

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2573599

### УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК И КОРРЕКЦИИ НЕСИММЕТРИИ СЕТИ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014144588

Приоритет изобретения **05 ноября 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **21 декабря 2015 г.**

Срок действия патента истекает **05 ноября 2034 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

 *Г.П. Ивлиев*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014144588/07, 05.11.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.11.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.11.2014

(45) Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2446536C1, 27.03.2012. RU  
2514439C2, 27.04.2014. RU 2191458C1, 20.10.2002.  
US 59777660A, 02.11.1999.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, фгбоу  
впо "Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный", отдел ИС и ТТ

(72) Автор(ы):

Абрамович Борис Николаевич (RU),  
Сычев Юрий Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный" (RU)

## (54) УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК И КОРРЕКЦИИ НЕСИММЕТРИИ СЕТИ

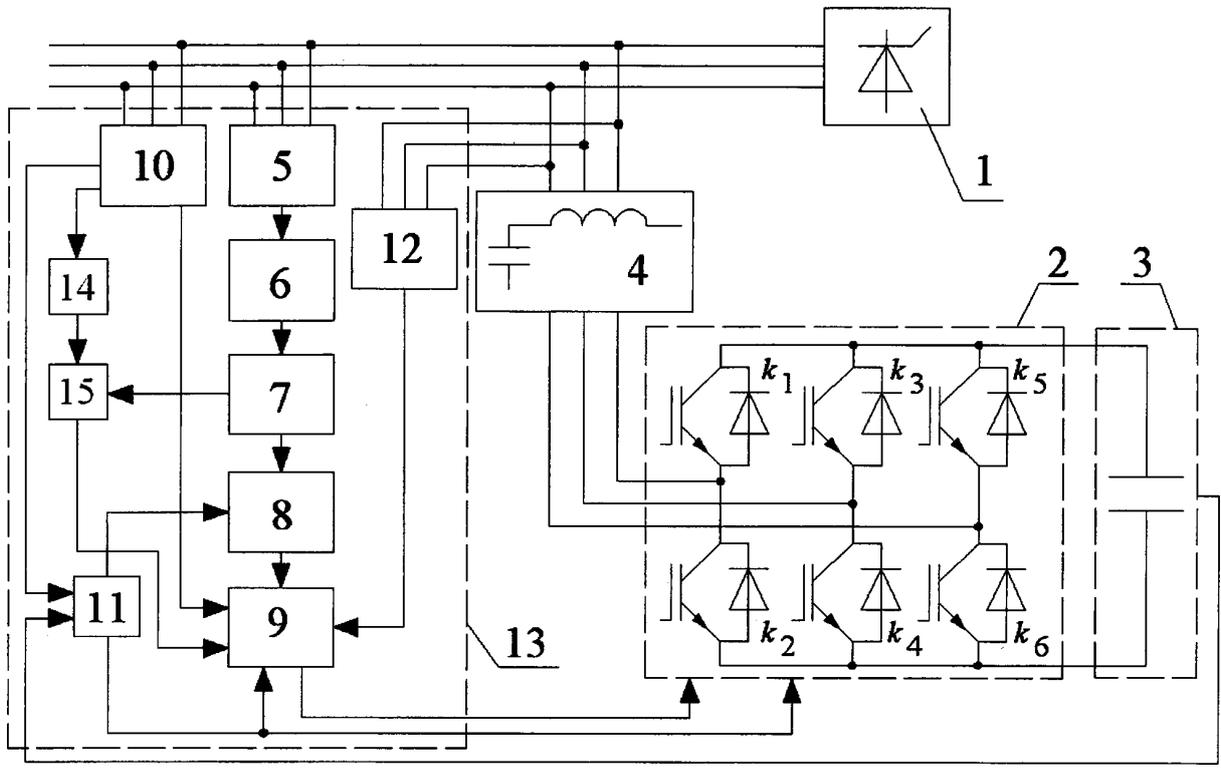
(57) Реферат:

Использование: в области электротехники. Технический результат - снижение коэффициентов искажения синусоидальности формы кривых тока и напряжения сети. В устройстве компенсации высших гармоник и коррекции несимметрии сети, содержащем инвертор, накопительный конденсатор, выходной сглаживающий пассивный фильтр и контроллер системы управления, контроллер снабжен датчиком тока фильтра, датчиком тока сети, датчиком напряжения, формирователем импульсов на основе релейных регуляторов с изменяемой шириной гистерезиса, фазовыми преобразователями тока и напряжения, блоком фазовой синхронизации, регулятором напряжения накопительного конденсатора.

Контроллер системы управления снабжен блоком выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности и блоком фазовой коррекции несимметричных составляющих тока, при этом вход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности соединен с выходом датчика тока сети, а выход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности соединен с входом блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока, который также соединен с выходом блока фазовой синхронизации, при этом выход блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока соединен с входом формирователя импульсов. 1 ил.

RU 2 573 599 C1

RU 2 573 599 C1



Фиг. 1

RU 2573599 C1

RU 2573599 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02J 3/01* (2006.01)  
*H02J 3/26* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014144588/07, 05.11.2014

(24) Effective date for property rights:  
05.11.2014

Priority:

(22) Date of filing: 05.11.2014

(45) Date of publication: 20.01.2016 Bull. № 2

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2, fgbou  
vpo "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet  
"Gornyj", otdel IS i TT

(72) Inventor(s):

**Abramovich Boris Nikolaevich (RU),  
Sychev Jurij Anatol'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj  
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)**

(54) **DEVICE TO COMPENSATE HIGH HARMONICS AND CORRECT GRID ASYMMETRY**

(57) Abstract:

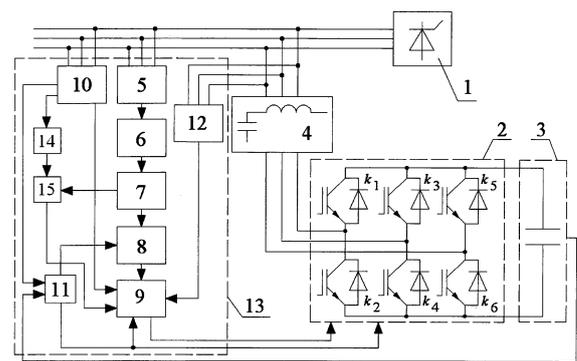
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: device intended to compensate higher harmonics and grid asymmetry comprises an inverter, an accumulating capacitor, an output smoothening passive filter and a control system controller, at the same time the control system controller is equipped with a sensor of filter current, a sensor of grid current, a voltage sensor, a pulse shaper on the basis of relay controllers with variable width of hysteresis, phase converters of current and voltage, a unit of phase synchronisation, and a controller of accumulating capacitor voltage. The controller of the control system is equipped with a unit detecting components of negative- and zero-sequence currents and phase correction unit for asymmetric current components, at that input of the unit detecting components of negative- and zero-sequence currents is connected to output of grid current sensor, while output of the unit detecting components of negative- and zero-sequence currents is coupled to input of the phase

correction unit for asymmetric current components, which is also connected to output of the phase synchronisation unit, at that output of the phase correction unit for asymmetric current components is coupled to input of the pulse shaper.

EFFECT: reduced distortion factor in sinusoidal shape of the grid current and voltage curves.

1 dwg



Фиг. 1

RU 2 573 599 C1

RU 2 573 599 C1

Изобретение относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к устройствам подавления и компенсации высших гармоник в электрических сетях и коррекции несимметрии электрической сети. Устройство может быть использовано в системах электроснабжения промышленных предприятий с большим количеством нелинейной и несимметричной нагрузки.

Известно устройство для управления активным фильтром (патент JP №3125354, опубл. 15.01.2001), содержащее сумматор, регуляторы напряжения и тока, генератор, компаратор и вычислительную схему. Сумматор складывает выходной сигнал регулятора напряжения с напряжением сети; генератор вырабатывает опорный фазовый сигнал в результате контроля нулевого уровня выходного сигнала сумматора компаратором. Полученный в результате опорный фазовый сигнал поступает в вычислительную схему. Основная составляющая выходного тока источника питания определяется вычислительной схемой, после чего определяется разность между фактическим током сети и вычисленной основной гармоникой. Выходной сигнал регулятора напряжения, поддерживающего напряжение на стороне постоянного тока преобразователя равным заданной величине, умножается на выходное напряжение источника питания переменного тока, в результате чего определяется сигнал задания по переменному току. Полученный сигнал алгебраически суммируется с разностью между фактическим током сети и вычисленной основной составляющей со знаком, соответствующим компенсации потерь в инверторе.

Недостатком является невозможность регулятором тока формировать помимо задания на ток компенсации высших гармоник тока и напряжения задание на компенсацию реактивной мощности в условиях динамичного режима работы нелинейной нагрузки. Устройство не позволяет выполнять фазовую синхронизацию напряжения и тока сети с целью компенсации реактивной мощности. Также отсутствует возможность компенсации несимметрии нелинейной нагрузки.

Известен активный фильтр (патент JP №6091711, опубл. 04.03.1988), содержащий инвертор, накопительный конденсатор, вычислительные схемы и блок памяти. Выходной ток активного фильтра корректируется в зависимости от регулирующей величины тока, в качестве которой используется высокочастотная составляющая тока нелинейной нагрузки. Активный фильтр в данном устройстве содержит вычислительные схемы, определяющие разность между регулирующей величиной тока и выходным током фильтра, и блок памяти, на вход которого поступает выходной сигнал схем, где записана, по меньшей мере, часть периода регулирующей величины тока. В самообучающихся схемах управления за опорные приняты моменты времени, следующие через интервалы запаздывания, например, равные одному периоду регулирующей величины тока. Вычислительные схемы вырабатывают сигнал корректировки регулирующей величины тока в результате считывания содержимого блока памяти с опережением опорных моментов времени на определенный интервал, равный времени запаздывания выходного тока фильтра.

Недостатком является невозможность выполнения фазовой синхронизации напряжения и тока компенсируемой сети, а механизм подавления высших гармоник основан на корректировке регулирующей величины тока в течение времени запаздывания фильтра, что в условиях режима динамичного изменения тока нелинейной нагрузки не позволит фиксировать и обрабатывать резкие скачки тока сети. В устройстве отсутствует регулятор напряжения накопительного конденсатора для управления величиной компенсационного тока и обработки резких изменений тока компенсируемой нагрузки. Устройство не позволяет инвертору активного фильтра работать с переменной

частотой широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Известно устройство управления активным фильтром (патент JP №6055009, опубл. 25.05.1989), содержащее блок фазовой синхронизации, вычислительные схемы, накопительный конденсатор и инвертор. Блок фазовой синхронизации вырабатывает фазовые сигналы синхронно с напряжением источника, которые обрабатываются вычислительными схемами. В результате формируются высокочастотные сигналы тока, являющиеся разностью между сигналами тока основной гармоники и сигналами измерения тока нагрузки, которые используются в качестве опорных сигналов при регулировании с применением ШИМ выходного тока активного фильтра.

Недостатком устройства является отсутствие регулятора напряжения накопительного конденсатора, и что инвертор в составе устройства работает с постоянной частотой ШИМ.

Известен активный фильтр высших гармонических составляющих токов и устройство коррекции коэффициента мощности (патент US №5977660, опубл. 02.11.1999), содержащий инвертор, контроллер, накопительные конденсаторы и выходной пассивный сглаживающий фильтр. Контроллер выполняет процедуру прогноза тока в следующий промежуток времени с целью уменьшения создаваемой нагрузкой разницы фаз между током и напряжением сети. Управляющая процедура выполняет интегрирование разницы между реальными токами в линии и их требуемыми значениями в эквивалентные промежутки времени на различных циклах переменного тока основной частоты. Интегральные величины можно комбинировать с пропорционально регулируемые разностными токами для снижения или полной компенсации гармонических токов. Процедура балансировки токов позволяет активному фильтру выравнивать токи в многофазных силовых линиях. Все эти процедуры можно использовать как по отдельности, так и вместе.

Недостатком является невозможность инвертора работать с переменной частотой ШИМ.

Известно устройство фильтрации гармоник тока и компенсации реактивной мощности в тяговой сети 27,5 кВ, 50 Гц (патент RU №2191458, опубл. 20.10.2002), содержащее основную и резонансную батареи, резонансный реактор, резистор, отличающееся тем, что оно снабжено выключателем, при этом выключатель и резистор включены параллельно резонансным батарее и реактору, а между выключателем и резистором подключена дополнительная шунтирующая батарея конденсаторов и между выводом, соединяющим резонансный реактор и резонансную батарею, и выводом, соединяющим резистор и шунтирующую батарею, включен выключатель и последовательно с ним бетэловый резистор.

Недостатком устройства является возможность наличия резонансных явлений.

Известно устройство компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети (патент RU №2446536, опубл. 27.03.2012 г.), принятое за прототип, содержащее инвертор, накопительный конденсатор, выходной сглаживающий пассивный фильтр и контроллер системы управления, отличающееся тем, что контроллер системы управления снабжен датчиком тока фильтра, датчиком тока сети, датчиком напряжения, формирователем импульсов на основе релейных регуляторов с изменяемой шириной гистерезиса, фазовыми преобразователями тока и напряжения, блоком фазовой синхронизации, регулятором напряжения накопительного конденсатора, причем вход датчика тока сети соединен с зажимами питающей сети, вход датчика тока фильтра соединен с зажимами линии, питающей выходной сглаживающий пассивный фильтр и инвертор, вход датчика напряжения соединен с зажимами питающей сети, выход

регулятора напряжения накопительного конденсатора соединен с входами драйверов управления силовыми ключами инвертора, вход регулятора напряжения накопительного конденсатора соединен с зажимами накопительного конденсатора, выход датчика тока сети соединен с входом формирователя импульсов, выход датчика тока фильтра  
 5 соединен с входом формирователя импульсов, выход датчика тока сети соединен с входом регулятора напряжения накопительного конденсатора, выход датчика напряжения соединен с входом фазового преобразователя напряжения, выход фазового преобразователя напряжения соединен с входом блока фазовой синхронизации, выход блока фазовой синхронизации соединен с входом фазового преобразователя тока,  
 10 выход регулятора напряжения накопительного конденсатора соединен с входом фазового преобразователя тока, выход фазового преобразователя тока и выход регулятора напряжения накопительного конденсатора соединены с входом формирователя импульсов, выход которого соединен с входами драйверов управления силовыми ключами инвертора.

15 Недостатком является отсутствие возможности компенсации несимметрии нелинейной нагрузки.

Технический результат изобретения заключается в снижении коэффициентов искажения синусоидальности формы кривых тока и напряжения сети при наличии несимметричной нелинейной нагрузки, режим работы которой связан с динамическим  
 20 изменением потребляемого несинусоидального тока и нарушением симметрии токов и напряжений сети. Предлагаемое устройство может быть востребовано в сетях предприятий, где широкое распространение получила нелинейная нагрузка в виде различного типа преобразователей частоты систем регулируемого электропривода технологических установок и комплексов при наличии несимметрии токов и напряжений  
 25 в сети.

Технический результат достигается тем, что контроллер системы управления снабжен блоком выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности и блоком фазовой коррекции несимметричных составляющих тока, при этом вход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности соединен с  
 30 выходом датчика тока сети, а выход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности соединен с входом блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока, который также соединен с выходом блока фазовой синхронизации, при этом выход блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока соединен с входом формирователя импульсов.

35 Устройство компенсации высших гармоник и коррекции несимметрии сети поясняется фигурами:

фиг. 1 - устройство компенсации высших гармоник и коррекции несимметрии сети, где:

- 1 - нелинейная нагрузка;
- 40 2 - инвертор;
- 3 - накопительный конденсатор;
- 4 - выходной пассивный фильтр;
- 5 - датчик напряжения;
- 6 - фазовый преобразователь напряжения;
- 45 7 - блок фазовой синхронизации;
- 8 - фазовый преобразователь тока;
- 9 - формирователь импульсов;
- 10 - датчик тока сети;

- 11 - регулятор напряжения накопительного конденсатора;
- 12 - датчик тока фильтра;
- 13 - контроллер системы управления;
- 14 - блок выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности;
- 15 - блок фазовой коррекции несимметричных составляющих тока.

Устройство компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети состоит из инвертора 2, накопительного конденсатора 3, выходного пассивного фильтра 4, датчика напряжения 5, фазового преобразователя напряжения 6, блока фазовой синхронизации 7, фазового преобразователя тока 8, формирователя импульсов 9, датчика тока сети 10, регулятора напряжения накопительного конденсатора 11, датчика тока фильтра 12, контроллера системы управления 13, блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности 14, блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15.

К инвертору 2 подключен накопительный конденсатор 3, к выходу инвертора 2 подключается выходной пассивный фильтр 4. Контроллер системы управления 13 осуществляет регулирование напряжения накопительного конденсатора 3 и генерацию импульсов управления силовыми ключами инвертора 2. Контроллер системы управления 13 в свою очередь состоит из датчика напряжения 5, фазового преобразователя напряжения 6, блока фазовой синхронизации 7, фазового преобразователя тока 8, формирователя импульсов 9, датчика тока сети 10, регулятора напряжения накопительного конденсатора 11, датчика тока фильтра 12, блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности 14, блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15.

Вход датчика тока сети 10 соединен с зажимами питающей сети, вход датчика тока фильтра 12 соединен с зажимами линии, питающей выходной сглаживающий пассивный фильтр 4 и инвертор 2, вход датчика напряжения 5 соединен с зажимами питающей сети, выход регулятора напряжения накопительного конденсатора 11 соединен с входами драйверов управления силовыми ключами инвертора 2, вход регулятора напряжения накопительного конденсатора 11 соединен с зажимами накопительного конденсатора 3, выход датчика тока сети 10 соединен с входом формирователя импульсов 9, выход датчика тока фильтра 12 соединен с входом формирователя импульсов 9, выход датчика тока сети 10 соединен с входом регулятора напряжения накопительного конденсатора 11, выход датчика напряжения 5 соединен с входом фазового преобразователя напряжения 6, выход фазового преобразователя напряжения 6 соединен с входом блока фазовой синхронизации 7, выход блока фазовой синхронизации 7 соединен с входом фазового преобразователя тока 8, выход регулятора напряжения накопительного конденсатора 11 соединен с входом фазового преобразователя тока 8, выход фазового преобразователя тока 8 и выход регулятора напряжения накопительного конденсатора 11 соединены с входом формирователя импульсов 9, выход которого соединен с входами драйверов управления силовыми ключами инвертора 2, вход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности 14 соединен с выходом датчика тока сети 10, выход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности 14 соединен с входом блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15, который также соединен с выходом блока фазовой синхронизации 7, выход блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15 соединен с входом формирователя импульсов 9.

Для компенсации несимметрии нелинейной нагрузки сигнал с датчика тока сети 10 поступает на вход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой

последовательности 14, в котором определяется уровень несимметрии по фазам на частоте основной гармоники. После этого блок фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15 осуществляет изменение фазовых углов выявленных составляющих несимметрии токов с учетом сигнала от блока фазовой синхронизации 7. Коррекция фазовых углов выявленных составляющих несимметрии токов осуществляется таким образом, чтобы при их сложении с исходными составляющими несимметрии со стороны нелинейной нагрузки результирующие векторы тока обратной и нулевой последовательности были минимальными. Выходной сигнал блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15 поступает на вход формирователя импульсов 9. Таким образом, ток инвертора содержит информацию не только о величине и фазе высших гармоник, но и данные об уровне несимметрии сети.

По результатам сравнения заданного и фактического тока инвертора 2 и тока нелинейной нагрузки 1 на основе сигналов от датчика тока сети 10 и датчика тока фильтра 12 с учетом сигнала задания по току от регулятора напряжения накопительного конденсатора 11 для инвертора 2, от блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока 15 формирователь импульсов 9, выполненный на основе релейных регуляторов, вырабатывает импульсы управления силовыми ключами инвертора 2. Формирователь импульсов 9 состоит из трех релейных регуляторов, по числу фаз питающей сети, каждый из которых формирует импульсы управления ключами инвертора 2 по току и напряжению. Импульсы поступают на управляющие электроды силовых ключей инвертора 2.

Аппаратная реализация предлагаемого устройства может быть осуществлена с помощью существующих силовых электротехнических, электронных и микропроцессорных устройств при надлежащем выборе и настройке соответствующих параметров.

#### Формула изобретения

Устройство компенсации высших гармоник и коррекции несимметрии сети, содержащее инвертор, накопительный конденсатор, выходной сглаживающий пассивный фильтр и контроллер системы управления, причем контроллер системы управления снабжен датчиком тока фильтра, датчиком тока сети, датчиком напряжения, формирователем импульсов на основе релейных регуляторов с изменяемой шириной гистерезиса, фазовыми преобразователями тока и напряжения, блоком фазовой синхронизации, регулятором напряжения накопительного конденсатора, отличающееся тем, что контроллер системы управления снабжен блоком выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности и блоком фазовой коррекции несимметричных составляющих тока, при этом вход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности соединен с выходом датчика тока сети, а выход блока выявления составляющих токов обратной и нулевой последовательности соединен с входом блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока, который также соединен с выходом блока фазовой синхронизации, при этом выход блока фазовой коррекции несимметричных составляющих тока соединен с входом формирователя импульсов.