



(51) МПК
H02M 3/335 (2006.01)
 (52) СПК
H02M 3/335 (2022.02)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.06.2022)
 Пошлина: учтена за 1 год с 01.02.2022 по 01.02.2023. Установленный срок для уплаты пошлины за 2 год: с 01.02.2022 по 01.02.2023. При уплате пошлины за 2 год в дополнительный 6-месячный срок с 02.02.2023 по 01.08.2023 размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: [2022102232](#), 01.02.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 01.02.2022

Дата регистрации:
 30.05.2022

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 01.02.2022

(45) Опубликовано: [30.05.2022](#) Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 173305 A1, 21.07.1965. SU 1797730 A3, 23.02.1993. SU 1713044 A1, 15.02.1992. SU 1797728 A3, 23.02.1993. SU 1647822 A1, 07.05.1991. US 4217632 A1, 12.08.1980. EP 191482 B1, 25.07.1990.

Адрес для переписки:
 394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, 14,
 АО "Концерн Созвездие", Семьинин
 Алексей Сергеевич

(72) Автор(ы):

Фомин Игорь Викторович (RU),
 Маковкин Павел Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Концерн
 "Созвездие" (RU)

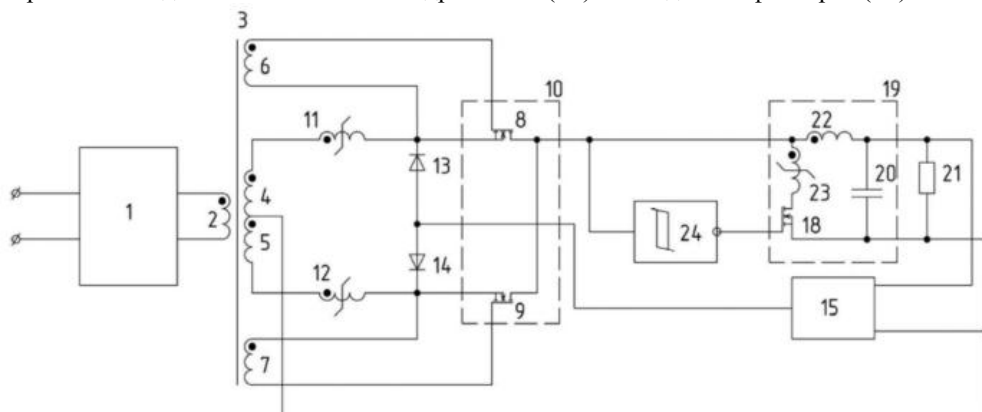
(54) Стабилизатор постоянного напряжения

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована в полупроводниковых преобразователях электроэнергии.

Технический результат - повышение надёжности путем снижения напряжения на полевом транзисторе выходного фильтра при упрощении устройства.

Для этого в стабилизатор постоянного напряжения введены инвертирующее пороговое устройство (15) и в выходной фильтр (19) - дополнительный дроссель насыщения (23), при этом сток полевого транзистора (18) выходного фильтра (19) через дополнительный дроссель насыщения (23) соединён с первым выводом накопительного дросселя (22), а затвор полевого транзистора (18) подключён к выходу инвертирующего порогового устройства (24), вход которого соединён с первым выводом накопительного дросселя (22) выходного фильтра (19). 4 ил.



Фиг. 2

Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована в полупроводниковых преобразователях электроэнергии.

Известен стабилизатор постоянного напряжения, содержащий нерегулируемый инвертор напряжения с силовым трансформатором, двухтактный выпрямитель со средней точкой, оснащенный полевыми транзисторами с возможностью их управления синхронно от соответствующих вторичных обмоток силового трансформатора, управляемые дроссели насыщения, выходной фильтр, нагрузку, схему управления, размагничивающие диоды (см. заявку патентного ведомства Украины № 201408533 от 28.07.2014 г., положительное решение от 19.11.2014 г.).

Однако в предложенном стабилизаторе постоянного напряжения при большом токе нагрузки увеличиваются потери на обратной диоде выходного фильтра, что снижает коэффициента полезного действия.

Наиболее близким аналогом к предлагаемому является стабилизатор постоянного напряжения по патенту Украины № 112231, от 10.08.2016, принятый за прототип.

Стабилизатор-прототип содержит нерегулируемый инвертор напряжения с силовым трансформатором, двухтактный выпрямитель со средней точкой, оснащенный полевыми транзисторами с возможностью их управления синхронно от соответствующих вторичных обмоток силового трансформатора, управляемые дроссели насыщения, выходной фильтр, нагрузку, схему управления, размагничивающие диоды, причем выходной фильтр оснащен полевым транзистором, с возможностью управления от дополнительно введенных соответствующих обмоток управляемых дросселей насыщения.

На фиг.1 представлена схема стабилизатора-прототипа, где обозначено:

- 1 - нерегулируемый инвертор напряжения;
- 2 - первичная обмотка силового трансформатора;
- 3 - силовой трансформатор;
- 4, 5 - две полуобмотки вторичной обмотки силового трансформатора;
- 6, 7 - первая и вторая обмотки управления;
- 8, 9 - первый и второй полевые транзисторы;
- 10 - синхронный выпрямитель;
- 11, 12 - первый и второй дроссели насыщения;
- 13, 14 - первый и второй размагничивающие диоды;
- 15 - схема управления;
- 16, 17 - первая и вторая обмотки управления полевым транзистором выходного фильтра;
- 18 - полевой транзистор выходного фильтра;
- 19 - выходной фильтр;
- 20 - конденсатор выходного фильтра;
- 21 - нагрузка;
- 22 - накопительный дроссель.

Стабилизатор-прототип содержит нерегулируемый инвертор напряжения 1, к выходу которого подключена первичная обмотка 2 силового трансформатора 3. Трансформатор 3 содержит вторичную обмотку, выполненную со средней точкой, разделяющей ее на две полуобмотки 4, 5, а также первой 6 и второй 7 обмотками управления полевыми транзисторами 8, 9 синхронного выпрямителя 10, собранного по двухтактной схеме. К полуобмоткам 4, 5 подключены обмотки управляемых дросселей насыщения 11, 12 соответственно. Размагничивающие диоды 13, 14 катодами подключены к общей точке управляемых дросселей насыщения 11, 12 обмоток управления 6, 7 полевыми транзисторами 8, 9 и истокам полевых транзисторов 8, 9, а анодами - к выходу схемы управления 15. К средней точке полуобмоток 4, 5 подключены последовательно обмотки управления 16, 17 полевым транзистором 18 выходного фильтра 19, расположенные на управляемых дросселях насыщения 12, 11 соответственно, причем обмотка 17 подключена к затвору полевого транзистора 18, затвор которого соединен с общей точкой конденсатора 20 выходного фильтра 19 нагрузки 21, средней точкой полуобмоток 4, 5 и одного из входов схемы управления 15. Второй вход схемы управления 15 подключен к противоположным выводам конденсатора 20 выходного фильтра 19 и нагрузки 21, которые через накопительный дроссель 22 соединены со стоком полевого транзистора 18 и общей точкой полевых транзисторов 8, 9 синхронного выпрямителя 10.

Работает стабилизатор-прототип следующим образом.

К обмоткам управляемых дросселей насыщения 11, 12 прикладывается высокочастотное переменное напряжение U_1 вторичных полуобмоток 4, 5 силового трансформатора 3. В полупериод управления к обмотке управляемого дросселя насыщения 11 приложено отрицательное напряжение. В этот промежуток времени полевой транзистор 8 выпрямителя 10 находится в непроводящем состоянии (отрицательное напряжение первой обмотки 6 приложено к его затвору). Размагничивающий диод 13 открыт. Создается контур для протекания тока через схему управления 15, размагничивающий диод 13, управляемый дроссель насыщения 11, вторичную полуобмотку 4 силового высокочастотного трансформатора 3. Под действием этого тока (который является функцией сигнала рассогласования выходного постоянного напряжения стабилизатора с напряжением уставки схемы управления 15 и изменения напряжения на вторичной полуобмотке 4 силового

высокочастотного трансформатора 3, при изменении напряжения первичной сети) происходит размагничивание материала магнитопровода управляемого дросселя насыщения от уровня индукции насыщения B_s в какой-то уровень индукции B_1 . Глубина размагничивания регулируется действием этого стабилизирующего тока отрицательной обратной связи. При изменении полярности входного напряжения перемагничивание управляемого дросселя насыщения 11 начнется с запомненного уровня индукции B_1 . Когда для управляемого дросселя насыщения 11 имеет место полупериод управления (U_2 - напряжение на дросселе насыщения 11), для управляемого дросселя насыщения 12 имеет место другой режим - рабочий полупериод (U_2 - напряжение на дросселе насыщения 12). В этот промежуток времени полевой транзистор 9 выпрямителя 10 находится в проводящем состоянии (положительное напряжение второй полуобмотки 7 приложено к его затвору), размагничивающий диод 14 закрыт. Создается контур для протекания тока через полуобмотку 5 силового высокочастотного трансформатора 3, обмотку дросселя насыщения 12, полевой транзистор 9 выпрямителя 10, катушку индуктивности 22, конденсатор 20 и нагрузку 21. Рабочий полупериод состоит из двух этапов. На первом этапе происходит перемагничивание дросселя насыщения 12 от какого-то запомненного значения индукции B_2 к индукции насыщения B_s . Время этого перемагничивания значительно меньше, чем время размагничивания в полупериод управления за счет отсутствия ограничения скорости перемагничивания (сопротивление нагрузки на порядки меньше сопротивления цепи управления). Поэтому насыщение дросселя 12 достигается в пределах полупериода частоты входного переменного высокочастотного напряжения. В это время под действием напряжения U_4 обмотки 16 (17) открывается полевой транзистор 18 и создается контур для протекания тока i_1 через катушку индуктивности 22, нагрузку 21 и полевой транзистор 18, а также осуществляется разряд конденсатора 20 выходного фильтра 19 на нагрузку 21. После достижения насыщения управляемый дроссель 12 имеет практически нулевое сопротивление, и ток в цепи определяется сопротивлением нагрузки (второй этап). На этом этапе полевой транзистор 18 выходного фильтра 19 закрыт. А выпрямленный ток i_2 через индуктивность 22 поступает в нагрузку 21, попутно заряжая конденсатор 20.

Изменяя глубину размагничивания управляемых дросселей насыщения 11, 12 от $+B_s$ до $-B_s$ в полупериод управления, получаем широтно-импульсную модуляцию в пределах полупериода высокой частоты коммутации в рабочий полупериод. Так обеспечивается стабилизация выходного постоянного напряжения при изменении тока нагрузки во всем его диапазоне.

Однако при малом токе нагрузки на полевом транзисторе 18 выходного фильтра при его закрывании возникают выбросы напряжения.

Выбросы напряжения возникают, когда ток накопительного дросселя 22 уменьшается до нуля и затем меняет своё направление во время закрытого состояния управляемых дросселей насыщения 11, 12. После уменьшения до нуля, ток накопительного дросселя 22 начинает протекать по контуру: первый вывод конденсатора 20, обмотка накопительного дросселя 22, открытый полевой транзистор 18, второй вывод конденсатора 20. При выключении полевого транзистора 18, обратный ток дросселя не может передаваться через один из открытых транзисторов 8, 9 выпрямителя 10 и соответствующую вторичную обмотку силового трансформатора 3 в источник питания нерегулируемого преобразователя, поскольку этому препятствуют регулируемые дроссели насыщения 11, 12, ток через которые не может мгновенно менять направление. При этом происходит лавинный пробой полевого транзистора 18, который работает в режиме стабилитрона, и замыкает контур протекания обратного тока накопительного дросселя 22 на время его уменьшения до нуля. Лавинный пробой полевого транзистора 18 вызывает увеличение температуры кристалла и может привести к отказу, если энергия лавины превышает допустимую для данного типа транзистора величину. Это снижает надёжность стабилизатора-прототипа, работающего в широком диапазоне тока нагрузки.

На фиг. 1 приведена блок-схема стабилизатора-прототипа; на фиг. 2 - блок-схема предлагаемого стабилизатора напряжения; на фиг. 3 - эпюры напряжения, иллюстрирующие работу предлагаемого стабилизатора; на фиг. 4 - результаты симуляции работы заявляемого преобразователя и преобразователя-прототипа.

Недостатком прототипа является сложность, обусловленная наличием обмоток управления полевым транзистором выходного фильтра, а также снижение надёжности при малом токе нагрузки из-за наличия выбросов на полевом транзисторе выходного фильтра при его закрывании.

Задачей предлагаемого технического решения является повышение надёжности путем снижения напряжения на полевом транзисторе выходного фильтра при упрощении устройства.

Для решения поставленной задачи в стабилизатор постоянного напряжения, содержащий нерегулируемый инвертор напряжения, к выходу которого подключена первичная обмотка силового трансформатора, имеющего вторичную обмотку со средней точкой и две обмотки управления, включённые между затворами и истоками двух полевых транзисторов двухтактного синхронного выпрямителя соответственно,

истоки которых подключены к крайним выводам вторичной обмотки через управляемые дроссели насыщения, стоки полевых транзисторов двухтактного синхронного выпрямителя соединены между собой и первым выводом накопительного дросселя выходного фильтра, вторым выводом соединённого с выводом конденсатора выходного фильтра, параллельно которому подключена нагрузка, а другой вывод конденсатора соединён со средней точкой вторичной обмотки силового трансформатора, истоком полевого транзистора выходного фильтра и одним из входов схемы управления, другой вход которой соединён с точкой соединения накопительного дросселя и конденсатора выходного фильтра, причём выход схемы управления подключён к соединённым между собой анодам размагничивающих диодов, катодами подключённых к истокам соответствующих транзисторов двухтактного синхронного выпрямителя, согласно полезной модели, введены инвертирующее пороговое устройство и в выходной фильтр - дополнительный дроссель насыщения, при этом сток полевого транзистора выходного фильтра через дополнительный дроссель насыщения соединён с первым выводом накопительного дросселя выходного фильтра, а его затвор подключён к выходу инвертирующего порогового устройства, вход которого соединён с первым выводом накопительного дросселя выходного фильтра.

На фиг. 2 приведена схема предлагаемого устройства, где обозначено:

- 1 - нерегулируемый инвертор напряжения;
- 2 - первичная обмотка силового трансформатора;
- 3 - силовой трансформатор;
- 4, 5 - две полуобмотки вторичной обмотки силового трансформатора;
- 6, 7 - первая и вторая обмотки управления;
- 8, 9 - первый и второй полевые транзисторы;
- 10 - синхронный выпрямитель;
- 11, 12 - первый и второй дроссели насыщения;
- 13, 14 - первый и второй размагничивающие диоды;
- 15 - схема управления;
- 18 - полевой транзистор выходного фильтра;
- 19 - выходной фильтр;
- 20 - конденсатор выходного фильтра;
- 21 - нагрузка;
- 22 - накопительный дроссель;
- 23 - дополнительный дроссель насыщения;
- 24 - инвертирующее пороговое устройство.

Предлагаемый стабилизатор постоянного напряжения содержит нерегулируемый инвертор напряжения 1, к выходу которого подключена первичная обмотка 2 силового трансформатора 3. Трансформатор 3 содержит вторичную обмотку, выполненную со средней точкой, разделяющей ее на две полуобмотки 4 и 5, а также первую 6 и вторую 7 обмотки управления полевыми транзисторами 8, 9 синхронного выпрямителя 10, собранного по двухтактной схеме. При этом первая 6 и вторая 7 обмотки управления включены между затворами и истоками полевых транзисторов 8 и 9 двухтактного синхронного выпрямителя 10, истоки которых подсоединены к крайним выводам вторичной обмотки через управляемые дроссели насыщения 11 и 12 соответственно. Стоки полевых транзисторов 8 и 9 соединены между собой и первым выводом дросселя 22, второй вывод которого соединён с одним выводом конденсатора выходного фильтра 19, параллельно которому подключена нагрузка 21. Другой вывод конденсатора 20 соединён со средней точкой вторичной обмотки силового трансформатора, истоком полевого транзистора 18 выходного фильтра 19 и одним из входов схемы управления 15, другой вход которой соединён с точкой соединения дросселя 22 и конденсатора 20 выходного фильтра 19. Причём выход схемы управления 15 подключён к соединённым между собой анодам размагничивающих диодов 13 и 14, катодами соединённых с истоками соответствующих транзисторов 8 и 9 синхронного выпрямителя 10. Кроме того, к стокам полевых транзисторов 8 и 9 двухтактного синхронного выпрямителя 10 подключён вход инвертирующего порогового устройства 24, выход которого соединён с затвором полевого транзистора 18 выходного фильтра 19. При этом сток полевого транзистора 18 через дополнительный дроссель насыщения 23 соединён с первым выводом дросселя 22 выходного фильтра 19.

Предлагаемый стабилизатор работает следующим образом.

В установившемся режиме к обмоткам дросселей насыщения 11, 12 прикладывается переменное напряжение U_{L4} (фиг. 3) вторичных полуобмоток 4, 5 силового трансформатора 3. Под действием положительной полуволны напряжения U_{L4} , приложенного к обмотке дросселя насыщения 11, индукция B_{L11} в его магнитопроводе начинает изменяться от предыдущей величины $B_{рег}$, определяемой выходным напряжением схемы управления 15, являющимся функцией сигнала рассогласования выходного напряжения стабилизатора с напряжением уставки схемы управления 15 до индукции насыщения B_s . До момента насыщения магнитопровода дросселя 11 индуктивное сопротивление его обмотки велико и препятствует передаче энергии через силовой трансформатор 3 в нагрузку 21, несмотря на то, что полевой

транзистор 8 открыт положительным напряжением обмотки 6, приложенным к его затвору, а ток накопительного дросселя 22 замыкается по цепи: второй вывод обмотки накопительного дросселя 22, параллельно соединённые конденсатор 20 выходного фильтра и нагрузка 21, открытый транзистор 18 выходного фильтра, дополнительный дроссель насыщения 23, первый вывод накопительного дросселя 22. Транзистор 18 открыт выходным напряжением инвертирующего порогового устройства 24, поскольку напряжение на входе порогового устройства $U_{вх24}$ становится отрицательным (определяется напряжением сток-исток открытого полевого транзистора 18 выходного фильтра) и меньше порога срабатывания порогового устройства 24, который выбирается равным нулю. Протекание тока дросселя 22 через обмотку дополнительного дросселя 23 насыщения приводит к тому, что индукция B_{L23} в его магнитопроводе увеличивается до индукции насыщения B_s за время Δt , которое определяется параметрами дополнительного дросселя 23 и выбирается равным удвоенному времени выключения транзистора 18 и не превышает нескольких процентов от времени рабочего полупериода инвертора. До момента насыщения магнитопровода дополнительного дросселя 23, ток накопительного дросселя замыкается по цепи: второй вывод дросселя 22, параллельно соединённые конденсатор выходного фильтра 20 и нагрузка 21, вторичная полуобмотка 5 силового трансформатора 3, насыщенный в предыдущем такте дроссель насыщения 12, внутренний диод транзистора 9 синхронного выпрямителя 10, первый вывод обмотки дросселя 22. В течение времени Δt к дросселю насыщения 11 прикладывается напряжение U_{L11} двух вторичных полуобмоток 4 и 5, а к дополнительному дросселю 23 прикладывается напряжение U_{L23} одной полуобмотки. При этом ток дросселя 22 через первичную обмотку 2 силового трансформатора 3 возвращается в первичный источник, питающий инвертор 1.

На входе инвертирующего порогового устройства в течение времени Δt присутствует отрицательное напряжение $U_{вх24}$, равное напряжению на вторичной полуобмотке 5 силового трансформатора, которое меньше порогового, и на выходе порогового устройства 24 присутствует высокий уровень напряжения, открывающий транзистор 18. После насыщения магнитопровода дросселя 11, напряжение U_{L4} вторичной обмотки 4 прикладывается к входу выходного фильтра 19, поддерживая стабильное напряжение на выходе преобразователя. Транзистор 18 остаётся открытым после насыщения магнитопровода дросселя 11, и к обмотке дополнительного дросселя 23 и входу порогового устройства 24 прикладывается напряжение вторичной полуобмотки 4, превышающее порог переключения. На выходе порогового устройства 24 появляется напряжение низкого уровня и транзистор 18 выключается. В течение времени выключения транзистора 18, ток через него ограничен большим индуктивным сопротивлением дополнительного дросселя насыщения 23 и не превышает нескольких десятков миллиампер, что исключает выбросы на стоке транзистора 18 при непрерывном и разрывном токе накопительного дросселя 22. После завершения первого полупериода работы инвертора 1 и смене полярности напряжения на вторичных полуобмотках 4 и 5, вышеописанные процессы повторяются во втором полупериоде. Очевидно, что изменяя длительность ненасыщенного состояния дросселей 11 и 12, путём изменения величины размагничивающего напряжения на выходе схемы управления 15, можно регулировать и поддерживать стабильным выходное напряжение на нагрузке 21, за счёт широтно-импульсной модуляции напряжения вторичных полуобмоток силового трансформатора, обеспечивая эффективное преобразование электроэнергии в широком диапазоне изменения входного напряжения и тока нагрузки преобразователя без снижения надёжности его работы.

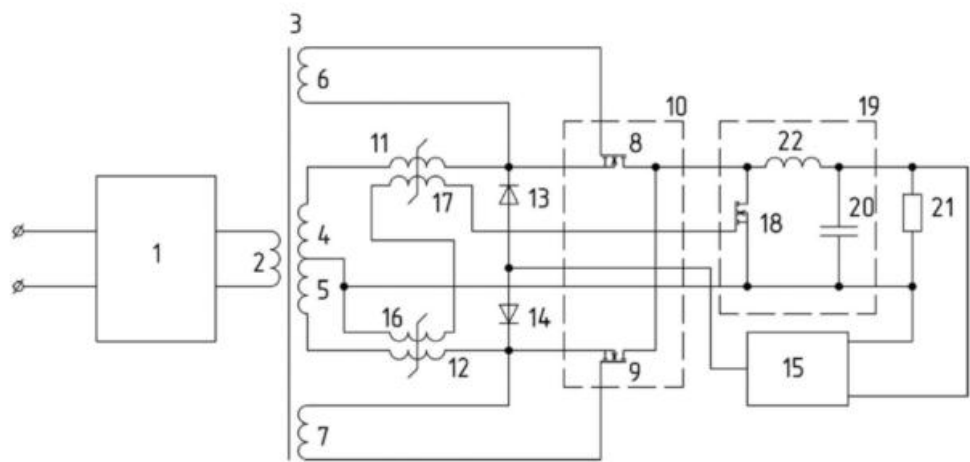
Для проверки работоспособности предлагаемого технического решения была проведена сравнительная симуляция работы заявляемого преобразователя и преобразователя-прототипа в программе Micro-Cap 11. Результаты симуляции, представленные на фиг. 4, показывают, что в предлагаемом преобразователе напряжения отсутствуют выбросы напряжения ($V_d(M6)$) на стоке транзистора выходного фильтра в режиме разрывного тока ($i(L21)$, $i(L22)$) накопительного дросселя.

Таким образом, предлагаемый стабилизатор постоянного напряжения по сравнению с прототипом является более надёжным, а его построение - более простым.

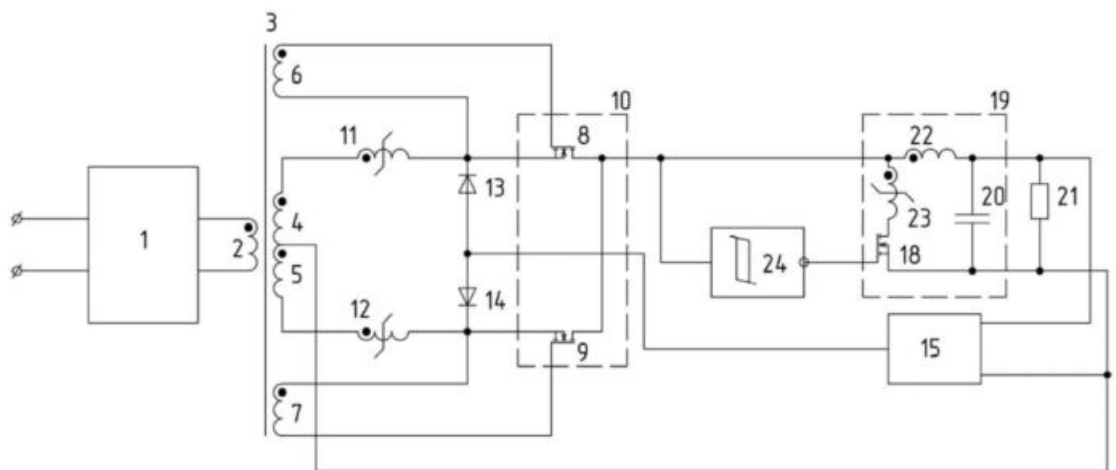
Формула полезной модели

Стабилизатор постоянного напряжения, содержащий нерегулируемый инвертор напряжения, к выходу которого подключена первичная обмотка силового трансформатора, имеющего вторичную обмотку со средней точкой и две обмотки управления, включённые между затворами и истоками двух полевых транзисторов двухтактного синхронного выпрямителя соответственно, истоки которых подключены к крайним выводам вторичной обмотки через управляемые дроссели насыщения, стоки полевых транзисторов двухтактного синхронного выпрямителя соединены между собой и первым выводом накопительного дросселя выходного фильтра, вторым

выводом соединённого с выводом конденсатора выходного фильтра, параллельно которому подключена нагрузка, а другой вывод конденсатора соединён со средней точкой вторичной обмотки силового трансформатора, истоком полевого транзистора выходного фильтра и одним из входов схемы управления, другой вход которой соединён с точкой соединения накопительного дросселя и конденсатора выходного фильтра, причём выход схемы управления подключён к соединённым между собой анодам размагничивающих диодов, катодами подключённых к истокам соответствующих транзисторов двухтактного синхронного выпрямителя, отличающийся тем, что введены инвертирующее пороговое устройство и в выходной фильтр - дополнительный дроссель насыщения, при этом сток полевого транзистора выходного фильтра через дополнительный дроссель насыщения соединён с первым выводом накопительного дросселя выходного фильтра, а его затвор подключён к выходу инвертирующего порогового устройства, вход которого соединён с первым выводом накопительного дросселя выходного фильтра.

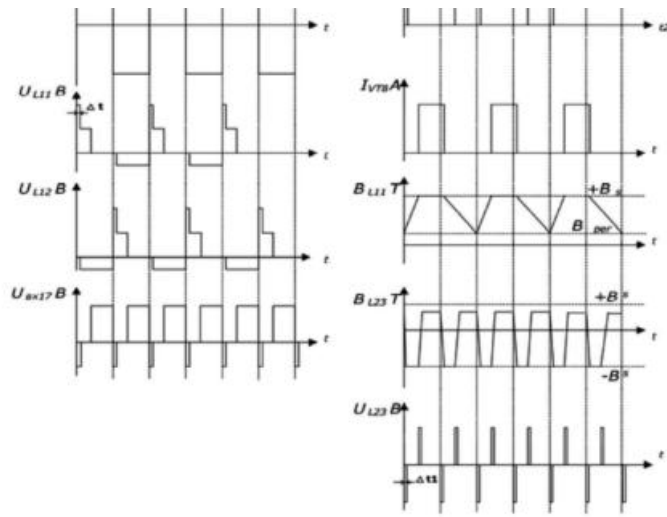


Фиг. 1

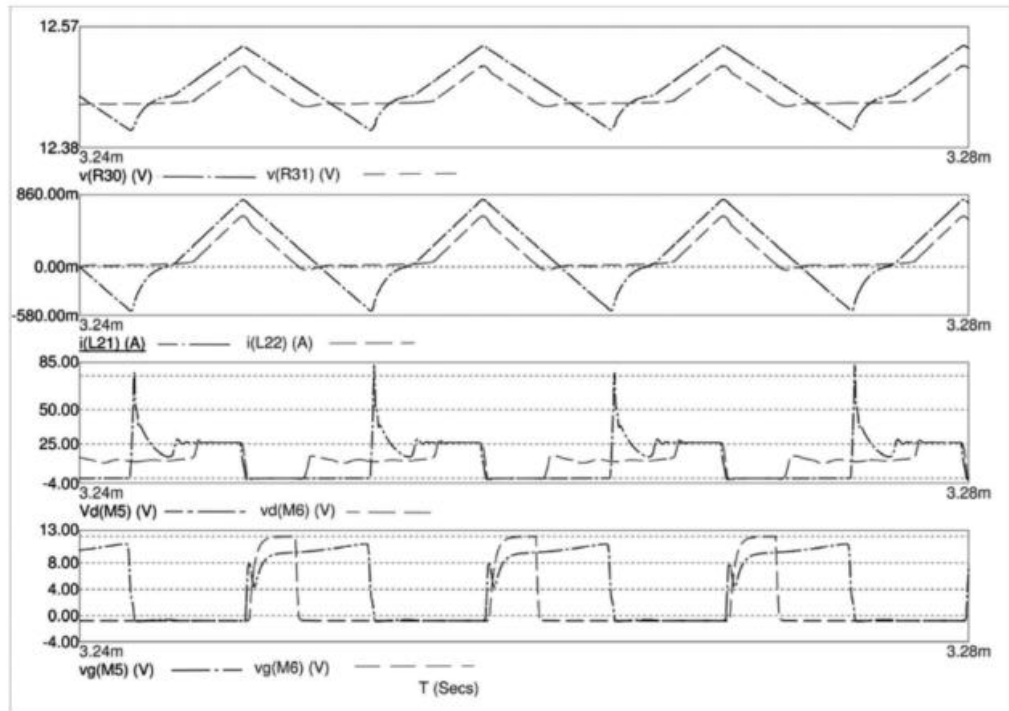


Фиг. 2





Фиг. 3



Фиг. 4