

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Уральское отделение Всероссийского
научно-исследовательского института
железнодорожного транспорта

(72) Изобретатель: Сергеев Б.С.,
Кардаполов Ю.М.

Уральское отделение Всероссийского
научно-исследовательского института
железнодорожного транспорта

варианте преобразователя исключен линейный режим работы транзисторов и уменьшено время выключения силового транзистора 1. Изобретение позволяет повысить надежность работы преобразователя, уменьшить рассеиваемую мощность, его массу и габариты. 2 с.и. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.

[illegible]



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 069 444** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **H 02 M 3/335**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5059902/07, 21.08.1992

(46) Date of publication: 20.11.1996

(71) Applicant:

Ural'skoe otdelenie Vserossijskogo
 nauchno-issledovatel'skogo instituta
 zheleznodorozhnogo transporta

(72) Inventor: Sergeev B.S.,
 Kardapolov Ju.M.

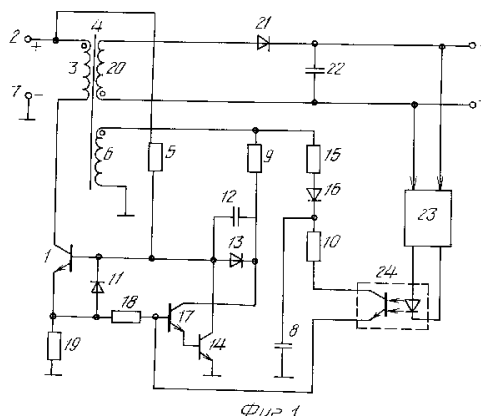
(73) Proprietor:
 Ural'skoe otdelenie Vserossijskogo
 nauchno-issledovatel'skogo instituta
 zheleznodorozhnogo transporta

(54) **SINGLE-ENDED STABILIZING DC VOLTAGE CHANGER**

(57) Abstract:

FIELD: pulse-operated transistorized, electrically isolated DC voltage changers incorporating output voltage regulation provision. SUBSTANCE: device has power transformer 1, transformer 4 with primary winding 3, secondary winding 20, and control winding 6, six resistors 5,9,10,15,18,19, capacitors 8,12, diodes 11,13,16, transistors 14,17, rectifier diode 21, filter capacitor 22, comparison unit 23, and optocoupler 24. Conducting period of transistor 1 depends on desired level of instant value of its collector current and its cut-off period depends on time of full discharge of inductance coil of secondary winding 20 of transformer 4 into load. Output voltage is regulated by varying degree of conductive state of optocoupler 24 which changes conducting threshold of transistor 17. In second version of voltage

changer, transistors do not operate in linear mode and ON-time of power transistor 1 is reduced. EFFECT: improved reliability of voltage changer, reduced dissipation power, mass, and size. 4 cl, 2 dwg



Изобретение относится к электротехнике, а именно к преобразовательной технике к устройствам импульсных стабилизирующих транзисторных преобразователей постоянного напряжения, служащих для получения гальванически развязанных постоянных напряжений для электропитания различных радиоэлектронных приборов и систем.

Известны транзисторные преобразователи постоянного напряжения, содержащие силовой транзистор, трансформатор, выпрямительный диод и фильтрующий конденсатор, позволяющие получить гальванически развязанные постоянные выходные напряжения [1]. Недостатком подобных преобразователей является невысокая стабильность выходных напряжений и недостаточная надежность работы.

Лучшими показателями по стабильности выходных напряжений и надежности работы обладают преобразователи постоянного напряжения, имеющие управляющую схему, формирующую специальные импульсы для управления переключением силового транзистора в процессе стабилизации выходного напряжения [2]. Недостатком таких устройств является сложность схемы, большое количество элементов и высокая стоимость.

Более простой является схема однотактного стабилизирующего преобразователя, у которого схема управления достаточно проста за счет того, что моменты включения и выключения силового транзистора определяется индуктивностью обмоток трансформатора [3]. Здесь момент включения силового транзистора определяется достижением тока коллектора заданной величины, а момент включения определяется полным разрядом индуктивности вторичной обмотки трансформатора в нагрузку.

Наиболее близким по сущности работы и по схемотехнике является транзисторный преобразователь, содержащий цель обратной связи для стабилизации выходного напряжения, выполненную в виде узла сравнения, на выходе которой включена оптопара [4]. Недостатком этого устройства является сложность схемы и неудовлетворительная надежность работы.

Целью предлагаемого устройства является расширение функциональных возможностей применения преобразователя за счет повышения надежности работы, снижения стоимости и уменьшения рассеиваемой мощности.

Указанная цель достигается тем, что увеличен коэффициент усиления первого транзистора при сохранении достаточно малого падения напряжения на нем в открытом состоянии. Для полного исключения влияния коэффициента усиления первого транзистора на работу схемы использована положительная обратная связь, вызывающая регенеративный процесс его включения и исключающая линейный режим работы силового транзистора по достижении его тока коллектора заданной нормы. Предложено также повышение надежности за счет исключения влияния кратковременных коммутационных импульсов коллекторного тока на этапе его включения, что достигается

введением конденсатора, замедляющего возникновение регенеративного процесса. Для устранения влияния быстрого действия транзисторов на работу схемы управления введен второй конденсатор, увеличивающий длительность включенного состояния регенеративной схемы после начала процесса включения силового транзистора.

На фиг. 1 и 2 приведены схемы однотактного стабилизирующего преобразователя постоянного напряжения. Из них схема по фиг. 1 соответствует п.1 формулы изобретения, а схема по фиг. 2 п.2, 3 и 4 формулы.

Преобразователь по схеме фиг. 1 содержит силовой транзистор 1, между первым силовым выводом которого и первым выводом 2 для подключения источника питания концом и началом соответственно включена первичная обмотка 3 трансформатора 4. Первый вывод 2 для подключения источника питания через первый резистор 5 соединен с управляющим электродом транзистора 1. Управляющая обмотка 6 трансформатора 4 концом подключена ко второму выводу 7 для подключения источника питания и к первому выводу первого конденсатора 8, а началом к первому выводу второго резистора 9. Второй вывод первого конденсатора 8 соединен с первым выводом третьего резистора 10. Параллельно управляющему и второму силовому выводам силового транзистора 1 включен первый диод 11. Со вторым выводом второго резистора 9 соединены первый вывод второго конденсатора 12 и катод второго диода 13, точка соединения второго вывода конденсатора 12 и анода диода 13 подключена к управляющему электроду транзистора 1 и к коллектору первого транзистора 14, эмиттер которого соединен со вторым выводом 7 для подключения источника питания. Начало управляющей обмотки 6 трансформатора 4 подключено через четвертый резистор 15 к аноду третьего диода 16, катодом соединенного с первым выводом третьего резистора 10. База первого транзистора 14 подключена к эмиттеру второго транзистора 17, база которого через пятый резистор 18 подключена ко второму силовому выводу силового транзистора 1 и к первому выводу шестого резистора 19, второй вывод которого соединен со вторым выводом 7 для подключения источника питания. Коллектор второго транзистора 17 подключен к точке соединения катода второго диода 13 и второго вывода второго резистора 9. Конец вторичной обмотки 20 трансформатора 4 соединен с анодом выпрямительного диода 21, катодом подключенного к первому выводу фильтрующего конденсатора 22, к первому выводу для подключения ("+" и к одному из входов узла сравнения 23. Начало обмотки 20 соединено со вторым выводом конденсатора 22, вторым выводом для подключения нагрузки ("—" и к другому входу узла сравнения 23. На выходе узла сравнения 23 подключен светодиод оптопары 24. Коллектор фототранзистора оптопары 24 соединен со вторым выводом третьего резистора 10, а эмиттер с базой второго транзистора 17.

Преобразователь по схеме фиг. 2, кроме описанных связей и элементов отличается тем, что коллектор второго транзистора, в

отличие от предыдущей схемы, соединен через седьмой резистор 25 с базой третьего транзистора 26, коллектор которого через обратно включенный четвертый диод 27 подключен к началу управляющей обмотки 6 трансформатора 4. Коллектор транзистора 26 через восьмой резистор 28 соединен с базой второго транзистора 17. Параллельно базе и эмиттеру третьего транзистора 26 включен третий конденсатор 29, а четвертый конденсатор 30 подключен между эмиттером транзистора 26 и вторым выводом 7 для подключения источника питания.

Однотактный преобразователь постоянного напряжения по схеме фиг. 1 работает следующим образом. Примем для описания, что начальное состояние схемы соответствует началу открывания силового транзистора 1. При этом, если не учитывать кратковременных коммутационных процессов, ток коллектора транзистора 1 начинается с нулевого значения, так как рассматриваемый преобразователь работает в режиме прерывистых токов, а мощность, потребляемая от управляющей обмотки 6 трансформатора 4, пренебрежимо мала.

При включенном транзисторе 1, благодаря принятой и показанной на схеме полярности включения обмоток трансформатора 4, выпрямительный диод 21 заперт. Увеличение тока коллектора транзистора 1 происходит по линейному закону и определяется напряжением источника питания (выводы 2 и 7) и индуктивностью первичной обмотки 3 трансформатора 4.

Когда мгновенное значение тока коллектора транзистора 1 достигает определенного уровня, определяемого пороговым падением напряжения на шестом резисторе 19, при котором включаются первый 14 и второй 17 транзисторы, появляются токи коллектора этих транзисторов. На этапе времени открытого состояния транзистора 1 полярность напряжения на управляющей обмотке 6 трансформатора 4 положительная, этим обеспечивался базовый ток транзистора 1, протекающий через второй резистор 9 и второй конденсатор 12. Когда включаются транзисторы 14 и 17, за счет них появляется шунтирование базовой цепи транзистора 1. Так как напряжение на катоде второго диода 13 больше, чем на его аноде, то есть на базе транзистора 1, то первый транзистор 14 входит в насыщение, обеспечивая достаточно эффективное шунтирование входа транзистора 1.

После перехода транзистора 1 через линейный режим и последующего его запирающего, меняется полярность напряжения на управляющей обмотке 20 трансформатора 4. Начинается разряд индуктивности обмотки 20 трансформатора 4 на нагрузку и на подзаряд фильтрующего конденсатора 22. Изменение полярности напряжения на обмотке 6 приводит к появлению обратного тока через второй резистор 9 и диоды 13 и 11, что обуславливает появление запирающего напряжения на управляющем входе транзистора 1. Ранее заряженный второй конденсатор 12 разряжается через диод 13, подготавливаясь к следующему циклу работы преобразователя.

После полного разряда индуктивности вторичной обмотки 20 трансформатора 4

напряжение на управляющей обмотке 6 снижается. Когда напряжение на управляющем входе транзистора 1 (с учетом тока через первый резистор 5) увеличится до напряжения его включения, последний открывается. Его начальное включение обеспечивается током через первый резистор 5. Включение транзистора 1 приводит к появлению положительной полярности напряжения на управляющей обмотке 6 трансформатора 4. Появляется дополнительный форсирующий ток управления транзистора 1, протекающий через конденсатор 12 и резистор 9. Происходит форсированное насыщение транзистора 1.

Далее процессы импульсного переключения повторяются аналогично. Управление импульсной работой силового транзистора 1, то есть стабилизация выходного напряжения преобразователя, происходит следующим образом.

При увеличении, например, выходного напряжения, узел сравнения 23 работает таким образом, что яркость свечения светодиода оптопары 24 увеличивается. Фототранзистор оптопары 24 открывается в большей степени. Это приводит к тому, что на базу транзистора 17 подается больший открывающий сигнал, и, если ранее транзисторы 17 и 14 открывались при одном пороговом напряжении, то сейчас включение их будет происходить при меньшем уровне падения напряжения на шестом резисторе 19, возникающего от протекания по нему тока коллектора транзистора 1. Снижение уровня тока срабатывания транзисторов 14 и 17 приводит к уменьшению длительности включенного состояния транзистора 1, к уменьшению накопленной в индуктивности обмотки 3 энергии, а следовательно, к снижению выходного напряжения преобразователя. В момент первоначального включения преобразователя, когда его выходное напряжение равно нулю, светодиод оптопары 24 не светится, фототранзистор оптопары 24 заперт и преобразователь работает при отсутствии дополнительного открывающего смещения на базу транзистора 14 и 17. Это обуславливает работу преобразователя с максимальными амплитудами импульсов тока коллектора силового транзистора 1, чем форсированно увеличивается выходное напряжение преобразователя. Затем, после выхода преобразователя на установившийся режим работы, включение фототранзистора оптопары 24 создает регулирующий ток через резистор 10, уменьшающий порог включения транзисторов 14 и 17. При том конденсатор 8 является источником напряжения для создания регулируемого тока. Подобным образом стабилизируется выходное напряжение преобразователя. При снижении выходного напряжения яркость свечения светодиода оптопары 24 уменьшается, а при увеличении увеличивается, производя соответствующие изменения в уровне порога включения транзисторов 14 и 17.

Таким образом, в приведенном устройстве реализовано увеличение коэффициента усиления управляющего транзистора, функции которого выполняют транзисторы 14 и 17, имеющие достаточно малое падение напряжения в открытом состоянии.

Отличия в работе преобразователя по схеме фиг. 2 заключаются в следующем.

При увеличении тока коллектора транзистора 1, когда начинается открывание транзистора 17 и появляется его коллекторный ток, появляется и ток базы третьего транзистора 26, ограничиваемый восьмым резистором 28. Этот ток вызовет усиленный базовый ток транзистора 17, вызывая его форсированное включение и вхождение в насыщение. Одновременно с этим, входит в насыщение и транзистор 14, вызывая более эффективное шунтирование управляющего входа силового транзистора 1. Включенное состояние транзисторов 26, 17 и 14 продолжается до тех пор, пока на обмотке 6 трансформатора 4 присутствует положительное напряжение.

Таким образом, как только начинается открывание транзистора 17, то есть вхождение его в линейный режим, начинается регенеративный процесс открывания транзистора 26. Далее включенное состояние транзисторов 14 и 26 не зависит от величины тока коллектора транзистора 1 и исключается линейный режим работы транзисторов 1, 14, 17 и 26. То есть небольшое открывание транзистора 26 приводит к форсированному открыванию транзисторов 26, 14 и 17. Этим повышается как быстродействие схемы преобразователя, так и уменьшение коммутационных потерь мощности в силовом транзисторе.

Конденсатор 29 замедляет процесс включения транзистора 26. Это требуется для того, чтобы исключить возникновение регенеративного процесса включения транзисторов 17 и 26 при открывании силового транзистора 1 и перезаряде емкостей полупроводниковых приборов и обмотки трансформатора 4, а также влияния инерционности элементов демпфирующей цепи силового транзистора 1, на интервале времени, когда возникает кратковременный импульс тока через шестой резистор 19. Некоторое замедление, вносимое конденсатором 29, практически не влияет на работу схемы из-за малости времени задержки.

В некоторых случаях, например, при использовании быстродействующих транзисторов 1 и 14, когда время их рассасывания и выключения достаточно мало, быстрое выключение транзистора 1 может привести к быстрому изменению полярности напряжения на управляющей обмотке 6 трансформатора 4, то есть к быстрому исчезанию положительной полярности напряжения. Это может привести к тому, что регенеративный процесс включения транзисторов 26 и 14 не успеет развиваться в должной степени, так как напряжение на аноде диода 27 уже изменило полярность. Такая ситуация приводит к повторному включению силового транзистора 1 или к тому, что он может остаться в линейном режиме работы с последующим выходом его из строя. Для замедления спада напряжения, то есть для удлинения установившегося регенеративного процесса включения транзисторов 26 и 14, служит конденсатор 30, поддерживающий напряжение питания регенеративной схемы после смены полярности напряжения на управляющей обмотке 6 трансформатора 4.

Следовательно, в схеме преобразователя по фиг. 2 исключается линейный режим работы транзисторов и уменьшается время выключения силового транзистора 1. Этим повышается надежность работы преобразователя и появляется возможность повышения частоты преобразования преобразователя, что дает возможность улучшения массогабаритных характеристик.

Таким образом, рассматриваемый одноконтный преобразователь напряжения имеет повышенную надежность работы, меньшую рассеиваемую мощность и меньшие массу и габариты, то есть функциональные возможности его применения в современных высокоэффективных системах электропитания расширены.

Формула изобретения:

1. Одноконтный стабилизирующий преобразователь постоянного напряжения, содержащий силовой транзистор, первый силовой вывод которого соединен с концом первичной обмотки трансформатора, начало которой подключено к первому выводу для подключения источника питания, первый диод, анодом и катодом подключенный соответственно к второму силовому выводу и к управляющему выводу силового транзистора, первый резистор, первый вывод которого соединен с управляющим выводом силового транзистора, а второй вывод с первым выводом для подключения источника питания, первый транзистор, коллектор которого подключен к управляющему выводу силового транзистора, а эмиттер соединен с вторым выводом для подключения источника питания, к которому подключен конец управляющей обмотки трансформатора, началом соединенной с первым выводом второго резистора, первый конденсатор, первый вывод которого подключен к эмиттеру первого транзистора, а второй соединен с первым выводом третьего резистора, выпрямительный диод, анод которого подключен к концу вторичной обмотки трансформатора, а катод к первому выводу фильтрующего конденсатора и к первому выводу для подключения нагрузки, начало вторичной обмотки трансформатора соединено с вторым выводом фильтрующего конденсатора и с вторым выводом для подключения нагрузки, узел сравнения, вход которого подключен к выводам для подключения нагрузки, а выход соединен с диодом оптопары, коллектор фототранзистора которой подключен к второму выводу третьего резистора, второй диод, катод которого соединен с первым выводом второго конденсатора, и четвертый резистор, отличающийся тем, что в него введены второй транзистор, пятый и шестой резисторы и третий диод, причем эмиттер второго транзистора подключен к базе первого транзистора, коллектор соединен с катодом второго диода и с вторым выводом второго резистора, а база с эмиттером фототранзистора оптопары и через пятый резистор с вторым силовым выводом силового транзистора и с первым выводом шестого резистора, вторым выводом подключенного к второму выводу для подключения источника питания, второй вывод второго конденсатора и анод второго диода объединены и соединены с коллектором первого транзистора, четвертый

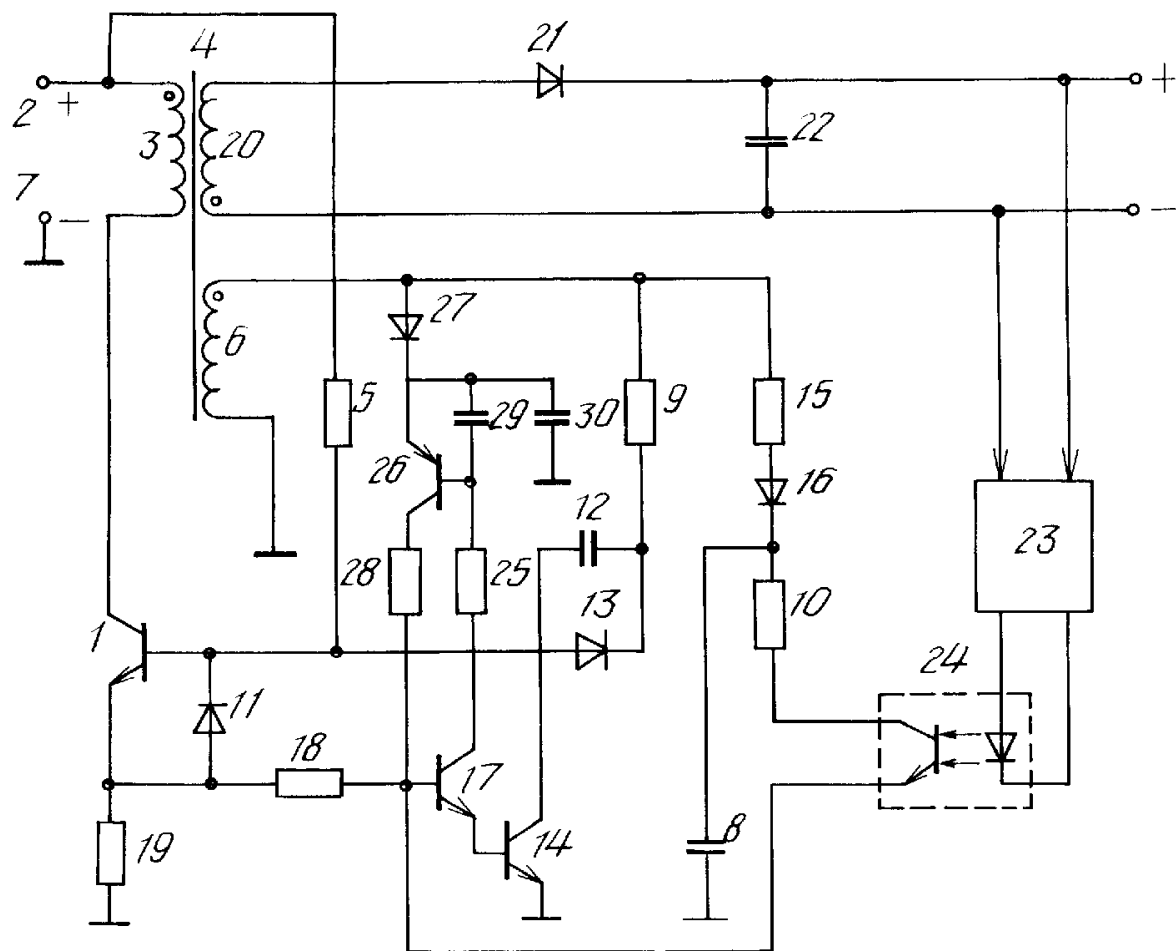
резистор первым выводом соединен с анодом третьего диода, катод которого подключен к общей точке первого конденсатора и третьего резистора, второй вывод четвертого резистора соединен с началом управляющей обмотки трансформатора, при этом в качестве силового, первого и второго транзисторов и фототранзистора оптопары использованы транзисторы п р п типа проводимости.

2. Однотактный стабилизирующий преобразователь постоянного напряжения, содержащий силовой транзистор, первый силовой вывод которого соединен с концом первичной обмотки трансформатора, начало которой подключено к первому выводу для подключения источника питания, первый диод, анодом и катодом подключенный соответственно к второму силовому выводу и к управляющему выводу силового транзистора, первый резистор, первый вывод которого соединен с управляющим выводом силового транзистора, а второй вывод с первым выводом для подключения источника питания, первый транзистор, коллектор которого подключен к управляющему выводу силового транзистора, а эмиттер соединен с вторым выводом для подключения источника питания, к которому подключен конец управляющей обмотки трансформатора, началом соединенной с первым выводом второго резистора, первый конденсатор, первый вывод которого подключен к эмиттеру первого транзистора, а второй вывод соединен с первым выводом третьего резистора, выпрямительный диод, анод которого подключен к концу вторичной обмотки трансформатора, а катод к первому выводу фильтрующего конденсатора и к первому выводу для подключения нагрузки, начало вторичной обмотки трансформатора соединено с вторым выводом фильтрующего конденсатора и с вторым выводом для подключения нагрузки, узел сравнения, вход которого подключен к выводам для подключения нагрузки, а выход соединен с диодом оптопары, коллектор

фототранзистора которой подключен к второму выводу третьего резистора, второй диод, катод которого соединен с первым выводом второго конденсатора, и четвертый резистор, отличающийся тем, что в него введены второй и третий транзисторы, пятый, шестой, седьмой и восьмой резисторы, третий и четвертый диоды, причем эмиттер второго транзистора подключен к базе первого транзистора, база соединена с эмиттером фототранзистора оптопары и через пятый резистор с вторым силовым выводом силового транзистора и с первым выводом шестого резистора, вторым выводом подключенного к второму выводу для подключения источника питания, второй вывод второго конденсатора и анод второго диода объединены и соединены с коллектором первого транзистора, четвертый резистор первым выводом соединен с анодом третьего диода, катод которого подключен к общей точке первого конденсатора и третьего резистора, второй вывод четвертого резистора соединен с началом управляющей обмотки трансформатора и с анодом четвертого диода, катодом подключенного к эмиттеру третьего транзистора, база которого через седьмой резистор соединена с коллектором второго транзистора, а коллектор через восьмой резистор подключен к базе второго транзистора, при этом в качестве силового, первого и второго транзисторов и фототранзистора оптопары использованы транзисторы п р п типа проводимости, а в качестве третьего транзистора транзистор р п р типа проводимости.

3. Преобразователь по п. 2, отличающийся тем, что между эмиттером и базой третьего транзистора включен введенный третий конденсатор.

4. Преобразователь по п. 2 или 3, отличающийся тем, что между эмиттерами третьего и первого транзисторов включен введенный четвертый конденсатор.



Фиг. 2