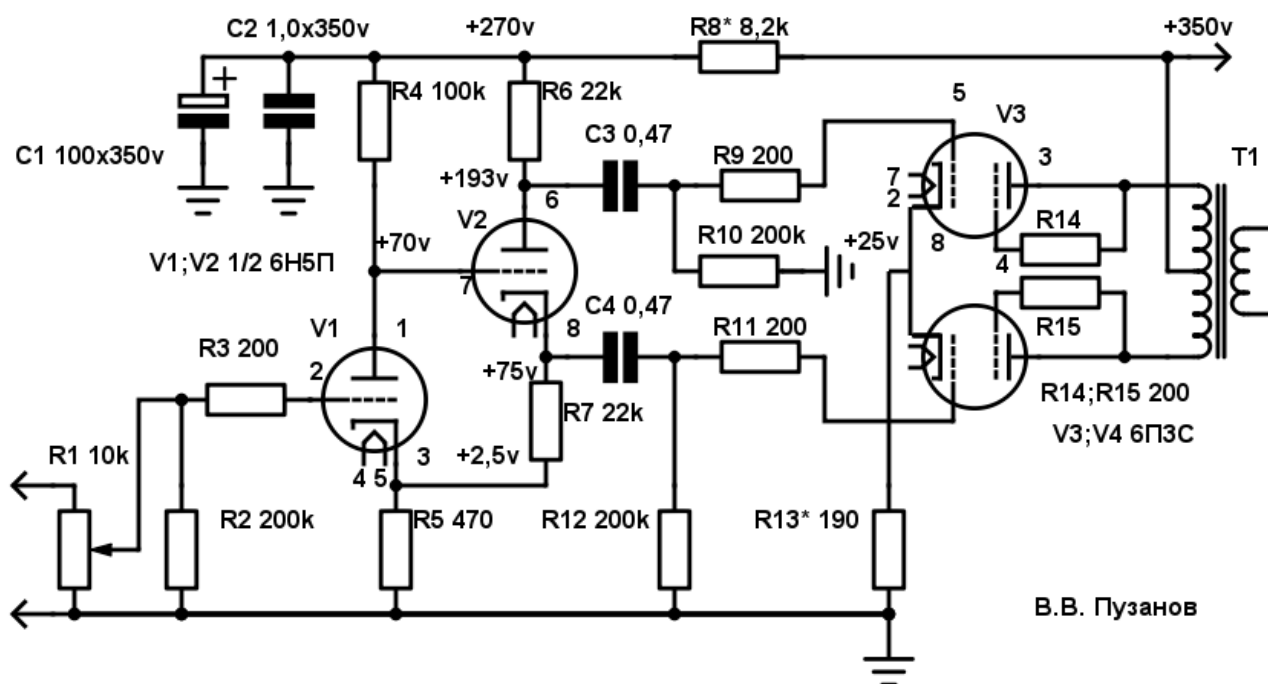


Простой двухтактный усилитель.

Вашему вниманию предлагается простая схема двухтактного усилителя мощности, доступная для повторения радиолюбителями любой квалификации. Несмотря на простоту, а во многом благодаря ей, усилитель неплохо звучит, честно отыгрывая практически любые музыкальные жанры.

Схема усилителя приведена на рисунке.



Предварительный каскад-фазоинвертор выполнен на двойном триоде 6Н5П. За основу взята схема из статьи Е.Борисова «Фазиинвертор с разделённой нагрузкой», опубликованная в журнале Радио №3 за 1953 год.

Особенностью каскада является применение положительной обратной связи по току (ПОС), что позволило отказаться от шунтирующего катодный резистор электролитического конденсатора, негативно влияющего на звучание, а так же увеличить усиление каскада, которое становится практически равным статическому коэффициенту усиления лампы. Кроме этого, введение ПОС уменьшает выходное сопротивление инверсной ступени, не нарушая симметрии выхода.

Из неприятных моментов можно назвать фазовый сдвиг между напряжениями на выходах фазоинвертора. Но, он начинается только с частоты 10kHz и на частоте 20kHz составляет всего 5 градусов. Поэтому данный факт можно считать несущественным.

В зависимости от применяемого триода, а Вы можете применить 6Н1П, 6Н5П, 6Н23П, 6Н8С и прочие, каскад будет иметь соответствующее усиление и звучание.

Выходной каскад особенностей не имеет. Он выполнен по схеме с автоматическим смещением, что тоже упрощает изготовление и настройку аппарата. Каскад позволяет применять практически любые выходные лампы с соответствующими выходными трансформаторами, отличия будут только в номинале катодного резистора.

Естественно, выходные лампы для двухтактного выходного каскада должны быть подобраны попарно. Бояться этого не стоит. Оригинальную методику такого подбора прямо в схеме предложил А. Бокарёв из Ростова на Дону. Суть в следующем.

В катод каждой выходной лампы устанавливается по одинаковому резистору. Для ламп 6ПЗС их номиналы составляют 400-470Ом. Далее, подбирая экземпляры ламп, нам нужно

добиться одинаковых напряжений на катодах. Для этого проще всего применить вольтметр с автоматическим выбором предела измерений, один щуп которого устанавливаем на катод V3, а второй щуп на катод V4. В идеале, если лампы идентичны, вольтметр должен показать 0 вольт. Во всяком случае, оставляете те экземпляры ламп, при которых показания вольтметра будут минимальными. После этого нужно просто соединить катоды между собой. В результате этой манипуляции оба резистора в катодах окажутся подключены параллельно друг другу и номинал уже общего, для обеих ламп, резистора станет в два раза меньшим. Как видите, всё просто.

Можно подобрать лампы по-другому. Устанавливаем одну лампу, в катод которой резистор того же номинала, 400-470 Ом. Замеряем падение напряжения на нём. К примеру, оно составило 25 вольт. Записываем любым подходящим способом это значение в «паспорт» лампы. Затем устанавливаем другую. Снова замеряем падение напряжения на катодном резисторе. К примеру, оно составило 25,5 вольта. Записываем его. Так делаем со всеми лампами, имеющимися в наличии и в схему устанавливаем пары с максимально близкими значениями этого напряжения.

Из-за того, что лампы две, ток в цепи общего катодного резистора равен удвоенному значению тока каждой лампы. Так, для ламп 6ПЗС, его значение составит около 140 мА, что потребует установки общего резистора катодов с запасом по мощности рассеивания. Вполне нормальным будет применение резистора мощностью 10 Вт.

Чуть коснусь типов применяемых деталей и их назначения.

Переменный резистор на входе усилителя желательно выбрать с логарифмической зависимостью. Вместо резистора 10 кОм можно применить любой, имеющийся в наличии, с номиналом до 47 кОм. Если у Вас нет дорогостоящего резистора ALPS, ничего страшного. Хорошие результаты получаются при применении отечественных переменных проволочных резисторы типа ППБ, а так же корейских ALFA. Они достаточно качественные и недорогие. Так же ничего не имею против, если в качестве регулятора громкости Вы примените ступенчатый дискретный регулятор (применялся в усилителях Бриг, предварительных усилителях Радиотехника и т.д.).

Резисторы R3, R9 и R11 служат для устранения возбуждения усилителя при неудачной компоновке. Номинал этих резисторов в 200 Ом достаточно условен. С таким же успехом можно применить резисторы номиналом до 2-3 кОм. Если они достаточно качественные, то влияние на звучание будет исчезающе малым. Если же возбуждения нет, то их можно вообще исключить из схемы.

Разделительные конденсаторы C3 и C4 достаточно сильно влияют на звучание. Поэтому их следует выбирать наилучшего качества, на соответствующее напряжение (не ниже 250 вольт). Их величина, без особого ущерба для качества звука, может варьироваться в широких пределах, от 0,1 мкФ до 1,0 мкФ, а уж про типы этих емкостей написаны целые «трактаты» в самых разных источниках. Именно поэтому я опускаю этот момент, так как, в конечном итоге, это вопрос вкусовщины. Послушайте разные варианты и выберите наилучший.

Не лишним будет напомнить, что все пассивные радиоэлементы в ламповых конструкциях желательно выбирать «с запасом» по мощности рассеивания (резисторы) и по номинальному напряжению (конденсаторы). Я применил углеродистые резисторы P1-71, мощностью 2 Вт, а в качестве разделительных конденсаторы Mullard Mustard (Горчица), ёмкостью 0,47 мкФ на напряжение 400 вольт.

Источник анодного питания может быть любым, обеспечивающим ток 0,2 А при напряжении 300-350 вольт. Я применяю кенотронное питание, однако ничего не имею против «быстрых» диодов. Стабилизатор анодного напряжения применять не обязательно, важно лишь обеспечить достаточную «энерговооруженность» источника. Я не буду сейчас говорить об его резонансной частоте, «грузить» Вас формулами и лишней информацией. Скажу лишь, что суммарной ёмкости конденсаторов анодного источника в пределах 1000,0-1500,0 мкФ (напоминаю, на напряжение не ниже 400 вольт) будет вполне достаточно для стерео варианта усилителя.

Ну вот, практически все важные вопросы затронуты, осталось только спаять усилитель и послушать, что же получилось. Если всё сделано правильно, то Вы получите до 5Вт неискажённой выходной мощности, при полновесном, ровном и красивом звучании. Уверен, что многим из Вас, этот вариант усилителя вполне понравится, чему я буду искренне рад.

С уважением, Вадим Пузанов, январь 2016г.