 |  | SBI.713 |  | SBI.714 |  | SBI.715 |  | SBI.716 |  | SBI.717 |  | SBI.718 |  | SBI.719 |  | SBI.720 |  | SBI.721 |  | SBI.722 |  | SBI.723 |  | SBI.724 |  | SBI.725 |  | SBI.726 |  | SBI.727 |  | SBI.728 |  | SBI.729 |  | SBI.730 |  | SBI.731 |  | SBI.732 |  | SBI.733 |  | SBI.734 |  | SBI.735 |  | SBI.736 |  | SBI.737 |  | SBI.738 |  | SBI.739 |  | SBI.740 |  | SBI.741 |  | SBI.742 |  | SBI.743 |  | SBI.744 |  | SBI.745 |  | SBI.746 |  | SBI.747 |  | SBI.748 |  | SBI.749 |  | SBI.750 |  | SBI.751 |  | SBI.752 |  | SBI.753 |  | SBI.754 |  | SBI.755 |  | SBI.756 |  | SBI.757 |  | SBI.758 |  | SBI.759 |  | SBI.760 |  | SBI.761 |  | SBI.762 |  | SBI.763 |  | SBI.764 |  | SBI.765 |  | SBI.766 |  | SBI.767 |  | SBI.768 |  | SBI.769 |  | SBI.770 |  | SBI.771 |  | SBI.772 |  | SBI.773 |  | SBI.774 |  | SBI.775 |  | SBI.776 |  | SBI.777 |  | SBI.778 |  | SBI.779 |  | SBI.780 |  | SBI.781 |  | SBI.782 |  | SBI.783 |  | SBI.784 |  | SBI.785 |  | SBI.786 |  | SBI.787 |  | SBI.788 |  | SBI.789 |  | SBI.790 |  | SBI.791 |  | SBI.792 |  | SBI.793 |  | SBI.794 |  | SBI.795 |  | SBI.796 |  | SBI.797 |  | SBI.798 |  | SBI.799 |  | SBI.800 |  | SBI.801 |  | SBI.802 |  | SBI.803 |  | SBI.804 |  | SBI.805 |  | SBI.806 |  | SBI.807 |  | SBI.808 |  | SBI.809 |  | SBI.810 |  | SBI.811 |  | SBI.812 |  | SBI.813 |  | SBI.814 |  | SBI.815 |  | SBI.816 |  | SBI.817 |  | SBI.818 |  | SBI.819 |  | SBI.820 |  | SBI.821 |  | SBI.822 |  | SBI.823 |  | SBI.824 |  | SBI.825 |  | SBI.826 |  | SBI.827 |  | SBI.828 |  | SBI.829 |  | SBI.830 |  | SBI.831 |  | SBI.832 |  | SBI.833 |  | SBI.834 |  | SBI.835 |  | SBI.836 |  | SBI.837 |  | SBI.838 |  | SBI.839 |  | SBI.840 |  | SBI.841 |  | SBI.842 |  | SBI.843 |  | SBI.844 |  | SBI.845 |  | SBI.846 |  | SBI.847 |  | SBI.848 |  | SBI.849 |  | SBI.850 |  | SBI.851 |  | SBI.852 |  | SBI.853 |  | SBI.854 |  | SBI.855 |  | SBI.856 |  | SBI.857 |  | SBI.858 |  | SBI.859 |  | SBI.860 |  | SBI.861 |  | SBI.862 |  | SBI.863 |  | SBI.864 |  | SBI.865 |  | SBI.866 |  | SBI.867 |  | SBI.868 |  | SBI.869 |  | SBI.870 |  | SBI.871 |  | SBI.872 |  | SBI.873 |  | SBI.874 |  | SBI.875 |  | SBI.876 |  | SBI.877 |  | SBI.878 |  | SBI.879 |  | SBI.880 |  | SBI.881 |  | SBI.882 |  | SBI.883 |  | SBI.884 |  | SBI.885 |  | SBI.886 |  | SBI.887 |  | SBI.888 |  | SBI.889 |  | SBI |  |
|------------------------------------------------|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|-----|--|
|------------------------------------------------|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|-----|--|

| Позиционное обозначение | Наименование                        | Число, шт. | Примечание                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------|
| R16                     | MPX-0,25-4 МОм $\pm 0,05$ Б         | 1          |                                                            |
| R17                     | MPX-0,25-5 МОм $\pm 0,05$ Б         | 1          |                                                            |
| R18                     | MPX-0,5-10 МОм $\pm 0,05$ Б         | 1          |                                                            |
| R19*                    | До 1200 Ом, провод ПЭМС 0,05        | 1          |                                                            |
| R20*                    | До 1000 Ом, провод ПЭМС 0,05        | 1          |                                                            |
| R21*                    | До 0,9 Ом, провод ПЭМС 0,5          | 1          |                                                            |
| R22                     | C5-55-0,125-20,7 кОм $\pm 0,5$ %    | 1          |                                                            |
| R23                     | C5-55-0,125-2,02 кОм $\pm 0,5$ %    | 1          |                                                            |
| R24                     | 197,4 $\pm 0,9$ Ом, провод ПЭМС 0,1 | 1          |                                                            |
| R25                     | C5-55-0,125-3,2 кОм $\pm 0,5$ %     | 1          |                                                            |
| R26                     | C5-55-0,125-1,56 кОм $\pm 0,5$ %    | 1          |                                                            |
| R27                     | 156,6 $\pm 0,8$ Ом, провод ПЭМС 0,1 | 1          |                                                            |
| R28                     | 17,4 $\pm 0,09$ Ом, провод ПЭМС 0,2 | 1          |                                                            |
| R29*                    | До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1          |                                                            |
| R30*                    | До 10 кОм, провод ПЭМС 0,05         | 1          |                                                            |
| R31                     | C5-55-0,125-99 кОм $\pm 0,5$ %      | 1          |                                                            |
| R32                     | C5-55-0,125-400 кОм $\pm 0,2$ %     | 1          |                                                            |
| R33                     | C5-55-0,125-500 кОм $\pm 0,2$ %     | 1          |                                                            |
| R34                     | МЛТ-0,5-430 кОм $\pm 5$ %           | 1          | Суммарное сопротивление $1 \pm 0,005$ МОм<br>Терморезистор |
|                         | МЛТ-0,5-560 кОм $\pm 10$ %          | 1          |                                                            |
| R35                     | ММТ-8-270 Ом $\pm 20$ %             | 1          |                                                            |
| R36                     | 250 $\pm 1,2$ Ом, провод ПЭМС 0,1   | 1          |                                                            |
| R37                     | C5-55-0,125-3,9 кОм $\pm 0,5$ %     | 1          |                                                            |
| R38                     | C5-55-0,125-3,9 кОм $\pm 0,5$ %     | 1          |                                                            |
| R39                     | МЛТ-0,5-1 МОм $\pm 10$ %            | 1          |                                                            |
| R40                     | МЛТ-0,5-560 Ом $\pm 5$ %            | 1          |                                                            |
| R41*                    | МЛТ-0,5-3,9 кОм $\pm 10$ %          | 1          | Регулировочный                                             |
| R42                     | МЛТ-0,5-120 кОм $\pm 5$ %           | 1          |                                                            |
| R43                     | МЛТ-0,5-39 кОм $\pm 5$ %            | 1          |                                                            |
| R44                     | МЛТ-0,5-68 Ом $\pm 5$ %             | 1          |                                                            |
| R45                     | СПЗ-9а-4,7 кОм $\pm 20$ %           | 1          |                                                            |
| R46                     | МЛТ-0,5-100 кОм $\pm 5$ %           | 1          |                                                            |

## Конденсаторы

|    |                              |   |  |
|----|------------------------------|---|--|
| C1 | КЛС-1в-М47-150 пФ $\pm 10$ % | 1 |  |
| C2 | КЛС-1а-М47-150 пФ $\pm 10$ % | 1 |  |
| C3 | МБМ-160-0,1 $\pm 10$ %       | 1 |  |
| C4 | К50-6-15-5-БИ                | 1 |  |

## Диоды

|         |        |   |  |
|---------|--------|---|--|
| VD1—VD4 | КД521Г | 5 |  |
| VD6     | Д226Б  | 1 |  |
| VD7     | Д9Д    | 1 |  |

## Транзисторы

|               |       |   |  |
|---------------|-------|---|--|
| VT1, VT2, VT4 | МП113 | 3 |  |
| VT3           | П403  | 1 |  |
| VT5, VT6      | МП41  | 2 |  |

\* Подбирают при регулировке.

## Комбинированный прибор Ц4341

Прибор предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного синусоидального тока и напряжения, сопротивления постоянному току, а также параметров маломощных (менее 150 мВт) транзисторов. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 71—73 и на рис. 90—94.

Входное сопротивление прибора равно 16,7 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3,3 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха  $-10...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 80 % (при температуре  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20М-0,25 при натяжении  $60\pm 5\text{ г}$  с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения  $42,5\pm 0,5\text{ мкА}$ . Рамка содержит 370—465 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Измеряют обратный ток коллектора  $I_{КБ0}$ , начальный ток коллектора  $I_{Кн}$  на пределе 60 мкА с точностью  $\pm 2,5\%$ . Статический коэффициент передачи тока транзистора по схеме с общим эмиттером измеряют в пределах 70...350 с точностью  $\pm 10\%$ .

Сопротивление всех резисторов прибора, за исключением R25, R26, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 74).

Т а б л и ц а 71. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                     | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|--------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 900; 300; 150; 60; 30; 6; 1,5; 0,3 В | Постоянный | 60                          | —                                | $\pm 2,5$               |
| 750; 300; 150; 30; 7,5; 1,5 В        | Переменный | 300                         | —                                | $\pm 4$                 |
| 600; 60; 6; 0,6 мА                   | Постоянный | —                           | 0,3                              | $\pm 2,5$               |
| 60 мкА                               |            |                             |                                  |                         |
| 300; 30; 3; 0,3 мА                   | Переменный | —                           | 1,3                              | $\pm 4$                 |

Т а б л и ц а 72. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 750 В                               | 45...500              | 45...2000   |
| 300 В                               | 45...1000             | 45...5000   |
| 150 В                               | 45...1000             | 45...1500   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...5000             | 45...20 000 |

Т а б л и ц а 73. Пределы измерения сопротивления

| Предел измерения<br>$\kappa\Omega\times$ | Конечное значение измеряемого<br>сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток<br>потребления,<br>мА | Напряжение<br>питания, В |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 0,1                                      | 0,5 кОм                                                                | 80                        | 3,7...4,8                |
| 1                                        | 5 кОм                                                                  | 8                         |                          |
| 10                                       | 50 кОм                                                                 | 0,8                       |                          |
| 100                                      | 500 кОм                                                                | 0,08                      | 37...48                  |
|                                          | 5 МОм                                                                  | 0,08                      |                          |

$M\Omega\times 1$

Примечание. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$  — при длине рабочей части шкалы, равной 86 мм.

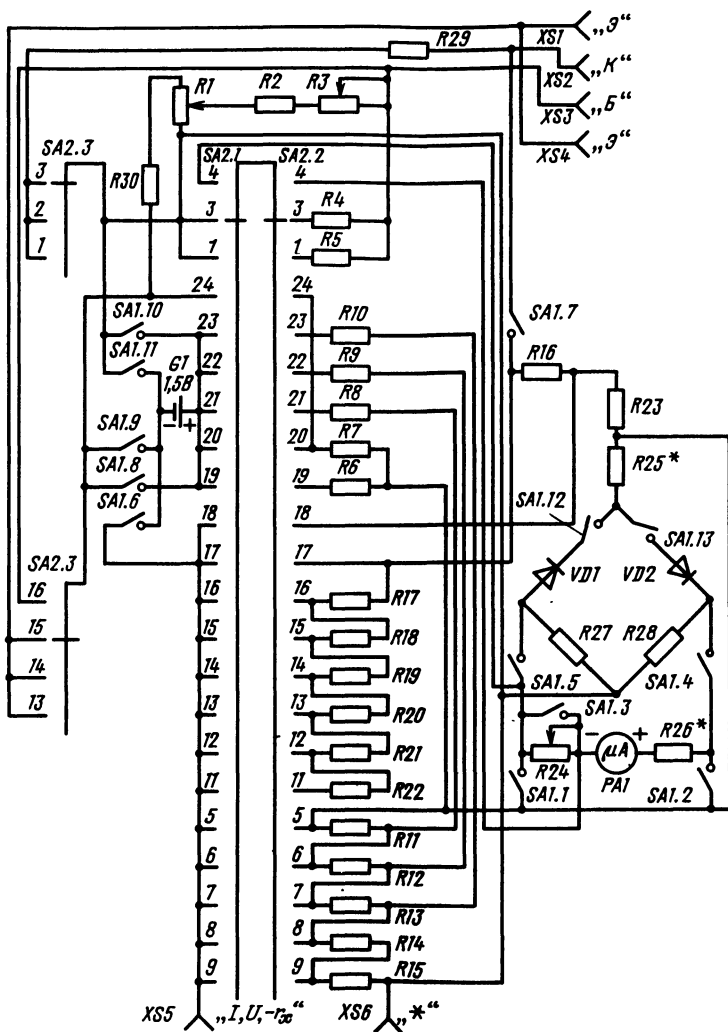


Рис. 90. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4311

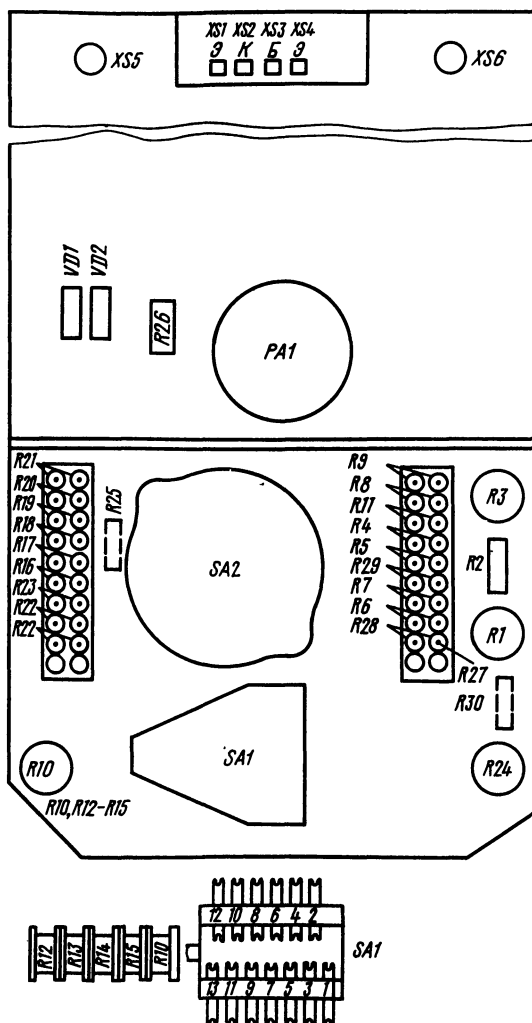


Рис. 91. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4341

| Род<br>работы<br>SA1 | Номера<br>закрывающихся контактов |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|----------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
|                      | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| ~                    |                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| -                    |                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| $r_{\infty}$         |                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| p-p-p                |                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| n-p-n                |                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |

Рис. 92. Матрица замыкаемых контактов переключателя SB1 прибора Ц4341

| Конечные<br>значения<br>шкал | Номера замыкаемых контактов |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
|------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|----|----|----|----|--|--|--|
|                              | SA2.1 , SA2.2               |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | SA2.3 |    |    |    |    |  |  |  |
|                              | 1                           | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3     | 13 | 14 | 15 | 16 |  |  |  |
| $I_{кв}$                     |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 1$                   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\beta$                      |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 5$                   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| Калибр.                      |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 0,1 \text{ к}\Omega$ |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 1 \text{ к}\Omega$   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 10 \text{ к}\Omega$  |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 100 \text{ к}\Omega$ |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $\times 1 \text{ М}\Omega$   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-3; \sim 1,5 \text{ В}$     |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-1,5; \sim 7,5 \text{ В}$   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-6; \sim 30 \text{ В}$      |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-30; \sim 150 \text{ В}$    |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-60; \sim 300 \text{ В}$    |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-150; \sim 750 \text{ В}$   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-300 \text{ В}$             |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-900 \text{ В}$             |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-0,06; \sim 0,3 \text{ мА}$ |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-0,6; \sim 3 \text{ мА}$    |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-6; \sim 30 \text{ мА}$     |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-60; \sim 300 \text{ мА}$   |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |
| $-600 \text{ мА}$            |                             |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |

Рис. 93. Матрица замыкаемых контактов переключателя SB2 прибора Ц4341

[illegible]

Рис. 94. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4341

Таблица 74. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4341

| Позиционное обозначение | Наименование                          | Число, шт. | Примечание                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|------------|----------------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                       |            |                                              |
| R1                      | СПЗ-9а-25-100 кОм $\pm 20\%$          | 1          |                                              |
| R2                      | МЛТ-0,5-3 кОм $\pm 5\%$               | 1          |                                              |
| R3                      | РЗ-9а-25-1,5 МОм $\pm 30\%$           | 1          |                                              |
| R4                      | МЛТ-0,5-51 кОм $\pm 5\%$              | 1          | Суммарное сопротивление $108 \pm 0,54$ кОм   |
|                         | МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| R5                      | МЛТ-0,5-270 кОм $\pm 5\%$             | 2          | Суммарное сопротивление $540 \pm 2,7$ кОм    |
| R6                      | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$             | 2          | Суммарное сопротивление $590 \pm 6,0$ кОм    |
| R7                      | МЛТ-0,5-22 кОм $\pm 5\%$              | 1          | Суммарное сопротивление $58 \pm 0,6$ кОм     |
|                         | МЛТ-0,5-36 кОм $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| R8                      | МЛТ-0,5-2 кОм $\pm 5\%$               | 1          | Суммарное сопротивление $5,58 \pm 0,06$ кОм  |
|                         | МЛТ-0,5-3,6 кОм $\pm 5\%$             |            |                                              |
| R9                      | МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$              | 1          | Суммарное сопротивление $558 \pm 5,5$ Ом     |
|                         | МЛТ-0,5-360 Ом $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| R10                     | $53 \pm 0,55$ Ом, провод ПЭМС 0,2     | 1          |                                              |
| R11                     | МЛТ-0,5-1,5 кОм $\pm 5\%$             | 1          | Суммарное сопротивление $3150 \pm 15$ Ом     |
|                         | МЛТ-0,5-1,6 кОм $\pm 5\%$             |            |                                              |
| R12                     | $315 \pm 1,5$ Ом, провод ПЭМС 0,1     | 1          |                                              |
| R13                     | $31,5 \pm 0,15$ Ом, провод ПЭМС 0,2   | 1          |                                              |
| R14                     | $3,15 \pm 0,015$ Ом, провод ПЭМС 0,4  | 1          |                                              |
| R15                     | $0,35 \pm 0,0015$ Ом, провод ПЭМС 0,6 | 1          |                                              |
| R16                     | МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 5\%$              | 2          | Суммарное сопротивление $20 \pm 1$ кОм       |
| R17                     | МЛТ-0,5-36 кОм $\pm 5\%$              | 1          | Суммарное сопротивление $75 \pm 0,37$ кОм    |
|                         | МЛТ-0,5-39 кОм $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| R18                     | МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$             | 2          | Суммарное сопротивление $400 \pm 2$ кОм      |
| R19                     | МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$             | 1          | Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ кОм    |
|                         | МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$             | 1          |                                              |
| R20                     | МЛТ-0,5-750 кОм $\pm 5\%$             | 2          | Суммарное сопротивление $1,5 \pm 0,0075$ МОм |
| R21                     | МЛТ-0,5-1,2 МОм $\pm 5\%$             | 1          | Суммарное сопротивление $2,5 \pm 0,012$ МОм  |
|                         | МЛТ-0,5-1,3 МОм $\pm 5\%$             | 1          |                                              |
| R22                     | МЛТ-0,5-2 МОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $10 \pm 0,05$ МОм    |
|                         | МЛТ-0,5-3 МОм $\pm 5\%$               | 2          |                                              |
| R23                     | МЛТ-0,5-2 кОм $\pm 5\%$               | 2          | Суммарное сопротивление $3,97 \pm 0,018$ кОм |
| R24                     | СПЗ-9а-3,3 кОм $\pm 20\%$             | 1          |                                              |
| R25*                    | МЛТ-0,5-(51...300) Ом $\pm 5\%$       | 1          |                                              |
| R26*                    | МЛТ-0,5-(220...560) Ом $\pm 5\%$      | 1          |                                              |
| R27                     | МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5\%$              | 1          | Допускается различие значений не более 1 %   |
| R28                     | МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| R29                     | МЛТ-0,5-240 Ом $\pm 5\%$              | 1          | Суммарное сопротивление $510 \pm 2,5$ Ом     |
|                         | МЛТ-0,5-270 Ом $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| R30                     | МЛТ-0,5-62 кОм $\pm 5\%$              | 1          |                                              |
| <i>Диоды</i>            |                                       |            |                                              |
| VD1, VD2                | Д9Д                                   | 2          |                                              |

\* Подбирают при регулировке

## Комбинированный прибор Ц4342

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, параметров транзисторов мощностью до 150 мВт.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, карта электрических цепей представлены в табл. 75—77 и на рис. 95, 96.

Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках. Ток полного отклонения 29 мкА. Сопротивление подвижной рамки  $1000 \pm 5$  Ом.

Для питания прибора Ц4342 использован встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в табл. 78.

Таблица 75. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                       | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|----------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1000; 250; 50; 10; 5; 1 В              | Постоянный | 53                          | —                                | $\pm 2,5$               |
| 1000; 250; 50 В                        | Переменный | 280                         | —                                | $\pm 4$                 |
| 10 В                                   | Переменный | 1050                        | —                                |                         |
| 5 В                                    | Переменный | 2700                        | —                                |                         |
| 1 В                                    | Переменный | 5200                        | —                                |                         |
| 2500; 500; 100; 25,5; 1; 0,25; 0,05 мА | Постоянный | —                           | 0,4                              | $\pm 2,5$               |
| 2500; 500; 100; 25; 5; 1; 0,25 мА      | Переменный | —                           | 1,2                              | $\pm 4$                 |

Таблица 76. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                              | Частотная область, Гц |             |
|-----------------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                               | номинальная           | расширенная |
| 1000 В                                        | 45...100              | 45...200    |
| 250 В                                         | 45...200              | 45...500    |
| 50 В                                          | 45...500              | 45...1000   |
| Остальные пределы измерения напряжения и тока | 45...1000             | 45...2000   |

**Т а б л и ц а 77. Основные технические параметры встроенного омметра и измерителя параметров транзистора**

| Предел измерения            | Конечное значение измеряемого параметра | Ток потребления, мА | Напряжение источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega$                    | 0,3 кОм                                 | 7                   | 3,7...4,7                       | 49                            | $\pm 2,5$               |
| $\kappa\Omega \times 1$     | 5 кОм                                   | 7                   | 3,7...4,7                       | 66                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 10$    | 50 кОм                                  | 0,7                 | 3,7...4,7                       | 66                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 100$   | 500 кОм                                 | 0,07                | 3,7...4,7                       | 66                            |                         |
| М $\Omega$                  | 5000 кОм                                | 10                  | 3,7...4,7                       | 66                            | $\pm 10$                |
| $h_{21E}$                   | 1000                                    | 5                   | 3,7...4,7                       | 57                            |                         |
| $I_{CBO}, I_{EBO}, I_{CES}$ | 50 мкА                                  | —                   | 3,7...4,7                       | —                             | $\pm 2,5$               |

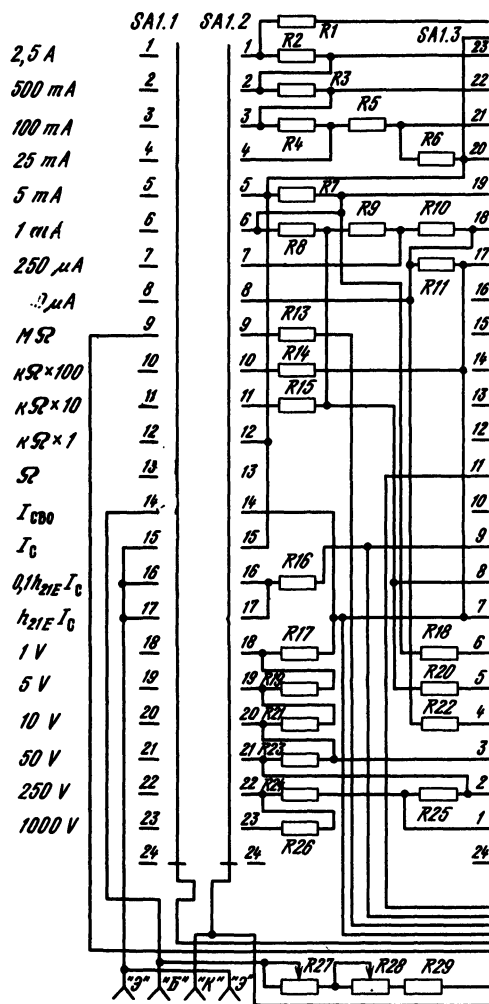
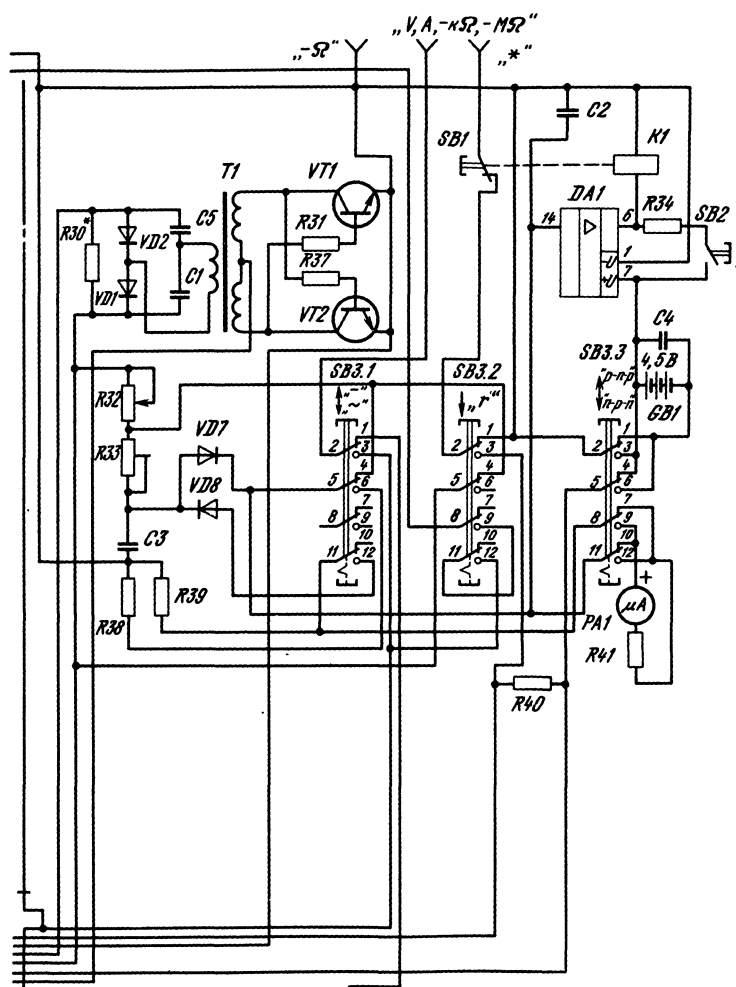


Рис. 95. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4342



| Пределы |                                    | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|------------------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |                                    | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 |
| V       | "—"                                | 1000     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 250      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 50       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 10       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 5        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |     |     |     | x   | x   |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 1        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |     |     |     |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |
|         | "~"                                | 1000     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 250      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 50       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
|         |                                    | 10       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
| mA      | "—"                                | 2500     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 500      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 100      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 25       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 5        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 1        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         | "~"                                | 2500     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 500      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 100      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 25       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| R-PP    | "—"                                | 5        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 0,25     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 0,05     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         | "~"                                | 2500     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 500      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 100      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 25       | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 5        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 1        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | 0,25     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| R-PP    | MS                                 |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         | MS                                 | x 1000   | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | x 10     | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         |                                    | x 1      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         | S                                  |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         | I <sub>сво</sub>                   |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|         | I <sub>с</sub>                     |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | Q <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | R <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | I <sub>сво</sub>                   |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | I <sub>с</sub>                     |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
| R-PP    | Q <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | R <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | I <sub>сво</sub>                   |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | I <sub>с</sub>                     |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | Q <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | R <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | I <sub>сво</sub>                   |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | I <sub>с</sub>                     |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | Q <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |
|         | R <sub>HPHE</sub> , I <sub>с</sub> |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     | +   |     |     |     |     |     |     |     | x   |

Рис. 96. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4342

Таблица 78. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4342

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт | Примечание |
|-------------------------|--------------|-----------|------------|
|-------------------------|--------------|-----------|------------|

Резисторы

|    |                             |   |      |
|----|-----------------------------|---|------|
| R1 | 0,072±0,0036 Ом             | 1 | Шунт |
| R2 | 0,288±0,0014 Ом             | 1 | »    |
| R3 | 1,44±0,0072 Ом              | 1 | »    |
| R4 | C2-29B-0,125-5,42 Ом ±0,5 % | 1 |      |

(3 — цепи защиты)

| Позиционное обозначение | Наименование                      | Число, шт. | Примечание                            |
|-------------------------|-----------------------------------|------------|---------------------------------------|
| R5                      | C2-29B-0,125-1,8 Ом $\pm 0,5$ %   | 1          | Параллельно<br>R7=144 Ом $\pm 0,7$ Ом |
| R6                      | C2-29B-0,125-27,1 Ом $\pm 0,25$ % | 1          |                                       |
| R7                      | C2-29B-0,125-145 Ом $\pm 0,5$ %   | 1          |                                       |
|                         | МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 5$ %          | 1          |                                       |
| R8                      | C2-29B-0,125-180 Ом $\pm 0,5$ %   | 1          | Параллельно<br>R9-360 Ом $\pm 1,8$ Ом |
| R9                      | C2-29B-0,125-361 Ом $\pm 0,5$ %   | 1          |                                       |
|                         | МЛТ-0,5-130 кОм $\pm 5$ %         | 1          |                                       |

| Позиционное обозначение | Наименование                                                     | Число, шт. | Примечание                                       |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------|
| R10                     | C2-29B-0,125-180 Ом $\pm 0,5$                                    | 1          |                                                  |
| R11                     | C2-29B-0,125-2,71 кОм $\pm 0,25$ %                               | 1          |                                                  |
| R13                     | C2-29B-0,125-698 кОм $\pm 0,5$ %                                 | 1          |                                                  |
| R14                     | C2-29B-0,125-69 кОм $\pm 0,5$ %                                  | 1          |                                                  |
| R15                     | C2-29B-0,125-6,04 кОм $\pm 0,5$ %                                | 1          |                                                  |
| R16                     | МЛТ-0,5-36 Ом $\pm 10$ %                                         | 1          |                                                  |
| R17                     | C2-29B-0,125-18,4 кОм $\pm 0,5$ %                                | 1          |                                                  |
| R18                     | C2-29B-0,125-25,2 Ом $\pm 0,5$ %                                 | 1          |                                                  |
| R19                     | C2-29B-0,125-79,6 кОм $\pm 0,5$ %                                | 1          |                                                  |
| R20                     | C2-29B-0,125-1,67 кОм $\pm 0,5$ %                                | 1          |                                                  |
| R21                     | C2-29B-0,125-100 кОм $\pm 0,5$ %                                 | 1          |                                                  |
| R22                     | C2-29B-0,125-9,2 кОм $\pm 0,5$ %                                 | 1          |                                                  |
| R23                     | C2-29B-0,125-796 кОм $\pm 0,5$ %                                 | 1          |                                                  |
| R24                     | C2-29B-0,25-1,0 МОм $\pm 0,5$ %                                  | 1          |                                                  |
| R25                     | C2-29B-0,5-1,5 МОм $\pm 0,5$ %<br>C2-29B-0,5-1,5 МОм $\pm 0,5$ % | 1<br>1     | Последовательно<br>R25=<br>=3 МОм $\pm 0,15$ МОм |
| R26                     | C2-29B-2-7,5 МОм $\pm 0,5$ %<br>C2-29B-2-7,5 МОм $\pm 0,5$ %     | 1<br>1     | Последовательно<br>R26=15 МОм<br>$\pm 0,075$ МОм |
| R27                     | СПЗ-9а-II-1,5 МОм $\pm 20$ %                                     | 1          |                                                  |
| R28                     | СПЗ-9а-II-100 кОм $\pm 20$ %                                     | 1          |                                                  |
| R29                     | МЛТ-0,5-3 кОм $\pm 5$ %                                          | 1          |                                                  |
| R30*                    | МЛТ-0,5- (82...120) кОм $\pm 10$ %                               | 1          |                                                  |
| R31                     | МЛТ-0,5-5,6 кОм $\pm 10$ %                                       | 1          |                                                  |
| R32                     | СПЗ-9а-II-3,3 кОм $\pm 20$ %                                     | 1          |                                                  |
| R33                     | СП5-1BA-1 Вт-3,3 кОм $\pm 5$ %                                   | 1          |                                                  |
| R34                     | МЛТ-0,5-56 Ом $\pm 10$ %                                         | 1          |                                                  |
| R37                     | МЛТ-0,5-5,6 кОм $\pm 10$ %                                       | 1          |                                                  |
| R38, R39                | МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5$ %                                        | 2          |                                                  |
| R40                     | C2-29B-0,125-673 Ом $\pm 0,5$ %                                  | 1          |                                                  |
| R41                     | СП5-1BA-1 Вт-1,5 кОм $\pm 5$ %                                   | 1          |                                                  |

## Конденсаторы

|        |                                                                         |   |  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|---|--|
| C1, C5 | КД-26-1170-2200 пФ $\begin{smallmatrix} +80 \\ -20 \end{smallmatrix}$ % | 2 |  |
| C2     | МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 10$ %                                            | 1 |  |
| C3     | К31-11-3-Б-10 000 пФ $\pm 10$ %                                         | 1 |  |
| C4     | К50-6-1-6,3 В-50 мкФ                                                    | 1 |  |

## Диоды

|          |                       |   |  |
|----------|-----------------------|---|--|
| VD1, VD2 | КД521Г                | 2 |  |
| VD7, VD8 | Д9Д                   | 2 |  |
| VT1, VT2 | Транзисторы КТ315Г    | 2 |  |
| DA1      | Микросхема КМП201УП1А | 1 |  |

\* Подбирают при регулировке

## Комбинированный прибор Ц4342-М1

Прибор электроизмерительный комбинированный Ц4342-М1 с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, среднеквадратического значения переменного тока и напряжения синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, абсолютного уровня сигнала по напряжению переменного тока в электрических цепях объектов измерений, работоспособное состояние которых не нарушается взаимодействием объекта измерений и прибора или выходом нормируемых характеристик прибора за пределы, установленные техническими условиями.

Прибор предназначен также для измерения параметров биполярных транзисторов мощностью до 150 мВт, а именно статического коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером  $h_{21Э}$ , обратного тока коллектора  $I_{КБ0}$ , обратного тока эмиттера  $I_{ЭБ0}$ , обратного тока коллектор — эмиттер  $I_{КЭР}$  при разомкнутом выводе базы и обратного тока коллектор — эмиттер при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы в диапазонах измерения постоянного тока.

Рабочая температура окружающего воздуха  $-10...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность 30 % при температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 79—81 и рис. 97—99.

Падение напряжения на амперметре переменного тока на пределах 0,05; 0,25; 1; 5; 25; 100; 500; 2500 мА не превышает 1,2 мА, основная частотная область находится в пределах 45...1000 Гц, а расширенная 45...2000 Гц.

При измерении значений сопротивлений на пределе «МΩ» измерительная схема питается от преобразователя напряжения, встроенного в прибор.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы на растяжках с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 29 мкА. Сопротивление подвижной рамки 1000 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 82).

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма  $R_{и}$  и резистора R26

$$R_{и} + R26 = 635 \pm 3 \text{ Ом}$$

при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Резистор R25 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

**Т а б л и ц а 79. Конечные значения шкал постоянного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

|               |      |      |   |    |    |     |      |      |
|---------------|------|------|---|----|----|-----|------|------|
| Напряжение, В | 0,1  | 1    | 5 | 10 | 50 | 250 | 1000 | —    |
| Ток, мА       | 0,05 | 0,25 | 1 | 5  | 25 | 100 | 500  | 2500 |

Примечания: 1 Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ . 2 Ток полного отклонения 53 мА. 3. Падение напряжения на зажимах 0,4 В

**Т а б л и ц а 80. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

| Напряжение, В | Ток полного отклонения, мА | Частотная область, Гц |             |
|---------------|----------------------------|-----------------------|-------------|
|               |                            | номинальная           | расширенная |
| 1             | 5,2                        | 45...1000             | 1000...2000 |
| 5             | 2,8                        | 45...1000             | 1000...2000 |
| 10            | 1,05                       | 45...1000             | 1000...2000 |
| 50            | 0,280                      | 45...500              | 45...1000   |
| 250           | 0,28                       | 45...200              | 45...500    |
| 1000          | 0,28                       | 55...100              | 45...200    |

Примечание. Основная погрешность 4 %.

**Т а б л и ц а 81. Пределы измерений сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения                                                                  | Конечное значение, кОм             | Ток потребления, мА               | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega$<br>$k\Omega$<br>$k\Omega \times 10$<br>$k\Omega \times 100$<br>$M\Omega$ | 0,3<br>10<br>100<br>1000<br>10 000 | 7,6<br>7,2<br>0,72<br>0,072<br>15 | 3,7...4,7                                | 60<br>67<br>67<br>67<br>67    | } $\pm 2,5$             |
| dB                                                                                | -10...+15                          | 2,8                               |                                          | 44                            |                         |
| $h_{21E}$                                                                         | 200                                | 0,72                              |                                          | 35                            |                         |
|                                                                                   | 2000                               | 7,2                               |                                          | 35                            |                         |

Примечание. Основная погрешность  $\pm 2,5\%$ .

„V, mA, Ω, kΩ, MΩ“ „\*“

E

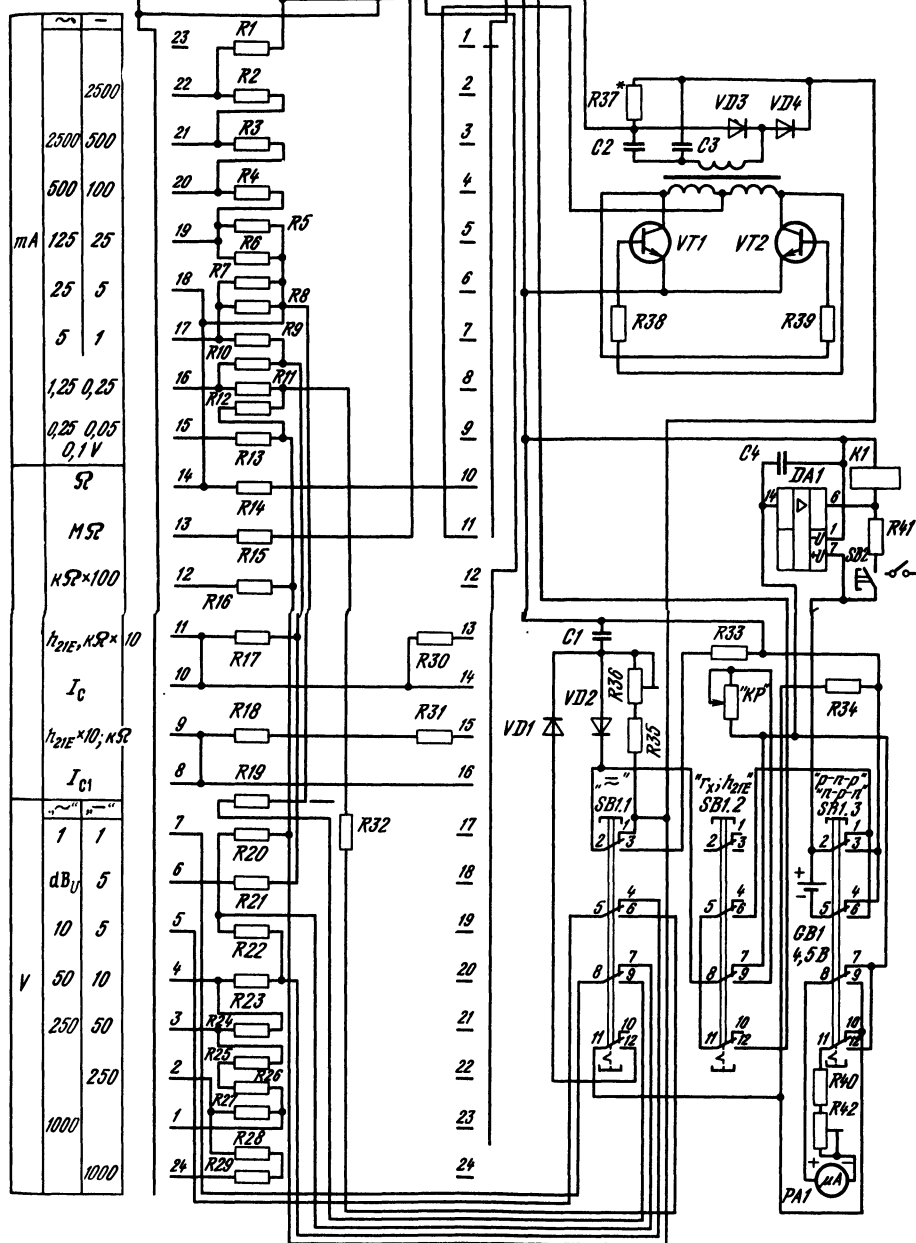
C

B

E

„kΩ“

Рис. 97. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4342-М1



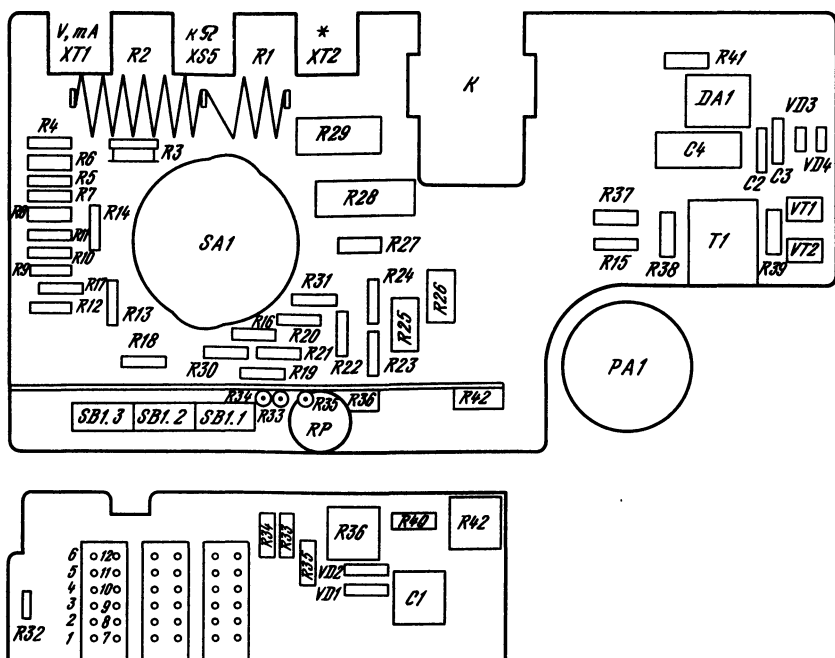


Рис. 98. Схема расположения элементов прибора Ц4342-M1

Таблица 82. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4342-M1

| Позиционное обозначение | Наименование                              | Число, шт. | Примечание        |
|-------------------------|-------------------------------------------|------------|-------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                           |            |                   |
| R1                      | 0,072±0,00036 Ом, провод<br>МнМц-3-12 1,0 | 1          | Шунт              |
| R2                      | 0,288±0,00144 Ом, провод<br>МнМц-3-12 1,0 | 1          |                   |
| R3                      | 1,44±0,0072 Ом, провод ПЭМС 0,5           | 1          | »                 |
| R4                      | C2-29B-0,125-5,42 Ом ±0,5 %               | 1          |                   |
| R5                      | C2-29B-0,125-29,1 Ом ±0,25 %              | 1          | Параллельно       |
| R6                      | МЛТ-0,5-2,7 кОм ±5 %                      | 1          |                   |
| R7                      | C2-29B-0,125-145 Ом ±0,5 %                | 1          | Параллельно       |
| R8                      | МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %                       | 1          |                   |
| R9                      | C2-29B-0,125-180 Ом ±0,5 %                | 1          | R7±R8=144±0,72 Ом |
| R10                     | C2-29B-0,125-361 Ом ±0,25 %               | 1          |                   |
| R11                     | C2-29B-0,125-180 Ом ±0,5 %                | 1          |                   |
| R12                     | C2-29B-0,125-2,71 кОм ±0,25 %             | 1          |                   |
| R13                     | C2-29B-0,125-487 Ом ±0,25 %               | 1          |                   |

| Позиционное обозначение | Наименование                                                           | Число, шт. | Примечание                                   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|
| R14                     | C2-29B-0,125-696 Ом ±0,5 %                                             | 1          | Последовательно<br>R25+R26=3±<br>±0,0015 МОм |
| R15                     | C2-29B-0,125-634 кОм ±0,5 %                                            | 1          |                                              |
| R16                     | C2-29B-0,125-64,2 кОм ±0,5 %                                           | 1          |                                              |
| R17                     | C2-29B-0,125-6,26 кОм ±0,5 %                                           | 1          |                                              |
| R18                     | C2-29B-0,125-626 Ом ±0,5 %                                             | 1          |                                              |
| R19                     | C2-29B-0,125-25,2 Ом ±0,5 %                                            | 1          |                                              |
| R20                     | C2-29B-0,125-18,4 кОм ±0,5 %                                           | 1          |                                              |
| R21                     | C2-29B-0,125-1,67 кОм ±0,5 %                                           | 1          |                                              |
| R22                     | C2-29B-0,125-79,6 кОм ±0,5 %                                           | 1          |                                              |
| R23                     | C2-29B-0,125-100 кОм ±0,5 %                                            | 1          |                                              |
| R24                     | C2-29B-0,125-796 кОм ±0,5 %                                            | 1          |                                              |
| R25, R26                | C2-29B-0,5-1,5 МОм ±0,5 %                                              | 2          |                                              |
| R27                     | C2-29B-0,25-1 МОм ±0,5 %                                               | 1          | Последовательно<br>R28+R29=15±<br>±0,075 МОм |
| R28, R29                | C2-29B-1,0-7,5 МОм ±0,5 %                                              | 2          |                                              |
| R30, R31                | C2-29B-0,125-200 кОм ±1,0 %                                            | 2          | 43...120 кОм                                 |
| R32                     | C2-29B-0,125-9,2 кОм ±0,5 %                                            | 1          |                                              |
| R33, R34                | МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %                                                   | 2          |                                              |
| P35                     | МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %                                                  | 1          |                                              |
| R36                     | СПЗ-39А-1,0 кОм ±10 %                                                  | 1          |                                              |
| R37*                    | МЛТ-0,5-82 кОм ±10 %                                                   | 1          |                                              |
| R38, R39                | МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %                                                   | 2          |                                              |
| R40                     | МЛТ-0,5-360 Ом ±5 %                                                    | 1          |                                              |
| R41                     | МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %                                                    | 1          |                                              |
| R42                     | СПЗ-39А-680 Ом ±10 %                                                   | 1          |                                              |
| RP                      | СПЗ-9а-11-6,8 кОм ±10 %                                                | 1          |                                              |
| Конденсаторы            |                                                                        |            |                                              |
| C1                      | К-31-11-Б-10 000 пФ ±10 %                                              | 1          |                                              |
| C2, C3                  | КД-2-Н70-2200 пФ $\begin{smallmatrix} +80 \\ -20 \end{smallmatrix} \%$ | 2          |                                              |
| C4                      | МБМ-160В-0,1 мкФ ±10 %                                                 | 1          |                                              |
| Диоды                   |                                                                        |            |                                              |
| VD1; VD2                | Д9Д                                                                    | 2          |                                              |
| VD3, VD4                | КД521В                                                                 | 2          |                                              |
| VT1, VT2                | Транзистор КТ315Г                                                      | 2          |                                              |
| DA1                     | Микросхема КПМ203УП1                                                   | 1          |                                              |

| Пределы |      |      | Элементы |    |    |    |        |        |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|---------|------|------|----------|----|----|----|--------|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|----------|-----|-----|--|--|--|--|--|
|         |      |      | R1       | R2 | R3 | R4 | R5, R6 | R7, R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25, R26 | R27 | R28, R29 | R30 | R31 |  |  |  |  |  |
| V       | "—"  | 1000 | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   | x        |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 250  | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   | x        |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 50   | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   | x        |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 10   | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   | x        |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 5    | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   | x        |     |     |  |  |  |  |  |
|         | "~"  | 5    | +        | +  | +  | +  | +      | +      | +  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     | x   |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 1    | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 0,1  | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 1000 | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 250  | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   |          |     |     |  |  |  |  |  |
| mA      | "—"  | 50   | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   |     |     |     |     |     |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x        | x   |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 100  | +        | +  | +  | x  | x      | x      | x  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 25   | +        | +  | +  | +  | x      | x      | x  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 5    | +        | +  | +  | +  | +      | x      | x  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 1    | +        | +  | +  | +  | +      | +      | x  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         | "~"  | 0,25 | +        | +  | +  | +  | +      | +      | +  | +   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 0,05 | o        | o  | o  | o  | o      | o      | o  | o   | o   | o   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 2500 | +        | +  |    |    |        |        |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 500  | +        | +  | +  |    |        |        |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | 125  | +        | +  | +  | +  |        |        |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
| p-п-п   | "Ic" | +    | +        | +  | +  | +  | +      | x      | x  | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | +    | +        | +  | +  | +  | x      | x      | x  | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         | h21E | +    | +        | +  | +  | +  | +      | +      | x  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         |      | +    | +        | +  | +  | +  | x      | x      | x  | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         | "Ic" | +    | +        | +  | +  | +  | +      | +      | x  | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
| +       |      | +    | +        | +  | +  | x  | x      | x      | x  | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
| h21E    | +    | +    | +        | +  | +  | +  | +      | +      | x  | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |
|         | +    | +    | +        | +  | +  | x  | x      | x      | x  | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |          |     |     |  |  |  |  |  |

Рис. 99. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4342-М1

| Элементы |     |     |     |     |                         |          |               |                       |              |     |    |         |     |     |     |     |           |       |     |     |         |       |     |     |     |     |     |       |       |    |   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-------------------------|----------|---------------|-----------------------|--------------|-----|----|---------|-----|-----|-----|-----|-----------|-------|-----|-----|---------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|----|---|
| R32      | R33 | R34 | R35 | R36 | R37-R39, V2, T1, C2, C3 | VD3, VD4 | R40, R42, PA1 | R41, CA, IAI, KI, SB2 | VD1, VD2, C1 | GB1 | RP | SB1.1   |     |     |     |     | SB1.2     |       |     |     | SB1.3   |       |     |     |     |     |     |       |       |    |   |
|          |     |     |     |     |                         |          |               |                       |              |     |    | "~"     |     |     |     |     | "x; h21E" |       |     |     | "p-n-p" |       |     |     |     |     |     |       |       |    |   |
|          |     |     |     |     |                         |          |               |                       |              |     |    | "n-p-n" |     |     |     |     |           |       |     |     |         |       |     |     |     |     |     |       |       |    |   |
|          |     |     |     |     |                         |          |               |                       |              |     |    |         |     |     |     |     |           |       |     |     |         |       |     |     |     |     |     |       |       |    |   |
|          |     |     |     |     |                         |          |               |                       |              |     |    | 1-2     | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9       | 11-12 | 5-6 | 7-8 | 8-9     | 11-12 | 1-2 | 2-3 | 4-5 | 7-8 | 8-9 | 10-11 | 11-12 |    |   |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 24 | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 2  | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 3  | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 4  | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     | X   |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 5  | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 6  | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 7  | X |
|          |     |     |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 15 | X |
|          | X   | X   | X   | X   |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 1  | X |
|          | X   | X   | X   | X   |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 3  | X |
|          | X   | X   | X   | X   |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     | X   |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 4  | X |
|          | X   | X   | X   | X   |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     | X   |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 5  | X |
|          | X   | X   | X   | X   |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 6  | X |
|          | X   | X   | X   | X   |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 7  | X |
|          |     | X   |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 22 | X |
|          |     | X   |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   | X   |         |       |     |     |     | X   | X   |       | 3     | 21 | X |
|          |     | X   |     |     |                         |          | X             | X                     | X            | X   | X  |         |     |     |     |     |           |       | X   |     |         |       |     |     |     |     |     |       |       |    |   |

## Комбинированный прибор Ц4352

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 83—85 и на рис. 100—102.

Входное сопротивление прибора 0,65 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений. Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр20М-0,5 с натяжением  $55 \pm 5$  г. Ток полного отклонения 300 мкА и сопротивление подвижной рамки 50 Ом, содержащий 100—120 витков провода ПЭВ-1 0,06.

В приборе используется встроенный источник питания из трех элементов типа 316.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R13, R24, R25, R28 и R36, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 86).

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

R13 — при измерении переменного напряжения;

R24 — при измерении переменного тока;

R25 — при измерении переменного тока на пределе 1,5 мА;

R28 — при измерении постоянного тока и напряжения.

Таблица 83. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                                        | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|---------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 900; 600; 300; 150; 60; 30; 6;<br>1,5; 0,3; 0,075 В     | Постоянный | } 1,53<br>0,306             | —                                | $\pm 1$                 |
| 900; 600; 300; 150; 60; 30; 6 В<br>1,5 В<br>0,3 В       | Переменный |                             | —                                | $\pm 1,5$               |
| 6; 1,5; 0,6; 0,15 А<br>60; 15; 6 мА<br>1,5 мА<br>0,3 мА | Постоянный | —                           | } 0,65<br>0,3<br>0,08            | $\pm 1$                 |
| 6; 1,5; 0,6; 0,15 А<br>60; 15; 6; 1,5; 0,3 мА           | Переменный |                             | 0,65                             | $\pm 1,5$               |

Т а б л и ц а 84. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 900; 600 В                          | 45...60               | 45...1000   |
| 300; 150; 60 В                      | 45...60               | 45...2000   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...60               | 45...10 000 |

Т а б л и ц а 85. Пределы измерения сопротивлений

| Предел измерения            | Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В | Длина рабочей шкалы, мм |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| $\Omega$                    | 300 Ом                                                              | 22                  | 3,7...4,7             | 58                      |
| $\text{к}\Omega \times 1$   | 3 кОм                                                               | 20                  | 3,7...4,7             | } 67                    |
| $\text{к}\Omega \times 10$  | 30 кОм                                                              | 2                   | 3,7...4,7             |                         |
| $\text{а}\Omega \times 100$ | 300 кОм                                                             | 0,8                 | 11...14               |                         |
| $\text{М}\Omega$            | 3 МОм                                                               | 0,8                 | 120...160             |                         |

П р и м е ч а н и е. Основная погрешность  $\pm 1\%$ .

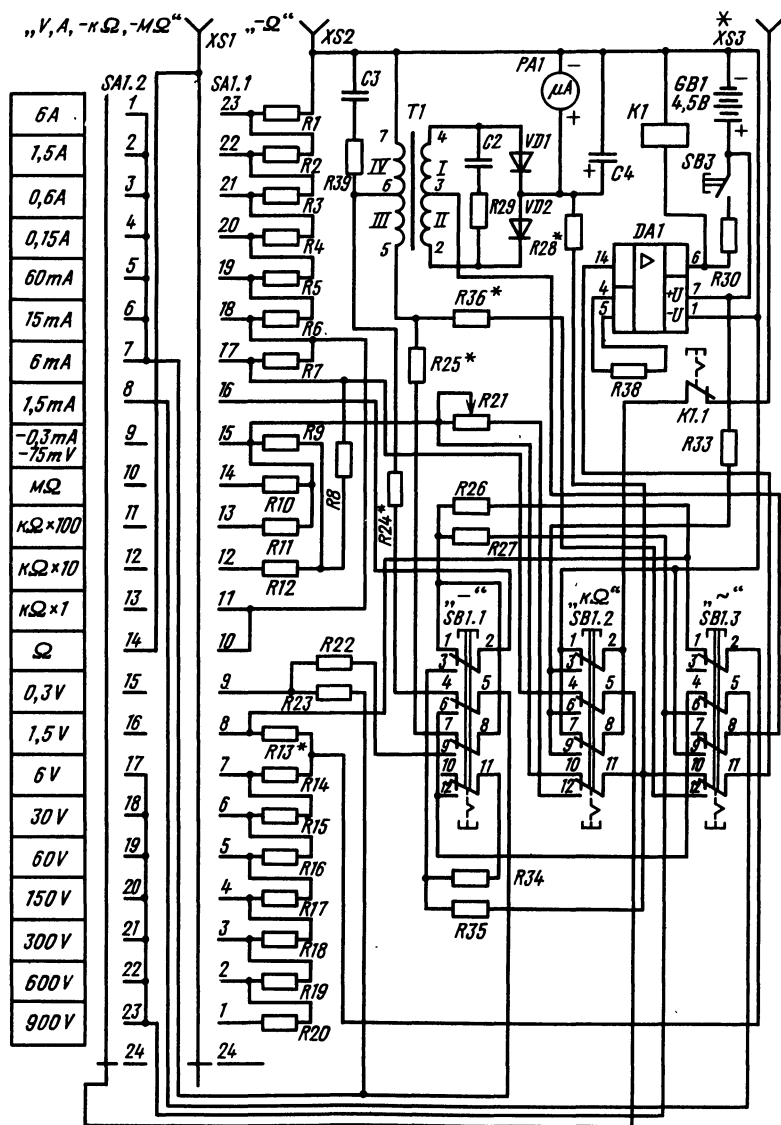


Рис. 100. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4352

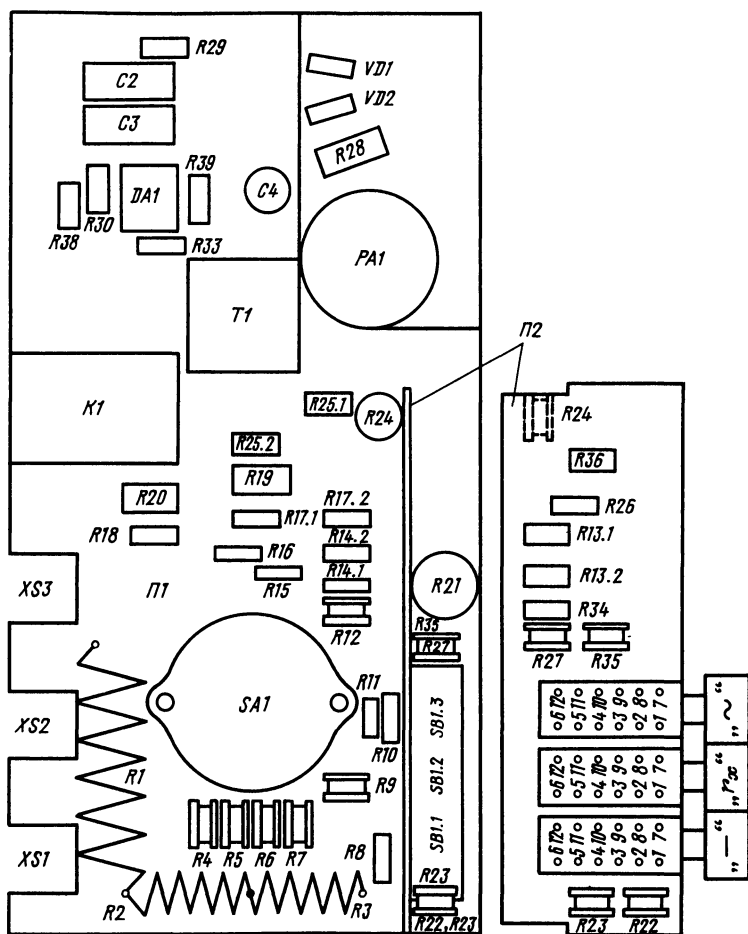


Рис. 101. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4352

| Пределы |   |         | Э л е м е н т ы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|---------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
|         |   |         | R1              | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 | R34 | R35 | R36 | R37 | R38 | R39 |   |   |   |   |   |   |
| V       | — | 900     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + |   |   |
|         |   | 600     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + |   |   |
|         |   | 300     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + |   |   |
|         |   | 150     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + |   |   |   |
|         |   | 60      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + |   |   |   |
|         |   | 30      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + |   |   |
|         |   | 6       | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + |   |   |   |
|         |   | 1,5     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + |   |   |   |
|         |   | 0,3     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + |   |   |
|         |   | 0,075   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
| V       | ~ | 900     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 600     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 300     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 150     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 60      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 30      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 6       | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 1,5     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,3     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,075   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
| —       | — | 6 A     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 1,5 A   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,6 A   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,15 A  | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 60 mA   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 15 mA   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 6 mA    | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 1,5 mA  | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,3 mA  | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,03 mA | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
| ~       | ~ | 6 A     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 1,5 A   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,6 A   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,15 A  | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 60 mA   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 15 mA   | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 6 mA    | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 1,5 mA  | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,3 mA  | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 0,03 mA | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
| MΩ      | x | 100     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 10      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 1       | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
| KΩ      | x | 100     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 10      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 1       | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
| Ω       | x | 100     | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + |   |
|         |   | 10      | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |
|         |   | 1       | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | + | + | + | + | + | + |

Рис. 102. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4352 (3 — цепи

Таблица 86. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4352

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|--------------|------------|------------|
|-------------------------|--------------|------------|------------|

#### Резисторы

|    |                                     |   |      |
|----|-------------------------------------|---|------|
| R1 | 0,05±0,00005 Ом, лист МнМц-2-12 0,5 | 1 | Шунт |
| R2 | 0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1 | 1 | »    |
| R3 | 0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1   | 1 | »    |

| C2<br>C3<br>C4<br>VII, VIII |   | SA1.1<br>SA1.2 | „SB1.1 |     |     |     |     |     |       | „Q, κQ, MQ“SB1.2 |     |     |     |     |     |       | „~“SB1.3 |     |     |     | T1  |       |       |   | CBI |     |    |   |
|-----------------------------|---|----------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|---|-----|-----|----|---|
|                             |   |                | 1-2    | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 11-12 | 1-2              | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 10-11 | 11-12    | 1-2 | 4-5 | 5-6 | 8-9 | 10-11 | 11-12 | I | II  | III | IV |   |
| x                           | x | 1              | 23     |     | x   |     |     | x   | x     | 1-2              | 2-3 | 4-5 | +   | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 2              | 22     |     |     |     |     | x   | x     | 2-3              | 4-5 | +   |     | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 3              | 21     |     | x   |     |     | x   | x     | +                | +   | +   | +   | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 4              | 20     |     | x   |     |     | x   | x     | +                | +   | +   | +   | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 5              | 19     |     | x   |     |     | x   | x     | +                | +   | +   | +   | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 6              | 18     |     | x   |     |     | x   | x     | +                | +   | +   | +   | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 7              | 17     |     | x   |     |     | x   | x     | +                | +   | +   | +   | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 8              |        |     | x   |     |     | x   | x     |                  |     |     |     | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 9              |        |     |     |     |     | x   | x     |                  |     |     |     | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 15             |        |     |     |     |     | x   | x     |                  |     |     |     | x   |     | o     | x        | x   | x   | 3   |     |       |       |   |     |     |    |   |
| x                           | x | 1              | 23     |     |     | +   |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 2              | 22     |     |     |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 3              | 21     |     |     |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 4              | 20     |     |     |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 5              | 19     |     |     | +   |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 6              | 18     |     |     | +   |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 7              | 17     |     |     | +   |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 8              |        |     | +   |     |     | +   | +     |                  |     |     |     | +   |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 9              |        |     | +   |     |     | +   | +     |                  |     |     |     | +   |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 15             |        |     |     |     |     | +   | +     |                  |     |     |     | +   |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 1              | 23     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 2              | 22     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 3              | 21     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 4              | 20     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 5              | 19     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 6              | 18     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 7              | 17     |     | o   |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | x        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 8              |        |     | +   |     | +   | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       | o        | x   | x   | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 15             |        |     |     |     |     | +   | +     | o                | o   | +   | +   |     |     |       |          |     |     | 3   |     |       |       | x | x   | +   | +  | + |
| x                           | x | 14             |        |     |     |     |     |     | +     | +                | +   | +   | +   |     |     |       |          |     |     | 3   |     |       |       |   |     |     |    | + |
| x                           | x | 13             |        |     |     |     |     |     | +     | +                | +   | +   | +   |     |     |       |          |     |     | 3   |     |       |       |   |     |     |    | + |
| x                           | x | 12             |        |     |     |     |     |     | +     | +                | +   | +   | +   |     |     |       |          |     |     | 3   |     |       |       |   |     |     |    | + |
| x                           | x | 11             |        |     |     |     |     |     | +     | +                | +   | +   | +   |     |     |       |          |     |     | 3   |     |       |       |   |     |     |    | + |
| x                           | x | 10             | 14     |     |     |     |     |     | +     | +                | +   | +   | +   |     |     |       |          |     |     | 3   |     |       |       |   |     |     |    | + |

защиты)

Продолжение табл. 86

| Позиционное обозначение | Наименование                   | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|--------------------------------|------------|------------|
| R4                      | 1,5±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5 | 1          |            |
| R5                      | 3±0,003 Ом, провод ПЭМС 0,4    | 1          |            |
| R6                      | 15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2   | 1          |            |
| R7                      | 30±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2    | 1          |            |
| R8                      | C2-29B-0,125-150 Ом ±0,25 %    | 1          |            |
| R9                      | 390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1    | 1          |            |
| R10                     | C2-29B-0,25-246 кОм ±0,25 %    | 1          |            |

| Позиционное обозначение | Наименование                        | Число, шт. | Примечание                                  |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------------------|
| R11                     | C2-29B-0,125-24 кОм $\pm 0,25$ %    | 1          | Последовательно<br>360...410 Ом             |
| R12                     | 2070 $\pm 10$ Ом, провод ПЭМС 0,05  | 1          |                                             |
| R13*                    | МЛТ-0,5-330 Ом $\pm 5$ %            | 1          |                                             |
|                         | МЛТ-0,5-56 Ом $\pm 10$ %            | 1          | Параллельно                                 |
| R14                     | C2-29B-0,125-2,21 кОм $\pm 0,25$ %  | 1          |                                             |
|                         | МЛТ-0,5-470 кОм $\pm 10$ %          | 1          | Последовательно                             |
| R15                     | C2-29B-0,125-16 кОм $\pm 0,25$ %    | 1          |                                             |
| R16                     | C2-29B-0,125-20 кОм $\pm 0,25$ %    | 1          |                                             |
| R17                     | C2-29B-0,25-59,7 кОм $\pm 0,25$ %   | 1          |                                             |
|                         | МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 10$ %           | 1          |                                             |
| R18                     | C2-29B-0,25-100 кОм $\pm 0,25$ %    | 1          | До 12 Ом<br>Последовательно<br>465...555 Ом |
| R19                     | C2-29B-0,5-200 кОм $\pm 0,25$ %     | 1          |                                             |
| R20                     | C2-29B-0,5-200 кОм $\pm 0,25$ %     | 1          |                                             |
| R21                     | СП3-9а-11-1 кОм $\pm 20$ %-25       | 1          |                                             |
| R22                     | 3000 $\pm 3$ Ом, провод ПЭМС 0,05   | 1          |                                             |
| R23                     | 50 $\pm 0,1$ Ом, провод ПЭМС 0,15   | 1          |                                             |
| R24*                    | 12 Ом, провод ПЭМС 0,2              | 1          |                                             |
| R25*                    | МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5$ %            | 1          |                                             |
|                         | МЛТ-0,5-82 Ом $\pm 10$ %            | 1          |                                             |
| R26                     | C2-29B-0,125-1 кОм $\pm 0,25$ %     | 1          |                                             |
| R27                     | 950 $\pm 0,95$ Ом, провод ПЭМС 0,08 | 1          |                                             |
| R28*                    | До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1          | 1          |                                             |
| R29                     | МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 10$ %           | 1          |                                             |
| R30                     | МЛТ-0,5-56 Ом, $\pm 10$ %           | 1          |                                             |
| R33                     | C2-29B-0,125-223 Ом $\pm 0,25$ %    | 1          |                                             |
| R34                     | C2-29B-0,125-150 Ом $\pm 0,25$ %    | 1          |                                             |
| R35                     | 550 $\pm 0,55$ Ом, провод ПЭМС 0,1  | 1          |                                             |
| R36                     | МЛТ-0,5-(1...39) кОм $\pm 10$ %     | 1          |                                             |
| R38                     | МЛТ-0,5-60 Ом $\pm 10$ %            | 1          |                                             |
| R39                     | МЛТ-0,5-15 кОм $\pm 10$ %           | 1          |                                             |

## Конденсаторы

|          |                                  |   |  |
|----------|----------------------------------|---|--|
| C2       | МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 10$ %     | 1 |  |
| C3       | МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 20$ %     | 1 |  |
| C4       | К50-6-1-6,3 В-100 мкФ-БИ         | 1 |  |
| VD1, VD2 | Диод Д9Д                         | 2 |  |
| DA1      | Микросхема КМП201УП1А            | 1 |  |
| PA1      | Механизм измерительный 3.253.039 | 1 |  |
| K1       | Реле автовыключателя 4.568.003   | 1 |  |
| T1       | Трансформатор 5.728.013          | 1 |  |

\* Подбирают при регулировке

## Комбинированный прибор Ц4353

Прибор электроизмерительный комбинированный с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянного току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 87—89 и на рис. 103—105.

Входное сопротивление прибора 18 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 1,8 кОм/в — переменного. Прибор применяется при температуре окружающего воздуха  $-10...+40^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности воздуха до 90 % (при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ ).

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр20-0,25 с натяжением  $40\pm 5$  г и током полного отклонения 42,5 мкА. Сопротивление подвижной рамки  $632\pm 3$  Ом, она содержит  $400\pm 2$  витков провода ПЭВ-1 0,05.

В приборе применяется встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При измерении на других пределах измерения переменного напряжения к показателям прибора необходимо прибавить числа, указанные в табл. 90.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R32 и R34, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 91).

Резистор R34 применяется для подгонки показаний на постоянном токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма  $R_{\text{и}}$  и резистора R34 (в омах) определяется по формуле

$$R_{\text{и}} + R34 = \{632 + 0,004(t - 20)R_{\text{и}}\} \pm 3,$$

где  $t$  — температура, при которой производится подгонка,  $^{\circ}\text{C}$ .

На переменном токе прибор калибруется резистором R33 на пределе 1,5 В.

Т а б л и ц а 87. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                                   | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|----------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 600; 300; 150; 60; 30; 15; 6; 3; 1,5 В<br>75 мВ    | Постоянный | 55                          | —                                | ±1,5                    |
| 600; 300; 150; 60; 30; 15 В<br>6 В<br>3; 1,5 В     | Переменный | 65<br>550<br>650<br>5200    | —                                | ±2,5                    |
| 1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА;<br>120 мкА<br>60 мкА | Постоянный | —                           | 0,5<br>0,08                      | ±1,5                    |
| 1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА                       | Переменный | —                           | 1,5                              | ±2,5                    |

Т а б л и ц а 88. Частотные параметры прибора

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 600 В                               | 45...70               | 45...200    |
| 300 В                               | 45...100              | 45...500    |
| 150 В                               | 45...200              | 45...500    |
| 600 В                               | 45...1000             | 45...2000   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...2000             | 45...5000   |

**Т а б л и ц а 89. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения           | Конечное значение измеряемого сопротивления | Ток потребления, мА | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|----------------------------|---------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega$                   | 300 Ом                                      | 9,0                 | 3,7...4,7                                | 62                            | $\pm 1,5$               |
| $\kappa\Omega \times 0,01$ | 5 кОм                                       | 9,0                 | 3,7...4,7                                | 58                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 0,1$  | 50 кОм                                      | 0,9                 | 3,7...4,7                                | 58                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 1$    | 500 кОм                                     | 0,09                | 3,7...4,7                                | 58                            |                         |
| $\kappa\Omega \times 10$   | 5000 кОм                                    | 0,09                | 33...43                                  | 58                            |                         |
| pF                         | 0,5 мкФ                                     | 0,21                | 190...245                                |                               | $\pm 2,5$               |
|                            |                                             |                     | $f=50 \pm 1$ Гц                          | 58                            |                         |
| dB                         | -10...+12                                   | 5,2                 | —                                        | 49                            | $\pm 2,5$               |

**Т а б л и ц а 90. Поправочные числа к пределам измерений**

| Предел измерения, В   | 1,5 | 6  | 15  | 30  | 60  | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | -6  | +8 | +14 | +20 | +26 | +34 | +40 | +46 |

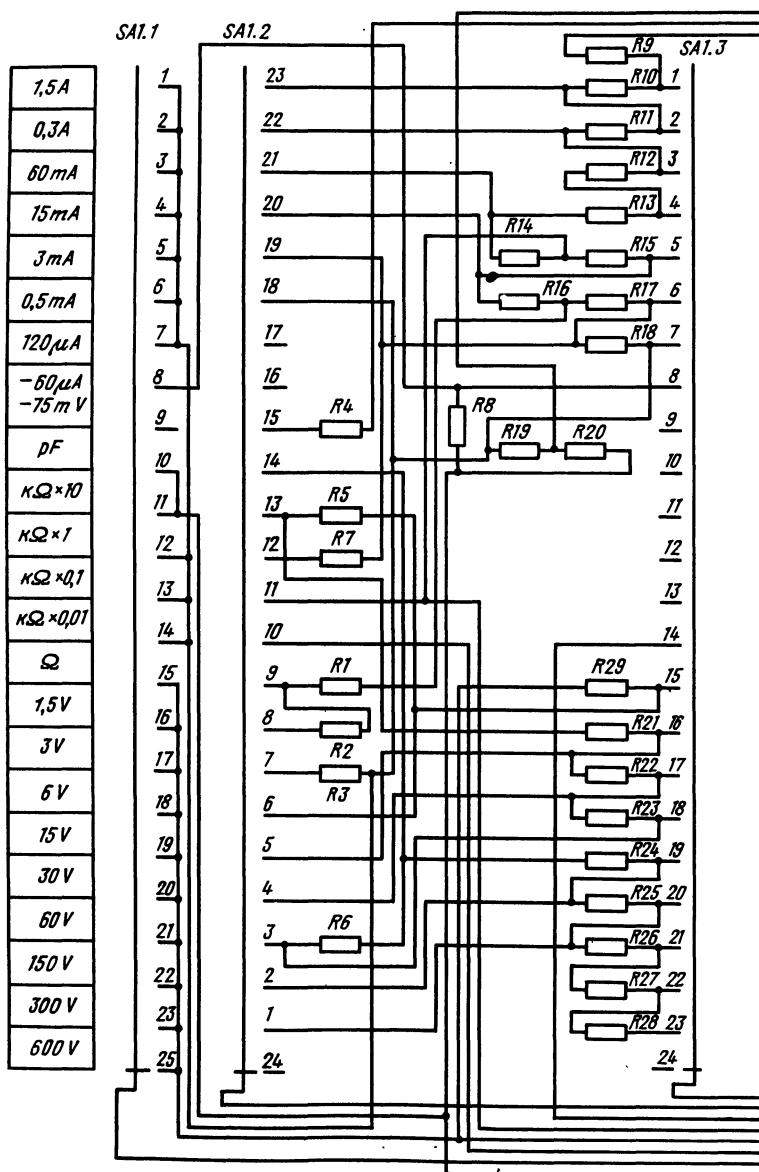
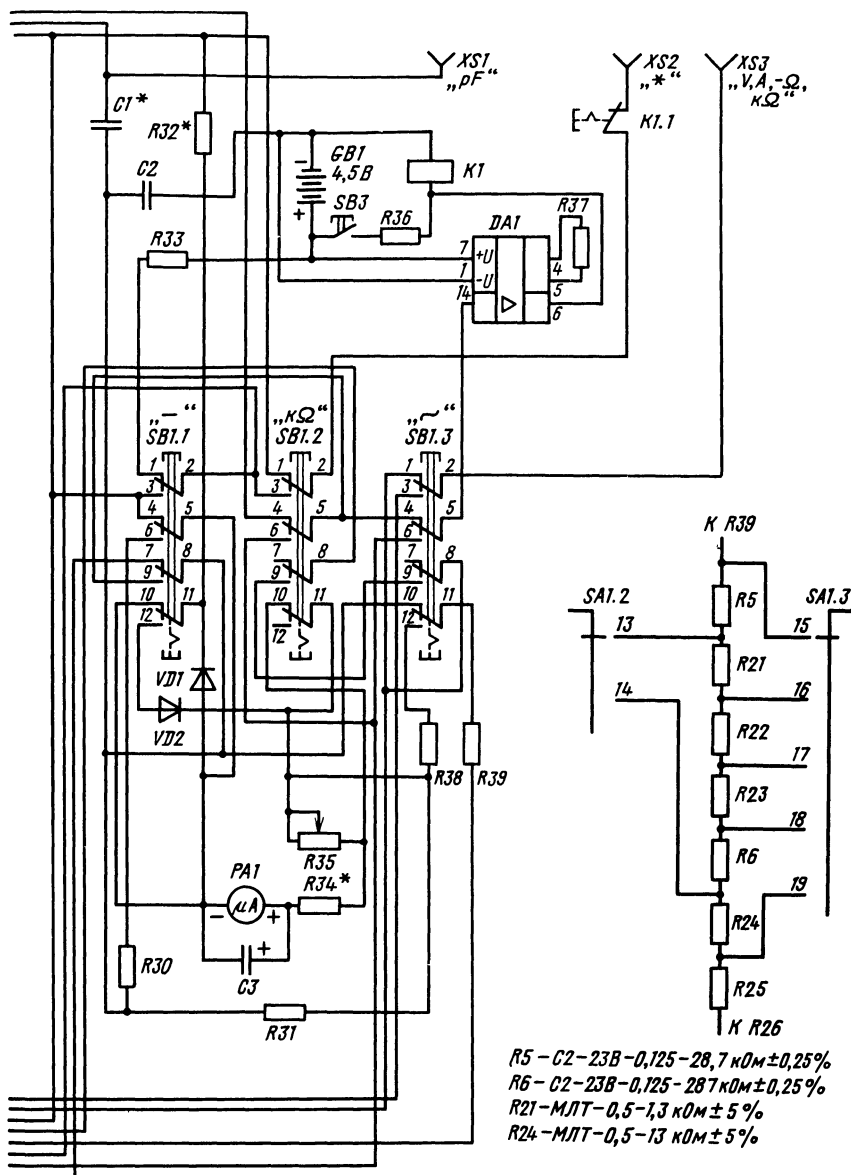


Рис. 103. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора



Л4353

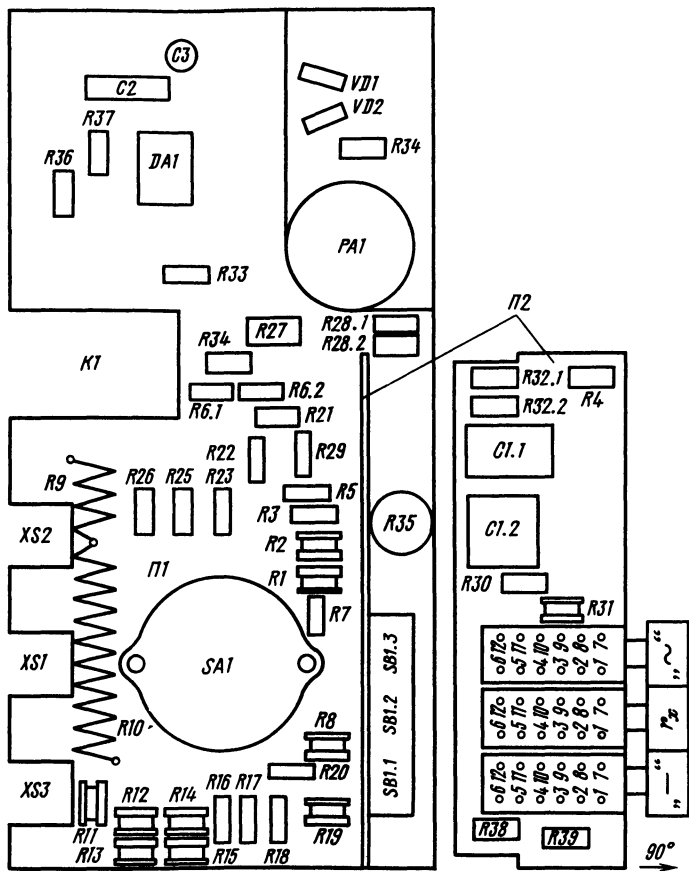


Рис. 104. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4353

Таблица 91. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4353

| Позиционное обозначение | Наименование                    | Число, шт. | Примечание                            |
|-------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------------|
| Резисторы               |                                 |            |                                       |
| R1                      | 125±0,25 Ом, провод 0,15        | 1          | Шунт<br>»                             |
| R2, R19                 | 300±0,9 Ом, провод ПЭМС 0,1     | 2          |                                       |
| R3                      | C2-29В-0,125-8,87 кОм ±0,25 %   | 1          |                                       |
| R4                      | МЛТ-0,5-1,1 МОм ±10 %           | 1          |                                       |
| R5                      | C2-29В-0,125-28,7 кОм ±0,25 %   | 1          |                                       |
| R6                      | C2-29В-0,125-287 кОм ±0,25 %    | 1          |                                       |
| R7                      | C2-29-0,125-4,99 кОм ±0,25 %    | 1          |                                       |
| R8                      | 375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1     | 1          |                                       |
| R9                      | 0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-1,1 | 1          |                                       |
| R10                     | 0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-1,1 | 1          |                                       |
| R11                     | 2,4±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5   | 1          |                                       |
| R12                     | 9±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4      | 1          |                                       |
| R13                     | 3±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4      | 1          |                                       |
| R14                     | 15±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2     | 1          |                                       |
| R15                     | 30±0,06 Ом, провод ПЭМС 0,25    | 1          |                                       |
| R16, R17                | C2-29В-0,125-120 Ом ±0,25 %     | 2          |                                       |
| R18, P20                | C2-29В-0,125-1,2 кОм ±0,25 %    | 2          |                                       |
| R21                     | МЛТ-0,5-1,3 кОм ±5 %            | 1          |                                       |
| R22                     | C2-29В-0,125-59,7 кОм ±0,25 %   | 1          |                                       |
| R23                     | C2-29В-0,125-180 кОм ±0,25 %    | 1          |                                       |
| R24                     | МЛТ-0,5-13 кОм ±5 %             | 1          |                                       |
| R25                     | C2-29В-0,125-597 кОм ±0,25 %    | 1          |                                       |
| R26                     | C2-29В-0,125-1,8 кОм ±0,25 %    | 1          |                                       |
| R27                     | C2-29В-0,5-3,01 МОм ±0,25 %     | 1          |                                       |
| R28                     | МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %              | 2          |                                       |
| R29                     | C2-29В-0,125-28 кОм ±0,25 %     | 1          | Суммарное значение<br>2480...2980 Ом  |
| R30                     | МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %             | 1          |                                       |
| R31                     | 600±1,2 Ом, провод ПЭМС 0,05    | 1          |                                       |
| R32*                    | МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %            | 1          |                                       |
|                         | МЛТ-0,5-(220...430) Ом ±5 %     | 1          |                                       |
| R33                     | C2-29-0,125-549 Ом ±0,25 %      | 1          |                                       |
| R34*                    | До 370 Ом, провод ПЭМС 0,1      | 1          |                                       |
| R35                     | СПЗ-9а-11-3,3 кОм ±20 %         | 1          |                                       |
| R36                     | МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %             | 1          |                                       |
| R37                     | МЛТ-0,5-680 Ом ±10 %            | 1          |                                       |
| R38, R39                | МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %             | 2          |                                       |
| Конденсаторы            |                                 |            |                                       |
| C1                      | КБГИ-200В-0,05 мкФ ±5 %         | 1          | Суммарное значение<br>0,05...0,06 мкФ |
|                         | КЗ1-11-3-Б (0,0027...0,01) мкФ  | 1          |                                       |
| C2                      | КЗ1-11-3-Б-3300 пФ ±5 %         | 1          |                                       |
| C3                      | К50-6-10 В-10 мкФ-БИ            | 1          |                                       |
| VD1, VD2                | Диоды Д9Д                       | 2          |                                       |
| DA1                     | Микросхемы КМП201УП1А           | 1          |                                       |

\* Подбирают при регулировке.

| Пределы |   | Э л е м е н т ы |    |      |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|-----------------|----|------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | R1              | R2 | R3   | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 | R34 | R35 | R36 | R37 | R38 | R39 |   |   |   |   |   |   |   |
| V       | — | 600             |    |      | x  | x  |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x   | x | x | x |   |   |   |   |
|         |   | 300             |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x |   |   |   |
|         |   | 150             |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x |   |   |
|         |   | 60              |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x |   |   |
|         |   | 30              |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x |   |   |
|         |   | 15              |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x |   |   |
|         |   | 6               |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x |   |   |
|         |   | 3               |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x |   |   |
|         |   | 1,5             |    |      |    |    |    |    |    |    | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   |     |     | x   |     | x   | x   | x   | x   | x | x | x | x | x | x |   |
|         |   | V               | ~  | 600  |    |    |    |    |    |    |     | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   | x |
| 300     |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 150     |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 60      |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 30      |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 15      |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 6       |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 3       |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| 1,5     |   |                 |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x |   | x |   | x |   |   |
| I       | — |                 |    | 1,5A |    |    |    |    |    |    |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
|         |   | 0,3A            |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | 60mA            |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | 15mA            |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | 3mA             |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | 0,5mA           |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | 120μA           |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | -60μA           |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | -75mV           |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |
|         |   | I               | ~  | 1,5A |    |    |    |    |    |    |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |   | + |   | + |   | + |   |
| 0,3A    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |   | + |   | + |   | + |   |
| 60mA    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |   | + |   | + |   | + |   |
| 15mA    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| 3mA     |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| 0,5mA   |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| 1,5A    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| 0,3A    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| 60mA    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| 15mA    |   |                 |    |      |    |    |    |    |    |    | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   | + |
| R       | Ω | x10             |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |     |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o |   | o |   | o |   | o |
|         |   | x1              |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |     |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o |   | o |   | o |   | o |
|         |   | x0,1            |    |      |    |    |    |    |    | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |     |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o |   | o |   | o |   | o |
|         |   | x0,01           |    |      |    |    |    |    |    | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |   | + |   | + |   | + |   |
| Ω       |   |                 |    |      |    |    |    |    | o  | o  | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   | o   |     |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |     | o   |   | o |   | o |   | o |   |
| PF      |   |                 |    |      |    |    |    |    | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | +   |     | + |   | + |   | + |   |   |

Рис. 105. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4353 (3 —

## Комбинированный прибор Ц4354

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 92—94 и на рис. 106—108.

Входное сопротивление прибора составляет не менее 81 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 7,7 кОм/В при измерении переменного напряжения.

Используется при температуре окружающего воздуха 10...35 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

цепи защиты)

В приборе применяется встроенный источник питания — три элемента 316.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R30, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 96).

Резистор R31 применяется для подгонки показаний прибора на постоянном

токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма  $R_{\text{и}}$  и резистора  $R_{31}$  (в омах) определяется по формуле

$$R_{\text{и}} + R_{31} = [2500 + 0,04(t - 20)R_{\text{и}}] \pm 25,$$

где  $t$  — температура, при которой производится подгонка, °С.

На переменном токе прибор подстраивается резистором  $R_{38}$ .

**Т а б л и ц а 92. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

| Предел измерения                                               | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|----------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 600; 300; 150; 60; 30; 15; 6; 3; 0,75 В<br>75 мВ               | Постоянный | 12,3                        | —                                | $\pm 2,5$               |
| 600; 300; 150; 60; 30; 15 В<br>60; 30; 15 В<br>6,3 В<br>0,75 В | Переменный | 130<br>620<br>3300          | —                                | $\pm 4$                 |
| 1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА<br>120; 12 мкА                    | Постоянный | —                           | 0,4                              | $\pm 2,5$               |
| 1500; 300; 60; 15; 3; 0,6;<br>0,12 мА                          | Переменный | —                           | 1,1                              | $\pm 4$                 |

**Т а б л и ц а 93. Частотные параметры прибора**

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 600 В                               | 45...60               | 45...100    |
| 300 В                               | 45...100              | 45...200    |
| 150 В                               | 45...200              | 45...400    |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...1000             | 45...2000   |

**Таблица 94. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения | Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы) | Ток потребления, мА | Источник питания, В           | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| кОм×1            | 3 кОм                                                               | 18,000              | 3,7...4,7                     | 67                            | ±2,5                    |
| кОм×10           | 30 кОм                                                              | 1,800               |                               |                               |                         |
| кОм×100          | 300 кОм                                                             | 0,180               |                               |                               |                         |
| кОм×1000         | 3 МОм                                                               | 0,018               |                               |                               |                         |
| МОм×10           | 30 МОм                                                              | 15,018              | 190...245=<br>=(50+1) Гц<br>— | 63                            | ±4                      |
| μF               | 0,1 мкФ                                                             | 0,200               |                               |                               |                         |
| дВ               | —10±12                                                              | 0,620               |                               |                               |                         |
|                  |                                                                     |                     |                               | 54                            | ±4                      |

**Таблица 95. Поправочные числа к пределам измерений**

| Предел измерения, В   | 0,75 | 1,5 | 3 | 6  | 15  | 30  | 60  | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|------|-----|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | —12  | —6  | 0 | +8 | +14 | +20 | +26 | +34 | +40 | +46 |

**Таблица 96. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4354**

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|--------------|------------|------------|
|-------------------------|--------------|------------|------------|

*Резисторы*

|     |                                   |   |                                    |
|-----|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| R1  | 0,1±0,0005 Ом, провод МнМц-3-12 1 | 1 | Шунт                               |
| R2  | 0,4±0,002 Ом, провод МнМц-3-12 1  | 1 |                                    |
| R3  | C2-29В-0,25-2 Ом ±0,5 %           | 1 | Последовательно<br>2,5±0,0125 МОм  |
| R4  | C2-29В-0,125-7,5 Ом ±0,5 %        | 1 |                                    |
| R5  | C2-29В-0,125-75 Ом ±0,5 %         | 1 |                                    |
| R6  | C2-29В-0,125-1 кОм ±0,5 %         | 1 |                                    |
| R7  | C2-29В-0,125-4,17 кОм ±0,5 %      | 1 |                                    |
| R8  | C2-29В-0,125-56,2 кОм ±0,5 %      | 1 |                                    |
| R9  | C2-29В-0,125-124 кОм ±0,5 %       | 1 |                                    |
| R10 | C2-29В-0,125-249 кОм ±0,5 %       | 1 |                                    |
| R11 | C2-29В-0,125-750 кОм ±0,5 %       | 1 |                                    |
| R12 | C2-29В-0,25-1,24 МОм ±0,5 %       | 1 |                                    |
| R13 | МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5 %              | 1 |                                    |
|     | МЛТ-0,5-1,3 МОм ±5 %              | 1 | Последовательно<br>7,5±0,0375 МОм  |
| R14 | МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %              | 1 |                                    |
|     | МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %              | 1 |                                    |
| R15 | МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %              | 2 | Последовательно<br>12,5±0,0625 МОм |

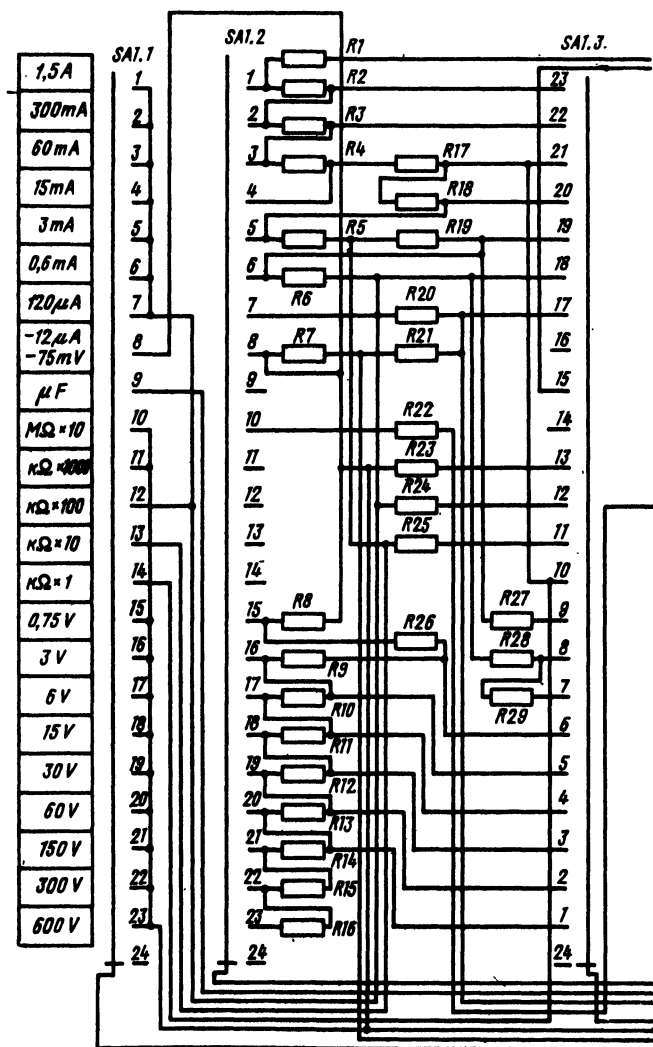
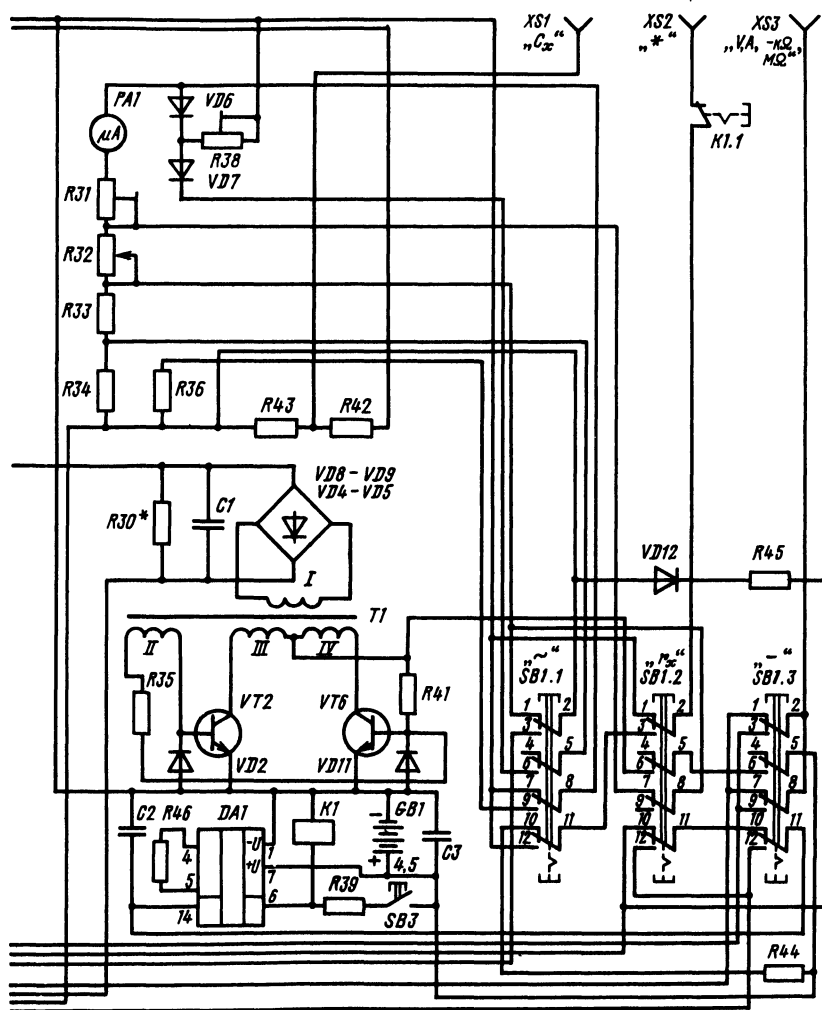


Рис. 106. Схема принципиальная электрическая комбинированного



прибора Ц4354

| Позиционное обозначение | Наименование                      | Число, шт. | Примечание                              |
|-------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------------|
| R16                     | МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$         | 1          | Последовательно<br>25 $\pm$ 0,125 МОм   |
|                         | МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$         | 1          |                                         |
|                         | МЛТ-0,5-5,1 МОм $\pm 5\%$         | 4          |                                         |
|                         |                                   | 1          |                                         |
| R17                     | C2-29B-0,125-2,52 Ом $\pm 0,5\%$  | 1          | Последовательно<br>2,7 $\pm$ 0,0135 МОм |
| R18                     | C2-29B-0,125-37,4 Ом $\pm 0,5\%$  | 1          |                                         |
| R19                     | C2-29B-0,125-124 Ом $\pm 0,5\%$   | 1          |                                         |
| R20, R29                | C2-29B-0,125-4,99 кОм $\pm 0,5\%$ | 2          |                                         |
| R21                     | C2-29B-0,125-6,26 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                                         |
| R22                     | C2-29B-0,25-1,2 МОм $\pm 0,5\%$   | 1          |                                         |
|                         | C2-29B-0,25-1,5 МОм $\pm 0,5\%$   | 1          |                                         |
| R23                     | C2-29B-0,125-264 кОм $\pm 0,5\%$  | 1          |                                         |
| R24                     | C2-29B-0,125-25,8 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                                         |
| R25                     | C2-29B-0,125-2,32 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                                         |
| R26                     | C2-29B-0,125-62,6 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                                         |
| R27                     | C2-29B-0,125-6,65 Ом $\pm 0,5\%$  | 1          |                                         |
| R28                     | C2-29B-0,125-3,92 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                                         |
| R30                     | МЛТ-0,5-(83...120) кОм $\pm 10\%$ | 1          |                                         |
| R31, R38                | СП5-1Б-1 кОм                      | 2          |                                         |
| R32                     | СП3-9а-25-10 кОм $\pm 20$         | 1          |                                         |
| R33                     | C2-29B-0,125-2,91 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                                         |
| R34, R36                | МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5\%$         | 2          |                                         |
| R35                     | МЛТ-0,5-5,6 кОм $\pm 10\%$        | 1          |                                         |
| R39                     | МЛТ-0,5-56 Ом $\pm 10\%$          | 1          |                                         |
| R41                     | МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 10\%$         | 1          |                                         |
| R42                     | C2-29B-0,25-1,3 МОм $\pm 0,5\%$   | 1          |                                         |
| R43                     | C2-29B-0,125-200 кОм $\pm 0,5\%$  | 1          |                                         |
| R44                     | C2-29B-0,125-255 Ом $\pm 0,5\%$   | 1          |                                         |
| R45                     | МЛТ-0,5-39 кОм $\pm 10\%$         | 1          | Допускается<br>330...1000 кОм           |
| R46                     | МЛТ-0,5-680 Ом $\pm 10\%$         | 1          |                                         |

*Конденсаторы*

|        |                              |   |  |
|--------|------------------------------|---|--|
| C1, C2 | МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 10\%$ | 1 |  |
| C3     | К50-6-1-6,3 В-50 мкФ         | 1 |  |

*Диоды*

|                               |                       |   |  |
|-------------------------------|-----------------------|---|--|
| VD4, VD5<br>VD8, VD9,<br>VD12 | КД521Г                | 5 |  |
| VD2, VD6,<br>VD7, VD11        | Д9Д                   | 4 |  |
| VT2, VT6                      | Транзистор КТ316Г     | 2 |  |
| DA1                           | Микросхема КМП201УП1А | 1 |  |



| Пределы |        | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |     |     |
|---------|--------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
|         |        | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22, R30 | R23 | R24 | R25 |
| V       | 600    | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 300    | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 150    | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 60     | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 30     | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 15     | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 6      | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 3      | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 0,75   | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 0,075  | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
| mA      | 600    | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 300    | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 150    | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 60     | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 30     | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 15     | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | o   | o   | o   | o   | o   |          |     | x   |     |
|         | 6      | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 3      | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,75   | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,075  | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
| kΩ      | 1500   | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 300    | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 60     | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 15     | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 3      | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,6    | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,12   | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,02   | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,002  | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
|         | 0,0002 | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | x   |     |
| μF      | x 10   | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  |    |    |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   | o   | x   |          |     | x   |     |
|         | x 1000 | o        | o  | o  | o  | o  | o  | x  |    |    |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   | o   | x   |          |     | x   |     |
|         | x 100  | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | +   |     |
|         | x 10   | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   |          |     | +   |     |

Рис. 108. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4354 (3 —

## Комбинированный прибор Ц4354-М1

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 97 и на рис. 109—111.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20-0,1 при натяжении  $30 \pm 5$  г с внутрирамочным магнитом. Ток

| 406<br>VD7<br>681.3 | SBI.1 | SBI.2 | SBI.1 |     |     |     | SBI.2 |       |     |     | SBI.3 |     |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|-------|
|                     |       |       | 1-2   | 2-3 | 3-6 | 7-9 | 10-11 | 11-12 | 1-2 | 2-3 | 3-6   | 7-9 | 10-11 | 11-12 |
|                     | 23    | 23    | x     |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |       |
|                     | 22    | 22    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 21    | 21    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 20    | 20    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 19    | 19    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 18    | 18    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 17    | 17    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 16    | 16    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 15    | 15    | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 8     | 8     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
| x x J               |       | 1     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 2     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 3     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 4     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 5     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 6     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 7     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 8     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               |       | 9     | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
|                     | 1     | 1     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 2     | 2     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 3     | 3     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 4     | 4     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 5     | 5     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 6     | 6     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 7     | 7     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
|                     | 8     | 8     | x     |     | x   |     |       |       | x   |     | x     |     |       |       |
| x x J               | 1     | 23    | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               | 2     | 22    | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               | 3     | 21    | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               | 4     | 20    | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               | 5     | 19    | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               | 6     | 18    | x     | x   | x   |     |       |       | x   | J   | x     | x   | J     | J     |
| x x J               | 7     |       |       |     |     |     |       |       | x   | J   |       |     |       |       |
|                     | +10   | 10    | x     |     | x   | x   |       |       | x   | +   |       | x   | +     | J     |
|                     | +11   | 11    | x     |     | x   | x   |       |       | x   |     | J     | x   | +     | J     |
|                     | +12   | 12    |       |     | x   | +   |       |       | +   |     | J     | +   | +     | J     |
|                     | +13   | 13    |       |     | x   | +   |       |       | +   |     | J     | +   | +     | J     |
|                     | +14   | 14    |       |     | x   | +   |       |       | +   |     | J     | +   | +     | J     |
| x x J               | 9     | 15    | x     | x   | x   | x   |       |       | x   |     | J     | +   | +     | J     |

цепи защиты)

полного отклонения 10 мкА. Сопротивление подвижной рамки 2000 Ом содержит 730—750 витков провода ПЭВ-0,02.

Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С. Питание прибора осуществляется от четырех элементов типа 316 или А316 «Квант».

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При переходе на другие пределы измерений к показаниям прибора по шкале «В» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 98.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов и принципиальной электрической схеме прибора (табл. 99).

**Т а б л и ц а 97. Основные технические параметры комбинированного прибора Ц4354-М1**

| Предел измерения                                                                                                 | Род тока   | Входное сопротивление, кОм/В | Длина шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 300; 600 В                                                                                                       | Постоянный | 16                           | —               | $\pm 2,5$               |
| 300; 600 В                                                                                                       | Переменный | 16                           | —               | $\pm 4$                 |
| 150; 60; 30; 15;<br>6; 3; 0,75; 0,075 В                                                                          | Постоянный | 36                           | —               | $\pm 2,5$               |
| 150; 60; 30; 15; 6; 3; 0,75 В                                                                                    | Переменный | 36                           | —               | $\pm 4$                 |
| 1500; 300; 60; 15; 3;<br>0,6; 0,12; 0,012 мА                                                                     | Постоянный | —                            | —               | $\pm 2,5$               |
| 1500; 300; 60; 15; 3; 0,6;<br>0,12 мА                                                                            | Переменный | —                            | —               | $\pm 4$                 |
| $M\Omega \times 10$ ; $k\Omega \times 1000$ ; $k\Omega \times 100$ ;<br>$k\Omega \times 10$ ; $k\Omega \times 1$ | —          | —                            | 72              | $\pm 2,5$               |
| $\mu F$                                                                                                          | Переменный | —                            | 55              | $\pm 4$                 |
| dB                                                                                                               | Переменный | 36                           | 60              | $\pm 4$                 |

**Т а б л и ц а 98. Поправочные числа к пределам измерений**

| Предел измерения, В   | 0,75 | 1,5 | 3 | 6  | 15  | 30  | 60  | 150 | 300 | 600 |
|-----------------------|------|-----|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправочное число, дБ | —12  | —6  | 0 | +8 | +14 | +20 | +26 | +34 | +40 | +46 |

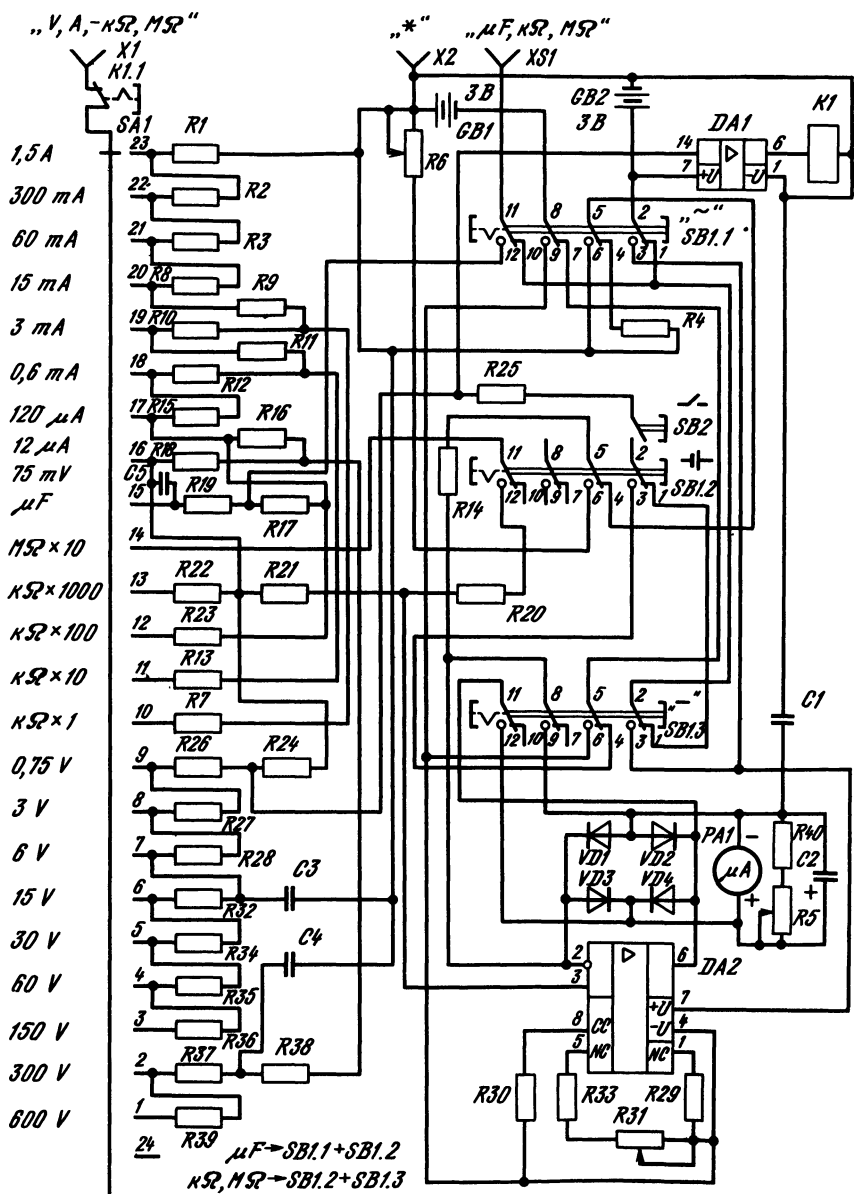


Рис. 109. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4354-М1

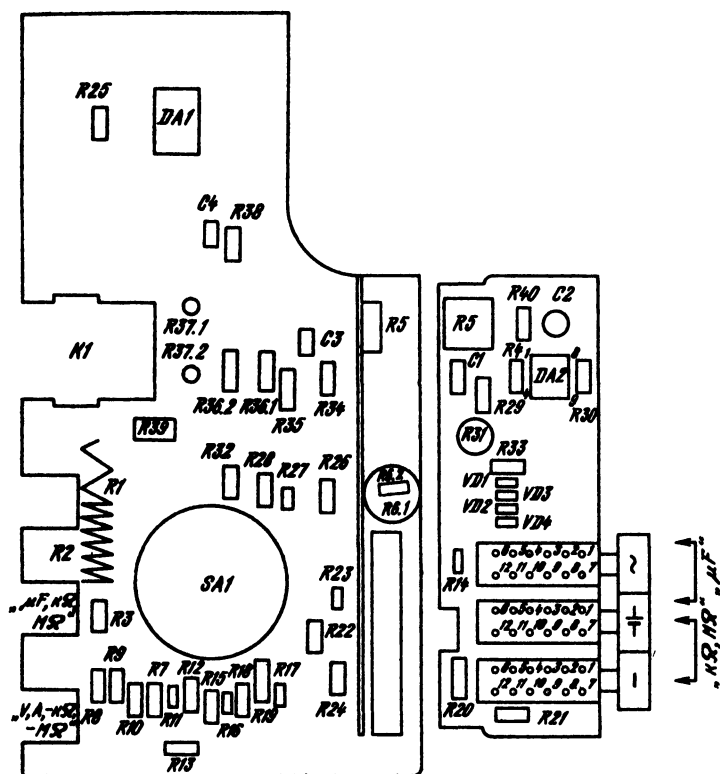


Рис. 110. Схема размещения элементов комбинированного прибора Ц4354-М1

Таблица 99. Перечень элементов к принципиальной схеме комбинированного прибора Ц4354-М1

| Позиционное обозначение | Наименование                   | Число, шт. | Примечание                     |
|-------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| <b>Резисторы</b>        |                                |            |                                |
| R1                      | $0,05 \pm 0,00025 \text{ Ом}$  | 1          | Шунт                           |
| R2                      | $0,2 \pm 0,001 \text{ Ом}$     | 1          | »                              |
| R3                      | C2-29B-0,125-1 Ом $\pm 0,5 \%$ | 1          |                                |
| R4                      | МЛТ-0,25-24 Ом $\pm 10 \%$     | 1          |                                |
| R5                      | СП5-31,5 кОм $\pm 10 \%$       | 1          |                                |
| R6                      | СП3-9а-11-1 кОм $\pm 20 \%$    | 1          | Параллельно 135 Ом $\pm 20 \%$ |
| R7                      | МЛТ-0,25-160 Ом $\pm 10 \%$    | 1          |                                |
| R206                    | C2-29B-0,125-218 Ом $\pm 1 \%$ | 1          |                                |

Окончание табл. 99

| Позиционное<br>обозначение | Наименование                         | Число,<br>шт. | Примечание               |                   |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| R8                         | C2-29B-0,125-3,74 Ом ±0,5 %          | 1             | Допускается СПЗ-27а      |                   |
| R9                         | C2-29B-0,125-1,26 Ом ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R10                        | C2-29B-0,125-18,7 Ом ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R11                        | C2-29B-0,125-37,4 Ом ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R12                        | C2-29B-0,125-62,6 Ом ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R13                        | C2-29B-0,125-2,21 кОм ±1 %           | 1             |                          |                   |
| R14                        | C2-29B-0,125-221 Ом ±0,5 %           | 1             |                          |                   |
| R15                        | C2-29B-0,125-499 Ом ±0,5 %           | 1             |                          |                   |
| R16                        | C2-29B-0,125-626 Ом ±0,5 %           | 1             |                          |                   |
| R17                        | C2-29B-0,125-200 кОм ±1 %            | 1             |                          |                   |
| R18                        | C2-29B-0,125-4,99 кОм ±0,5 %         | 1             |                          |                   |
| R19                        | C2-29B-0,25-1,3 МОм ±1 %             | 1             |                          |                   |
| R20                        | C2-29B-0,25-2,21 МОм ±1 %            | 1             |                          |                   |
| R21                        | C2-29B-0,125-56,2 кОм ±0,5 %         | 1             |                          |                   |
| R22                        | C2-29B-0,125-221 кОм ±1 %            | 1             |                          |                   |
| R23                        | C2-29B-0,125-22,1 кОм ±1 %           | 1             |                          |                   |
| R24                        | C2-29B-0,125-2,64 кОм ±0,5 %         | 1             |                          |                   |
| R25                        | МЛТ-0,25-30 кОм ±10 %                | 1             |                          |                   |
| R26                        | C2-29B-0,125-53,6 кОм ±0,5 %         | 1             |                          |                   |
| R27                        | C2-29B-0,125-187 кОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R28                        | C2-29B-0,125-249 кОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R29                        | МЛТ-0,25-24 кОм ±10 %                | 1             |                          |                   |
| R30                        | МЛТ-0,25-200 кОм ±10 %               | 1             |                          |                   |
| R31                        | СПЗ-386-0,125-33 кОм ±20 %           | 1             |                          |                   |
| R32                        | C2-29B-0,125-750 кОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R33                        | МЛТ-0,25-33 кОм ±10 %                | 1             |                          |                   |
| R34                        | C2-29B-0,25-1,26 МОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R35                        | C2-29B-0,25-2,49 МОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R36                        | C2-29B-0,25-3,48 МОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
|                            | C2-29B-0,25-4,02 МОм ±0,5 %          | 1             |                          |                   |
| R37                        | C2-29B-0,5-4,87 МОм ±0,5 %           | 1             |                          |                   |
| R38                        | МЛТ-0,25-130 кОм ±10 %               | 1             |                          |                   |
| R39                        | C2-29B-0,5-4,99 МОм ±0,5 %           | 1             |                          |                   |
| R40                        | МЛТ-0,25-1,5 кОм ±10 %               | 1             |                          |                   |
| Конденсаторы               |                                      |               |                          |                   |
| C1                         | K73-9-100 В-2700 пФ ±10 %            | 1             |                          | При необходимости |
| C2                         | K50-6-1-6,3 В-50 мкФ                 | 1             |                          |                   |
| C3                         | KД2-М1500-39 пФ ±10 %                | 1             |                          |                   |
| C4                         | KД2-Н70-680 пФ $\pm \frac{80}{20}$ % | 1             |                          |                   |
| C5*                        | KД2-М750-6,8 пФ ±10 %                | 1             |                          |                   |
| VD1—VD4                    | Диод КД521В                          | 4             | Допускается<br>КМП201УП1 |                   |
| DA1                        | Усилитель устройства защиты          | 1             |                          |                   |
|                            | КМП203УП1А                           |               |                          |                   |
| DA2                        | Микросхема КР140УД1208               |               |                          |                   |

| Пределы |        |       | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                   |
|---------|--------|-------|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
|         |        |       | R1       | R2 | R3 | R4 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29-R31, R33, R42 |
| V       | " — "  | 600   | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 300   | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 150   | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     |     |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 60    | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 30    | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 15    | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 6     | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 3     | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 0,75  | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   |     | x                 |
|         |        | 0,075 | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         | " ~ "  | 600   | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 300   | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 150   | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     |     |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 60    | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 30    | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 15    | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 6     | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 3     | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   | x   | x                 |
|         |        | 0,75  | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     | x   |     |     | x   |     | x                 |
| mA      | " — "  | 1500  | +        | x  | x  | x  |    |    | x  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 300   | +        | +  | +  | x  |    |    | x  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 60    | +        | +  | +  | x  |    |    | x  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 15    | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 3     | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 0,6   | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 0,12  | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | +   | +   | x   |     | +   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 0,012 | +        | +  | +  | x  |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   |     | +   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 1500  | +        | +  | +  | x  |    |    | x  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         | " ~ "  | 300   | +        | +  | +  |    |    |    | x  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 60    | +        | +  | +  |    |    |    | x  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 15    | +        | +  | +  |    |    |    | +  | x  | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 3     | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | x   | x   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 0,6   | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 0,12  | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | +   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         |        | 0,012 | +        | +  | +  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | +   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
| MS      | x 10   |       |          |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     | x   |     |     |     |     |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
| KΩ      | x 1000 | +     | +        | +  | x  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   |     | +   |     |     | x   | +   |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         | x 100  | +     | +        | +  | x  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | +   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     | +   |     |     |     |     |     | x                 |
|         | x 10   | +     | +        | +  | x  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   | +   | x   | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
|         | x 1    | +     | +        | +  | x  | +  |    |    | +  | +  | +   | x   | x   | x   |     | x   | x   |     | x   |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |
| μF      |        | +     | +        | +  | x  |    |    |    | +  | +  | +   | +   | +   |     | x   | +   | +   | +   | +   | +   |     | x   |     |     |     |     |     |     |     | x                 |

Рис. 111. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4354-М1

Э л е м е н т ы

| R3, R4, PA1, C2<br>VD1-VD4, C1 | R32 | R34 | R35 | R36 | R37 | R38 | R39 | C3 | C4 | C5 | GB1 | GB2 | SA1 | SB1.1 |     |     |     |     |     | SB1.2 |       |     |     | SB1.3 |     |       |     |     |     |     |     |       |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|                                |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     | 1-2   | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 7-8 | 8-9 | 10-11 | 11-12 | 1-2 | 2-3 | 4-5   | 5-6 | 11-12 | 1-2 | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 8-9 | 11-12 |
| x                              |     |     |     |     | x   | x   | x   |    |    |    | x   | x   | 1   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     | x   | x   |     |    |    |    | x   | x   | 2   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   | x   | x   |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 3   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   | x   |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 4   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 5   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 6   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 7   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 8   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 9   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 16  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     | x   | x   | x   |    | x  |    | x   | x   | 1   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     | x   | x   |     |    | x  |    | x   | x   | 2   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   | x   | x   | x   |     |     | x  |    |    | x   | x   | 3   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   | x   | x   |     |     |     | x  |    |    | x   | x   | 4   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   | x   |     |     |     |     | x  |    |    | x   | x   | 5   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   | x   |     |     |     |     |     | x  |    |    | x   | x   | 6   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 7   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 8   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 9   | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 23  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 22  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 21  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 20  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 19  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 18  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 17  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 16  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       | +U  | -U    | x   | x   |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 23  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 22  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 21  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       |     |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 20  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 19  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 18  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 17  | +U    | x   | -U  |     |     |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 14  | +U    |     | -U  | x   |     |     |       |       | x   | x   | +U    | -U  | x     | x   |     |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 13  | +U    |     | -U  | +   |     |     |       |       | x   | x   | +U    | -U  | x     | x   |     |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 12  | +U    |     | -U  | +   |     |     |       |       | x   | x   | +U    | -U  | x     | x   |     |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 11  | +U    |     | -U  | +   |     |     |       |       | x   | x   | +U    | -U  | x     | x   |     |     |     |     |       |
| x                              |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    | x   | x   | 10  | +U    |     | -U  | +   |     |     |       |       | x   | x   | +U    | -U  | x     | x   |     |     |     |     |       |
| x                              | x   |     |     |     |     |     |     |    |    | x  | x   | x   | 15  | +U    |     | -U  |     | +   |     |       |       | x   |     |       |     |       |     |     |     |     |     |       |

## Комбинированный прибор 43101

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения постоянного тока.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 100—102 и на рис. 112—114.

Входное сопротивление прибора около 20 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений, а с множителем  $\times 2$  10 кОм/В. Рабочая температура  $-10...+40^\circ\text{C}$ , относительная влажность воздуха 90 % при температуре  $30^\circ\text{C}$ .

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках. Ток полного отклонения 29 мкА, сопротивление подвижной рамки 775 Ом.

Питание прибора осуществляется от встроенного источника питания, состоящего из трех элементов типа 316.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 103).

Таблица 100. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

| Предел измерения                                           | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В<br>75 мВ                 | Постоянный | 51                          | —                                | $\pm 1,5$               |
| 500; 250; 100; 25; 10;<br>2,5; 0,5 В } $\times 2$<br>75 мВ | Постоянный | 102                         | —                                | $\pm 1,5$               |
| 500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В                          | Переменный | 53                          | —                                | $\pm 2,5$               |
| 500; 250; 100;<br>25; 10; 2,5; 0,5 В } $\times 2$<br>10А   | Переменный | 106                         | —                                | $\pm 2,5$               |
|                                                            | Постоянный | —                           | 0,6                              | $\pm 1,5$               |
|                                                            | Переменный | —                           | 0,6                              | $\pm 2,5$               |
| 2500; 500; 100;<br>25; 5; 1; 0,25 мА                       | Постоянный | —                           | 0,3                              | $\pm 1,5$               |
| 50 мкА                                                     | Переменный | —                           | 0,3                              | $\pm 2,5$               |
| 2500; 500; 100<br>25; 5; 0,25 мА } $\times 2$              | Постоянный | —                           | 0,08                             | $\pm 1,5$               |
|                                                            | Переменный | —                           | 0,6                              | $\pm 1,5$               |
| 50 мкА $\times 2$                                          | Постоянный | —                           | 0,16                             | $\pm 2,5$               |
|                                                            | Переменный | —                           | 0,16                             | $\pm 1,5$               |

**Таблица 101. Частотные параметры прибора**

| Предел измерения                    | Частотная область, Гц |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                     | номинальная           | расширенная |
| 250; 500; 1000                      | 45...60               | 45...200    |
| 200; 100; 0,15; 0,075 В; 10 А       | 45...400              | 45...1000   |
| 0,5 В; 5000 мА                      | 45...2000             | 45...5000   |
| Остальные пределы напряжения и тока | 45...5000             | 20...20 000 |

**Таблица 102. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

| Предел измерения      | Конечное значение измеряемого параметра | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| $\Omega$              | 200                                     | 3,7...4,7                                | 62                            | $\pm 2,5$               |
| $k\Omega \times 1$    | 10                                      | 3,7...4,7                                | 70                            | $\pm 2,5$               |
| $k\Omega \times 10$   | 100                                     | 3,7...4,7                                | 70                            | $\pm 2,5$               |
| $k\Omega \times 100$  | 1000                                    | 3,7...4,7                                | 70                            | $\pm 2,5$               |
| $k\Omega \times 1000$ | 10 000                                  | 190...245                                | 70                            | $\pm 2,5$               |
| $nF \times 10$        | 0,1                                     | 190...245                                | 70                            | $\pm 4$                 |
| $nF \times 100$       | 1                                       | 190...245                                | 70                            | $\pm 2,5$               |
| dBu                   | -10...+12                               | —                                        | 50                            | $\pm 2,5$               |

Примечание. Ток потребления 0,053 мА.

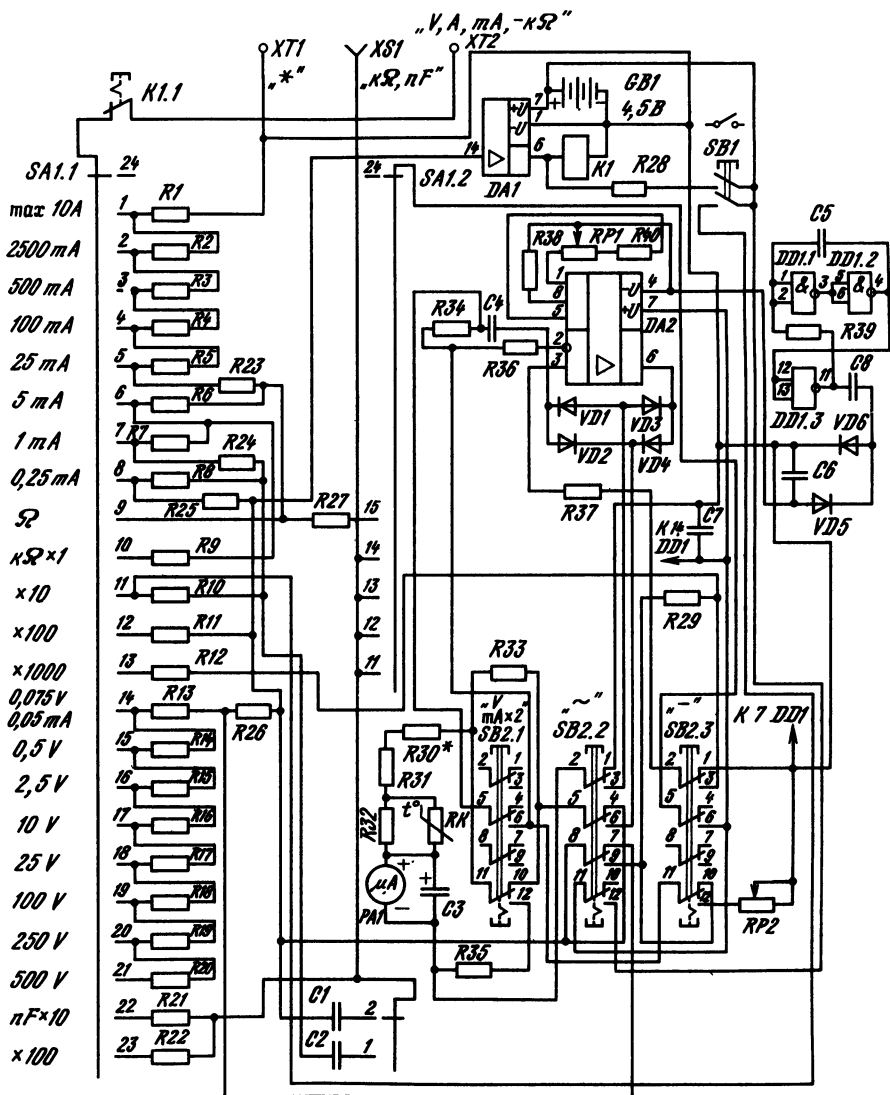


Рис. 112. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43101

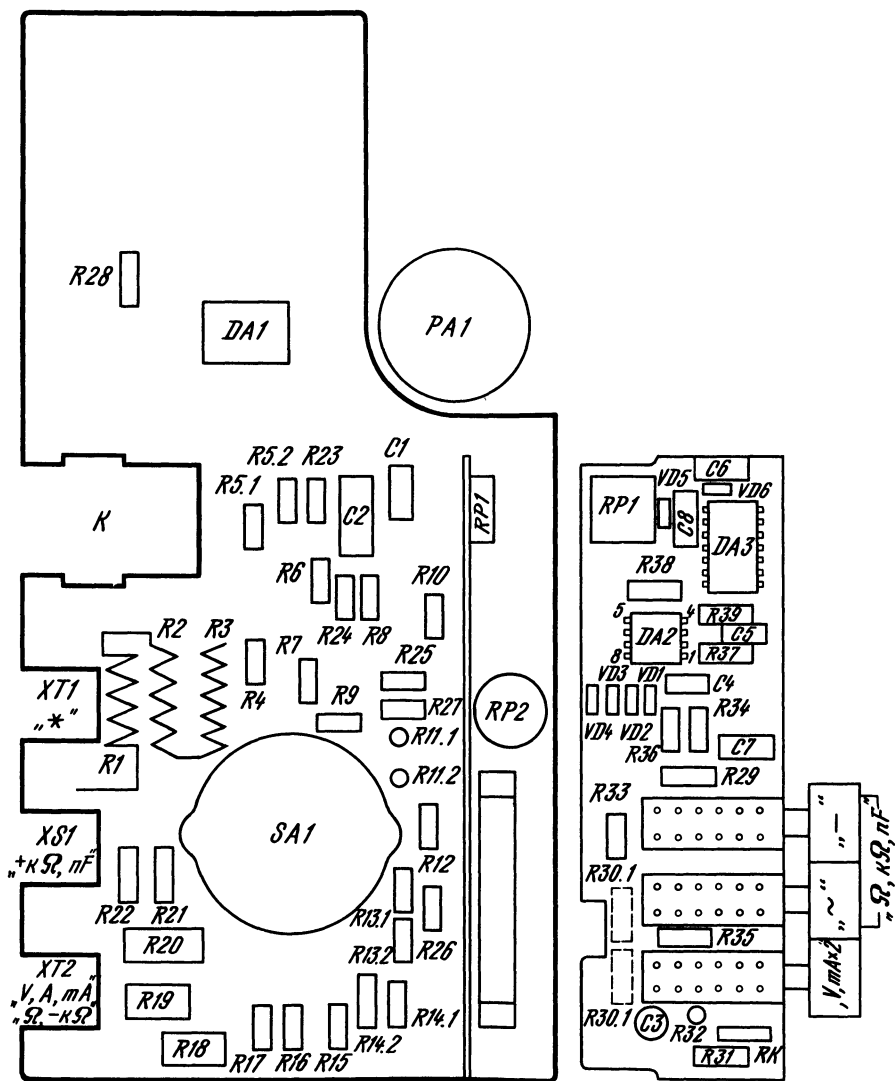


Рис. 113. Схема размещения элементов комбинированного прибора 43101

| Пределы |   |               | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|---------|---|---------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|         |   |               | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 |   |
| mA      | — | max 10A       | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 2500          | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 500           | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 100           | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 25            | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 5             | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 1             | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 0,25          | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         | ~ | max 10A       | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 2500          | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 500           | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 100           | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 25            | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 5.            | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 1             | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | 0,25          | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
| V       | — | 0,015(0,05mA) | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 0,5           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 2,5           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 10            | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 25            | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 100           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 250           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         |   | 500           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     | o   | o   | o   |   |
|         | ~ | 0,015(0,05mA) | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 0,5           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 2,5           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 10            | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 25            | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 100           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 250           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     |     | o   | o   | o |
|         |   | 500           | o        | o  | o  | o  | o  | o  | o  | o  |    |     |     |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |     |     |     |     | o   | o   | o |
| Ω       |   |               | +        | +  | +  | +  | +  | +  | x  | x  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   |   |
| кΩ      |   | x1            | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | x  | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | x10           | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | x  | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | x100          | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | x  | +   | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
|         |   | x1000         | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | x  | +   |     | x   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | + |
| нF      |   | x10           | x        | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | +  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   |     | x   | x   | x   | x   |   |
|         |   | x100          | x        | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | +  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   |     | x   | x   | x   | x   |   |
| x2      |   |               |          |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | +   | x   | x   | x   | x |

Рис. 114. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43101:

○ — цепи питания микросхемы в цепи измерения; ⊗ — цепи измерения после преобразования;

|     |              |     |                  |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       | Элементы |       |       |     |     |     |       |     |       |     |       |       |     |     |       |
|-----|--------------|-----|------------------|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|----------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| R27 | R28, R31, R1 | R29 | R30, R32, R3, C3 | R33 | R34 | R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100 | R35 | R37 | RP2 | C1 | C2 | GB1 | SB2.1 |          |       | SB2.2 |     |     |     | SB2.3 |     |       |     | SA1.1 | SA1.2 |     |     |       |
|     |              |     |                  |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     | 5-6   | 10-11    | 11-12 | 1-2   | 2-3 | 4-5 | 5-6 | 7-8   | 8-9 | 11-12 | 1-2 |       |       | 2-3 | 5-6 | 10-11 |
|     | 3            | 3   | x                | x   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   | x   |     |       |     |       |     |       |       |     | 1   |       |
|     | 3            | 3   | x                | x   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   | x   |     |       |     |       |     |       |       |     | 2   |       |
|     | 3            | 3   | x                | x   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   | x   |     |       |     |       |     |       |       |     | 3   |       |
|     | 3            | 3   | x                | x   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   | x   |     |       |     |       |     |       |       |     | 4   |       |
|     | 3            | 3   | x                | x   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   | x   |     |       |     |       |     |       |       |     | 5   |       |
|     | 3            | 3   | x                | x   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   | x   |     |       |     |       |     |       |       |     | 6   |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     | x     | x   |     |     |       |     |       |     |       |       |     | 7   |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     |     |       |     |       |     |       |       |     | 8   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 1   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 2   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 3   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 4   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 5   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 6   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 7   |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 8   |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 14  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 15  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 16  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 17  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 18  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 19  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 20  |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     | x   |       |     |       |     |       |       |     | 21  |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 14  |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 15  |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 16  |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 17  |       |
|     |              |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 18  |       |
|     | 3            |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 19  |       |
|     | 3            |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 20  |       |
|     | 3            |     | ⊗                |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   |    |    |     |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     | x   |       |     | x     |       |     | 21  |       |
| +   |              | x   | ⊗                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   | x  |    | +   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | +     |     |       | x   | +     | x     |     | 9   | 15    |
|     |              | x   | ⊗                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   | x  |    | +   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | +     |     |       | x   | +     | x     |     | 10  | 14    |
|     |              | x   | ⊗                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   | x  |    | +   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | +     |     |       | x   | +     | x     |     | 11  | 13    |
|     |              | x   | ⊗                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   | x  |    | +   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | +     |     |       | x   | +     | x     |     | 12  | 12    |
|     |              | x   | ⊗                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     | x   | x  |    | +   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | +     |     |       | x   | +     | x     |     | 13  | 11    |
|     |              |     |                  |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     | x  | x  | ⊕   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     |     |       | x   |       | x     | 22  | 2   |       |
|     |              |     |                  |     | x   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |     |     | x  |    | ⊕   |       |          | ⊗     |       | ⊗   |     | x   | ⊕     |     |       | x   |       | x     | 23  | 1   |       |
|     |              |     | x                |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     | x   |     |    |    |     |       |          | x     |       | x   |     |     |       |     |       |     |       |       |     |     |       |

Таблица 103. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора 43101

| Позиционное обозначение | Наименование                       | Число, шт | Примечание                   |
|-------------------------|------------------------------------|-----------|------------------------------|
|                         | <i>Резисторы</i>                   |           |                              |
| R1                      | 0,015 Ом $\pm 0,00005$ Ом          | 1         | Шунт<br>»<br>»               |
| R2                      | 0,045 $\pm 0,00015$ Ом             | 1         |                              |
| R3                      | 0,24 $\pm 0,0007$ Ом               | 1         |                              |
| R4                      | C2-29B-0,125-1,2 $\pm 0,006$ Ом    | 1         | Последовательно<br>R5=4,5 Ом |
| R5                      | C2-29B-0,125-1,98 $\pm 0,01$ Ом    | 1         |                              |
|                         | C2-29B-0,125-2,52 Ом $\pm 0,5$ %   | 1         |                              |
| R6                      | C2-29B-0,125-12 Ом $\pm 0,25$ %    | 1         |                              |
| R7                      | C2-29B-0,125-120 Ом $\pm 0,25$ %   | 1         |                              |
| R8                      | C2-29B-0,125-301 Ом $\pm 0,25$ %   | 1         |                              |
| R9                      | C2-29B-0,125-965 Ом $\pm 0,5$ %    | 1         |                              |
| R10                     | C2-29B-0,125-9,65 кОм $\pm 0,5$ %  | 1         |                              |
| R11                     | C2-29B-0,125-96,5 кОм $\pm 0,5$ %  | 1         |                              |
| R12                     | C2-29B-0,125-965 кОм $\pm 0,25$ %  | 1         |                              |
| R13                     | C2-29B-0,125-240 Ом $\pm 0,25$ %   | 1         | Параллельно<br>R14=8,5 кОм   |
| R14                     | C2-29B-0,125-8,56 кОм $\pm 0,25$ % | 1         |                              |
|                         | МЛТ-0,5-1,2 МОм $\pm 5$ %          | 1         |                              |
| R15                     | C2-29B-0,125-40,2 кОм $\pm 0,25$ % | 1         |                              |
| R16                     | C2-29B-0,125-150 кОм $\pm 0,25$ %  | 1         |                              |
| R17                     | C2-29B-0,125-301 кОм $\pm 0,25$ %  | 1         |                              |
| R18                     | C2-29B-0,5-1,5 МОм $\pm 0,25$ %    | 1         |                              |
| R19                     | C2-29B-0,5-3,01 МОм $\pm 0,25$ %   | 1         |                              |
| R20                     | C2-29B-1-4,99 МОм $\pm 0,25$ %     | 1         |                              |
| R21                     | МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5$ %          | 1         |                              |
| R22                     | МЛТ-0,5-470 кОм $\pm 5$ %          | 1         | Терморезистор                |
| R23                     | C2-29B-0,125-12 Ом $\pm 0,25$ %    | 1         |                              |
| R24                     | C2-29B-0,125-150 Ом $\pm 0,25$ %   | 1         |                              |
| R25                     | C2-29B-0,125-2,4 кОм $\pm 0,25$ %  | 1         |                              |
| R26                     | C2-29B-0,125-193 Ом $\pm 0,25$ %   | 1         |                              |
| R27                     | C2-29B-0,125-549 Ом $\pm 0,5$ %    | 1         |                              |
| R28                     | МЛТ-0,5-56 Ом $\pm 10$ %           | 1         |                              |
| R29                     | МЛТ-0,5-27 кОм $\pm 10$ %          | 1         |                              |
| R30*                    | МЛТ-0,5-(22...430) Ом $\pm 10$ %   | 1         |                              |
| R31                     | МЛТ-0,5-1 кОм $\pm 5$ %            | 1         |                              |
| R32                     | C2-29B-0,125-240 Ом $\pm 0,25$ %   | 1         |                              |
| R33                     | C2-29B-0,125-1,1 кОм $\pm 0,25$ %  | 1         |                              |
| R34                     | C2-29B-0,125-2,4 кОм $\pm 0,25$ %  | 1         |                              |
| R35                     | C2-29B-0,125-2,18 кОм $\pm 0,25$ % | 1         |                              |
| R36                     | C2-29B-0,125-1,67 кОм $\pm 0,25$ % | 1         |                              |
| R37                     | МЛТ-0,5-1 кОм $\pm 5$ %            | 1         |                              |
| R38                     | МЛТ-0,5-270 кОм $\pm 10$ %         | 1         |                              |
| R39                     | МЛТ-0,5-15 кОм $\pm 10$ %          | 1         |                              |
| R40                     | C2-29B-0,125-27,1 кОм $\pm 0,5$ %  | 1         |                              |
| RK                      | ММТ-13B-470 Ом $\pm 20$ %          | 1         |                              |
| RP1                     | СПЗ-39А-0,5-100 кОм $\pm 20$ %     | 1         |                              |
| RP2                     | СПЗ-9а-11-6,8 кОм $\pm 10$ %       | 1         |                              |
|                         | <i>Конденсаторы</i>                |           |                              |
| C1                      | К73-9-100 В-0,01 мкФ $\pm 5$ %     | 1         |                              |
| C2                      | К73-9-100 В-0,1 мкФ $\pm 5$ %      | 1         |                              |

| Позиционное обозначение | Наименование                     | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|----------------------------------|------------|------------|
| C3                      | K50-16-10 В-10 мкФ               | 1          |            |
| C4                      | K73-9-100 В-1800 пФ $\pm 10\%$   | 1          |            |
| C5                      | K73-9-100 В-2200 пФ $\pm 10\%$   | 1          |            |
| C6—C8                   | K73-9-100 В-0,047 мкФ $\pm 20\%$ | 3          |            |
| <i>Микросхемы</i>       |                                  |            |            |
| D1                      | KMP203УП1                        | 1          |            |
| D2                      | KP140УД12.08                     | 1          |            |
| D3                      | K561ЛА7                          | 1          |            |
| VD1—VD6                 | Диод КД521В                      | 6          |            |

\* Подбирают при регулировке

Примечание. В приборе могут быть установлены элементы других типов, не ухудшающие характеристики прибора.

## Комбинированный прибор 43102

Прибор предназначен для измерений напряжения постоянного тока, среднеквадратического значения напряжения переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля, в том числе и двигателя с бесконтактной системой зажигания, и угла замкнутого состояния контактов с электрооборудованием напряжением 12 В с минусом на «массе» автомобиля.

Рабочая температура 1...40 °С, относительная влажность воздуха 80 % при температуре 25 °С.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 104 и на рис. 115—117.

Основная погрешность прибора выражается приведенной погрешностью к пределу измерения (конечному значению диапазона) при измерении напряжения постоянного и переменного токов, частоты вращения коленчатого вала двигателя и угла замкнутого состояния контактов прерывателя и к длине шкалы при измерении сопротивления, причем длина шкалы на пределе 100 Ом составляет 54 мм, а на пределе 100 кОм 46 мм.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом на растяжках с током полного отклонения 75 мкА. Подвижная рамка содержит  $595 \pm 15$  витков провода ПЭВ-1 0,03.

Напряжение источника питания встроенного амперметра 1,35...1,65 В.

Напряжение источника питания схемы измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя и угла замкнутого состояния контактов прерывателя 10,8...15 В.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 105).

Таблица 104. Основные технические параметры комбинированного прибора 43102

| Измеряемая величина                             | Конечное значение            | Потребляемый ток, мА | Основная погрешность, % |
|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Напряжение постоянного тока                     | 2; 20; 40 В                  | 0,105                | $\pm 1,5$               |
| Напряжение переменного тока                     | 60...400 В                   | 0,510                | $\pm 2,5$               |
| Сопротивление постоянному току                  | 0,1; 100 кОм                 | 35                   | $\pm 2,5$               |
| Частота вращения коленчатого вала двигателя     | 1500; 9000 мин <sup>-1</sup> | 15                   | $\pm 2,5$               |
| Угол замкнутого состояния контактов прерывателя | 45; 60; 90 град              | 15                   | $\pm 2,5$               |

Таблица 105. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора 43102

| Позиционное обозначение | Наименование                      | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|-----------------------------------|------------|------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                   |            |            |
| R1                      | C2-29B-0,25-12 Ом $\pm 0,25$ %    | 1          |            |
| R2                      | C2-29B-0,125-18,4 кОм $\pm 0,5$ % | 1          |            |
| R3                      | C2-29B-0,125-180 кОм $\pm 0,25$ % | 1          |            |
| R4                      | C2-29B-0,25-200 кОм $\pm 0,25$ %  | 1          |            |
| R5                      | C2-29B-0,5-1,0 МОм $\pm 0,5$ %    | 1          |            |
| R6                      | МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 5$ %         | 1          |            |
| R7, R8                  | МЛТ-0,5-1,8 кОм $\pm 10$ %        | 2          |            |
| R9                      | МЛТ-0,5-470 Ом $\pm 10$ %         | 1          |            |
| R10                     | МЛТ-0,5-3 кОм $\pm 5$ %           | 1          |            |
| R11                     | C2-29B-0,25-8,35 кОм $\pm 0,5$ %  | 1          |            |
| R12                     | СПЗ-9а-11-6,8 кОм $\pm 20$ %      | 1          |            |
| R13                     | МЛТ-0,5-62 Ом $\pm 5$ %           | 1          |            |
| R14                     | МЛТ-0,5-1 кОм $\pm 10$ %          | 1          |            |
| R15                     | МЛТ-0,5-2,7 кОм $\pm 5$ %         | 1          |            |
| R16*                    | МЛТ-0,5-(10...33) кОм             | 1          |            |
| R17                     | МЛТ-0,5-100 кОм $\pm 10$ %        | 1          |            |
| R18                     | МЛТ-0,5-330 Ом $\pm 10$ %         | 1          |            |
| R19*—R21*               | МЛТ-0,5-(22...910) Ом             | 3          |            |
| R22                     | C2-29B-0,25-2,61 кОм $\pm 0,5$ %  | 1          |            |
| R23                     | C2-29B-0,25-287 Ом $\pm 0,5$ %    | 1          |            |
| R24                     | C2-29B-0,25-145 Ом $\pm 0,5$ %    | 1          |            |
| R25                     | C2-29B-0,25-422 Ом $\pm 0,5$ %    | 1          |            |
| <i>Конденсаторы</i>     |                                   |            |            |
| C1, C2                  | МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 10$ %      | 2          |            |
| C3                      | МБМ-160 В-0,5 мкФ $\pm 10$ %      | 1          |            |
| C4                      | К50-6-II-6,3 В-200 мкФ $\pm 10$ % | 1          |            |
| VD1                     | Диод КД105Б                       | 1          |            |

| Позиционное обозначение | Наименование      | Число, шт. | Примечание |
|-------------------------|-------------------|------------|------------|
| VD2                     | Стабилитрон Д814Б | 1          |            |
| VD3—VD7                 | Диод КД521Б       | 5          |            |
| VT1                     | Транзистор КТ315Б | 1          |            |

\* Подбирают при регулировке.

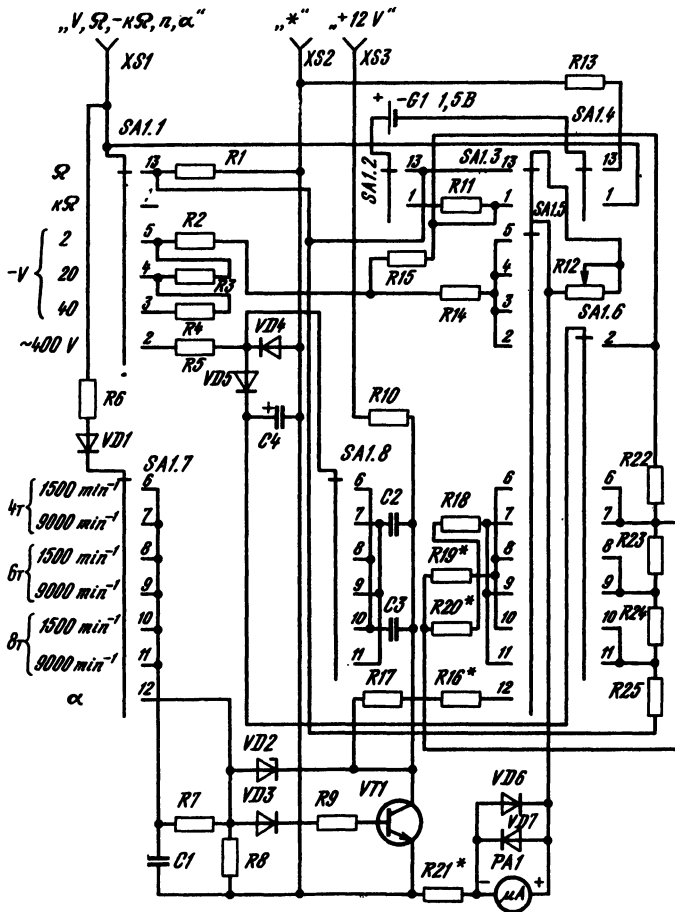


Рис. 115. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43102

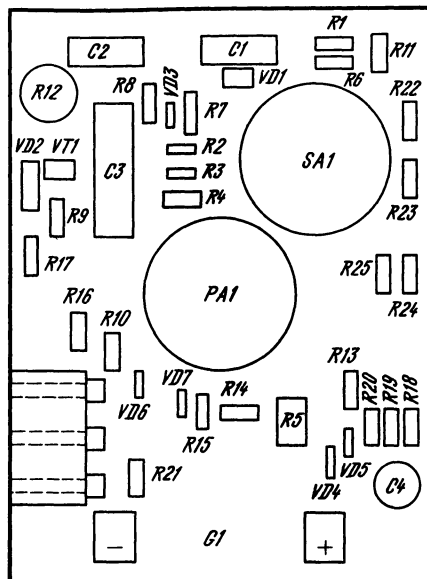


Рис. 116. Схема размещения элементов комбинированного прибора 43102

| Пределы    | Э л е м е н т ы        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |                         |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |          |     |       |       |       |       |       |       |       |       |    |    |
|------------|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|
|            | R1                     | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16* | R17 | R18 | R19 | R20 | R21, R24, R26, R27, R29 | R22 | R23 | R24 | R25 | C1 | C2 | C3 | C4 | G1 | VD1 | VD2 | VD3 | VD4, VD5 | V71 | SA1.1 | SA1.2 | SA1.3 | SA1.4 | SA1.5 | SA1.6 | SA1.7 | SA1.8 |    |    |
| $\Omega$   | +                      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   | +   |     |     |      |     |     |     | x   |                         |     |     |     |     |    |    |    |    | +  |     |     |     |          |     | 13    | 13    | 13    | 13    |       |       |       |       |    |    |
| k $\Omega$ | o                      |    |    |    |    |    |    |    |    | x   | x   |     |     |     |     |      |     |     |     | x   | o                       | o   | o   | o   |     |    |    |    |    | x  |     |     |     |          |     |       | 1     | 1     | 1     |       |       |       |       |    |    |
| 2V         |                        | x  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |      |     |     |     | x   |                         |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |          |     |       | 5     |       |       | 5     |       |       |       |    |    |
| 20 V       |                        | x  | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |      |     |     |     | x   |                         |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |          |     |       | 4     |       |       | 4     |       |       |       |    |    |
| 40 V       |                        | x  | x  | x  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |      |     |     |     | x   |                         |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |          |     |       | 3     |       |       | 3     |       |       |       |    |    |
| ~400 V     |                        |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   | x    |     |     |     | x   |                         |     |     |     |     |    |    |    |    |    | x   |     |     |          | x   | 2     |       |       | 2     | 2     |       |       |       |    |    |
| 4r         | 1500 min <sup>-1</sup> | o  |    |    |    | x  | x  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     |      |     |     | o   | x   |                         | o   | o   | o   | o   | x  |    | x  | x  |    |     |     | x   | +        | x   | x     | x     |       |       |       | 6     | 6     | 6     | 6  |    |
|            | 9000 min <sup>-1</sup> | o  |    |    |    | x  | x  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     |      |     |     | o   | o   | x                       |     | o   | o   | o   | x  | x  |    | x  | x  |     |     |     | x        | +   | x     | x     | x     |       |       |       | 7     | 7     | 7  | 7  |
| 6r         | 1500 min <sup>-1</sup> | o  |    |    |    | x  | x  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     |      |     |     |     | o   | o                       | x   |     | o   | o   | x  | x  |    | x  | x  |     |     |     | x        | +   | x     | x     | x     |       |       |       | 8     | 8     | 8  | 8  |
|            | 9000 min <sup>-1</sup> | o  |    |    |    | x  | x  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     |      |     |     |     | o   | o                       | x   |     | o   | o   | x  | x  |    | x  | x  |     |     |     | x        | +   | x     | x     | x     |       |       |       | 9     | 9     | 9  | 9  |
| 8r         | 1500 min <sup>-1</sup> | o  |    |    |    | x  | x  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     |      |     |     |     | o   | o                       | x   |     |     | o   | x  | x  |    | x  | x  |     |     |     | x        | +   | x     | x     | x     |       |       |       | 10    | 10    | 10 | 10 |
|            | 9000 min <sup>-1</sup> | o  |    |    |    | x  | x  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     |      |     |     |     | o   | o                       | x   |     |     | o   | x  | x  |    | x  | x  |     |     |     | x        | +   | x     | x     | x     |       |       |       | 11    | 11    | 11 | 11 |
| $\alpha$   |                        |    |    |    |    | x  | o  | x  | x  | +   |     |     |     |     |     | x    | x   |     |     | x   |                         |     |     |     |     | o  |    |    |    |    |     |     |     | x        | +   | x     |       | x     |       |       |       | 12    |       | 12 |    |

Рис. 117. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43102

## Комбинированный прибор 43104

Прибор комбинированный 43104 предназначен для: измерений постоянных и переменных синусоидальной формы токов и напряжений, сопротивлений постоянному току, абсолютного уровня сигнала по напряжению переменного тока, проверки работоспособности трактов усилителей низкой и промежуточной частот радиотехнических устройств при помощи встроенного генератора, проверки работоспособности биполярных транзисторов мощностью до 150 мВт с измерением их параметров.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 106–108 и на рис. 118–121.

Прибор применяется при температуре окружающего воздуха +10...+35 °С и влажности до 80% при температуре воздуха 25 °С.

Генератор, встроенный в прибор, обеспечивает генерацию напряжения: на выходе «1 кГц» – по форме близкой к прямоугольной со значением частоты  $F = 1 \pm 0,2$  кГц, амплитудным значением не менее 1,0 В; на выходе «465 кГц» – по форме близкой к синусоидальной со значением частот  $F = 465,0 \pm 46,5$  кГц амплитудным значением не менее 0,2 В, модулированным напряжением по форме близкой к прямоугольной, частотой 1 кГц с глубиной модуляции 20...100 %.

В приборе применён измерительный механизм магнитоэлектрической системы на растяжках с током полного отклонения – 37,5 мкА и сопротивлением рамки 800±40 Ом.

Т а б л и ц а 106. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

| Пределы измерений         | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|---------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0,6 мА                    | Постоянный | –                           | 0,06                             | ±2,5                    |
| 0,6; 6; 60; 600 мА        | «          | –                           | 0,18                             | ±2,5                    |
| 3000 мА                   | «          | –                           | 0,3                              | ±2,5                    |
| 0,6; 1,2; 3; 12; 30; 60 В | «          | 50                          | –                                | ±2,5                    |
| 120; 300; 600; 1200 В     | «          | 50                          | –                                | ±2,5                    |
| 0,3; 3; 30; 300; 3000 мА  | Переменный | –                           | 0,9                              | ±4,0                    |
| 3; 6; 15; 60; 150; 300 В  | «          | 250                         | –                                | ±4,0                    |
| 600; 1200 В               | «          | 250                         | –                                | ±4,0                    |

Т а б л и ц а 107. Частотные характеристики прибора

| Пределы измерения        | Частотная область, Гц |             |
|--------------------------|-----------------------|-------------|
|                          | номинальная           | расширенная |
| 300; 600; 1200 В         | 45...100              | 45...300    |
| 150 В                    | 45...300              | 45...1000   |
| 60 В                     | 45...1000             | 45...5000   |
| 15 В                     | 45...5000             | 45...10000  |
| 3; 6 В                   | 45...10000            | 45...20000  |
| 0,3; 3; 30; 300; 3000 мА | 45...10000            | 45...20000  |

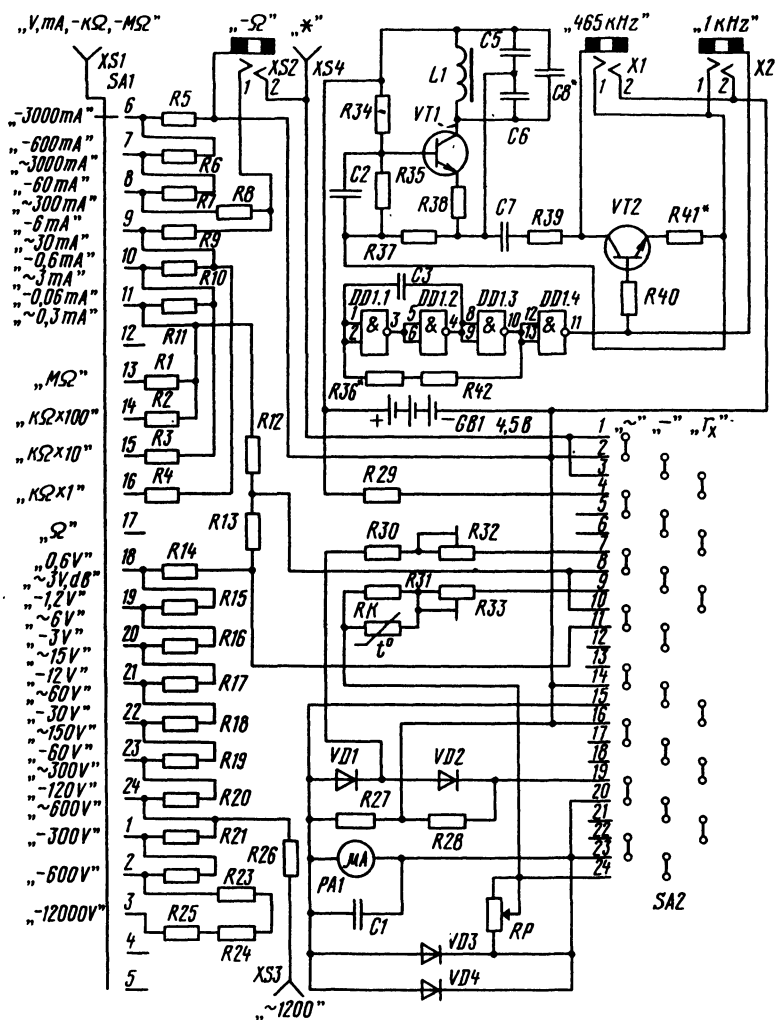


Рис. 118. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43104

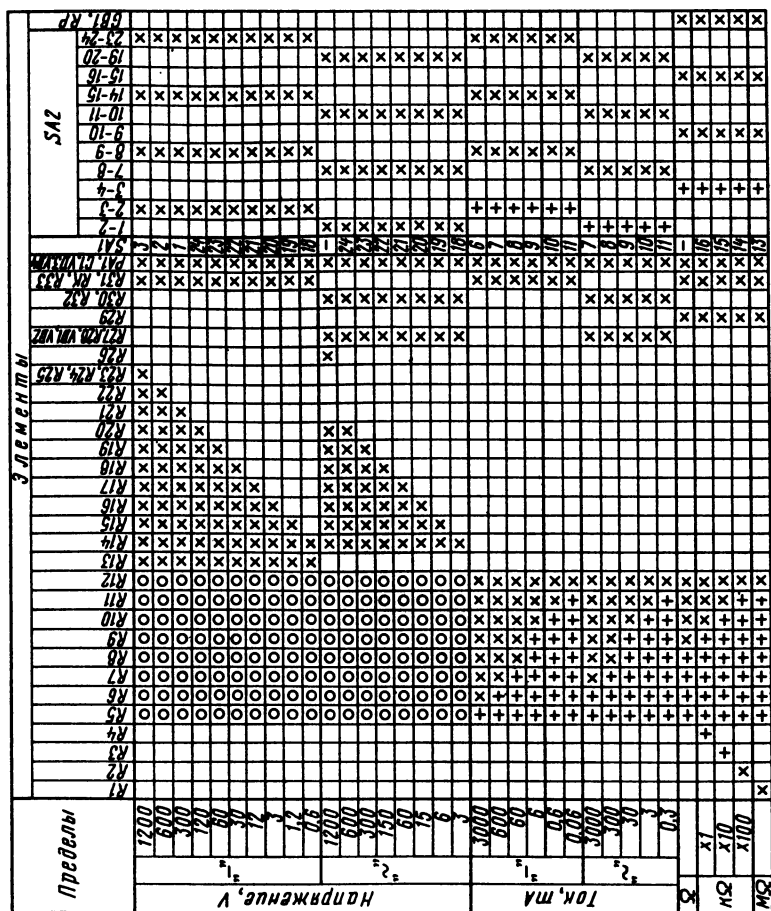


Рис. 119. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43104

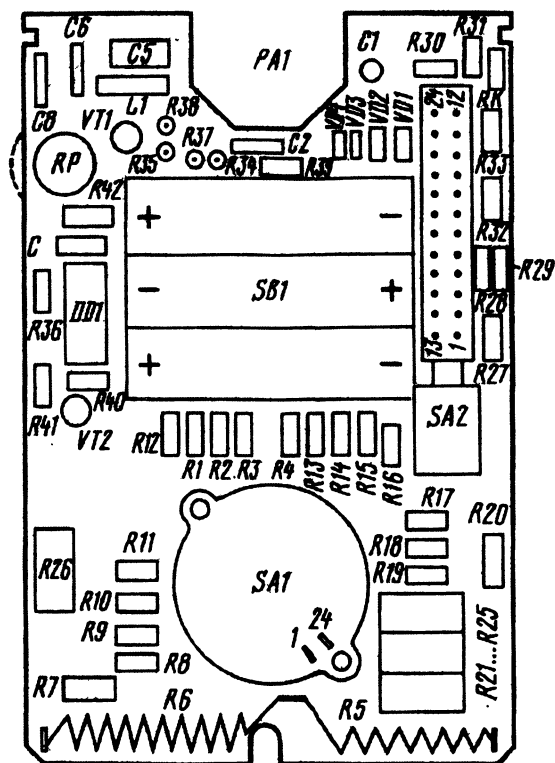


Рис. 120. Схема расположения элементов комбинированного прибора 43104

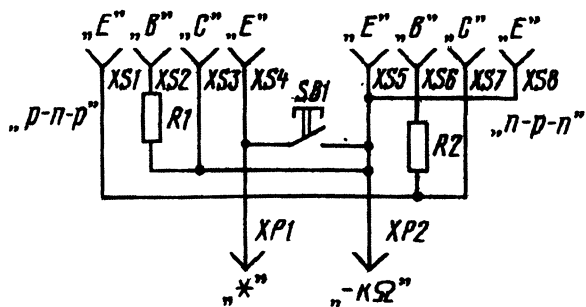


Рис. 121. Схема электрическая принципиальная приставки к прибору 43104

Т а б л и ц а 108. Основные технические характеристики встроенного омметра

| Пределы измерений | Конечные значения, кОм | Ток потребления, мА | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| кОм х 1           | 10                     | 10                  | 3,7...4,7                                | 54                            | ±2,5                    |
| кОм х 10          | 100                    | 1                   | 3,7...4,7                                | 54                            | ±2,5                    |
| кОм х 100         | 1000                   | 0,1                 | 3,7...4,7                                | 54                            | ±2,5                    |
| МОм               | 10000                  | 0,1                 | 33...42                                  | 54                            | ±2,5                    |
| Ом                | 0,2                    | 14,7                | 3,7...4,7                                | 50                            | ±2,5                    |
| 3 В, dB           | -10...12               | 0,25                | —                                        | 39                            | ±2,5                    |

Т а б л и ц а 109. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора 43104

| Позиционное обозначение | Наименование                    | Число, шт | Примечание                                                                                               |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                 |           |                                                                                                          |
| R1                      | C2-29В-0,125-583 кОм ±0,5%-1,0  | 1         | Последовательно<br>=6 МОм<br>Последовательно<br>R23+R24+R25<br>= 12,1 МОм<br>Последовательно<br>=2,4 МОм |
| R2                      | C2-29В-0,125-56,9 кОм ±0,5%-1,0 | 1         |                                                                                                          |
| R3                      | C2-29В-0,125-5,3 кОм ±0,5%-1,0  | 1         |                                                                                                          |
| R4                      | C2-29В-0,125-234 Ом ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R5                      | Шунт 0,05 Ом                    | 1         |                                                                                                          |
| R6                      | Шунт 0,2 Ом                     | 1         |                                                                                                          |
| R7                      | C2-29В-0,125-2,26 Ом ±0,5%-1,0  | 1         |                                                                                                          |
| R8                      | C2-29В-0,125-12 Ом ±0,5%-1,0    | 1         |                                                                                                          |
| R9                      | C2-29В-0,125-10,5 Ом ±0,5%-1,0  | 1         |                                                                                                          |
| R10                     | C2-29В-0,125-226 Ом ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R11                     | C2-29В-0,125-2,26 кОм ±0,5%-1,0 | 1         |                                                                                                          |
| R12                     | C2-29В-0,125-449 Ом ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R13                     | C2-29В-0,125-750 Ом ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R14                     | C2-29В-0,125-10,5 кОм ±0,5%-1,0 | 1         |                                                                                                          |
| R15                     | C2-29В-0,125-12 кОм ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R16                     | C2-29В-0,125-36,1 кОм ±0,5%-1,0 | 1         |                                                                                                          |
| R17                     | C2-29В-0,25-180 кОм ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R18                     | C2-29В-0,125-361 кОм ±0,5%-1,0  | 1         |                                                                                                          |
| R19                     | C2-29В-0,125-597 кОм ±0,5%-1,0  | 1         |                                                                                                          |
| R20                     | C2-29В-0,5-1,2 МОм ±0,5%-1,0    | 1         |                                                                                                          |
| R21                     | C2-29В-0,25-3,61 МОм ±0,5%-1,0  | 1         |                                                                                                          |
| R22                     | МЛТ-0,5-3 МОм ±5%               | 2         |                                                                                                          |
| R23, R24                | МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5%             | 2         | Последовательно<br>=6 МОм<br>Последовательно<br>R23+R24+R25<br>= 12,1 МОм<br>Последовательно<br>=2,4 МОм |
| R25                     | МЛТ-0,5-4,3 МОм ±5%             | 1         |                                                                                                          |
| R26                     | МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5%             | 2         |                                                                                                          |
| R27, R28                | МЛТ-0,25-750 Ом ±5%             | 2         |                                                                                                          |
| R29                     | C2-29В-0,125-320 Ом ±0,5%-1,0   | 1         |                                                                                                          |
| R30*                    | МЛТ-025(820 Ом...1,2 кОм) ±5%   | 1         |                                                                                                          |
| R31                     | МЛТ-0,25-620 Ом ±5%             | 1         |                                                                                                          |
| R32, R33                | СПЗ-38а- 0,125-330 Ом           | 2         |                                                                                                          |

| Позиционное<br>Обозначение | Наименование                            | Число | Примечание    |
|----------------------------|-----------------------------------------|-------|---------------|
| RP                         | СПЗ-22ВМ-0,125-3,3 кОм                  | 1     | Терморезистор |
| RK                         | ММТ-13В-100 Ом ±20%                     | 1     |               |
| R34, R39                   | МЛТ-0,25-3 кОм ±5%                      | 2     |               |
| R35, R37                   | МЛТ-0,25-1 кОм ±5%                      | 2     |               |
| R36*                       | МЛТ-0,25- (10...150) кОм ±5%            | 1     |               |
| R38                        | МЛТ-0,25-75 Ом ±5%                      | 1     |               |
| R40                        | МЛТ-0,25-10 кОм ±5%                     | 1     |               |
| R41*                       | МЛТ-0,25-(100...150) Ом                 | 1     |               |
| R42                        | МЛТ-0,5-510 кОм ±5%                     | 1     |               |
| Конденсаторы               |                                         |       |               |
| C1                         | K50-16-6,3 В-50 мкФ                     | 1     |               |
| C2,C3                      | K73-9-100 В-1000 пФ                     | 2     |               |
| C5                         | K73-9-100 В-1500 пФ                     | 1     |               |
| C6                         | KД-2Н20-820 пФ ±10%-2                   | 1     |               |
| C7                         | K73-9 -100 В-3300 пФ ±20%               | 1     |               |
| C8                         | K10-7В-M47(36...150) пФ                 | 1     |               |
| Диоды                      |                                         |       |               |
| VD1, VD2                   | Д9Д                                     | 2     |               |
| VD3, VD4                   | KД521В                                  | 2     |               |
| Транзисторы                |                                         |       |               |
| VT1,VT2                    | КТ315Г                                  | 2     |               |
| DD1                        | Микросхема K561ЛА7                      | 1     |               |
| L1                         | Дроссель высокочастотный<br>ДПМ-0,1-200 | 1     |               |

### Комбинированный прибор ЭК4304

Малогабаритный комбинированный прибор ЭК4304 предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного напряжения, относительного уровня переменного напряжения, сопротивления постоянного тока и проверки элементов питания.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, карта электрических цепей, схема расположения элементов приведены в табл. 110–112 и на рис. 122–124.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 37,5 мкА и сопротивлением рамки  $3,4 \pm 0,2$  кОм.

Напряжение встроенного источника составляет 1,32...1,52 В, один элемент типа А316.

Т а б л и ц а 110. Частотные характеристики комбинированного прибора ЭК4304

| Пределы измерения, В | Область частот, Гц |             |
|----------------------|--------------------|-------------|
|                      | номинальная        | расширенная |
| 250; 1000            | 45...60            | 45...100    |
| 10; 50               | 45...1000          | 45...5000   |

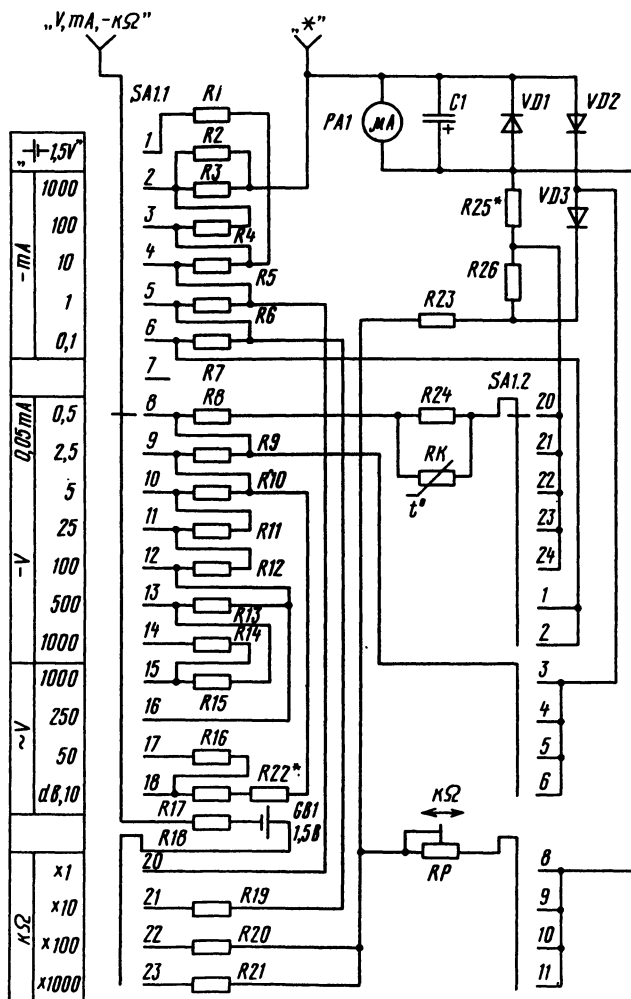


Рис. 122. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора ЭК4304

Таблица 111. Основные параметры встроенного ампервольтметра

| Пределы измерений              | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|--------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0,5; 2,5; 5; 25; 100 В         | Постоянный | 52                          | —                                | ±4,0                    |
| 500; 1000 В                    |            | 104                         |                                  |                         |
| 10; 50; 250; 1000 В            | Переменный | 180                         | —                                | ±4,0                    |
| 0,05; 0,1; 1; 10; 100; 1000 мА | Постоянный | —                           | 1,5                              | ±4,0                    |

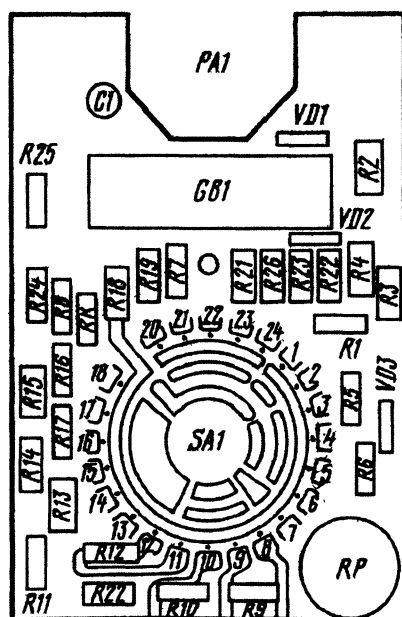


Рис. 123. Схема расположения элементов комбинированного прибора ЭК4304

**Т а б л и ц а 112. Характеристики встроенного омметра и измерителя абсолютного уровня**

| Предел измерения | Конечные заключения шкал | Ток потребления, мА | Напряжение питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| X1               | 0...3 кОм                | 8                   | 1,5                   | 61                            | 4,0                     |
| X10              | 0...30 кОм               | 0,8                 | 1,5                   | 61                            | 4,0                     |
| X100             | 0...300 кОм              | 0,08                | 1,5                   | 61                            | 4,0                     |
| X1000            | 0...3000 кОм             |                     | 12...14               | 61                            | 4,0                     |
| dB, 10           | -10...+22 dB             | 0,18                |                       | 45                            | 4,0                     |

**Т а б л и ц а 113. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора ЭК4304**

| Позиционное Обозначение | Наименование                      | Число, шт | Примечание      |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------|
| R1                      | C2-29 В-0,125-5,05 Ом±1%-1,0      | 1         | Паралл. R=1 Ом  |
| R2, R3                  | C2-29 В-1-2 Ом±1%-1,0             | 2         |                 |
| R4                      | C2-29 В-0,125-8,98 Ом±0,5%-1,0    | 1         |                 |
| R5                      | C2-29 В-0,125-89,8 Ом±0,5%-1,0    | 1         |                 |
| R6                      | C2-29 В-0,125-898 Ом±0,5%-1,0     | 1         |                 |
| R7                      | C2-29 В-0,125-8,98 кОм±0,5%-1,0   | 1         |                 |
| R8                      | C2-29 В-0,125-5,11 кОм±1%-1,0     | 1         |                 |
| R9                      | C2-29 В-0,125-40,2 кОм±0,5%-1,0   | 1         |                 |
| R10                     | C2-29 В-0,125-49,9 кОм±1%-1,0     | 1         |                 |
| R11                     | C2-29 В-0,125-402 кОм±0,5%-1,0    | 1         |                 |
| R12                     | C2-29 В-0,25-1,5 МОм±0,5%-1,0     | 1         | Доп. 2,98 МОм   |
| R13                     | C2-29 В-0,5-3,01 МОм±0,5%-1,0     | 1         |                 |
| R14                     | C2-29 В-0,25-2 МОм±1%-1,0         | 1         | Доп. 3,01 МОм   |
| R15                     | C2-29 В-0,5-2,98 МОм±1%-1,0       | 1         |                 |
| R16                     | C2-29 В-0,125-320 кОм±1%-1,0      | 1         | 3...10 кОм      |
| R17                     | МЛТ-0,25-22 кОм±5%                | 1         |                 |
| R18                     | C2-29 В-0,125-117 Ом±1%-1,0       | 1         |                 |
| R19                     | C2-29 В-0,125-1,11 кОм±0,5%-1,0   | 1         |                 |
| R20                     | C2-29 В-0,125-17,6 кОм±1%-1,0     | 1         |                 |
| R21                     | C2-29 В-0,125-213 кОм±1%-1,0      | 1         |                 |
| R22                     | МЛТ-0,25-8,2 кОм±5%               | 1         |                 |
| R23                     | C2-29 В-0,125-7,77 кОм±1%-1,0     | 1         |                 |
| R24                     | МЛТ-0,25-1,5 кОм±5%               | 1         | 560...2200 Ом   |
| R25                     | МЛТ-0,25-1,5 кОм±5%               | 1         |                 |
| R26                     | C2-29 В-0,125-2,23 кОм±1%-1,0     | 1         | До 15 кОм       |
| RK                      | Терморезистор ММТ-136-2,2 кОм±20% | 1         |                 |
| RP                      | Резистор СПЗ-3ВМ-22 кОм-А-П-22    | 1         | Печатный КД521В |
| C1                      | K50-40-16 В-10 мкФ                | 1         |                 |
| GB1                     | Элемент питания А316              | 1         | 37 мкА          |
| CA1                     | Переключатель                     | 1         |                 |
| VD—VD3                  | Диод КД521А                       | 3         |                 |
| X1, X2                  | Гнездо                            | 2         |                 |
| PA1                     | Измерительный механизм            | 1         |                 |

Проверка элементов питания с номинальным напряжением на зажимах 1,32...1,5 В производится путём измерения напряжения при нагрузке сопротивлением 15 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 113).

| Пределы |        | R1 | R2, R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16 | R17, R22 | R18, R81 | R19 | R20 | R21 | R23 | R24, R4 | R25 | R26 | R3 | PA1, VD1, C1 | VD2 | VD3 | SA1.1 | SA1.2 |
|---------|--------|----|--------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|----------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|----|--------------|-----|-----|-------|-------|
| — 1,5 В |        | +  | +      | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 1     |       |
| mA      | 1000   | +  | +      | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 2     |       |
|         | 100    | +  | +      | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 3     |       |
|         | 10     | +  | +      | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 4     |       |
|         | 1      | +  | +      | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 5     |       |
|         | 0,1    | +  | +      | +  | +  | +  | +  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 6     |       |
| 50 mA   | 0,5    | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  |    |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 8     | 20    |
|         | 2,5    | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  |     |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 9     | 21    |
|         | 5      | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   |     |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 10    | 22    |
|         | 25     | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   |     |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 11    | 23    |
|         | 100    | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   |     |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 12    | 24    |
|         | 500    | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   |     |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 13    | 1     |
|         | 1000   | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  |              |     |     | 14    | 2     |
| V       | 1000   | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  | +            | +   | +   | 15    | 3     |
|         | 250    | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  | +            | +   | +   | 16    | 4     |
|         | 50     | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |          |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  | +            | +   | +   | 17    | 5     |
|         | dB, 10 | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        |          |     |     |     | +   | +       | +   | +   | +  | +            | +   | +   | 18    | 6     |
| kΩ      | x1     | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | +        |     |     |     |     |         |     |     |    |              |     |     | 20    | 8     |
|         | x10    | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | +        | +   |     |     |     |         |     |     |    |              |     |     | 21    | 9     |
|         | x100   | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | +        | +   | +   |     |     |         |     |     |    |              |     |     | 22    | 10    |
|         | x1000  | +  | +      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +        | +        | +   | +   | +   |     |         |     |     |    |              |     |     | 23    | 11    |

Рис. 124. Карта электрических цепей комбинированного прибора ЭК4304

## Комбинированный прибор Ц4393

Прибор предназначен для измерения постоянного тока; напряжений постоянного и переменного токов; сопротивления постоянному току; емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема и карта электрических цепей представлены в табл. 114–117 и на рис. 125, 126.

Прибор устойчиво работает при температуре окружающего воздуха в пределах  $-30...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 95%.

В приборе применён магнитоэлектрический механизм с током полного отклонения 75 мкА и сопротивлением рамки  $1000\pm 10\text{ Ом}$ .

Т а б л и ц а 114. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

| Пределы измерения            | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 3;6;15;30;60;150;300;600 В   | Постоянный | 102,5                       | –                                | 2,5                     |
| 0,12;0,6;3;15;60;300;1500 мА | «          | –                           | 0,7                              | 2,5                     |
| 3 В                          | Переменный | 3120                        | –                                | 4,0                     |
| 15;30;60;150;300;600 В       | «          | 5200                        | –                                | 4,0                     |
| 6 В                          | «          | 520                         | –                                | 4,0                     |

Т а б л и ц а 115. Частотные характеристики прибора

| Пределы измерения | Частотная область, Гц |             |
|-------------------|-----------------------|-------------|
|                   | номинальная           | расширенная |
| 600               | 45...200              | 45...500    |
| 300               | 45...500              | 45...1000   |
| 150               | 45...1000             | 45...2000   |
| 3; 6; 15; 60      | 45...2000             | 45...5000   |

Т а б л и ц а 116. Технические характеристики, встроенных омметра и измерителя емкости

| Пределы измерений | Конечные значения | Ток потребления, мА | Напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Ом x 1            | 0,5 кОм           | 132                 | 3,7...5                         | 64                            | 4,0                     |
| Ом x 10           | 5 кОм             | 13,2                | 3,7...5                         | 64                            | 2,5                     |
| Ом x100           | 50 кОм            | 13,2                | 3,7...5                         | 64                            | 2,5                     |
| Ом x1000          | 500 кОм           | 0,132               | 3,7...5                         | 64                            | 2,5                     |
| PF                | 500000 pF         | 0,5                 | 187...253                       | 58                            | 4,0                     |
| dB                | -10...12 dB       | 5,2                 | –                               | 52                            | 4,0                     |

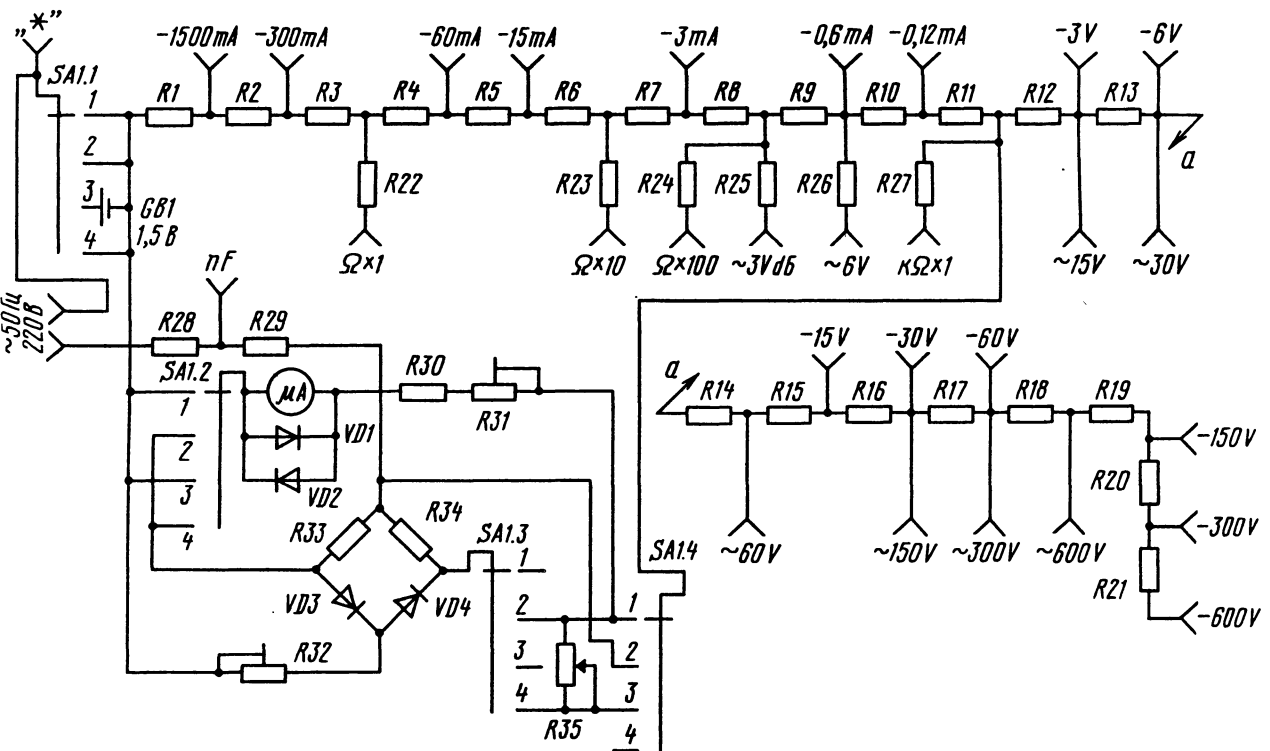


Рис. 125. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4393

| Пределы       | Элементы |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|---------------|----------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
|               | SA1.1    |   |   |   | SA1.2 |   |   |   | SA1.3 |   |   |   | SA1.4 |   |   |   | SA1.5 |   |   |   | SA1.6 |   |   |   |
|               | 1        | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 |
| R1            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R2            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R3            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R4            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R5            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R6            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R7            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R8            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R9            | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R10           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R11           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R12           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R13           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R14           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R15           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R16           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R17           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R18           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R19           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R20           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R21           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R22           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R23           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R24           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R25           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R26           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R27           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R28           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R29           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R30, R31      | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R35           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| PA1, VD1, VD2 | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| R32, R34, VD3 | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |
| GB1           | +        | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + | +     | + | + | + |

Рис. 126. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4393

Т а б л и ц а 117. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4393

| Позиционное обозначение | Наименование                 | Число, шт | Примечание                  |
|-------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Резисторы               |                              |           |                             |
| R1                      | Шунт 0,3 Ом ±0,2%            | 1         | Последовательно =Ом         |
| R2                      | C2-13-0,5-1,2 Ом ±0,5%       | 2         |                             |
| R3                      | C2-13-0,25-1,5 Ом ±0,5%      | 2         |                             |
| R4                      | C2-13-0,25-3,01 Ом ±0,5%     | 1         | Последовательно = 22,5 Ом   |
| R5                      | C2-13-0,25-11,4 Ом ±0,5%     | 1         |                             |
|                         | C2-13-0,25-11,1 Ом ±0,5%     | 1         |                             |
| R5                      | C2-13-0,25-105 Ом ±0,5%      | 1         | Последовательно =28,875 кОм |
| R7                      | C2-13-0,25-301 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
| R8                      | C2-13-0,25-298 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
| R9                      | C2-13-0,25-3,01 кОм ±0,5%    | 1         |                             |
| R10                     | C2-13-0,25-750 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
| R12                     | C2-13-0,25-475 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
|                         | C2-13-0,25-28,4 Ом ±0,5%     | 1         |                             |
| R13                     | C2-13-0,25-30,1 кОм ±0,5%    | 1         |                             |
| R14                     | C2-13-0,25-59,7 кОм ±0,5%    | 1         |                             |
| R15                     | C2-13-0,25-30, 1,1 кОм ±0,5% | 1         |                             |
| R16                     | C2-13-0,25-150 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R17                     | C2-13-0,25-301 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R18                     | C2-13-0,25-597 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R19                     | C2-13-0,25-301 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R20                     | C2-13-0,25-750 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R21                     | C2-13-0,25-1 МОм ±0,5%       | 1         |                             |
| R22                     | C2-13-0,25-30,1 Ом ±0,5%     | 1         | Допускается 680 Ом          |
| R23                     | C2-13-0,25-312 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
| R24                     | C2-13-0,25-3,16 кОм ±0,5%    | 1         |                             |
| R25                     | C2-13-0,25-184 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
| R26                     | C2-13-0,25-1,35 кОм ±0,5%    | 1         |                             |
| R27                     | C2-13-0,25-34 кОм ±0,5       | 1         |                             |
| R28                     | C2-13-0,25-348 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R29                     | C2-13-0,25-120 кОм ±0,5%     | 1         |                             |
| R30                     | C2-13-0,25-464 Ом ±0,5%      | 1         |                             |
| R31, R32                | СП5-3-470 Ом ±10%            | 2         |                             |
| R33, R34                | C2-13-0,25-597 Ом ±0,5%      | 2         |                             |
| R35                     | СПЗ-9а-25-3,3 кОм ±20%       | 1         |                             |
| Диоды                   |                              |           |                             |
| VD1, VD2                | Д220Б                        | 2         |                             |
| VD3, VD4                | Д9М                          | 2         |                             |

## Комбинированный прибор UM-Z3

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 118–121 и на рис. 127–129.

Входное сопротивление прибора на постоянном и переменном токе при измерении напряжения составляет 50 кОм/В.

В приборе применён магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 37,5 мкА.

При измерении относительного уровня переменного напряжения необходимо пользоваться табл. . Частотный диапазон составляет 20 Гц...1,5 кГц для всех пределов измерений.

Эксплуатация прибора допускается при температуре +10...+30 °С.

Т а б л и ц а 118. Основные характеристики встроенного ампервольтметра

| Пределы измерений        | Род тока                | Ток полного отклонения, мкА | Падение Напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30 В | Постоянный и переменный | 20                          |                                  | 2,5                     |
| 300 В                    | «                       | 270                         | –                                | 2,5                     |
| 1000 В                   | «                       | 900                         | –                                | 2,5                     |
| 30 мкА                   | «                       | –                           | 0,12                             | 2,5                     |
| 0,1 мА                   | «                       | –                           | 0,18                             | 2,5                     |
| 0,3; 1; 3; 10; 30 мА     | «                       | –                           | 0,2                              | 2,5                     |
| 100 мА                   | «                       | –                           | 0,24                             | 2,5                     |
| 300 мА                   | «                       | –                           | 0,3                              | 2,5                     |
| 1000 мА                  | «                       | –                           | 0,6                              | 2,5                     |

Т а б л и ц а 119. Конечные значения уровней переменного напряжения в зависимости от выбранного предела измерений

| Пределы измерения, В  |           | 0,3      | 1       | 3        |
|-----------------------|-----------|----------|---------|----------|
| Конечные значения, dB | -40...-18 | -30...-8 | -20...2 | -10...12 |

Окончание табл. 119

| Пределы измерения, В  | 10     | 30      | 100     | 300     | 1000    |
|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Конечные значения, dB | 0...22 | 10...32 | 20...32 | 30...52 | 40...62 |

Т а б л и ц а 120. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения

| Пределы измерений | Конечные значения, кОм | Ток потребления, мА | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| х 100 кОм         | (30...1000) кОм        | 20                  | 3,5                                      | 42                            | 2,5                     |
| х 10 кОм          | (3...100) кОм          | 200                 | 3,5                                      | 42                            | 2,5                     |
| х 1 кОм           | (0,3...10) кОм         | 2000                | 3,5                                      | 42                            | 2,5                     |
| дВ                | (-20...0...2) дВ       | См. табл.           | —                                        | 38                            | 2,5                     |

| Пределы |   | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   | Эл. вольтм. |
|---------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-------------|
|         |   | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 | R16, R17 | R18 | R19 | R20 | R21 | R22 | R23 | R24 | R25 | R26 | R27 | R28 | R29 | R30 | R31 | R32 | R33 |   |             |
| В       | Ω | 1000     | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        | +   |     |     | +   |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 300      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        | +   |     |     | +   |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 100      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        | +   |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | × |             |
|         |   | 30       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        | +   |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | × |             |
|         |   | 10       | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        | +   |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | × |             |
|         |   | 3        | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        |     |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | × |             |
|         |   | 1        | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        |     |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | × |             |
|         |   | 0,3      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | ×        |     |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | × |             |
| мА      | Ω | 1000     | +  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 300      | +  | +  | +  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 100      | +  | +  | +  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 30       | +  | +  | +  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 10       | +  | +  | +  | +  | +  | ×  | ×  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 3        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | ×  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 1        | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | ×  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | 0,3      | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | ×   | ×   | ×   |     |     |     |          |     |     |     |     | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
| Ω       |   | х100к    | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○        |     |     |     |     | +   | ○   | +   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | х10к     | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○        | ○   |     |     |     |     | +   | ○   | +   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |
|         |   | х1к      | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○        | ○   |     |     |     |     | +   | +   | ○   | +   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ×   |   |             |

Рис. 127. Карта электрических цепей комбинированного прибора UM-Z3

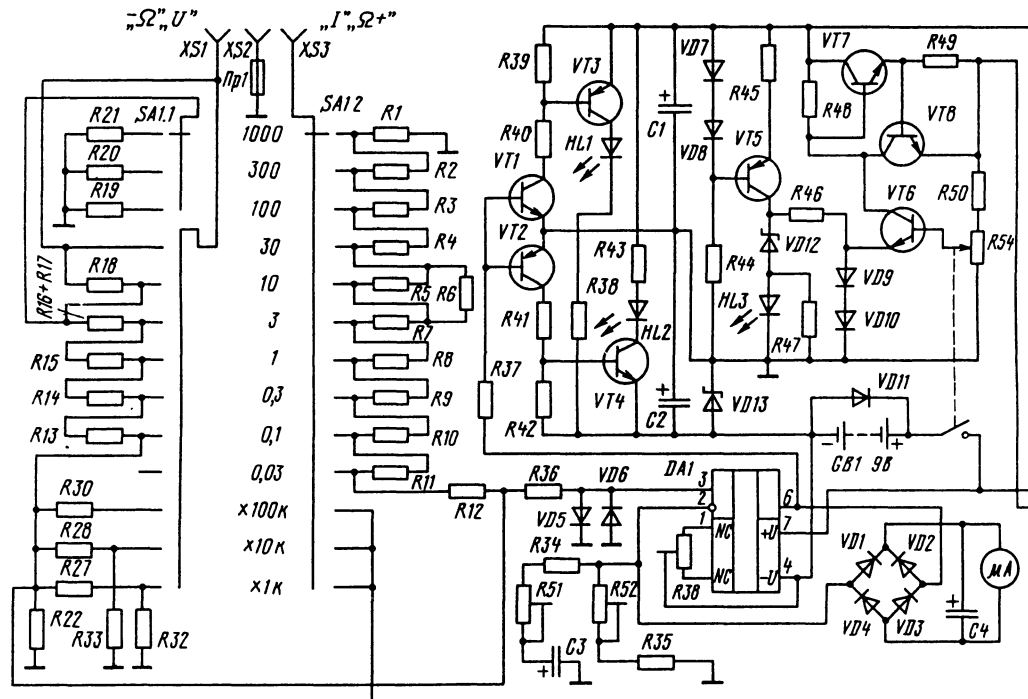


Рис. 128. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора UM-Z3

Высокое входное сопротивление прибора обеспечивается применением электронного вольтметра, выполненного на основе операционного усилителя DA1 и навесными элементами VD1–VD6, R34–R36, R51–R53, C3, C4, PA1. Питание операционного усилителя осуществляется от параметрического стабилизатора (C1, C2; VT5–VT8, VD7–VD13, R44–R50, R54 б GB1), преобразующего однополярное напряжение элемента GB1 (9 В) в двухполярное с искусственным общим выводом, причём в положительной ветви напряжение стабилизируется. Оно используется для питания встроенного омметра, независимо от напряжения на выводе 7 операционного усилителя.

Светодиод HL3 указывает на наличие номинального напряжения питания. На элементах R37–R43; VT1–VT4; HL1, HL2 собран указатель полярности измеряемого параметра. Свечение обоих светодиодов HL1 и HL2 указывает на переменный ток или напряжение.

**Т а б л и ц а 121. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора UM-Z3**

| Позиционное обозначение | Наименование         | Число | Примечание |
|-------------------------|----------------------|-------|------------|
| <i>Резисторы</i>        |                      |       |            |
| R1                      | Шунт 0,2 Ом          | 1     |            |
| R2                      | Шунт 0,433 Ом        | 1     |            |
| R3                      | Шунт 1,37 Ом         | 1     |            |
| R4                      | Шунт 4,33 Ом         | 1     |            |
| R5,R6                   | MFR-0,125W-27,4 Ом   | 2     | C2-29      |
| R7                      | MFR-0,125W-43,2 Ом   | 1     | C2-29      |
| R8                      | MFR-0,125W-137,0 Ом  | 1     | C2-29      |
| R9                      | MFR-0,125W-432 Ом    | 1     | C2-29      |
| R10                     | MFR-0,125W-1,37 кОм  | 1     | C2-29      |
| R11                     | MFR-0,125W-4,32 кОм  | 1     | C2-29      |
| R12                     | MFR-0,125W-1,37 кОм  | 1     | C2-29      |
| R13                     | MFR-0,125W- 10,9 кОм | 1     | C2-29      |
| R14                     | MFR-0,125W- 34,4 кОм | 1     | C2-29      |
| R15                     | MFR-0,25 W-109 кОм   | 1     | C2-29      |
| R16                     | MFR-0,5W-320 кОм     | 1     | C2,29      |
| R17, R37                | MFR-0,25W-22 кОм     | 2     | C2,29      |
| R18                     | MFR-1W-1,09 МОм      | 1     | C2,29      |
| R19                     | MFR-0,5W-158 МОм     | 1     | C2-29      |
| R20                     | MFR-0,25W-37,9 кОм   | 1     | C2-29      |
| R21                     | MFR-0,25W-11,1 кОм   | 1     | C2-29      |
| R22                     | MFR-0,125W-11,1 кОм  | 1     | C2-29      |
| R27,R28                 | MFR-0,5W-196 кОм     | 2     | C2-29      |
| R30                     | MFR-0,5W-191 кОм     | 1     | C2-29      |
| R32                     | MFR-0,125W-1,76 кОм  | 1     | C2-29      |
| R33                     | MFR-0,125W-19,3 кОм  | 1     | C2-29      |
| R34                     | MFR-0,125W-22,6 кОм  | 1     | C2-29      |
| R35                     | MFR-0,125W-2,37 кОм  | 1     | C2-29      |
| R36,R48                 | RWC-0,125W-4,7 кОм   | 2     | МЛТ-0,125  |
| R38,R43                 | RWC-0,125W-3,9 кОм   | 2     | МЛТ-0,125  |
| R39,R42                 | RWC-0,125W-39 кОм    | 2     | МЛТ-0,125  |
| R40,R41                 | RWC-0,125W-56 кОм    | 2     | МЛТ-0,125  |
| R44                     | RWC-0,125W-4,3 кОм   | 1     | МЛТ-0,125  |

| Позиционное обозначение | Наименование            | Число | Примечание     |
|-------------------------|-------------------------|-------|----------------|
| R45                     | RWC-0,125W-150 Ом       | 1     | МЛТ-0,125      |
| R46                     | RWC-0,125W-2 кОм        | 1     | МЛТ-0,125      |
| R47                     | RWC-0,125W-1,6 кОм      | 1     | МЛТ-0,125      |
| R49                     | RWC-0,125W-15 Ом        | 1     | МЛТ-0,125      |
| R50                     | RWC-0,125W-6,2 кОм      | 1     | МЛТ-0,125      |
| R51                     | PKd400-0,1W-2,5 кОм     | 1     | СПЗ-38А        |
| R52                     | PKd400-0,1W-470 Ом      | 1     | СПЗ-38А        |
| R53                     | PKd400-0,1W-10 кОм      | 1     | СПЗ-38А        |
| R54                     | PRG-121-0,1W-10 кОм     | 1     | СПЗ-36М        |
| VD1-VD4                 | БАУР-95                 | 4     | Д9А            |
| VD5-VD11                | БАУР-17                 | 7     | КД521А         |
| VD12, VD13              | BZP683(C3V3)            | 2     | КС133В         |
| HL1-HL3                 | CQP441                  | 3     | АЛ307          |
|                         | Конденсаторы            |       |                |
| C1-C3                   | 04/U, тип 2-2,2 мкФ/25В | 3     | К50            |
| C4                      | 04/U, тип 2-4,7 мкФ/16В | 1     | К50            |
|                         | Транзисторы             |       |                |
| VT1, VT4, VT6           | BC148B-C                | 3     | КТ373В, КТ315В |
| VT7, VT8                | BC148B-C                | 2     | КТ373В, КТ315В |
| VT2, VT3, VT5           | BC158B-C                | 3     | КТ3107, КТ361В |
| DA1                     | UBY7741                 | 1     | К140УД7        |
| GB1                     | 6F22(9V)                | 1     | Крона, Корунд  |
| Bz (Пр1)                | W-TA-1A /250V           | 1     | ПК-20-1А       |

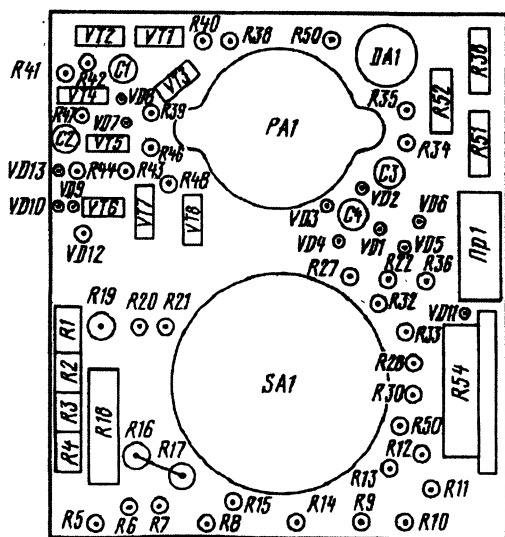


Рис. 129. Схема расположения элементов комбинированного прибора UM-Z3

## Комбинированный прибор MF-110A

Прибор предназначен для измерения постоянного тока, переменного и постоянного напряжения, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов и карта электрических цепей представлены в табл. 112–125 и на рис. 130–132.

Входное сопротивление при измерении постоянного и переменного напряжений составляет 2 кОм/В. В приборе применён магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 175 мА и сопротивлением рамки  $1000 \pm 100$  Ом.

Т а б л и ц а 122. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

| Пределы измерений   | Род тока   | Ток полного отклонения, мА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|---------------------|------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0,5 мА              | Постоянный | —                          | 0,4—                             | 5                       |
| 50 мА               | «          | —                          | 0,56                             | 5                       |
| 500 мА              | «          | —                          | 0,68                             | 5                       |
| 10; 50; 250; 1000 В | «          | 500                        | —                                | 5                       |
| 10; 50; 250; 1000 В | «          | 500                        | —                                | 5                       |

Т а б л и ц а 123. Поправочные числа к пределам измерений уровня переменного напряжения

|                       |    |     |     |      |
|-----------------------|----|-----|-----|------|
| Предел измерения, В   | 10 | 50  | 250 | 1000 |
| Поправочное число, дБ | 0  | +14 | +28 | +40  |

| Пределы  |    |      | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |          |     |     |          |
|----------|----|------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|-----|-----|----------|
|          |    |      | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10, R11 | R12 | PA1 | VD1, VD2 |
| "—"      | mA | 500  |          |    |    |    |    |    | +  | x  | x  | x        |     | x   |          |
|          |    | 50   |          |    |    |    |    |    | +  | +  | x  | x        |     | x   |          |
|          |    | 0,5  |          |    |    |    |    |    | +  | +  | +  | x        |     | x   |          |
|          | V  | 10   |          |    |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   |          |
|          |    | 50   | x        |    |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   |          |
|          |    | 250  | x        | x  |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   |          |
| "~"      | V  | 1000 | x        | x  | x  |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   |          |
|          |    | 1000 | x        | x  | x  |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   | x        |
|          |    | 250  | x        | x  |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   | x        |
|          | V  | 50   | x        |    |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   | x        |
|          |    | 10   |          |    |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   | x        |
|          |    | 10   |          |    |    |    |    |    | o  | o  | o  | x        | x   | x   | x        |
| $\Omega$ |    | x10  |          |    |    | x  |    | x  | o  | o  | o  | x        |     | x   | x        |
|          |    | x100 |          |    |    | x  | x  |    | o  | o  | o  | x        |     | x   | x        |
|          |    | x1K  |          |    |    | x  |    |    | o  | o  | o  | x        |     | x   | x        |

Рис. 130. Карта электрических цепей комбинированного прибора MF-110 А

**Т а б л и ц а 124. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения**

| Пределы измерений | Конечные значения, кОм | Ток потребления, мА | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| х 10 кОм          | 10 кОм                 | 3200                | 1,5                                      | 50                            | 5                       |
| х 100 кОм         | 100 кОм                | 2500                | 1,5                                      | 50                            | 5                       |
| х 1 кОм           | 1000 кОм               | 240                 | 1,5                                      | 50                            | 5                       |
| (10В) dB          | -20...0...2 dB         | 500.                | —                                        | 24                            | 5                       |

**Т а б л и ц а 125. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора MF-110A**

| Позиционное обозначение | Наименование                    | Число, шт. | Примечание      |
|-------------------------|---------------------------------|------------|-----------------|
| <i>Резисторы</i>        |                                 |            |                 |
| R1                      | C2-29-0,25-80 кОм $\pm 0,5\%$   | 1          |                 |
| R2                      | C2-29-0,25-400 кОм $\pm 0,5\%$  | 1          |                 |
| R3                      | C2-29-0,5-1,5 МОм $\pm 0,5\%$   | 1          |                 |
| R4                      | C2-29-0,25-4,13 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                 |
| R5                      | C2-29-0,25-556 Ом $\pm 0,5\%$   | 1          |                 |
| R6                      | C2-29-0,25-49,5 Ом $\pm 0,5\%$  | 1          |                 |
| R7                      | C2-29-0,25-1,1 Ом $\pm 0,5\%$   | 1          |                 |
| R8                      | C2-29-0,25-9,935 Ом $\pm 0,5\%$ | 1          |                 |
| R9                      | C2-29-0,25-1092 Ом $\pm 0,5\%$  | 1          |                 |
| R10                     | C2-29-0,25-680 Ом $\pm 0,5\%$   | 1          |                 |
| R11                     | СПЗ-266 -0,25-1 кОм $\pm 20\%$  | 1          |                 |
| R12                     | C2-29-0,25-19,2 кОм $\pm 0,5\%$ | 1          |                 |
| <i>Диоды</i>            |                                 |            |                 |
| VD1, VD2                | КД521А                          | 2          |                 |
| GB1                     | Р6U-1,5V                        | 1          | 316 и др.       |
| SA1                     | Специальный                     | 1          | Печатный монтаж |

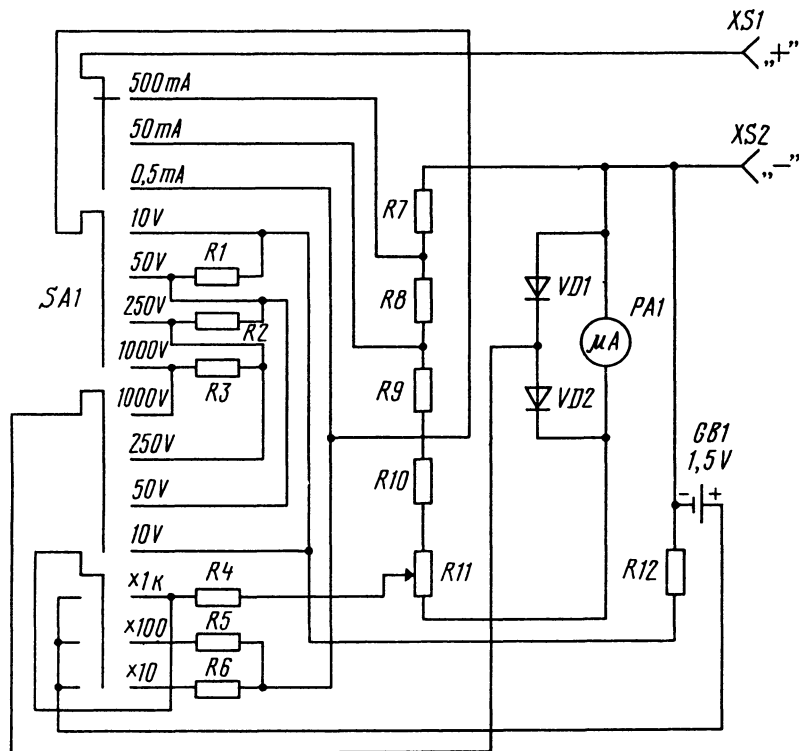


Рис. 131. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора MF-110A

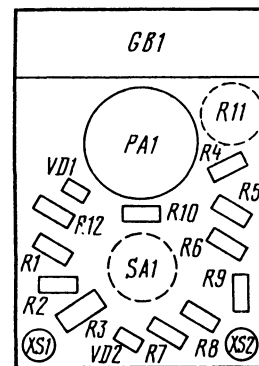


Рис. 132. Схема расположения элементов комбинированного прибора MF-110A

## Комбинированный прибор MF-110В

Прибор предназначен для измерения постоянного тока, переменного и постоянного напряжения, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Прибор позволяет проверять исправность транзисторов обеих проводимостей малой мощности (до 150 мВт).

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 126–129 и на рис. 133–135/

Входное сопротивление прибора составляет 2 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений.

В приборе применён магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 175 мкА и сопротивлением рамки (1000±100) Ом.

Т а б л и ц а 126. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

| Пределы измерений   | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|---------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0,5 мА              | Постоянный | —                           | 0,4—                             | 5                       |
| 50 мА               | «          | —                           | 0,56                             | 5                       |
| 500 мА              | «          | —                           | 0,68                             | 5                       |
| 10; 50; 250; 1000 В | «          | 500                         | —                                | 5                       |
| 10; 50; 250; 1000 В | Переменный | 500                         | —                                | 5                       |

| Пределы |    |      | Элементы |    |    |    |    |    |    |    |    |          |     |     |     |     |          |     |   |
|---------|----|------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|---|
|         |    |      | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10, R11 | R12 | R13 | R14 | PA1 | V01, V02 | G01 |   |
| "1"     | mA | 500  |          |    |    |    |    | +  | x  | x  |    | x        |     |     |     | x   | 3        |     |   |
|         |    | 50   |          |    |    |    |    | +  | +  | x  |    | x        |     |     |     | x   | 3        |     |   |
|         |    | 0,5  |          |    |    |    |    | +  | +  | +  |    | x        |     |     |     | x   | 3        |     |   |
|         | V  | 10   |          |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    | x        |     | x   |     | x   | 3        |     |   |
|         |    | 50   | x        |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    | x        |     | x   |     | x   | 3        |     |   |
|         |    | 250  | x        | x  |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    | x        |     | x   |     | x   | 3        |     |   |
| "2"     | V  | 1000 | x        | x  | x  |    |    | 0  | 0  | 0  |    | x        |     | x   |     | x   | 3        |     |   |
|         |    | 1000 | x        | x  | x  |    |    | 0  | 0  | 0  |    |          |     | x   |     | x   | x        |     |   |
|         |    | 250  | x        | x  |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    |          |     | x   |     | x   | x        |     |   |
|         | V  | 50   | x        |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    |          |     | x   |     | x   | x        |     |   |
|         |    | 10   |          |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    |          |     | x   |     | x   | x        |     |   |
|         |    | 10   |          |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  |    |          |     | x   |     | x   | x        |     |   |
| Ω       |    | x1K  |          |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  | x  | ⊗        |     |     |     | x   | 3        | +   |   |
|         |    | x100 |          |    |    | +  |    | 0  | 0  | 0  | x  | ⊗        |     |     |     | x   | 3        | +   |   |
| hFE     |    |      | x        |    |    |    |    |    | 0  | 0  | 0  |          | ⊗   | x   |     | x   | x        | 3   | x |

Рис. 133. Карта электрических цепей комбинированного прибора MF-110В

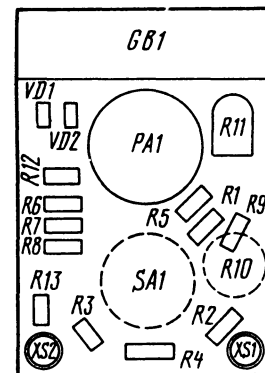
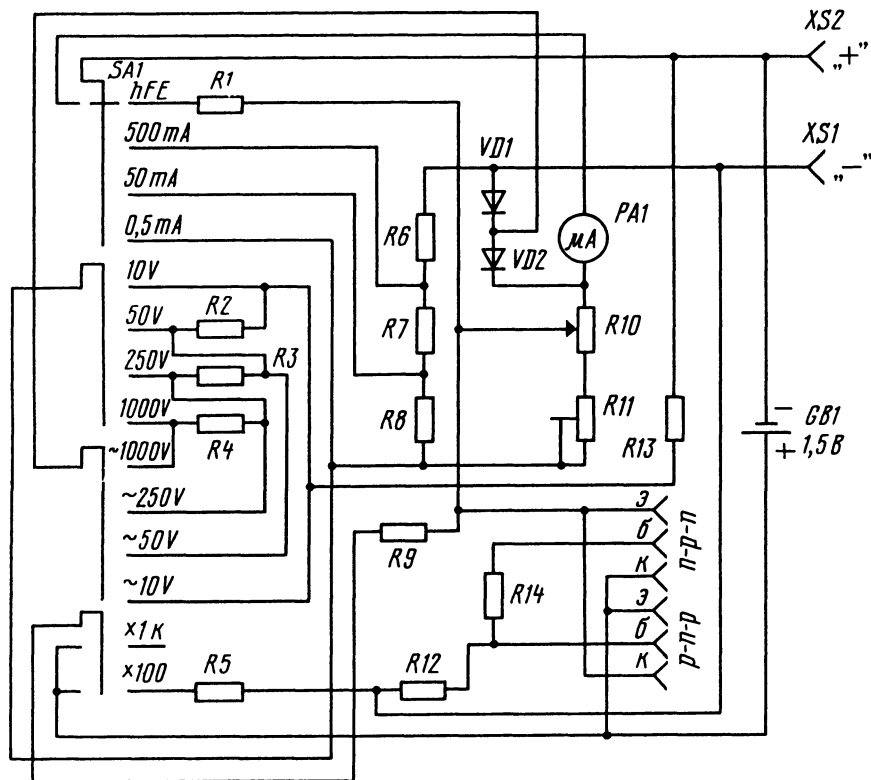


Рис. 134. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора MF-110B

Рис. 135. Схема расположения элементов комбинированного прибора MF-110B

**Т а б л и ц а 127. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения**

| Пределы измерений | Конечные значения, кОм | Ток потребления, мА | Значение напряжения источника питания, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| х 100 Ом          | 10 кОм                 | 3200                | 1,5                                      | 50                            | 5                       |
| х 1 Ом            | 100 кОм                | 2500                | 1,5                                      | 50                            | 5                       |
| (10В) dB          | -20...0...22           | 500.                | —                                        | 24                            | 5                       |

**Т а б л и ц а 128. Поправочные числа к пределам измерений уровня переменного напряжения**

|                       |    |     |     |      |
|-----------------------|----|-----|-----|------|
| Предел измерения, В   | 10 | 50  | 250 | 1000 |
| Поправочное число, dB | 0  | +14 | +28 | +40  |

**Т а б л и ц а 129. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора MF-110 В**

| Позиционное обозначение | Наименование              | Число, шт | Примечание      |
|-------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|
| <i>Резисторы</i>        |                           |           |                 |
| R1                      | МЛТ-0,25-120 Ом ±5%       | 1         |                 |
| R2                      | C2-29-0,25-80 кОм ±0,5%   | 1         |                 |
| R3                      | C2-29-0,25-400 кОм ±0,5%  | 1         |                 |
| R4                      | МЛТ-0,5-1,5 МОм ±5%       | 1         |                 |
| R5                      | МЛТ-0,25-560 Ом ±5%       | 1         |                 |
| R6                      | C2-29-0,25-1,1 Ом ±0,5%   | 1         |                 |
| R7                      | C2-29-0,25-9,935 Ом ±0,5% | 1         |                 |
| R8                      | C2-29-0,25-1092 Ом ±0,5%  | 1         |                 |
| R9                      | C2-29-0,25-5,1 кОм ±0,5%  | 1         |                 |
| R10                     | СПЗ-266-0,25-620 Ом ±20%  | 1         |                 |
| R11                     | СПЗ-38г-0,25-1 кОм ±20%   | 1         |                 |
| R12                     | МЛТ-0,25-120кОм ±5%       | 1         |                 |
| R13                     | C2-29-0,25-19,2 кОм ±0,5% | 1         |                 |
| R14                     | МЛТ-0,25-82 кОм ±5%       | 1         |                 |
| <i>Диоды</i>            |                           |           |                 |
| VD1, VD2                | КД521А                    | 2         |                 |
| GB1                     | Р6UP1,5V                  | 1         | 316 и др.       |
| SA1                     | Специальный               | 1         | Печатный монтаж |

## Комбинированный прибор УХ-1000А (sunша)

Прибор предназначен для измерения постоянного тока, переменного и постоянного напряжений, сопротивление постоянному току и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 130–133 и на рис. 136–138.

Входное сопротивление прибора составляет 2 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений.

В приборе применён магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 175 мкА и сопротивлением рамки 500...1000 Ом.

Т а б л и ц а 130. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

| Пределы измерений   | Род тока   | Ток полного отклонения, мкА | Падение напряжения на зажимах, В | Основная погрешность, % |
|---------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 500 мкА             | Постоянный | –                           | 0,3                              | 5                       |
| 50; 250 мА          | «          | –                           | 0,55                             | 5                       |
| 10; 50; 250; 1000 В | «          | 500                         | –                                | 5                       |
| 10; 50; 250; 1000 В | Переменный | 500                         | –                                | 5                       |

| Пределы |     |      | Элементы |    |    |    |    |    |    |        |     |     |          |     |
|---------|-----|------|----------|----|----|----|----|----|----|--------|-----|-----|----------|-----|
|         |     |      | R1       | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8, R9 | R10 | CB1 | VDR, VDZ | PA1 |
| OFF     |     |      |          |    |    |    |    |    |    |        |     |     |          | 3   |
| V       | "~" | 1000 | +        | +  | +  | +  | +  | +  | +  |        |     |     | ×        | ×   |
|         |     | 250  |          | +  | +  | +  | +  | +  | +  |        |     |     | ×        | ×   |
|         |     | 50   |          |    | +  | +  | +  | +  | +  |        |     |     |          | ×   |
|         |     | 10   |          |    |    | +  | +  | +  | +  |        |     |     |          | ×   |
| mA      | "—" | 250  |          |    |    |    | ×  | ×  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
|         |     | 50   |          |    |    |    | +  | ×  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
|         |     | 0,5  |          |    |    |    | +  | +  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
| V       | "—" | 10   |          |    |    | +  | +  | +  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
|         |     | 50   |          |    | +  | +  | +  | +  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
|         |     | 250  |          | +  | +  | +  | +  | +  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
|         |     | 1000 | +        | +  | +  | +  | +  | +  | ×  |        |     |     | 3        | ×   |
| кΩ      |     | ×1   |          |    |    |    | +  | +  | +  | +      | +   | +   | 3        | ×   |

Рис. 136. Карта электрических цепей комбинированного прибора УХ1000А

**Т а б л и ц а 131. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения**

| Пределы измерения | Конечные значения | Ток потребления, мкА | Значения напряжения источника, В | Длина рабочей части шкалы, мм | Основная погрешность, % |
|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| х 1 кОм           | 200 кОм           | 300                  | 1...1,5                          | 42                            | 5                       |
| 10 В              | -20...22 дВ       | 500                  | —                                | 24                            | 5                       |

**Т а б л и ц а 132. Поправочные числа к пределам измерений уровня переменного напряжения**

| Предел измерения, В   | 10 | 50  | 250 | 1000 |
|-----------------------|----|-----|-----|------|
| Поправочное число, дВ | 0  | +14 | +28 | +34  |

При эксплуатации прибора необходимо учитывать особенности измерений напряжений с низким входным сопротивлением.

**Т а б л и ц а 133. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора УХ-1000А**

| Позиционное обозначение | Наименование | Число, шт | Примечание |
|-------------------------|--------------|-----------|------------|
|-------------------------|--------------|-----------|------------|

*Резисторы*

|     |                           |   |  |
|-----|---------------------------|---|--|
| R1  | МЛТ-0,5-1,5 МОм ±5%       | 1 |  |
| R2  | C2-29-0,25-400 кОм ±0,5%  | 1 |  |
| R3  | C2-29-0,25-80 кОм ±0,5%   | 1 |  |
| R4  | C2-29-0,25-19,2 кОм ±0,5% | 1 |  |
| R5  | C2-29-0,25-2 Ом ±0,5%     | 1 |  |
| R6  | C2-29-0,25-8 Ом ±0,5%     | 1 |  |
| R7  | C2-29-0,25-990 Ом ±0,5%   | 1 |  |
| R8  | СПЗ-38Г-0,25-1 кОм ±20%   | 1 |  |
| R9  | СПЗ-26Б-620 Ом ±20%       | 1 |  |
| R10 | C2-29-0,25-4,4 кОм ±0,5%  | 1 |  |

*Диоды*

|          |             |   |                 |
|----------|-------------|---|-----------------|
| VD1, VD2 | КД521А      | 2 |                 |
| GB1      | R6UP1,5V    | 1 | 336 и др.       |
| SA1      | Специальный | 1 | Печатный монтаж |

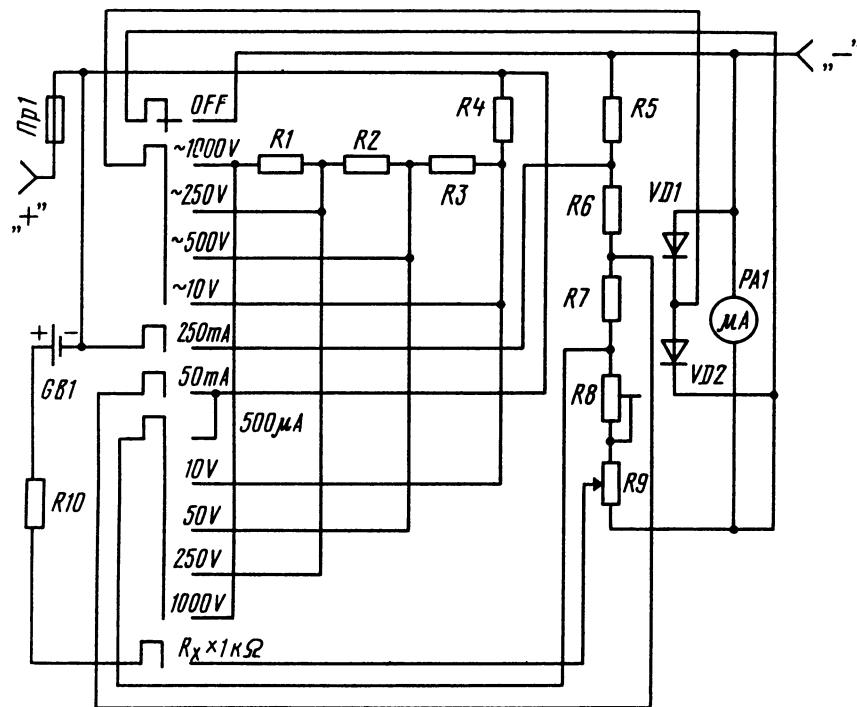


Рис. 137. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора YX-1000A

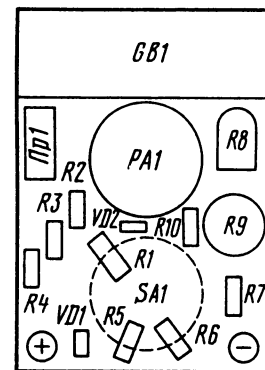


Рис. 138. Схема расположения элементов комбинированного прибора YX-1000A

Ниже приведены схемы комбинированных приборов, разработанные и выполненные авторами.

### Милливольтметр с низковольтным питанием

Прибор предназначен для измерения постоянного напряжения от единиц милливольт до 1 В и более. Принципиальная электрическая схема прибора представлена на рис. 139, схема калибровки милливольтметра – на рис. 140..

Прибор состоит из делителя напряжения (R1, R5–R8, R11, R12, SA1); усилителя постоянного тока (DA1, R2, R9, R10, R13) и вольтметра (PA1, R3, R4). Входное сопротивление прибора составляет примерно 4 кОм/мВ, или 4000 кОм/В.

В приборе применены: переключатель SA1 типа ПР2-10П1НВ (МПН-1, ПГ2-10-12П1НВ); операционный усилитель DA1 – К140УД12 (КР140УД1208); микроамперметр PA1 М4257 (М2001, М263М, М4253М и др.) с током полного отклонения 50 мкА; резисторы R3, R10 соответственно типа СП2-5-0,5 и СП2-5-1; остальные резисторы МЛТ-0,25 или С2-29; выключатель SA2-МТ-3; элементы питания GB1, GB2 типа А332, А336 и др.

Для настройки прибора следует собрать схему, представленную на рис. . Движок резистора R2 установить в нижнее по схеме положение. Переключатель пределов измерения милливольтметра поставить в положение 5 мВ, включить питание и прогреть прибор в течение 5 мин и, закоротив входные зажимы резистором R10, установить стрелку микроамперметра на нуль. Последнюю операцию необходимо выполнять перед каждым измерением. Резистором R2 устройства калибровки выставить по вольтметру PV1 напряжение 1 В, что соответствует 5 мВ на выходе схемы, и подать на вход милливольтметра. Подстроечным резистором R3 милливольтметра установить стрелку микроамперметра на конечную отметку шкалы. На остальных пределах измерений подгонка осуществляется изменением сопротивлений резисторов R5, R7, R8, R11 и R12, начиная с R5, с использованием данных приведённых в табл.

В качестве вольтметра можно использовать комбинированный прибор с классом точности 1,0; 1,5.

Т а б л и ц а 134. Данные для калибровки милливольтметра

| Показания вольтметра, В           |         |  | 1    | 2    | 10   | 2   | 5   | 10   |
|-----------------------------------|---------|--|------|------|------|-----|-----|------|
| Показания милливольтметра, мВ     |         |  | 5    | 10   | 50   | 100 | 500 | 1000 |
| Значения сопротивлений резисторов | R3, кОм |  | 390  | 390  | 390  | 8,2 | 8,2 | 8,2  |
|                                   | R4, Ом  |  | 2000 | 2000 | 2000 | 91  | 91  | 91   |

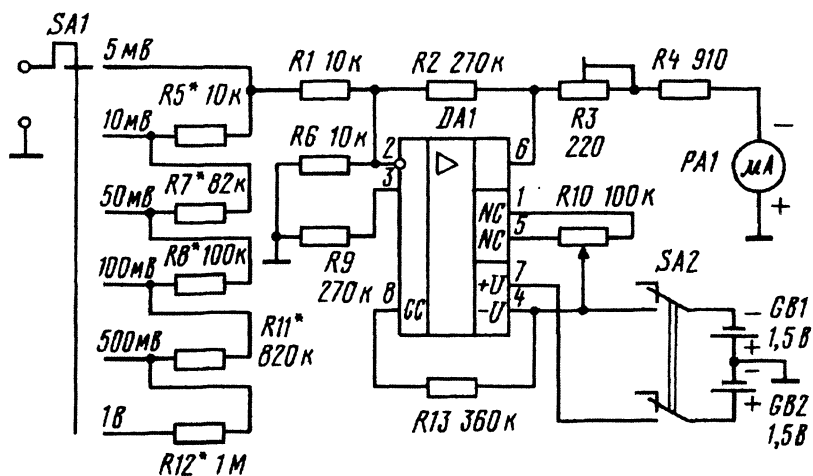


Рис. 139. Схема электрическая принципиальная милливольтметра

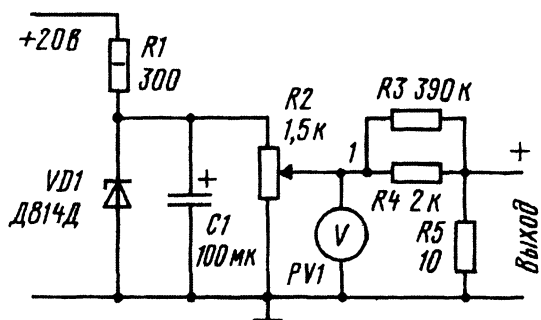


Рис. 140. Схема калибровки милливольтметра

## Амплитудный вольтметр

Прибор предназначен для измерения постоянного напряжения, амплитудных значений однополярных импульсов с частотой следования 20 Гц...3 МГц и переменных симметричных напряжений любой формы в диапазоне частот 20 Гц...3 МГц. Принципиальная электрическая схема прибора представлена на рис. 141.

Вольтметр содержит генератор импульсов DD1.1, DD1.2, DD1.4, R1, R2, C1 (GN), электронный ключ DD1.3, генератор ступенчатого пилообразного напряжения DD3, DD4, DD5, DA1, DA2, VD1, R3, R4, R6, компаратор (устройство сравнения) DA3, R7, R8, R5; входное устройство SA1, R9, R10, R8, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) DD7, DD10, DD13, DD16; счётчик (CT2) и устройство индикации DD8, DD11, DD14, DD17, HL1–HL4.

Принцип работы вольтметра заключается в сравнении измеряемого напряжения с опорным, преобразованного в пилообразное ступенчатое (рис. 142) и запоминания в ОЗУ кода в момент их равенства, причем для импульсного и переменного напряжения запоминается последний результат.

При нажатии кнопки «Пуск» RS-триггер (T1), выполненный на элементах DD2.1, DD2.2 переходит в единичное состояние и логической 1 с выхода 6 открывает ключ DD1.3, одновременно с выхода 3 логический 0 переводит счётчики DD3, DD4, DD5 (CT1) и DD6, DD9, DD12, DD15 (CT2) в состояние счета. Под действием этого же логического 0 срабатывает RS-триггер на элементах DD19.1, DD19.2. Логический 0 с выхода 3 RS-триггера поступает на вход 2 элемента или DD18.1, который начинает работать как обычный инвертор.

Последовательность импульсов с генератора импульсов GN через ключ DD1.3 поступает на входы двоичного счетчика CT1 и двоично-десятичного счётчика CT2. Счётчик CT1 формирует двоичный код, который микросхемой DA1 совместно с DA2 преобразуется в ступенчатое пилообразное напряжение, причём каждому импульсу соответствует  $1/1024 U_{\text{оп}}$ . Опорное напряжение снимается с резистора R4 и устанавливается равным 10,24 В, тогда, посчитав счётчиком CT2, импульсы можно судить о значении измеряемого напряжения.

Ступенчатое напряжение поступает на вход 2 компаратора DA3, где сравнивается с измеряемым напряжением. В момент их равенства или превышения измеряемого напряжения (амплитуды, импульса) над пилообразным на выходе 7 компаратора присутствует логический 0, тогда с выхода 1 микросхемы DD18.1, работающего в режиме инвертора, логическая 1 разрешит запись кода с выходов счётчика CT2 в ОЗУ. В случае превышения ступенчатого напряжения над измеряемым, на выходе компаратора будет присутствовать логическая 1. С выхода микросхемы DD18.1 логический 0 запретит запись новой информации в ОЗУ. В ОЗУ останется информация, которая записалась в момент равенства сравниваемых напряжений. На цифровом табло будут высвечиваться цифры, соответствующие коду записанному в ОЗУ (числу импульсов – “ступенек”). В случае измерения ступенчатого или переменного напряжений запись в ОЗУ осуществляется многократно, но остаётся последняя.

По прохождению 1023 импульсов через счётчик CT1, с приходом 1024 импульса на выходе 11 микросхемы DD5 появится логическая 1 и тогда с выхода 8 инвертора DD2.3 логический 0 переводит RS-триггер DD10.1: DD19.2 в единичное состояние, логическая 1 с выхода 3 RS триггера поступит на вход 2 DD18.1, чем обеспечит на выходе 1 микросхемы DD18.1 логический 0, независимо от состояния входа 3, а следовательно, сохранность информации в ОЗУ и на цифровом табло. Этот же сигнал логического 0 с выхода 8 инвертора DD2.3, задержанный во времени элементами DD19.3 и DD19.4 переключает RS-триггер на элементах DD2.1, DD2.2 в нулевое состояние.

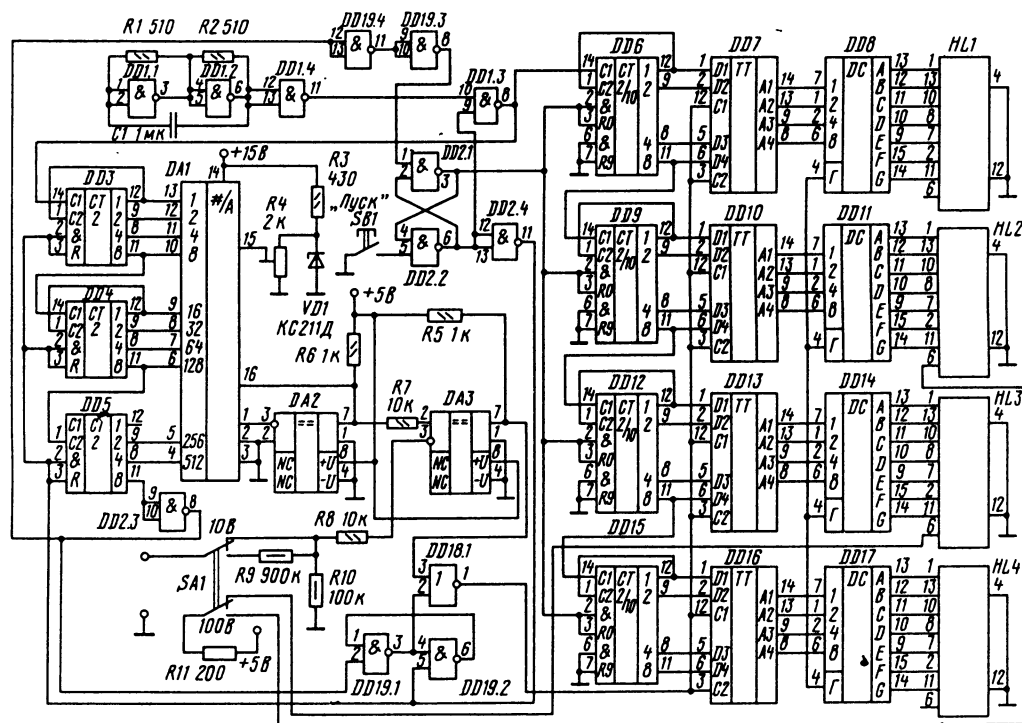


Рис. 141. Схема электрическая принципиальная амплитудного вольтметра

Счётчики СТ1 и СТ2 обнуляются, ключ DD1.3 запирается, счёт импульсов прекращается, с цифрового табло считывается информация. Элемент DD2.4 служит для разгрузки выхода 3 RS-триггера.

Частотный диапазон прибора определяется: снизу частотой генератора GN1, т.е. временем измерения. Как видно из рис. 142, чем больше пересечений амплитуд с пилообразным напряжением, тем точнее результат; сверху быстродействием компаратора –  $t_{\text{ср.к}}$ , ОЗУ –  $t_{\text{ср.озу}}$  и элемента ИЛИ –  $t_{\text{ср.или}}$ , тогда  $1/f_{\text{к}} \gg 1,2(t_{\text{ср.к}} + t_{\text{ср.озу}} + t_{\text{ср.или}})$ .

В амплитудном вольтметре использованы: микросхемы DD1, DD2, DD19 – K155ЛА3; DD3–DD5 – K155ИЕ5; DD6, DD9, DD12, DD15 – K155ИЕ2; DD7, DD10, DD13, DD16 – K155ТМ5; DD8, DD11, DD14, DD17 – K514ИД1; DD18 – K155ЛЕ1; DA1 – K572ПА1; DA2, DA3 – K521СА3; стабилитрон VD1 – KC211Д или другие прецизионные стабилитроны с  $U_{\text{ст}} = 11$  В; резисторы R1–R3, R5, R6, R11 – МЛТ 0,125; R7–R10 – С2-29 0,125; R4 – СПЗ-38; светодиодные матрицы HL1–HL4 – АЛС324А; переключатель пределов измерений SA1 – МТЗ; кнопка SB1 – П2К; конденсатор C1 – КТ (КМ).

Питание прибора осуществляется от двух стабилизированных источника питания +15 В (50 мА) и +5 В (1А).

Настройка прибора сводится к установке опорного напряжения  $U_{\text{оп}} = 10,24$  В резистором R4.

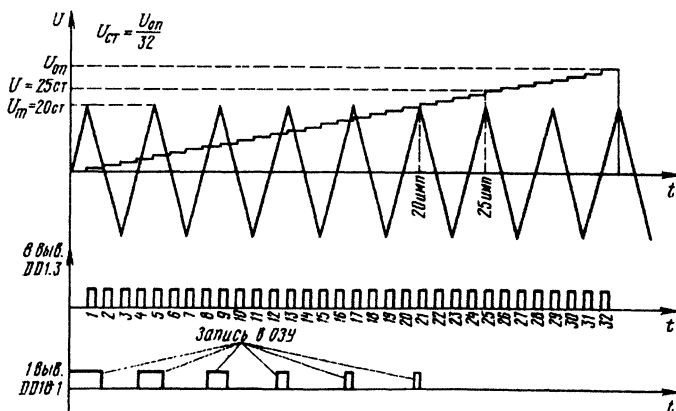


Рис. 142. Диаграммы, поясняющие работу амплитудного детектора

## Измеритель емкости, вольтметр

Прибор предназначен для измерения емкости конденсаторов от единиц пикофард до единиц микрофард, емкости монтажа, емкости переходов полупроводниковых приборов, определения мест обрывов кабелей, измерения напряжения постоянного и переменного тока. Кроме того, прибор может служить генератором импульсов фиксированных частот. Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис. 143.

Диапазон измеряемых емкостей разбит на девять диапазонов: 0...50; 0...100; 0...200; 0...1000; 0...2000; 0...10000; 0...20000; 0...100000; 0...200000 пФ и 0...2 мкФ (SA2).

Шкала прибора линейна. Погрешность измерения не превышает 5%.

Принцип действия измерителя емкости основан на измерении средневыведенного значения тока, проходящего через измеряемую емкость под действием импульсного напряжения прямоугольной формы со скважностью, равной 2.

Значение тока определяется амплитудой и частотой импульсного напряжения и измеряемой емкостью.

Прибор состоит из кварцевого генератора (DD1.1, DD1.2, BQ1, R1, R2, C1, C2), делителя частоты (DD2, DD4, DD1.3, DD1.4, DD3), коммутатора (SA1, VT1, R3, R4), измерителя (PA1, R5, R8, R9, VD1–VD4), делителя напряжения вольтметра (R6, R7) и блока питания (GB1, VD5, R10).

Кварцевый генератор может иметь резонансную частоту около 100 кГц (необязательно точно 100 кГц). Единственная задача кварцевого генератора – обеспечить стабильность частоты. Стабильность амплитуды выходного напряжения достигается применением стабилизированного источника питания.

Делитель частоты выполнен из четырех счетчиков на базе 4-разрядных двоичных счетчиков (DD2, DD4) и схем сброса (DD1.3, DD1.4, DD3) в нуль, необходимых для формирования декады. Выходами каждого счетчика являются выходы первого и второго триггеров, откуда снимается выходной импульсный сигнал прямоугольной формы со скважностью, равной 2, что позволяет получить практически линейную характеристику, а также дискретно изменять пределы измерений, без подстройки остальных пределов.

При помощи выключателя SA2 и резистора R9 имеется расширить предел измерения до 4 мкФ на пределе измерения 0...100000 пФ и до 400000 пФ на пределе 0...20000 пФ или, соответственно, до 2; 1; 0,2 мкФ.

Предел измерения выбирается при помощи переключателя SA1. Ключ VT1, R3, R4 необходим для согласования маломощного выхода делителя частоты с выходом прибора. Пределы измерения вольтметра постоянного и переменного токов настраиваются согласно рекомендациям гл. 4.

В приборе используются: переключатель SA1 любой, например ПР-10П1НВ; выключатели SA2, SA3 – МТЗ; резисторы R1–R10 – МЛТ-0,125 или другие; R8, R9 – подстроечные типа СП5-2; конденсаторы – КТ или КМ. Транзистор VT1 – КТ315, 2Т312, КТ3102 с любыми буквенными индексами. Микросхемы серии К561 можно заменить микросхемами серии 564 без какого-либо изменения электрической схемы. Диоды VD1–VD4 – Д18, Д9, Д2; микроамперметр PA1 – М4257 (М2001, М263М, М4253М и др.) с током полного отклонения 50 мкА. При использовании микроамперметра с большим током полного отклонения уменьшается чувствительность измерителя, но повышается верхний предел измерения и, соответственно, изменяются пределы измерения. Например, при токе полного отклонения микроамперметра PA1, равного 200 мкА, пределы измерения будут 0...200; 0...400; 0...800; 0...4000; 0...8000; 0...40000; 0...80000; 0...400000; 0...800000 пФ, тогда расширенный предел измерения – 0...4 мкФ (предел 0...400000 пФ).

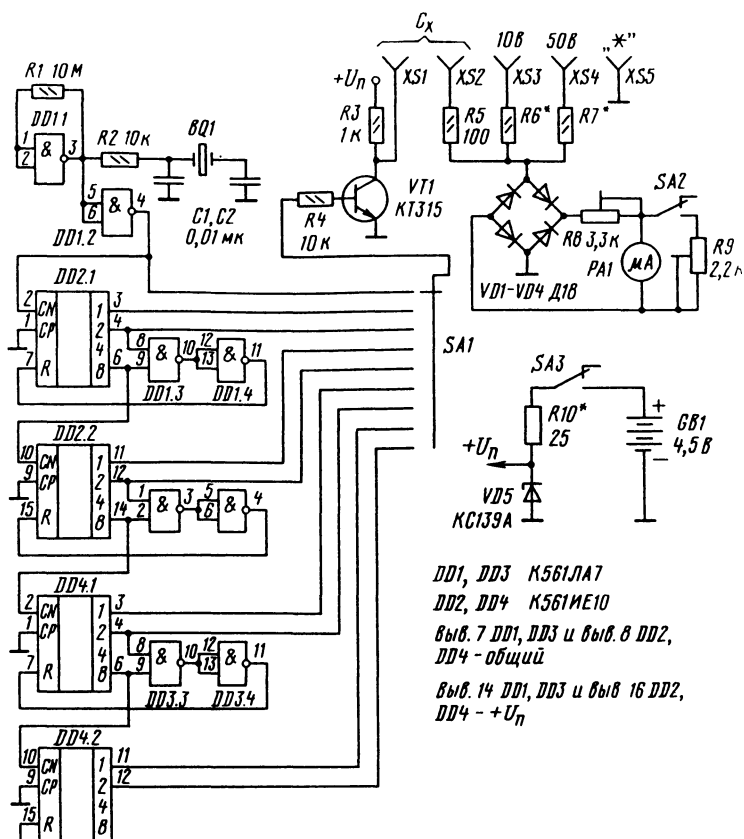


Рис. 143. Схема электрическая принципиальная измерителя емкости-вольтметра

Настройка прибора заключается в измерении известных значений емкостей конденсаторов.

При подгонке встроенного вольтметра следует взять переменный резистор сопротивлением 220...330 кОм, включённый по схеме потенциометра на максимальное значение сопротивления и подключить его вместо резистора R6. Подать на вход прибора ("+" и "10 В) 10 В и переменным резистором установить стрелку микроамперметра на конечное значение шкалы. Измерить сопротивление переменного резистора омметром или мостом постоянного тока и заменить переменный резистор постоянным, с сопротивлением, полученным при измерении. Изменяя напряжение на входе встроенного вольтметра, отградуировать дополнительные шкалы для постоянного и переменного напряжений. Аналогично необходимо выполнить операции на пределе 100 В без градуировки (значение переменного резистора будет равным 2,2...3,3 МОм и оно может состоять из последовательно соединённых постоянного и переменного резисторов).

Работа с прибором проста и особых навыков не требует. При определении места обрыва кабеля или двухпроводной линии проводят два измерения C1 и C2 с обеих сторон кабеля и измеряют длину кабеля l, тогда расстояние до места обрыва кабеля l1,  $l1 = (C1+C2)C1/l$ , от первой стороны кабеля.

При использовании прибора в качестве генератора нужно использовать зажимы XS1 и XS5.

Дополнение к табл. 2

| Прибор   | Виды и пределы измерений |                          |                    |                    |                    |                           |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
|          | Постоянное напряжение, В | Переменное напряжение, В | Постоянный ток, мА | Переменный ток, мА | Сопротивление, кОм | Относительный уровень, дБ |
| ЭК-4304  | 0,5...1000               | 10...1000                | 0,1...1000         | —                  | ...3000            | —                         |
| YX-1000A | 10...1000                | 10...1000                | 0,5...500          | —                  | ...200             | –20...<br>+56             |
| MF-110A  | 10...1000                | 10...1000                | 0,5...500          | —                  | ...1000            | –20...<br>+62             |
| MF-110B  | 10...1000                | 10...1000                | 0,5...500          | —                  | ...1000            | –20...<br>+62             |
| UV-Z3    | 0,1...1000               | 0,1...1000               | 0,03...1000        | 0,3...1000         | ...175             | –40...<br>+62             |

Дополнение к табл. 2

| Прибор   | Частотный диапазон, Гц | Класс точности, Погрешность, % |         |         | Внутреннее сопротивление, кОм/В |    | Габаритные размеры, мм | Масса, кг |
|----------|------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------------------------------|----|------------------------|-----------|
|          |                        | = I = U                        | – I – U | R, C, L | =U                              | –U |                        |           |
| ЭК-4304  | 45...5000              | 4,0                            | 4,0     | 4,0     | 20                              | 5  | 140x90x45              | 0,3       |
| YX-1000A | —                      | 5                              | 5       | 5       | 2                               | 2  | 90x60x30               | 0,1       |
| MF-110A  | —                      | 5                              | 5       | 5       | 2                               | 2  | 90x60x30               | 0,1       |
| MF-110B  | —                      | 5                              | 5       | 5       | 2                               | 2  | 90x60x30               | 0,1       |
| UM-Z3    | 20...1500              | 2,5                            | 2,5     | 2,5     | 50                              | 50 | 130x90x40              | 0,34      |

## Фирменные знаки заводов-изготовителей



Краснодарский завод измерительных приборов «ЗИП»



Омский завод «Электроточприбор»



Санкт-Петербургский завод «Вибратор»



Московский завод «Энергоприбор»



Невинномысский завод электронизмерительных приборов



Чебоксарский завод электронизмерительных приборов (ЧЗЭИП)



Витебский завод электронизмерительных приборов (ВЗЭП)



Кишиневский завод «Микропровод»



Уманский завод «Мегомметр»



Киевский завод «Точэлектроприбор»



Житомирский завод «Электронизмеритель»



Львовский завод электронизмерительных приборов



Ереванский завод «Электроточприбор»



Кишиневский завод «Электроприбор»



Ереванский завод «Электроприбор»



Житомирское производственное объединение «Электроизмеритель»

## Список литературы

1. **Меерсон А. М.** Радионизмерительная техника.— 3-е изд., перераб. и доп.— Л.: Энергия.— 1978.— 408 с.
2. **Сапаров В. Е., Максимов Н. А.** Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике: Учеб. пособие для вузов.— М.: Радио и связь.— 1985.— 248 с.
3. **Предлагает «Измеритель»** // Радио.— 1980.— № 5.— С. 42, 43.
4. **Измерительные приборы** // Радио.— 1980.— № 6.— С. 50.
5. **Измерительные приборы для радиолюбителей** // Радио.— 1986.— № 10.— С. 40, 41.
6. **Иванов Б.** Контролирующее устройство для автомобиля // Радио.— 1983.— № 4.— С. 26.
7. **Ринский В. И.** Измерительная лаборатория радиолюбителя.— М.: Радио и связь.— 1983.— 104 с.
8. **Фролов В. В.** Радиолюбительская технология.— М.: ДОСААФ, 1975.— 134 с.

## Оглавление

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие.....                                                            | 3   |
| 1. Основные сведения о метрологии.....                                      | 4   |
| 2. Принцип действия, устройство и конструкция комбинированных приборов..... | 8   |
| 3. Измерение комбинированными приборами.....                                | 27  |
| 4. Ремонт комбинированных приборов.....                                     | 33  |
| 5. Конструирование любительских измерительных приборов.....                 | 40  |
| Справочные сведения.....                                                    | 58  |
| Список литературы.....                                                      | 260 |

