



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02M 5/40 (2019.05); H02M 5/452 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018124929, 06.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.07.2018

Дата регистрации:
09.08.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 06.07.2018

(45) Опубликовано: 09.08.2019 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ФГБОУ ВО
ТУСУР

(72) Автор(ы):
Михальченко Геннадий Яковлевич (RU),
Корольский Даниил Алексеевич (RU),
Михальченко Сергей Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2242073 C2, 10.12.2004. RU
2473109 C1, 20.01.2013. RU 92261 U1, 10.03.2010.
RU 119186 U1, 10.08.2012. DE 1120116001457 T5,
14.12.2017. JP 5699456 B2, 01.10.2014. US 7830686
B2, 09.11.2010. US 9300217 B2, 29.03.2016. CN
1292598 A, 25.04.2001.

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

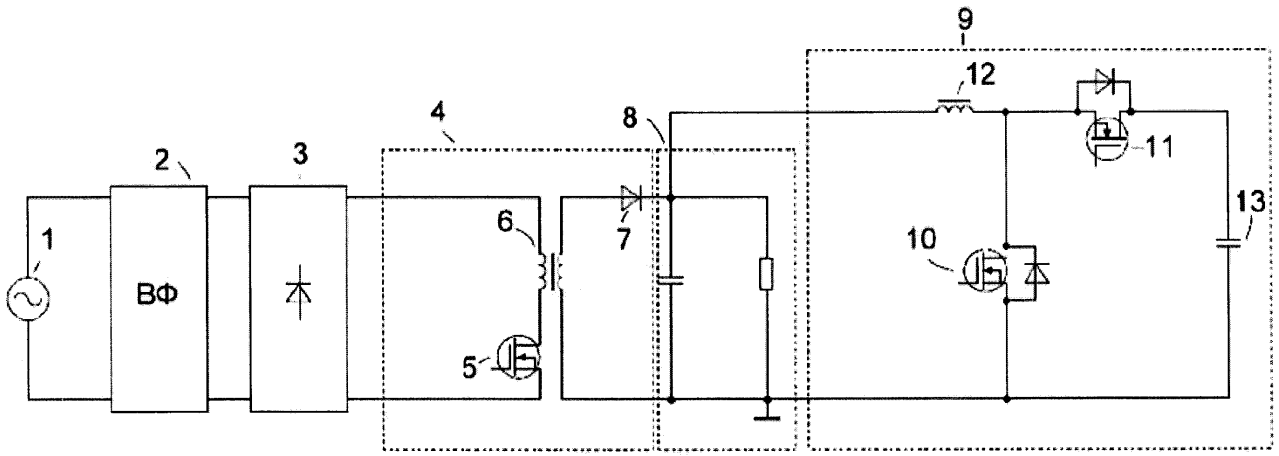
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в преобразователях однофазного переменного напряжения в постоянное с повышенной надежностью. Техническим результатом является увеличение надежности и коэффициента полезного действия преобразователя и повышение динамической устойчивости устройства для осуществления способа управления преобразователем. Способ управления используется при построении систем управления преобразователями переменного напряжения в постоянное напряжение.

Устройство для осуществления способа управления используется в системах управления преобразователями переменного напряжения в постоянное. Способ управления заключается в формировании постоянной на полупериоде входного напряжения импульсной последовательности для управления транзистором обратного преобразователя и формировании противотактной импульсной последовательности, изменяющейся по закону $|\cos(\omega t)|$ для управления транзисторами реверсивного преобразователя. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 697 049 C1

RU 2 697 049 C1



Фиг. 1

RU 2697049 C1

RU 2697049 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H02M 5/40 (2019.05); H02M 5/452 (2019.05)(21)(22) Application: **2018124929, 06.07.2018**(24) Effective date for property rights:
06.07.2018Registration date:
09.08.2019

Priority:

(22) Date of filing: **06.07.2018**(45) Date of publication: **09.08.2019 Bull. № 22**

Mail address:

**634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, FGBOU VO
TUSUR**

(72) Inventor(s):

**Mikhalchenko Gennadij Yakovlevich (RU),
Korolskij Daniil Alekseevich (RU),
Mikhalchenko Sergej Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Tomskij gosudarstvennyj
universitet sistem upravleniya i radioelektroniki"
(TUSUR) (RU)**(54) **CONTROL METHOD OF ALTERNATING VOLTAGE TO CONSTANT VOLTAGE CONVERTER AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

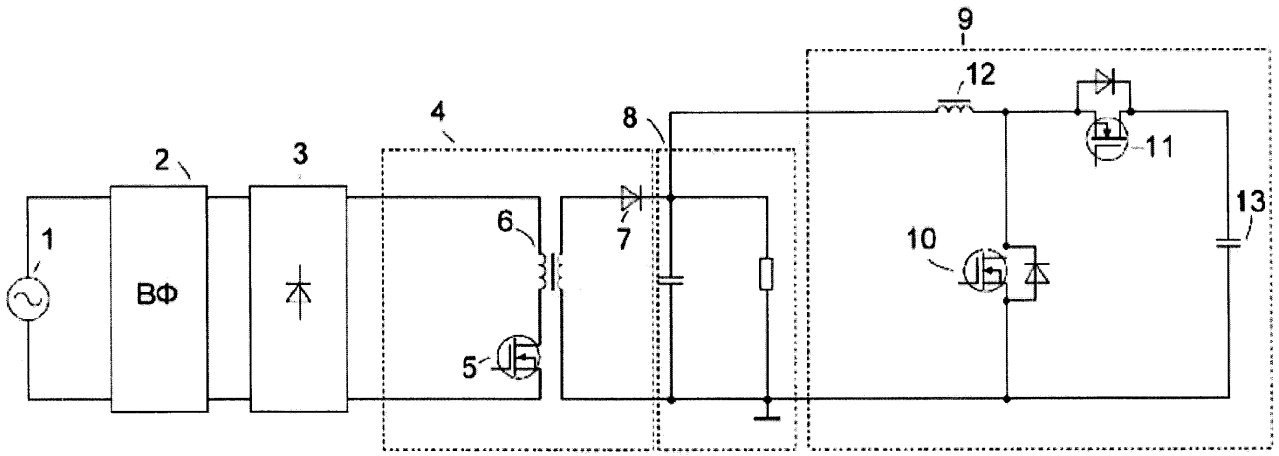
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering and can be used in converters of single-phase AC to DC voltage with high reliability. Control method is used in designing control systems of AC to DC converters. Device for implementation of control method is used in AC to DC converters control systems. Control method consists in formation of constant on half-period of input voltage of pulse sequence for

control of transistor of flyback converter and formation of anti-cycle pulse sequence varying according to law $\cos(\omega t)$ for control of reversible converter transistors.

EFFECT: increased reliability and efficiency coefficient of converter and increased dynamic stability of device for implementation of converter control method.

2 cl, 3 dwg



Фиг. 1

RU 2697049 C1

RU 2697049 C1

Изобретение относится к области электротехники, силовой электроники и систем автоматического регулирования.

Способ управления и устройство для его осуществления могут быть использованы в преобразователях однофазного переменного напряжения в постоянное с повышенной надежностью. В предложенном варианте этот эффект достигается за счет исключения из структуры силовой цепи устройства электролитических конденсаторов большой емкости и новыми законами управления транзисторами преобразователя. Это может быть использовано тогда, когда требуется одновременно повысить срок службы и энергетическую эффективность преобразователей. Наиболее востребованными в настоящее время являются драйверы светодиодных изделий и других нагрузок, для питания которых необходимо преобразование переменного однофазного напряжения в прецизионный постоянный ток.

Известен способ управления преобразователем однофазного переменного напряжения в постоянное напряжение, включающий входной выпрямитель, к выходу которого подключен корректор коэффициента мощности с выходным конденсатором, параллельно которому подключен двухключевой реверсивный преобразователь с входной индуктивностью и накопительным конденсатором на его выходе, обеспечивающий работу корректора и реверсивного преобразователя в режиме непрерывных токов [1].

Такой преобразователь и способ управления его транзисторами позволяют получить постоянный ток нагрузки, но достичь повышенной энергетической эффективности не удастся, потому, что в режиме непрерывного тока неоправданно велики из-за «жесткой» коммутации силового транзистора динамические потери в транзисторе корректора коэффициента мощности, что снижают коэффициент полезного действия. Кроме того, в известном преобразователе используется косвенный способ формирования импульсной последовательности управления транзистором корректора коэффициента мощности по напряжению и току нагрузки, а также косвенный способ формирования двухтактной импульсной последовательности управления транзисторами реверсивного преобразователя.

В целом, такой способ управления характеризуется повышенным коэффициентом пульсаций напряжения и тока нагрузки. Кроме того, вследствие косвенного формирования импульсных последовательностей управления транзисторами, замкнутая система автоматического регулирования функционирует в различных режимах - с частотой следования импульсов развертывающего напряжения и множества субгармонических колебаний, в зависимости от уровня и фазы напряжения сети или фазы переменной составляющей напряжения на накопительном конденсаторе. Это сопровождается субгармоническими или хаотическими колебаниями (пульсациями) напряжения и тока нагрузки.

Наиболее близким по технической сущности является способ управления преобразователем переменного напряжения в постоянное напряжение, согласно которому формируется импульсная последовательность управления транзистором обратного преобразователя, пропорциональная среднему значению тока вторичной обмотки трансформатора обратного преобразователя. Для управления транзисторами реверсивного преобразователя формируется двухтактная импульсная последовательность, длительность импульсов которой изменяется пропорционально переменной составляющей тока трансформатора и пульсациями напряжения на накопительном конденсаторе. Это обеспечивает работу обратного преобразователя в режиме прерывистых токов, но на неопределенном интервале

времени, а работу реверсивного преобразователя - по закону, весьма приближенному к требуемому. Устройство для реализации такого способа управления включает входной выпрямитель, к выходу которого подключен корректор коэффициента мощности с выходным конденсатором, параллельно которому подключен двухключевой реверсивный преобразователь с входной индуктивностью и накопительным конденсатором на его выходе и соответствующую систему автоматического управления. Этот способ и устройство его реализации выбраны в качестве прототипа [2].

Такой способ управления позволяет исключить динамические потери на переключение транзистора обратного преобразователя и повысить коэффициент полезного действия. В тоже время, как и в [1], формирование двухтактной импульсной последовательности управления транзисторами реверсивного преобразователя по косвенным оценкам требуемого закона управления не позволяет поддерживать устойчивый режим работы замкнутой системы автоматического управления реверсивного преобразователя с частотой разветвляющего напряжения. Это сопровождается значительными пульсациями тока нагрузки.

Техническо-экономический эффект, достигаемый предлагаемым способом преобразования однофазного переменного напряжения в постоянное напряжение, заключается в установлении закономерностей формирования управляющих импульсных последовательностей транзисторов, как обратного, так и реверсивного преобразователей. Это позволяет увеличить надежность, коэффициент полезного действия и динамическую устойчивость предложенного устройства его реализации.

На фиг. 1 приведена блок-схема силовой цепи преобразователя однофазного переменного напряжения в постоянное напряжение. На фиг. 2 представлены временные диаграммы, поясняющие существо способа преобразования, а на фиг. 3 приведена схема устройства, реализующего предложенный способ управления преобразователем.

На фиг. 1 обозначено: 1 - источник напряжения питающей сети; 2 - входной фильтр; 3 - двухполупериодный выпрямитель; 4 - обратный преобразователь с последовательно соединенными транзистором 5 трансформатором 6, во вторичную обмотку которого включен диод однополупериодного выпрямителя 7; 8 - цепь нагрузки; 9 - реверсивный преобразователь с первым транзистором 10 и с вторым транзистором 11, входной индуктивностью 12 и накопительным конденсатором 13.

На фиг. 2 обозначено: 14 - выпрямленное напряжение питающей сети; 15 - мгновенные значения тока, потребляемого обратным преобразователем; 16 - импульсы напряжения моментов перехода питающей сети через ноль; 17 - среднее значение напряжения питающей сети за полупериод, формируемое в моменты перехода напряжения сети через ноль; 18 - импульсы управления транзистором 5 обратного преобразователя 4 (однотактная импульсная последовательность); 19 - мгновенные значения выходного тока обратного преобразователя; 20 - огибающая тока вторичной обмотки трансформатора 6 обратного преобразователя 4; 21 - усредненное значение тока вторичной обмотки трансформатора 6; 22 - функциональная зависимость $|\cos(\omega t)| - 0.5$, отражающая характер изменения относительной длительности управляющих импульсов транзисторов реверсивного преобразователя 9; 23, 24 - импульсы управления транзисторами 10, 11 соответственно реверсивного преобразователя 9 (двухтактная импульсная последовательность); 25 - ток входной индуктивности реверсивного преобразователя; 26 - напряжение на нагрузке и ток цепи нагрузки 8.

На фиг. 3 обозначено: 27 - устройство выборки и хранения; 28 - датчик перехода напряжения сети через ноль; 29 - резистивный делитель напряжения; 30 - первый узел

сравнения; 31 - первый источник задающего напряжения; 32 и 39 - первый и второй компараторы напряжения соответственно; 33 - генератор развертывающего напряжения; 34 - задающий генератор; 35 - узел сдвига фазы; 36 - узел формирования модуль-функции; 37 - вычитатель; 38 - источник напряжения смещения; 40 - инвертор.

5 Способ управления преобразователем однофазного переменного напряжения в постоянное напряжение, включающим (фиг. 1) однофазный источник напряжения питающей сети 1, входной фильтр 2, двухполупериодный выпрямитель 3, обратногоходный преобразователь 4 с последовательно включенными транзистором 5 и трансформатором 6, во вторичную обмотку которого включен диод
10 однополупериодного выпрямителя 7; цепь нагрузки 8; реверсивный преобразователь с первым и вторым транзисторами 10 и 11 соответственно, входной индуктивностью 12 и накопительным конденсатором 13, заключающийся (фиг. 2) в формировании одной импульсной последовательности 18, для управления транзистором 5 обратногоходного преобразователя, относительная длительность импульсов которой определяется
15 напряжением 17, зависящим от напряжения на накопительном конденсаторе 13, и остается постоянной величиной $\gamma < 0.5$ на полупериоде напряжения питающей сети и формировании второй противотактной импульсной последовательности 23, 24 для управления первым и вторым транзисторами 10 и 11 реверсивного преобразователя 9, при этом характер изменения относительной длительности импульсов второй
20 противотактной импульсной последовательности определяется по закону $22 |\cos(\omega t)| - 0.5$.

Для формирования первой импульсной последовательности 18 (фиг. 2) необходимо по напряжению питающей сети или по выпрямленному входному напряжению 14 сформировать последовательность импульсов перехода напряжения питающей сети
25 через нулевое значение 16. Эта последовательность импульсов разрешает изменять напряжение ошибки по току один раз за полупериод напряжения питающей сети в контуре управления обратногоходным преобразователем. При этом, на полупериоде напряжения питающей сети, интервалы накопления и отдачи энергии трансформатором 6 сохраняются постоянными, что гарантирует изменение огибающей 20 импульсов 15
30 и 19 по закону модуль-синуса. Усредненное значение тока 21 треугольных импульсов 19 также будет изменяться по закону $|\sin(\omega t)|$. Небольшое изменение относительной длительности импульсов 18 в разные полупериоды входного напряжения обусловлено наличием нестабильности напряжения питающей сети 14 и требуется, чтобы поддерживать ток 26 постоянным. При постоянстве входного напряжения относительная
35 длительность импульсов 18 будет неизменной все время.

Для получения на нагрузке постоянного тока 26 в входной индуктивности 12 формируем ток 25, характер изменения которого определяется модулем синусоидальной функции со смещением $|\sin(\omega t)| - 0.5$. Для этого напряжение, прикладываемое к входной индуктивности 12, должно изменяться в соответствии с функциональной зависимостью
40 22. Таким образом, по закону $|\cos(\omega t)| - 0.5$ формируется противотактная импульсная последовательность 23, 24 для управления транзисторами 10, 11 реверсивного преобразователя 9. При этом реверсивный преобразователь 9 работает в режиме повышающего либо понижающего преобразователя, накапливая энергию в накопительном конденсаторе 13 либо отдавая ее в нагрузку 8 соответственно.

45 Устройство на фиг. 3, реализующее способ управления преобразователем переменного напряжения в постоянное напряжение, работает следующим образом. Используется двухконтурная система управления, причем первый контур осуществляет управление обратногоходным преобразователем 4, а второй - управление реверсивным

преобразователем 9. В частности, для управления обратного преобразователем 4 используется устройство выборки и хранения 27, на тактирующий вход которого подается сигнал 16 с выхода датчика перехода напряжения сети через ноль 28, а на другой вход устройства выборки и хранения 27 поступает напряжение с резистивного делителя 29. Напряжение на выходе устройства выборки и хранения 27 устанавливается равным напряжению, которое было на его входе в момент подачи импульса на его тактовый вход и остается неизменным до подачи следующего тактового импульса. Это напряжение поступает на один из входов первого узла сравнения 30, к второму входу которого приложено напряжения с первого источника задающего напряжения 31.

Результат поступает на первый вход первого компаратора напряжения 32, к второму входу которого приложено пилообразное напряжение с генератора развертывающего напряжения 33. К входу генератора развертывающего напряжения подключен задающий генератор 34, формирующий импульсы, задающие частоту работы преобразователя. На выходе первого компаратора напряжения 32 формируются импульсы напряжения для управления транзистором 5 обратного преобразователя 4.

Второй контур управления транзисторами 10 и 11 реверсивного преобразователя 9 (фиг. 3) содержит узел сдвига фазы 35, на выходе которого формируется напряжение, изменяющееся по закону косинуса. Выход узла сдвига фазы 35 подключен к узлу формирования модуль-функции 36, выход которого соединен с одним из входов вычитателя 37, к другому входу которого приложено напряжение с источника напряжения смещения 38, а выход вычитателя 37 подключен к второму входу второго компаратора напряжения 39. На выходе вычитателя 37 формируется модулирующая функция, изменяющаяся по закону $|\cos(\omega t)|$ и смещенная относительно нулевого значения на величину сигнала на выходе источника напряжения смещения 38. На первый вход второго компаратора напряжения 39 поступает сигнал с выхода генератора развертывающего напряжения 33. На выходе второго компаратора напряжения 39 формируются импульсы напряжения, поступающие на управляющий вход транзистора 10 и через инвертор 40 на управляющий вход транзистора 11.

Такой способ управления преобразователем переменного напряжения в постоянное позволит повысить динамическую устойчивость предложенного устройства для его реализации, получить меньший коэффициент пульсаций тока нагрузки, увеличить коэффициент полезного действия и, как следствие, повысить надежность устройства, а представленное устройство для осуществления способа управления позволяет реализовать на практике преобразователь, сочетающий в себе вышеуказанные преимущества.

Список литературы

1. Liang, T.-J. Electrolytic Capacitor-Less AC/DC Converter and Controlling Method thereof / T.-J. Liang, K.-W. Lee, Y.-H. Hsieh, J.-F. Chen, Yi-C. Shen // US Patent 9,300,217 B2
2. Shu W. A Flicker-Free Electrolytic Capacitor-Less AC-DC LED Driver/ W. Shu, X. Ruan, K. Yao // Journal IEEE Transaction on Power Electronics. - 2011. - V. 27, No 11. - P. 4540-4548.

(57) Формула изобретения

1. Способ управления преобразователем однофазного переменного напряжения в постоянное, включающим источник напряжения питающей сети, подключенный к входному фильтру, на выходе которого расположен входной двухполупериодный выпрямитель, выход которого соединен с обратного преобразователем с емкостным фильтром, подключенным к цепи нагрузки и к входной индуктивности двухключевого реверсивного преобразователя, выход которого образован парой

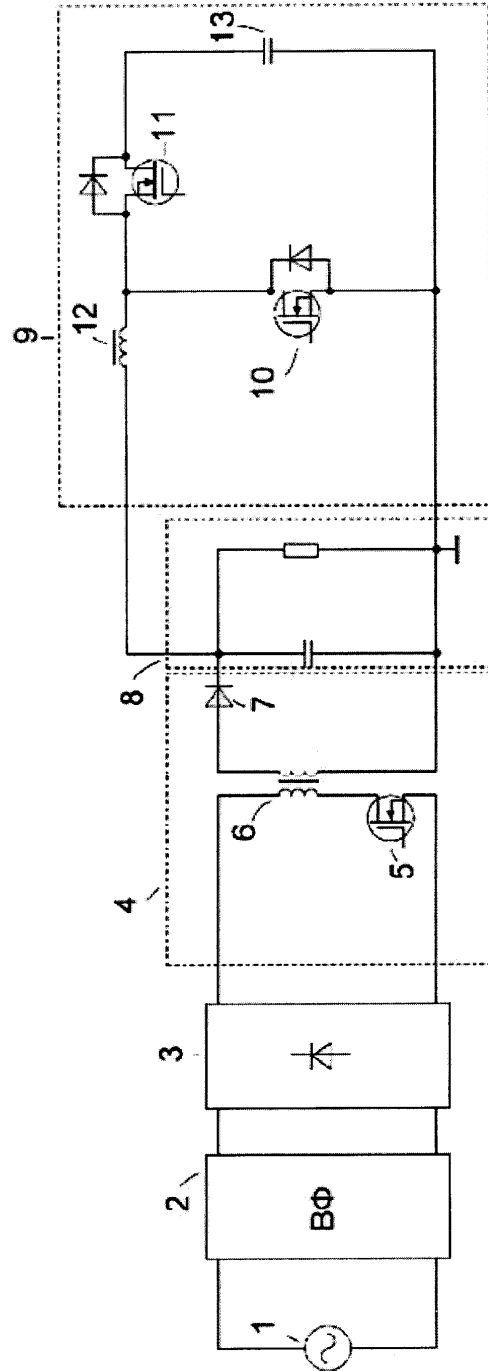
последовательно соединенных транзисторов с обратными диодами и подключен к накопительному конденсатору, причем обратный преобразователь выполнен в виде последовательно соединенных транзистора и первичной обмотки трансформатора, вторичная обмотка которого подключена к емкостному фильтру
5 через диод однополупериодного выпрямителя, заключающийся в формировании одной импульсной последовательности для управления транзистором обратного преобразователя и второй противотактной импульсной последовательности для управления транзисторами реверсивного преобразователя, отличающийся тем, что относительная длительность импульсов первой импульсной последовательности
10 определяется величиной напряжения на накопительном конденсаторе и остается постоянной величиной на полупериоде напряжения питающей сети, а характер изменения второй импульсной последовательности определяется по закону $|\cos(\omega t)| - 0.5$.

2. Устройство для осуществления способа управления по п. 1 преобразователем однофазного переменного напряжения в постоянное, включающим входной фильтр,
15 входной двухполупериодный выпрямитель, обратный преобразователь с емкостным фильтром, подключенным к нагрузке и к входному дросселю двухключевого реверсивного преобразователя, выход которого образован парой последовательно соединенных транзисторов с обратными диодами и подключен к накопительному конденсатору, причем обратный преобразователь выполнен в виде
20 последовательно соединенных транзистора и первичной обмотки трансформатора, вторичная обмотка которого подключена к емкостному фильтру через однополупериодный выпрямитель, отличающееся тем, что формирователь первой импульсной последовательности включает подключенный к источнику напряжения питающей сети датчик перехода напряжения сети через ноль, выход которого связан
25 с тактирующим входом устройства выборки и хранения, другой вход которого через резистивный делитель напряжения подключен к накопительному конденсатору, а выход устройства выборки и хранения подключен к первому узлу сравнения, другой вход которого связан с выходом первого источника задающего напряжения, а выход подсоединен к первому входу первого компаратора напряжения, второй вход которого
30 подключен к второму входу второго компаратора напряжения и к выходу генератора развертывающего напряжения, вход которого связан с задающим генератором, а первый вход второго компаратора напряжения связан с выходом вычитателя, к одному из входов которого подключен источник напряжения смещения, а к второму входу подсоединен выход узла формирования модуль-функции, вход которого связан с
35 источником напряжения питающей сети через узел сдвига фазы, выход первого компаратора напряжения в свою очередь связан с управляющим электродом транзистора обратного преобразователя, а выход второго компаратора напряжения подключен к одному из транзисторов реверсивного преобразователя и через инвертор к другому транзистору реверсивного преобразователя.

40

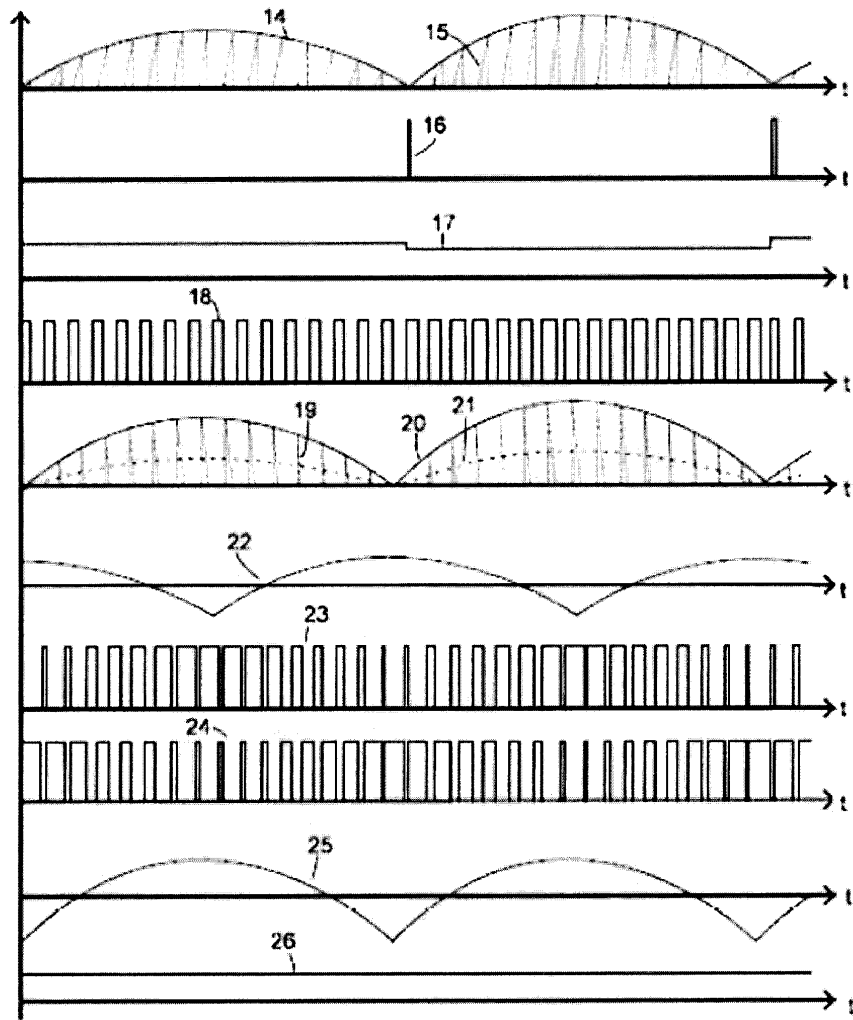
45

1

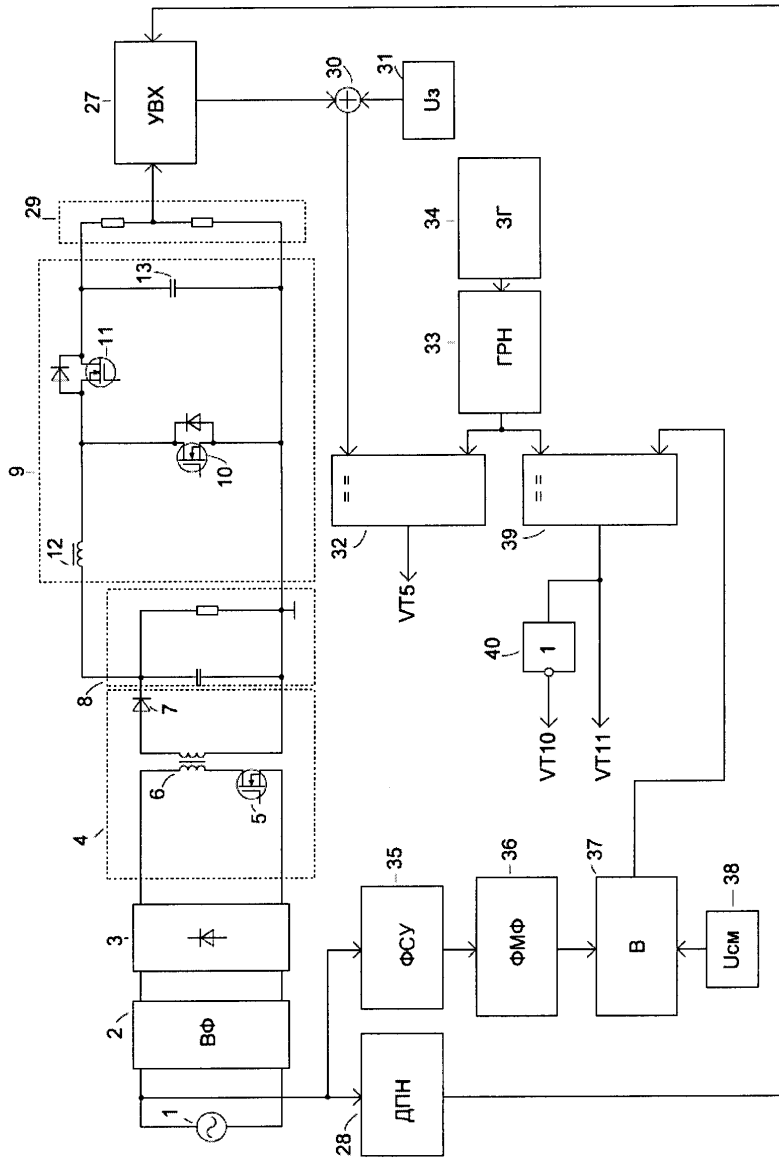


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3