

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 185875

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 № 2018136024

Приоритет полезной модели 11 октября 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 21 декабря 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 11 октября 2028 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 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018136024, 11.10.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.10.2018

Дата регистрации:
21.12.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.10.2018

(45) Опубликовано: 21.12.2018 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "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 176107 U1, 09.01.2018. RU
125784 U1, 10.05.2013. RU 2521428 C2,
27.06.2014. US 5977660A, 02.11.1999. US
5063532 A, 05.11.1991.

(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 которых диодный выпрямитель, используемый в преобразователе частоты, является источником высших гармоник.

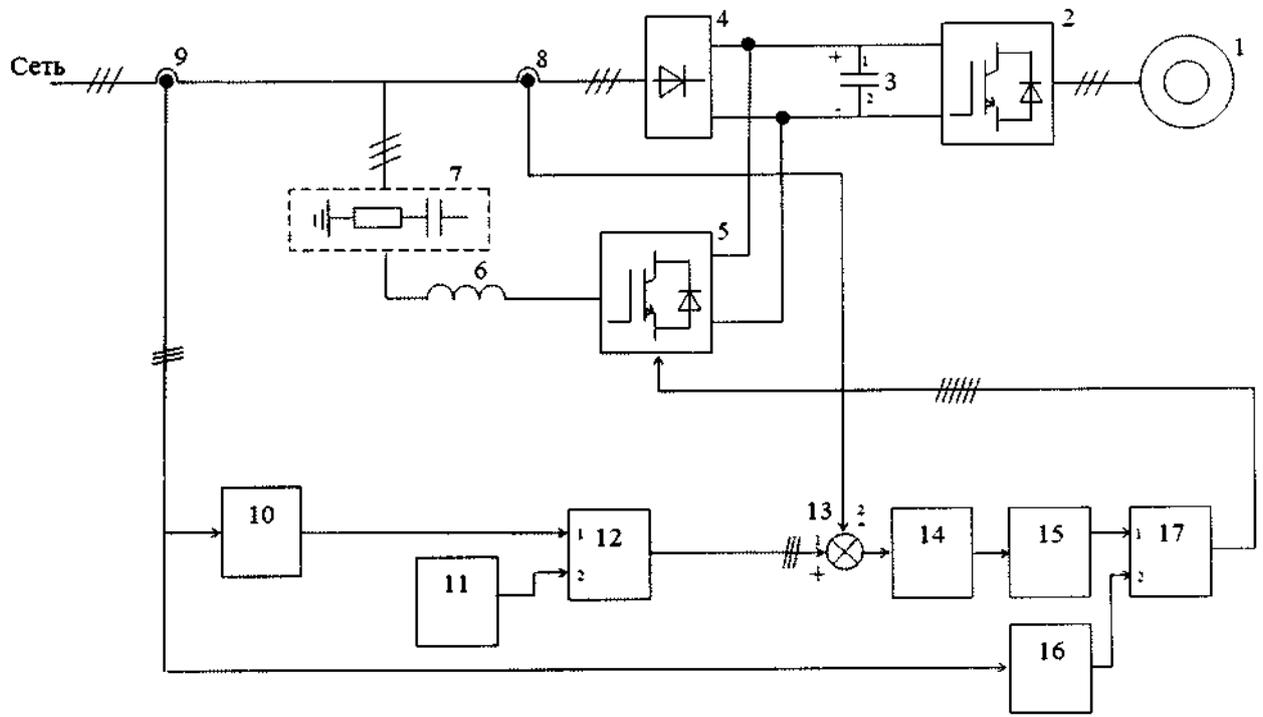
Устройство гибридной компенсации высших гармоник, адаптированное к частотно-регулируемому электроприводу переменного тока, позволяет обеспечить эффективную компенсацию высших гармонических составляющих по току и напряжению, а также повысить энергоэффективность частотно-

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 185875 U1

RU 185875 U1



Фиг.1

RU 185875 U1

RU 185875 U1

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. 27.09.1991), 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 задание на компенсацию реактивной мощности в условиях динамичного режима работы нелинейной нагрузки. Также устройство может работать только с отдельным звеном постоянного тока. Известен активный фильтр высших гармонических составляющих токов и устройство

20

коррекции коэффициента мощности (патент US №5977660, опубл. 08.08.1997), 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 током и напряжением сети. Управляющая процедура выполняет интегрирование разницы

30

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

35

многофазных силовых линиях. Все эти процедуры можно использовать как по отдельности, так и вместе. Недостатки данного устройства является необходимость использования отдельного звена постоянного тока активного фильтра.

40

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

45

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 механизм подавления высших гармоник, основанный на

корректировке регулирующей величины тока в течение времени запаздывания фильтра, что в условиях режима динамического изменения тока нелинейной нагрузки не позволит фиксировать и обрабатывать резкие скачки тока сети. Устройство не позволяет инвертору активного фильтра работать с переменной частотой широтно-импульсной модуляции.

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 данного устройства является работа регулятора тока инвертора активного фильтра с постоянной частотой широтно-импульсной модуляции, что может привести к ускоренному износу силовых ключей инвертора.

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 данного устройства является работа регулятора тока инвертора устройства компенсации высших гармоник с постоянной частотой широтно-импульсной модуляции.

Известно устройство гибридной компенсации высших гармоник, адаптированное к электроприводу переменного тока (патент RU №176107, опубл. 09.01.2018 г.), принятое за прототип, содержащее инвертор, неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты, накопительный конденсатор преобразователя частоты, инвертор устройства компенсации, датчик переменного тока преобразователя частоты, датчик постоянного тока устройства компенсации, блок вычитания.

Недостатком данного устройства является регулятор тока с постоянной частотой широтно-импульсной модуляции, что может привести к ускоренному износу инвертора устройства компенсации.

Техническим результатом является создание устройства компенсации высших 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.

Технический результат достигается тем, что дополнительно установлены блок смещения и блок регулирования частоты широтно-импульсной модуляции, выход блока фазовой синхронизации соединен со входом блока смещения, выход которого соединен

с первым входом блока широтно-импульсной модуляции, выход датчика переменного тока сети соединен с входом блока регулирования частоты широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен со вторым входом блока широтно-импульсной модуляции.

5 Устройство гибридной компенсации высших гармоник, адаптированное к частотно-регулируемому электроприводу, поясняется фигурами:

фиг. 1 - общая схема устройства, где:

1 - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;

2 - инвертор преобразователя частоты;

10 3 - накопительный конденсатор преобразователя частоты;

4 - неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты;

5 - инвертор устройства компенсации;

6 - сглаживающие дроссели;

7 - выходной пассивный фильтр;

15 8 - датчик переменного тока преобразователя частоты;

9 - датчик переменного тока сети;

10 - блок преобразования Фурье;

11 - задатчик основной гармоники;

12 - блок выделения основной гармоники;

20 13 - блок вычитания;

14 - блок фазовой синхронизации;

15 - блок смещения;

16 - блок регулирования частоты широтно-импульсной модуляции;

17 - блок широтно-импульсной модуляции.

25 Устройство состоит из неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4 (фиг. 1) подключенного 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
30 подключены 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. На входе устройства компенсации установлен датчик переменного
35 тока сети 9, который подключен к блоку преобразования Фурье 10. Выход блока преобразования Фурье 10 соединен с первым входом блока выделения основной гармоники 12. Второй вход блока вычисления основной гармоники 12 соединен с выходом задатчика основной гармоники 11. Выход блока выделения основной гармоники соединен с первым входом блока вычитания 13. Второй вход блока
40 вычитания 13 соединен с датчиком тока преобразователя частоты 8. Выход блока вычитания 13 подключен к вход блока фазовой синхронизации 14, выход которого соединен с входом блока смещения 15, где осуществляется вычисление опорного тока устройства компенсации. Выход блока смещения 15 соединен с первым входом блока широтно-импульсной модуляции 17. Второй вход блока широтно-импульсной модуляции
45 соединен с выходом блока регулирования частоты широтно-импульсной модуляции 16, вход которого соединен с выходом датчика переменного тока сети 9. Выход блока широтно-импульсной модуляции 17 соединен с инвертором устройства компенсации 5.

Устройство компенсации высших гармоник работает следующим образом. Измерительные сигналы тока i_a , i_b , i_c от датчика переменного тока сети 9 поступают на вход блока 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 p - пульсность выпрямителя. Далее сигналы поступают на первый вход блока выделения основной гармоники 12, где происходит выделение гармоник до 20-го порядка. Затем сигналы с датчика переменного тока преобразователя частоты 8 поступают на отрицательный вход блока вычитания 13, на положительный вход поступает сигнал основной гармоники сети. Далее сигнал проходит через блок фазовой синхронизации 14, где происходит выделение управляющих $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$, пройдя через блок смещения 15, управляющие сигналы смещаются на 180° , согласно формулам (2):

$$\cos\varphi' = \cos(\varphi+180)$$

$$\sin\varphi' = \sin(\varphi+180) \quad (2)$$

После этого выходные сигналы $\cos\varphi'$ и $\sin\varphi'$ поступают на вход первого входа блока широтно-импульсной модуляции 17, на второй вход которого поступает сигнал задания частоты широтно-импульсной модуляции с блока регулирования частоты широтно-импульсной модуляции 16. Частота широтно-импульсной модуляции формируется в блоке 16 на основании уровня переменного тока сети.

В блоке широтно-импульсной модуляции 17 формируются сигналы управления инвертором устройства компенсации 5.

Устройство гибридной компенсации высших гармоник, адаптированное к частотно-регулируемому электроприводу переменного 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.

(57) Формула полезной модели

Устройство гибридной компенсации высших гармоник, содержащее инвертор, неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты, накопительный конденсатор преобразователя частоты, инвертор устройства компенсации, сглаживающие дроссели, выходной пассивный фильтр, датчик переменного тока преобразователя частоты, датчик переменного тока сети, блок вычитания, вход неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты подключен через датчик переменного тока преобразователя 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 к зажимам «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты, выход инвертора

устройства компенсации подключен через сглаживающие дроссели и пассивный фильтр к сети, с выхода датчика тока сети сигнал поступает на вход блока преобразования Фурье, с выхода которого сигнал поступает на первый вход блока выделения основной гармоники, на второй вход которого поступает сигнал с задатчика основной гармоники, с выхода блока выделения основной гармоники сигнал поступает на первый вход блока вычитания, второй вход которого подключен к выходу датчика переменного тока преобразователя, с выхода блока вычитания сигнал поступает на вход блок фазовой синхронизации, а также установлен блок широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен с устройством компенсации, отличающееся тем, что дополнительно установлены блок смещения и блок регулирования частоты широтно-импульсной модуляции, выход блока фазовой синхронизации соединен со входом блока смещения, выход которого соединен с первым входом блока широтно-импульсной модуляции, выход датчика переменного тока сети соединен с входом блока регулирования частоты широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен со вторым входом блока широтно-импульсной модуляции.

20

25

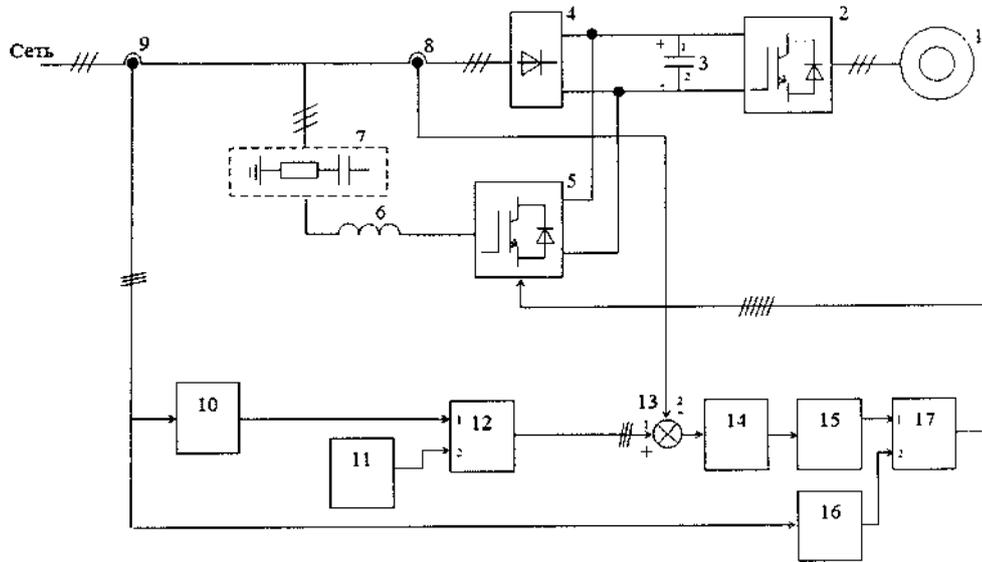
30

35

40

45

**УСТРОЙСТВО ГИБРИДНОЙ КОМПЕНСАЦИИ
ВЫСШИХ ГАРМОНИК**



Фиг.1