

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 221347

УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК И ПОДДЕРЖАНИЯ МОЩНОСТИ

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

Авторы: *Сычев Юрий Анатольевич (RU), Зимин Роман Юрьевич (RU), Аладьин Максим Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2023124585

Приоритет полезной модели 25 сентября 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 01 ноября 2023 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 25 сентября 2033 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02J 3/01 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023124585, 25.09.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.09.2023

Дата регистрации:
01.11.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.09.2023

(45) Опубликовано: 01.11.2023 Бюл. № 31

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
СПГУ, Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Сычев Юрий Анатольевич (RU),
Зимин Роман Юрьевич (RU),
Аладьин Максим Евгеньевич (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 185875 U1, 21.12.2018. RU 176107
U1, 09.01.2018. RU 2573599 C1, 20.01.2016. US
5977660 A1, 02.11.1999. US 5063532 A1,
05.11.1991.

(54) УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК И ПОДДЕРЖАНИЯ МОЩНОСТИ

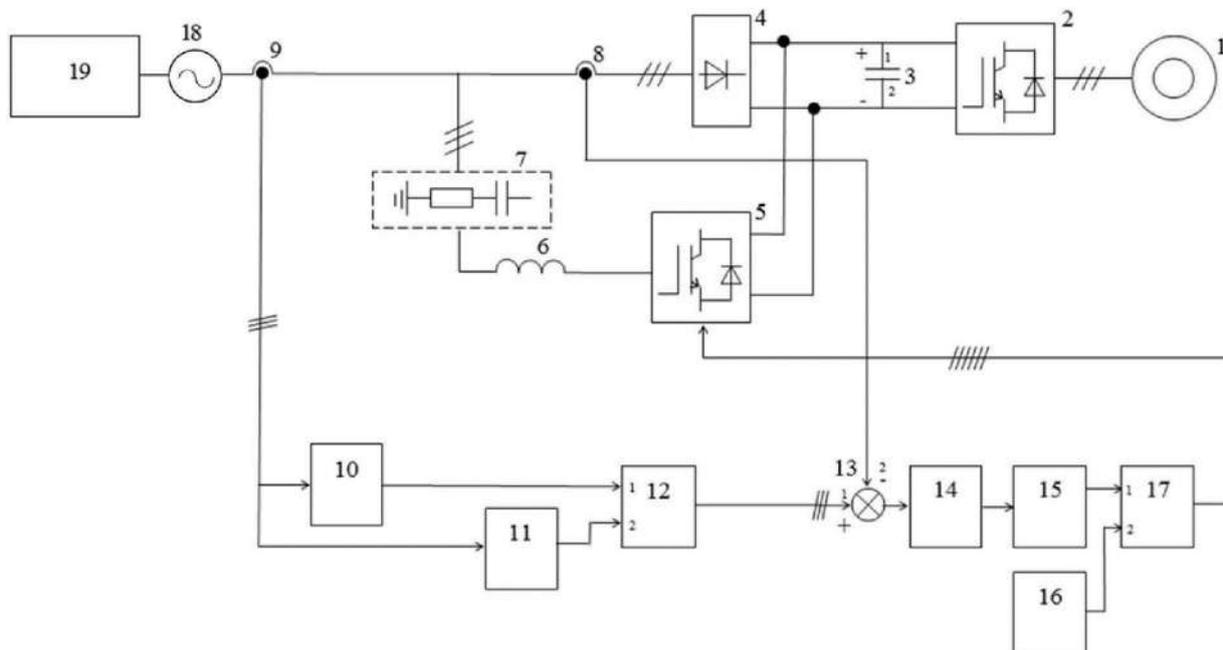
(57) Реферат:

Полезная модель относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к устройствам 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. Техническим результатом является снижение суммарных коэффициентов гармонических составляющих. Результаты

исследований, проведенных авторами, показывают, что наличие пассивного фильтра на выходе активной части гибридного фильтрокомпенсирующего устройства позволяет снизить коэффициенты отдельных гармонических составляющих по напряжению, а предложенная конструкция дает возможность снизить суммарные коэффициенты гармонических составляющих по напряжению и току.

RU
221347
U1

RU
221347
U1



Фиг.1

RU 221347 U1

RU 221347 U1

Полезная модель относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к устройствам 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.

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.

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 нагрузки, поскольку регулятор тока активного фильтра, который, в первую очередь, предназначен для компенсации активной мощности, не может адекватно предсказать и корректировать реактивную мощность в таких условиях из-за его конструктивных ограничений, включая мощность устройства, скорость его реакции и возможности обработки сигналов. Устройство не позволяет выполнять фазовую синхронизацию напряжения и тока сети с целью компенсации реактивной мощности, поскольку фазовая синхронизация позволяет только уравнивать фазы напряжения и тока, но не меняет амплитуды напряжения и тока, от разности которых зависит реактивная мощность.

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 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 устройства является невозможность инвертора работать с переменной частотой ШИМ, поскольку он используется для обработки сигнала и создания определенных характеристик, например, для фильтрации или усиления определенных частот и не предназначен для управления мощностью или изменения ширины импульсов.

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.

5 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
10 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. В устройстве отсутствует регулятор напряжения накопительного конденсатора для управления величиной компенсационного тока и обработки резких изменений тока компенсируемой нагрузки.
15 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
20 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, что может привести к ускоренному износу силовых ключей инвертора.

Известно устройство компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента несимметрии сети (патент RU № 2573599, опубл. 20.01.2016), содержащее инвертор,
30 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
35 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
40 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.

Недостатком устройства является использование большого числа фазовых
45 преобразований в системе управления устройством компенсации, что усложняет схему и ведет к недостаточному быстродействию в условиях резкопеременного режима изменения высших гармонических составляющих.

Известно устройство гибридной компенсации высших гармоник (патент RU № 176107,

опубл. 09.01.2018 г.), 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
 5 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 соответственно к
 10 зажимам «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты. 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 гармоники, выход блока выделения основной гармоники соединен с первым входом блока вычитания, второй вход которого
 15 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.

Недостатком устройства является использование большого числа фазовых преобразований в системе управления гибридным устройством компенсации высших гармоник, что усложняет схему и ведет к недостаточному быстродействию в условиях
 20 резкопеременной нелинейной нагрузки, а также не позволяет реализовать функцию коррекции коэффициента мощности по основной гармонической составляющей.

Известно устройство гибридной компенсации высших гармоник (патент RU № 185875, опубл. 21.12.2018 г.), принятое за прототип, 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 неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты
 30 подключены соответственно через первую и вторую обкладки накопительного конденсатора преобразователя частоты к соответствующим зажимам инвертора 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, а на его второй вход поступает сигнал с задатчика основной гармоники. С выхода блока выделения основной гармоники сигнал поступает на первый вход блока вычитания, второй вход которого подключен
 40 к выходу датчика переменного тока преобразователя. Также установлен блок широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен с устройством компенсации. Выход датчика переменного тока сети соединен с входом блока регулирования частоты широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен со вторым входом блока широтно-импульсной модуляции.

Недостатком устройства является использование большого числа фазовых преобразований в системе управления гибридным устройством компенсации высших гармоник, что усложняет схему и ведет к недостаточному быстродействию в условиях
 резкопеременной нелинейной нагрузки, а также не позволяет реализовать функцию

коррекции высших гармоник напряжения со стороны сети и коэффициента мощности по основной гармонической составляющей.

Техническим результатом является снижение суммарных коэффициентов гармонических составляющих.

5 Технический результат достигается тем, что выход датчика переменного тока источника электрической энергии соединен с входом блока фазовой автоподстройки частоты, выход которого соединен со вторым входом задатчика основной гармоники, выход блока поддержания мощности соединен со вторым входом блока широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен с входом управления инвертора узла
10 компенсации.

Устройство компенсации высших гармоник и поддержания мощности поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - общая схема устройства, где:

- 1 - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;
- 15 2 - инвертор преобразователя частоты;
- 3 - накопительный конденсатор преобразователя частоты;
- 4 - неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты;
- 5 - инвертор устройства компенсации;
- 6 - сглаживающие дроссели;
- 20 7 - выходной пассивный фильтр;
- 8 - датчик переменного тока преобразователя частоты;
- 9 - датчик переменного тока сети;
- 10 - блок преобразования Фурье;
- 11 - блок фазовой автоподстройки частоты;
- 25 12 - задатчик основной гармоники;
- 13 - блок вычитания;
- 14 - блок фазовой синхронизации;
- 15 - блок смещения;
- 16 - блок поддержания мощности;
- 30 17 - блок широтно-импульсной модуляции;
- 18 - генератор;
- 19 - двигатель внутреннего сгорания.

Устройство компенсации высших гармоник и поддержания мощности сети, в которой асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 1 представляет собой нелинейную
35 нагрузку, содержит неуправляемый выпрямитель преобразователя частоты 4, который соединен через датчик переменного тока преобразователя частоты 8, датчик переменного тока сети 9, генератор 18 с двигателем внутреннего сгорания 19. Зажимы «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4 соединены через первую и вторую обкладки накопительного конденсатора преобразователя частоты 3
40 с зажимам «+» и «-» инвертора преобразователя частоты 2, который соединен с асинхронному двигателю с короткозамкнутым ротором. Зажимы «+» и «-» инвертора устройства компенсации 5 соединены с зажимам «+» и «-» неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4. Выход инвертора устройства компенсации 5 соединен со входом сглаживающих дросселей 6, выход которых через выходной пассивный фильтр
45 7 соединен с источником электрической энергии с генератором 18. Выход датчика переменного тока сети 9 соединен с входом блока преобразования Фурье 10, выход которого соединен с первым входом задатчика основной гармоники 12. Выход датчика переменного тока сети 9 соединен с входом блока фазовой автоподстройки частоты

11, выход которого соединен со вторым входом задатчика основной гармоники 12. Выход задатчика основной гармоники 12 соединен с первым входом блока вычитания 13, второй вход блока вычитания 13 соединен с выходом датчика переменного тока преобразователя частоты 8. Выход блока вычитания 13 соединен со входом блока фазовой синхронизации 14, выход которого соединен со входом блока смещения 15. Выход блока смещения 15 соединен с первым входом блока широтно-импульсной модуляции 17, второй вход блока широтно-импульсной модуляции 17 сигнал соединен с выходом блока поддержания мощности 16. Выход блока широтно-импульсной модуляции соединен со входом инвертора устройства компенсации 5.

Устройство работает следующим образом. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 1 получает питание через инвертор преобразователя частоты 2 соединенного через накопительный конденсатор преобразователя частоты 3 с неуправляемым выпрямителем 4 от генератора 18. Генератор 18 производит выработку энергии за счет соединенного с ним двигателя внутреннего сгорания 19. Датчик переменного тока сети 9 собирает измерительную информацию о гармонических искажениях источника и тока подключенной нелинейной нагрузки от неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты 4 соответственно. На основании полученной информации блок преобразования Фурье 10 выделяет основную гармоническую составляющую, а блок фазовой автоподстройки частоты 11 определяет начальную фазу первой гармоники. С помощью блока задатчика основной гармоники 12 формируется опорный сигнал основной гармоники, который поступает на первый вход блока вычитания 13. На второй вход блока вычитания 13 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 фазовой синхронизации 14, с выхода которого сигнал поступает на вход блока смещения 15, где осуществляется вычисление опорного тока устройства компенсации, с блока смещения 15 сигнал поступает на первый вход блока широтно-импульсной модуляции 17, сигнал с блока поддержания мощности 16, который поддерживает коэффициент мощности $\cos \phi$, близкий к единице, поступает на второй вход блока широтно-импульсной модуляции 17, где происходит формирование импульсов переменной частоты модуляции для управления силовыми ключами инвертора устройства компенсации 5. Инвертор компенсации 5 генерирует компенсационный ток, который проходит через сглаживающий дроссель б и выходной пассивный фильтр 7 для обеспечения сглаживания выходного тока.

В зависимости от поставленных целей и задач применения предлагаемого устройства может работать одновременно в трех режимах: компенсация высших гармоник тока неуправляемого выпрямителя преобразователя частоты, компенсация высших гармоник напряжения питающей сети, коррекция коэффициента мощности по основной составляющей за счет блока поддержания мощности 16.

Результаты исследований, проведенных авторами, показывают, что наличие пассивного фильтра на выходе активной части гибридного фильтрокомпенсирующего устройства позволяет снизить коэффициенты отдельных гармонических составляющих по напряжению, а предложенная конструкция дает возможность снизить суммарные коэффициенты гармонических составляющих по напряжению и току.

(57) Формула полезной модели

Устройство компенсации высших гармоник и поддержания мощности, содержащий соединенный с источником электрической энергии преобразователь частоты,

включающий последовательно соединенные неуправляемый выпрямитель, накопительный конденсатор и инвертор, выход которого соединен с выводами для подключения нелинейной нагрузки, инвертор узла компенсации, вход которого соединен с накопительным конденсатором, а выход через сглаживающие дроссели, и выходной

5 пассивный фильтр, подключен к входу преобразователя частоты, датчик переменного тока преобразователя частоты, датчик переменного тока источника электрической энергии, блок вычитания, блок преобразования Фурье, причем выход датчика переменного тока сети соединен с входом блока преобразования Фурье, выход которого

10 подключен к первому входу задатчика основной гармоники, выход которого соединен с первым входом блока вычитания, а второй вход блока вычитания соединен с выходом датчика переменного тока преобразователя частоты, выход блока вычитания соединен с входом блока фазовой синхронизации, выход которого соединен с входом блока смещения, выход которого соединен с первым входом блока широтно-импульсной модуляции, отличающееся тем, что выход датчика переменного тока источника

15 электрической энергии соединен с входом блока фазовой автоподстройки частоты, выход которого соединен со вторым входом задатчика основной гармоники, выход блока поддержания мощности соединен со вторым входом блока широтно-импульсной модуляции, выход которого соединен с входом управления инвертора узла компенсации.

20

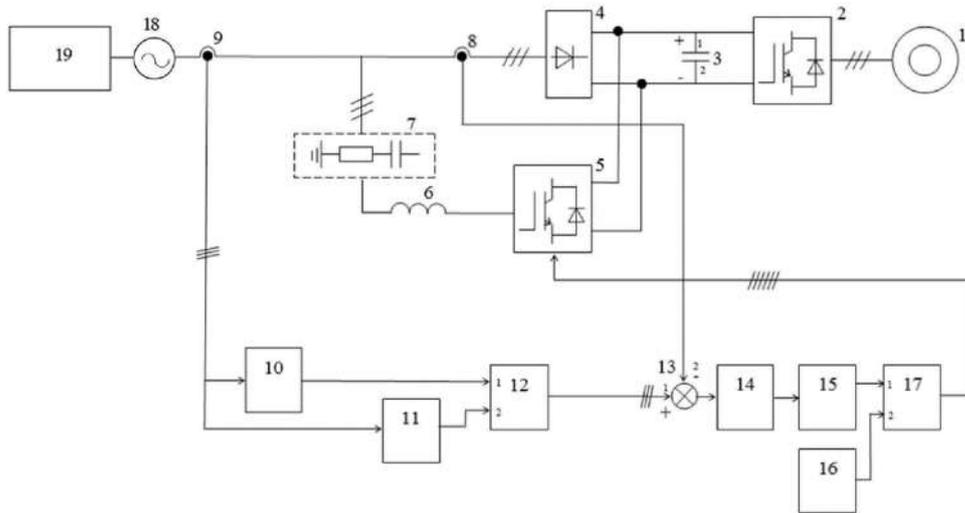
25

30

35

40

45



Фиг.1