

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 176107

УСТРОЙСТВО ГИБРИДНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Абрамович Борис Николаевич (RU), Сычев Юрий Анатольевич (RU), Зимин Роман Юрьевич (RU)*

Заявка № 2017124473

Приоритет полезной модели 10 июля 2017 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 09 января 2018 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 10 июля 2027 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02J 3/01 (2006.01); H02J 1/02 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017124473, 10.07.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.07.2017

Дата регистрации:
09.01.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 10.07.2017

(45) Опубликовано: 09.01.2018 Бюл. № 1

Адрес для переписки:
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):
Абрамович Борис Николаевич (RU),
Сычев Юрий Анатольевич (RU),
Зимин Роман Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2446536 C1, 27.03.2012. RU
2619919 C1, 19.05.2017. RU 2514439 C2,
27.04.2014. US 0004228492 A1, 14.10.1980. US
0005977660 A1, 02.11.1999.

(54) УСТРОЙСТВО ГИБРИДНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

(57) Реферат:

Полезная модель относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к устройствам гибридной компенсации высших гармоник в электрических сетях. Устройство используется совместно с частотно-регулируемым электроприводом, в котором диодный выпрямитель, используемый в преобразователе частоты, является источником высших гармоник.

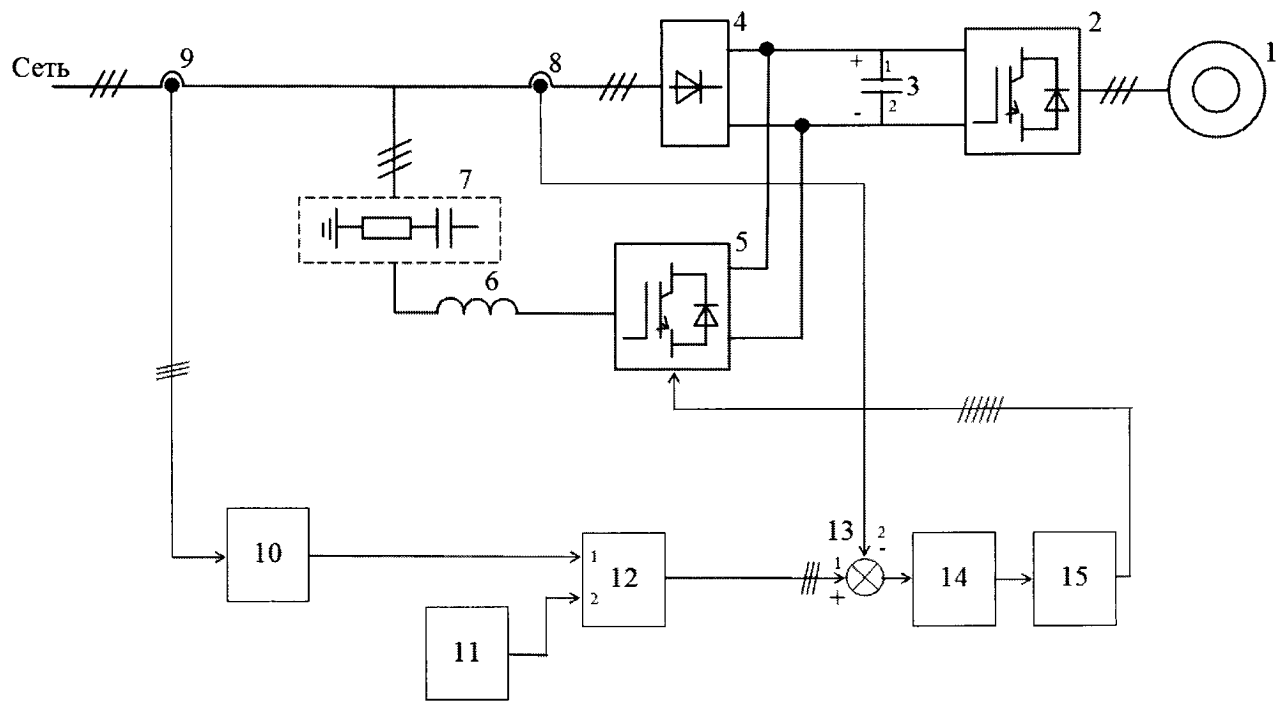
Устройство гибридной компенсации высших гармоник позволяет обеспечить эффективную компенсацию высших гармонических составляющих по току и напряжению, а также повысить энергоэффективность частотно-регулируемого электропривода за счет

компенсации реактивной мощности и рекуперации энергии в режиме торможения электродвигателя. Устройство позволяет поддерживать заданный уровень напряжения в звене постоянного тока преобразователя частоты, для обеспечения устойчивой работы электродвигателя при отклонениях и кратковременных провалах напряжения.

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

RU 176107 U1

RU 176107 U1



Фиг.1

Полезная модель относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к устройствам гибридной компенсации высших гармоник в электрических сетях. Устройство используется совместно с частотно-регулируемым электроприводом, в которых диодный выпрямитель, используемый в преобразователе частоты, является

5

источником высших гармоник. 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

10

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.

15

Недостатком устройства 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

20

нагрузки. Также устройство может работать только с отдельным звеном постоянного тока. Известен активный фильтр высших гармонических составляющих токов и устройство коррекции коэффициента мощности (патент US №5977660, опубл. 02.11.1999), содержащее инвертор, контроллер, накопительные конденсаторы и выходной пассивный

25

сглаживающий фильтр. Контроллер выполняет процедуру прогноза тока в следующий промежуток времени с целью уменьшения создаваемой нагрузкой разницы фаз между

30

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 регулируемым

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

35

отдельности, так и вместе. Недостатки данного устройства заключаются в применении алгоритма ШИМ-модуляции напряжения активного фильтра, усложняющего систему управления и необходимость использования отдельного звена постоянного тока активного фильтра. Известное устройство компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента

40

мощности сети (патент RU №2446536, опубл. 27.03.2012), содержащее инвертор, накопительный конденсатор, выходной сглаживающий пассивный фильтр и контроллер системы управления. Недостатки данного устройства, при использовании совместно с регулируемым электроприводом переменного тока, заключаются в необходимости применения

45

отдельного звена постоянного тока устройства компенсации и отдельной конденсаторной батареи в нем, а также в использовании фазовых преобразований напряжения и тока сети, усложняющих систему управления. 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 5 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 10 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 динамического изменения тока нелинейной 15 нагрузки не позволит фиксировать и обрабатывать резкие скачки тока сети. В устройстве отсутствует регулятор напряжения накопительного конденсатора для управления величиной компенсационного тока и отработки 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 25 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 30 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 35 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 40 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 45 ШИМ.

Известно устройство компенсации высших гармоник, адаптированное к электроприводу переменного тока (патент RU №2514439, опубл. 27.04.2014 г.), принятое за прототип, содержащее инвертор, повышающий трансформатор и контроллер системы

управления.

Недостатком является отсутствие возможности контроля напряжение в звене постоянного тока преобразователя частоты, а также наличие трансформатора, увеличивающего стоимость устройства.

5 Технический результат заключается в снижении суммарных коэффициентов гармонических составляющих по напряжению и току, а также отдельных гармонических составляющих по напряжению за счет наличия пассивного фильтра на выходе активной части гибридного фильтрокомпенсирующего устройства. Предлагаемая полезная модель может быть востребована в сетях промышленных предприятий, где широкое
10 распространение получили нелинейные нагрузки в виде частотно-регулируемых электроприводов.

Технический результат достигается тем, что выход датчика тока сети соединен с входом блока преобразования Фурье, выход которого соединен с первым входом блока выделения основной гармоники, а второй вход которого соединен с выходом задатчика
15 основной гармоники, выход блока выделения основной гармоники соединен с первым входом блока вычитания, второй вход которого подключен к выходу датчика переменного тока преобразователя, выход блока вычитания соединен с входом блока смещения, выход которого соединен с входом блока широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен с инвертором устройства компенсации.

20 Устройство гибридной компенсации высших гармоник поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - общая схема устройства, где:

- 1 - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;
- 2 - инвертор преобразователя частоты;
- 25 3 - накопительный конденсатор преобразователя частоты;
- 4 - неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты;
- 5 - инвертор устройства компенсации;
- 6 - сглаживающие дроссели;
- 7 - выходной пассивный фильтр;
- 30 8 - датчик переменного тока преобразователя частоты;
- 9 - датчик переменного тока сети;
- 10 - блок преобразования Фурье;
- 11 - блок выделения основной гармоники;
- 12 - задатчик основной гармоники;
- 35 13 - блок вычитания;
- 14 - блок фазовой синхронизации;
- 15 - блок широтно-импульсной модуляции.

Устройство гибридной компенсации высших гармоник состоит из (фиг. 1) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 1, инвертора преобразователя
40 частоты 2, накопительного конденсатора преобразователя частоты 3, неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4, инвертора устройства компенсации 5, сглаживающих дросселей 6, выходного пассивного фильтра 7, датчика переменного тока преобразователя частоты 8, датчика переменного тока сети 9, блока преобразования Фурье 10, блока выделения основной гармоники 11, задатчика основной
45 гармоники 12, блока вычитания 13, блока фазовой синхронизации 14, блока широтно-импульсной модуляции 15. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 1 подключен к инвертору преобразователя частоты 2. Вход неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4 подключен через датчик переменного тока преобразователя

частоты 8 к сети, зажимы «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4 подключены соответственно через первую и вторую обкладки накопительного конденсатора преобразователя частоты 3 к зажимам «+» и «-» инвертора преобразователя частоты 2, зажимы «+» и «-» инвертора устройства компенсации 5
 5 подключены соответственно к зажимам «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4, выход инвертора устройства компенсации 5 подключен к входу сглаживающих дросселей 6, выход которых через выходной пассивный фильтр 7 подключен к сети.

Устройство работает следующим образом. Измеренный сигнал тока от датчика тока
 10 сети 9 поступает на блок быстрого преобразования Фурье 10. Для увеличения быстродействия работы устройства компенсации быстрое преобразование Фурье осуществляется до 20 гармонической составляющей, в виду того, что частотный преобразователь генерирует канонические гармоники порядка $br \pm 1$, где r - пульсность выпрямителя. Разложенный сигнал в блоке преобразования Фурье 10 поступает на
 15 первый вход блока вычисления основной гармоники 12, на второй вход блока вычисления основной гармоники 12 поступает опорный сигнал с датчика основной гармоники 11, в блоке вычисления основной гармоники 12 формируется опорный сигнал основной гармоники, который поступает на первый вход блока вычитания 13. На
 20 второй вход блока вычитания поступает сигнал с датчика тока преобразователя частоты 8, происходит формирование тока устройства компенсации в противофазе. Сформированный опорный ток в противофазе с блока вычитания 13 поступает на вход блока смещения 14, где осуществляется вычисление опорного тока устройства компенсации, с блока смещения 14 сигнал поступает на вход блока широтно-импульсной
 25 модуляции, где происходит формирование импульсов для управления силовыми ключами инвертора устройства компенсации 5.

Устройство гибридной компенсации высших гармоник позволяет обеспечить эффективную компенсацию высших гармонических составляющих по току и напряжению, а также повысить энергоэффективность частотно-регулируемого электропривода за счет компенсации реактивной мощности и рекуперации энергии в
 30 режиме торможения электродвигателя. Устройство позволяет поддерживать заданный уровень напряжения в звене постоянного тока преобразователя частоты, для обеспечения устойчивой работы электродвигателя при отклонениях и кратковременных провалах напряжения.

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

(57) Формула полезной модели

40 Устройство гибридной компенсации высших гармоник, содержащее инвертор, неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты, накопительный конденсатор преобразователя частоты, инвертор устройства компенсации, датчик переменного тока преобразователя частоты, блок вычитания, причем вход неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты подключен через датчик переменного тока преобразователя
 45 частоты к сети, зажимы «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты подключены соответственно через первую и вторую обкладки накопительного конденсатора преобразователя частоты к зажимам «+» и «-» инвертора преобразователя частоты, зажимы «+» и «-» инвертора устройства компенсации подключены

соответственно к зажимам «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты, отличающееся тем, что выход датчика тока сети соединен с входом блока преобразования Фурье, выход которого соединен с первым входом блока выделения основной гармоники, а второй вход которого соединен с выходом задатчика основной

5 гармоники, выход блока выделения основной гармоники соединен с первым входом блока вычитания, второй вход которого подключен к выходу датчика переменного тока преобразователя, выход блока вычитания соединен с входом блока смещения, выход которого соединен с входом блока широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен с инвертором устройства компенсации.

10

15

20

25

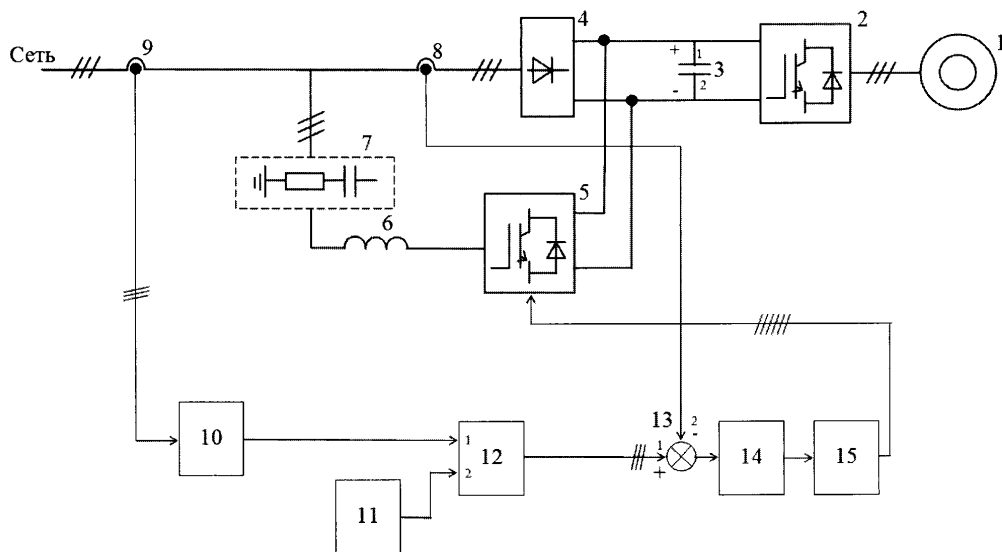
30

35

40

45

УСТРОЙСТВО ГИБРИДНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК



Фиг.1