

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042368**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.08

(21) Номер заявки
202190144

(22) Дата подачи заявки
2019.05.01

(51) Int. Cl. **H02M 7/42** (2006.01)
H02M 7/515 (2007.01)
H02M 7/527 (2006.01)
H02M 1/088 (2006.01)
H02M 1/092 (2006.01)

(54) ОДНОФАЗНЫЙ ИНВЕРТОР С ОТСЛЕЖИВАНИЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

(31) **16/024,480**

(32) **2018.06.29**

(33) **US**

(43) **2021.04.07**

(86) **PCT/US2019/030253**

(87) **WO 2020/005385 2020.01.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭлТи ЛАЙТИНГ (ТАЙВАНЬ)
КОРПОРЕЙШН (TW)

(72) Изобретатель:
Шуи Джеффри Вэнь-Тай (TW)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-B2-8471409
US-A1-20120275196
US-A1-20060181906

(57) Однофазный инвертор с отслеживанием использования энергии (EUT), который содержит два модуля DC/AC-преобразования. В любое время два объединенных модуля могут последовательно извлекать и преобразовывать большую часть мощности, предоставляемой источником DC-энергии, в две последовательности AC-мощности (напряжения). Первая последовательность AC-мощности (напряжения) соответствует соглашению по электрической сети; в то время как вторая последовательность AC-мощности имеет сдвиг по фазе на 90° по отношению к конкретной паре силовых линий. Согласно принципу, описанному в данном документе, этот однофазный EUT-инвертор дополнительно содержит регулятор фазы для регулирования фазы второй последовательности AC-мощности (напряжения) на 90°, чтобы становиться синхронной с первой последовательностью AC-мощности; обе последовательности AC-мощности затем являются подходящими для доставки в одну и ту же силовую линию.

B1

042368

042368

B1

Уровень техники

АС-электроэнергетическая система (также называемая "сетью переменного тока (АС)", "электрической сетью" или просто "сетью") является системой электропитания, имеющей по меньшей мере одну пару силовых линий (линий питания) для доставки электричества, производимого в одной или более потенциально распределенных силовых установках, распределенным потребителям, которые имеют нагрузки, соединенные параллельно силовым линиям. Такие нагрузки будут совокупно называться "нагрузкой" или "нагрузкой сети" в данном документе.

Является обязательным, что электричество, доставляемое в силовые линии сети, соответствует "соглашению по электрической сети". Согласно соглашению по электрической сети, энергия, доставляемая в электрическую сеть, должна быть в форме напряжения переменного тока (АС), которое колеблется синусоидально. Согласно конвенции по электрической сети, силовая АС-цепь для каждой пары силовых линий может иметь конкретное фиксированное пиковое напряжение, иметь конкретную фиксированную частоту и синхронизироваться с конкретной фиксированной разностью фаз между силовыми линиями в паре силовых линий.

Подключенный в сеть однофазный DC/АС-преобразователь является преобразователем, который может преобразовывать электричество постоянного тока (DC) в АС-мощность, которая соответствует соглашению по электрической сети относительно конкретной пары силовых линий из силовых линий сети, и который предоставляет эту АС-мощность конкретной паре силовых линий. Такой DC/АС-преобразователь называется инвертором для присоединения к электрической сети или называется в данном документе "однофазным DC/АС-преобразователем" в данном документе. Конкретная пара силовых линий, которая соединяется с однофазным DC/АС-преобразователем, называется "парой силовых линий" в данном документе.

Фотогальваническая (PV) электростанция преобразует солнечную энергию для формирования DC-электрической энергии. Сформированная DC-энергия затем преобразуется в последовательность АС-мощности посредством однофазных DC/АС-преобразователей для доставки через пару силовых линий и для потребления нагрузкой. Эта последовательность АС-мощности существует в форме синусоидальной последовательности напряжения, колеблющейся во временной области; и которая соответствует соглашению по электрической сети. PV-электростанция называется "PV-станцией" в данном документе.

Предмет изучения, заявленный в данном документе, не ограничивается вариантами осуществления, которые решают какие-либо недостатки или которые работают только в таких окружениях, которые описаны выше. Скорее, этот уровень техники предоставлен, только чтобы иллюстрировать одну примерную область технологии, где некоторые варианты осуществления, описанные в данном документе, могут быть применены на практике.

Краткая сущность изобретения

Варианты осуществления, описанные в данном документе, относятся к устройству, которое включает в себя однофазный инвертор, который использует регулятор фазы и два модуля DC/АС-преобразования. В соответствии с принципами, описанными в данном документе, однофазный инвертор содержит первый модуль DC/АС-преобразования, чтобы извлекать и преобразовывать энергию в DC-источнике для производства первой синусоидальной последовательности АС-мощности, которая соответствует соглашению по электрической сети и синхронизируется с парой силовых линий сети. Этот однофазный инвертор дополнительно содержит второй модуль DC/АС-преобразования, чтобы извлекать и преобразовывать по меньшей мере часть оставшейся DC-мощности, называемой добавочной (или излишней) мощностью в данном документе; производить вторую синусоидальную последовательность АС-мощности, которая соответствует соглашению по электрической сети, за исключением того, что эта вторая синусоидальная последовательность АС-мощности сдвинута на 90 градусов по фазе с парой силовых линий. Отметим, что эти два устройства преобразования извлекают свою энергию без перекрытия во временной области (например, последовательно). Эта излишняя мощность будет типично теряться в качестве тепла.

В соответствии, по меньшей мере, с некоторыми вариантами осуществления, описанными в данном документе, однофазный преобразователь дополнительно содержит регулятор фазы, который регулирует фазу второй синусоидальной последовательности АС-напряжения на 90 градусов. Вторая синусоидальная последовательность АС-мощности тогда становится синхронизированной по фазе с первой синусоидальной последовательностью АС-мощности, предоставляя возможность обоим синусоидальным последовательностям АС-мощности соответствовать соглашению по электрической сети и быть синхронизированными с парой силовых линий электрической сети. Таким образом, обе последовательности АС-мощности могут быть предоставлены на паре силовых линий. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, описанными в данном документе, устройство включает в себя три таких однофазных DC/АС-преобразователя, по одному для каждой пары силовых линий трехфазной электрической сети.

Данная сущность предусмотрена для того, чтобы в упрощенной форме представить набор идей, которые дополнительно описываются ниже в подробном описании. Эта сущность не предназначена, ни чтобы идентифицировать ключевые признаки или важнейшие признаки заявляемого предмета изобретения, ни чтобы быть использованной в качестве помощи при определении области применения заявляемого предмета изобретения.

Краткое описание чертежей

Для того, чтобы описать способ, которым вышеупомянутые и другие преимущества и отличительные признаки могут быть получены, более конкретное описание различных вариантов осуществления будет воспроизведено посредством ссылки на сопровождающие чертежи. При условии того, что эти чертежи изображают только типичные варианты осуществления изобретения и поэтому не должны рассматриваться как ограничивающие область применения изобретения, варианты осуществления будут описаны и объяснены с помощью дополнительной специфики и подробностей посредством использования прилагаемых чертежей, на которых:

фиг. 1А изображает модули для последовательности генерации солнечной энергии, чтобы иллюстрировать и разъяснять упоминаемые термины "извлечение энергии", "подготовка", "согласование", "DC/AC-преобразование" и "поставка AC-мощности", упоминаемые в данном документе;

фиг. 1В символически показывает синусоидально изменяющуюся по времени (колеблющуюся) последовательность AC-напряжения, представляющую AC-сигнал (выходной сигнал DC/AC-преобразователя), который посылается по конкретным силовым линиям электроэнергетической системы;

фиг. 2А показывает типовую схему повышающего DC/DC-преобразователя, однофазного устройства извлечения/подготовки (согласования) энергии, описанного в данном документе;

фиг. 2В показывает типовую схему понижающего DC/DC-преобразователя, однофазного устройства извлечения/подготовки (согласования) энергии, описанного в данном документе;

фиг. 2С показывает мостовую структуру переключателей, которые управляют полярностью выходного сигнала понижающего DC/DC-преобразователя; таким образом, создавая результирующую выходную последовательность AC-напряжения, которая изображена на фиг. 1В;

фиг. 2D символически изображает пульсирующую синусоидальную последовательность AC-мощности для выходного сигнала DC/AC-инвертора, который посылается в мостовую схему переключателей на фиг. 2С;

фиг. 3 символически изображает импульс DC-энергии, который должен быть согласован посредством понижающего преобразователя в одном PWM-цикле; который описывается как 3 области: область-I, представляющая извлеченную энергию, область-II и область-III, представляющие область излишней энергии;

фиг. 4А изображает модули солнечной энергии и входные/выходные последовательности для последовательностей однофазного EUT-инвертора в соответствии с принципами, описанными в данном документе;

фиг. 4В и 4С схематично изображают выходной сигнал двух модулей DC/AC-преобразования, две сдвинутых по фазе на 90 градусов пульсирующих синусоидальных последовательности AC-мощности, которые отдельно посылаются в двухполярный контроллер, сдвинутые по фазе блокирующие мосты переключателей;

фиг. 4D схематично изображает две последовательности мощности, предоставляемые соответствующей сдвинутой по фазе мостовой структуре;

фиг. 4E и 4F схематично изображают два выходных сигнала сдвинутых по фазе мостовых структур;

и

фиг. 4G и 4H схематично изображают конечные две синхронизированные последовательности мощности, в которых одна последовательность мощности является результатом задержки 405В посредством регулировки фазы. Фрагмент задержки изображается на фиг. 4H прерывистой линией.

Подробное описание изобретения

Патентные публикации США US2016/0036232 и US2017/0149250 A1 описывают открытие, что традиционные однофазные преобразователи могут лишь извлекать и преобразовывать менее половины входной мощности постоянного тока (DC). Эти патентные публикации учат, что для того, чтобы эффективно извлекать произведенное DC-электричество для использования энергии, характеристики устройства извлечения энергии должны соответствовать эффективному и продуктивному извлечению произведенной DC-электроэнергии.

Кроме того, эти патентные публикации учат, что связанные устройства также должны быть подобраны для согласования и/или доставки извлеченного электричества для эффективного использования энергии. Вместо использования устройства отслеживания точки максимальной мощности (MPPT) в качестве оптимизатора для солнечных электростанций, упомянутые публикации предложили использовать "устройство отслеживания точки максимального использования энергии" в качестве оптимизатора для электростанций; особенно PV-электростанций. Такой оптимизатор будет называться "MEURT-оптимизатором" в данном документе.

В соответствии со справочными патентными публикациями, MEURT-оптимизатор предназначен для захвата того, что они называют "излишней энергией" или "излишней мощностью", которую они определяют как электроэнергию (или мощность, соответственно), которая производится, но не извлекается и/или не доставляется в электрическую сеть для использования. Это определение излишней энергии (или излишней мощности) также используется в данном документе. Эта излишняя мощность имеет сдвиг фазы примерно 90° от электрической сети, так что излишняя мощность не может быть непосредственно

отправлена в электрическую сеть. MEURT-оптимизатор также предназначается, чтобы временно хранить всю захваченную излишнюю энергию в резервуаре энергии; и затем подготавливать и доставлять эту электроэнергию в электрическую сеть для использования. Таким образом, доход от сбыта электричества для PV-электростанции может быть улучшен, когда в нее включен MEURT-оптимизатор.

Некоторые специальные знания могут быть применены в извлечении DC-энергии, в подготовке энергии, в согласовании энергии и в доставке энергии. Принципы, описанные в данном документе, могут быть использованы независимо от источника DC-энергии. Тем не менее, это изобретение использует последовательность элементов для генерации солнечной энергии в качестве примера источника DC-энергии, чтобы иллюстрировать и разъяснить термины "извлечение энергии", "подготовка", "согласование" и "доставка", упоминаемые в данном документе. Т.е. принципы, описанные в данном документе, не ограничиваются извлечением, подготовкой, согласованием и доставкой в контексте солнечной энергии. Хотя они имеют различное физическое значение, термины "энергия" и "мощность" являются взаимозаменяемыми в области техники и взаимозаменяемыми в данном документе, пока не указано иное. Также, термины "последовательность AC-мощности" и "последовательность AC-напряжения" являются взаимозаменяемыми в данном документе, пока не указывается иное.

Фиг. 1А показывает компоненты последовательности 10 для генерации солнечной энергии. Последовательность начинается в устройстве 101 фотоэлектрического преобразования энергии (последовательности PV-солнечных панелей), которое генерирует электроэнергию из световой энергии (например, солнечной энергии) в качестве первичного источника энергии. Эта электрическая энергия имеет изменяющееся по времени напряжение, которое зависит от облачности, угла солнца, эффективности PV-элементов и множества других факторов. Электрическая энергия затем подготавливается и согласуется посредством повышающего DC/DC-преобразователя 201 в источник DC-энергии с фиксированным напряжением. При добавлении контроллера 224 переключения полярности модуль 223 DC/AC-преобразования преобразует подготовленную DC-мощность фиксированного напряжения в синусоидальную изменяющуюся по времени (колеблющуюся) последовательность AC-напряжения, изображенную на фиг. 1В.

В качестве примера, модуль 223 DC/AC-преобразования может быть понижающим модулем, который управляется посредством широтно-импульсного модулятора (PWM). Понижающий модуль, работающий таким образом, будет также называться DC/AC-преобразователем. Фиг. 2С иллюстрирует пример мостовой структуры 224. Как показано, мостовая структура 224 состоит из набора из 4 переключателей (S1, S2, S3 и S4), которые управляют синхронностью и полярностью последовательности выходного AC-напряжения этого DC/AC-преобразователя. Здесь, "НАГРУЗКА" представляет нагрузку, обращенную к трансформатору 225 от мостовой структуры 224. Сочетание устройств 201 и 223 может называться "PWM-устройством извлечения" в данном документе.

Последовательность мощности AC-напряжения, создаваемая посредством мостовой структуры 224, соответствует условиям электрической сети. Обращаясь снова к фиг. 1А, последовательность AC-мощности затем подается через трансформатор 225, чтобы доставлять мощность в сеть 300, которая соединяется с нагрузкой сети. Фиг. 2А показывает пример типичного проекта схемы повышающего DC/DC-преобразователя 201, который может регулировать источник DC-энергии переменного напряжения в DC-источник фиксированного напряжения. Фиг. 2В показывает пример схемного решения типичного, управляемого с помощью PWM понижающего модуля для однофазного DC/AC-инвертора 223, чтобы преобразовывать DC-источник фиксированного напряжения в синусоидальную последовательность AC-мощности. Мостовая структура 224 переключателей (показана на фиг. 2С) управляет полярностью и синхронностью выходного сигнала этого однофазного DC/AC-преобразователя 223. Однофазный DC/AC-преобразователь 223 (или PWM-устройство извлечения при объединении повышающего DC/DC-преобразователя 201 и однофазного DC/AC-преобразователя 223) может также действовать в качестве модуля извлечения/преобразования энергии в традиционном однофазном модуле инвертирования традиционного 3-фазного DC/AC-преобразователя, который состоит из 3 однофазных инверторов.

Раздел 1. Обзор традиционного DC/AC-преобразования.

В целом, напряжение в точке производства максимальной мощности (MPPPV) в практической последовательности солнечных панелей является переменным по времени и меньшим по сравнению с проектным пиковым напряжением AC-электрической сети. Повышающее напряжение устройство извлечения энергии необходимо в PV-станциях для извлечения энергии и подготовки; которое согласует переменный по времени низковольтный DC-источник в фиксированный высоковольтный источник DC-энергии.

Фиг. 2А изображает схему устройства повышения напряжения повышающего DC/DC-модуля 201, который состоит из дросселя L; управляемого переключателя Q, регулируемого посредством регулятора FCDFA коэффициента режима работы с управлением по обратной связи (не показан); диода D; и конденсатора C. Переключатель Q переключается с высокой частотой (типично около 18 кГц в коммерческих изделиях) с регулируемым коэффициентом режима работы (коэффициентом заполнения). Регулятор коэффициента режима работы с управлением по обратной связи (FCDFA) регулирует регулируемый коэффициент режима работы так, что этот повышающий DC/DC-модуль 201 производит практически посто-

янное выходное DC-напряжение (v_0). Другими словами, этот повышающий DC/DC-модуль 201 модифицирует источник DC-энергии с изменяющимся по времени напряжением в источник энергии, имеющий фиксированное DC-напряжение v_0 (типично, $v_0=v_{pk}$, где v_{pk} является пиковым напряжением AC-сети), которое подходит для следующего устройства в последовательности (а именно, модуля 223 DC/AC-преобразования в случае на фиг. 1А). Этот следующий модуль DC/AC-преобразования преобразует DC-мощность с указанным пиковым напряжением в AC-мощность в форме синусоидальной последовательности мощности, которая соответствует соглашению по электрической сети.

В течение периода, в котором переключатель Q является включенным, предназначенный дроссель L извлекает энергию от входного блока (в случае на фиг. 1А, последовательностей 101 PV-солнечных панелей). В частности, дроссель L заряжается входной мощностью в течение периода времени, указанного посредством управляемого по обратной связи коэффициента режима работы PWM-переключателя. Эта зарядка происходит, подгоняя напряжение v_{sw} на клеммах переключателя Q вверх по направлению к входному напряжению v_{in} до тех пор, пока напряжение v_{sw} на клеммах переключателя не достигнет правильного значения. В течение периода, в котором переключатель Q является выключенным, ток протекает от дросселя L через диод D, чтобы зарядить предназначенный конденсатор C, таким образом, создавая установившееся напряжение, равное желаемому выходному напряжению (в случае соединения с сетью, $v=v_0=v_{pk}$). С помощью управления по обратной связи для регулировки коэффициента режима работы для периода включения-выключения переключателя Q правильно рассчитанной фиксированной PWM-частоты можно повышать выходное напряжение от v_{in} до проектного пикового напряжения сети AC-мощности, $v_0=v_{pk}$. Таким образом, эта повышающая напряжение схема может создавать пиковое напряжение, подходящее для вывода в следующий модуль DC/AC-преобразования. Вышеописанная схема называется "повышающим DC/DC-преобразователем" или "повышающим преобразователем" в области техники.

Как описано выше, повышающий преобразователь предназначается, чтобы модифицировать DC-источник с изменяющимся по времени напряжением (например, PV-последовательности) в DC-источник, имеющий практически постоянное напряжение, которое может быть равно пиковому значению напряжения, установленному для AC-электрической сети. Отметим, что для того, чтобы предотвращать ослабление пикового напряжения питания в одном AC-цикле при обычной работе, достаточная емкость проектируется для конденсатора C повышающей схемы, изображенной на фиг. 2А. Т.е. этот конденсатор C существует для поддержания напряжения практически постоянным в течение одного AC-цикла. Конденсатор, который выполняет эту описанную функцию, часто называется конденсатором "DC-звена" в области техники. Условия электрической сети допускают очень небольшое изменение напряжения на концах DC-звена. Следовательно, конденсатор DC-звена не предназначается для хранения большой избыточной энергии, так как это потребует огромного (и, таким образом, дорогостоящего) конденсатора для того, чтобы оставаться в пределах максимального допустимого изменения напряжения сети AC-мощности.

Фиг. 2В изображает типичный модуль 223 DC/AC-преобразования, который состоит из дросселя LL, управляемого переключателя QQ, регулируемого посредством регулятора DFA коэффициента режима работы, диода DD и конденсатора CC DC-звена. Переключатель QQ переключается с высокой частотой (типично около 18 кГц в коммерческих изделиях) с регулируемым коэффициентом режима работы. Переключатель QQ (который часто называется "PWM-переключателем") регулируется по сигналу широтно-импульсного модулятора (PWM). Коэффициент режима работы этого PWM-переключателя регулируется посредством регулятора DFA коэффициента режима работы, так что произведенная последовательность AC-мощности этого модуля 223 преобразования соответствует условиям электрической сети. Изображенный модуль 223 DC/AC-преобразования называется "понижающим преобразователем" в области техники. Понижающий преобразователь 223, ассоциированный с DFA, может преобразовывать источник DC-энергии с точно указанным пиковым напряжением в синусоидальную последовательность AC-мощности. Эта пульсирующая последовательность AC-мощности посылается через мостовую структуру переключателей, изображенную на фиг. 2С (которая является примером контроллера 224 полярности/синхронности на фиг. 1А); и затем через трансформатор (например, трансформатор 225 на фиг. 1А) и в сеть (например, сеть 300 на фиг. 1А). Как описано, мостовая структура переключателей действует в качестве контроллера полярности и синхронности.

Как изображено на фиг. 2С, когда переключатели S1 и S2, оба являются включенными, а переключатели S3 и S4 являются выключенными, положительное напряжение прикладывается на концах нагрузки. Наоборот, когда переключатели S3 и S4 являются включенными, а переключатели S1 и S2 являются выключенными, отрицательное напряжение прикладывается на концах нагрузки. Когда это переключение управляется посредством синхронизирующего регулятора (не показан на фиг. 2С), это определяет положительные/отрицательные переходы напряжения (или пересечение нулевого напряжения) в электрической сети, эта мостовая структура 224 (объединенная с регулятором DFA коэффициента режима работы) может эффективно управлять выходной полярностью и синхронностью однофазного DC/AC-преобразователя.

Синхронный регулятор может своевременно регулировать изменяющуюся по времени коррекцию коэффициента режима работы PWM; так что чистая синусоидальная форма волны мощности соз-

дается, которая представляется как $\cos^2(\omega t + \theta)$, с требуемой угловой АС-частотой ω , с требуемым пиковым АС-напряжением v_{pk} и с ее фазой θ , синхронной с соответствующей парой силовых линий сети. При объединении с DC-входным сигналом с фиксированным напряжением и с паразитной индуктивностью и паразитной емкостью в сети, дроссель LL и конденсатор CC могут быть уменьшены или даже опущены на практике. В области техники термины "преобразователь" и "инвертор" (и для этого предмета изучения "преобразование" и "инверсия") являются взаимозаменяемыми и, таким образом, являются взаимозаменяемыми в данном документе.

Регулятор DFA коэффициента режима работы регулирует коэффициент режима работы как функцию времени в соответствии с проектом, чтобы включать/выключать переключатель QQ понижающего преобразователя. Таким образом, с правильно спроектированной схемой и подготовленным пиковым напряжением, этот модуль преобразования может создавать желаемое значение выходного напряжения, форму мощности, частоту и фазу, которая соответствует требованию проекта, включающему в себя требование условий сети АС-мощности, и фазу соответствующей силовой линии сети. В случае соединенного с сетью блока, АС-синхронный регулятор (типично встроенный в DC/АС-преобразователь) применяется, чтобы выполнять дрейф выходной величины подготовленной АС-мощности вместе с электрической сетью в случае, когда пиковое напряжение электрической сети дрейфует, и/или в случае, когда частота электрической сети дрейфует. Такой сформированный сигнал АС-мощности изображается на фиг. 3. Другими словами, с помощью PWM-устройства извлечения энергии, описанного выше, однофазный DC/АС-преобразователь может извлекать и преобразовывать DC-электроэнергию от источника DC-энергии фиксированного напряжения в АС-мощность, которая соответствует соглашению по электрической сети.

Очень важно отметить, что выходная мощность, $P(t)$ вышеупомянутого однофазного инвертора изменяется со временем в форме $\cos^2(\omega t + \theta)$. Таким образом, в течение конкретного периода времени, энергия, доставляемая по силовой линии электрической сети, равна сумме ее изменяющейся по времени последовательности выходной мощности в течение этого периода. Результирующее интегральное значение равно только половине интегрирования постоянной DC-мощности источника энергии в течение того же периода времени. Другими словами, вышеописанный традиционный однофазный инвертор может лишь извлекать и преобразовывать самое большее лишь половину энергии, предоставляемой посредством источника DC-энергии. Оставшаяся и неиспользованная энергия, таким образом, равна более половины доступной входной энергии. Это оставшееся количество способствует большей части излишней энергии, описанной в вышеупомянутых патентных публикациях.

В целях последующего анализа, предположим, что источник DC-энергии имеет постоянную мощность P_{mx} в периоде из нескольких циклов АС-мощности. Фиг. 3 изображает извлеченный импульс DC-энергии в одном PWM-цикле (имеющем период D). Как будет продемонстрировано, извлеченная DC-мощность P_x меньше или равна DC-мощности P_{mx} . Коэффициент режима работы $d(t)/D$ в этом PWM-цикле регулируется до значения, равного $d(t)/D = \cos^2(\omega t + \theta)$, так что произведенная мощность практически равна $P_x * \cos^2(\omega t + \theta)$, что соответствует соглашению по электрической сети, и где θ является фазой соответствующей пары силовых линий сети. Фиг. 3 (в частности, нижняя половина на фиг. 3) также изображает пространство мощность-время (называемое пространством энергии) с временным интервалом D в качестве одного PWM-периода; с входной DC-мощностью, равной P_{mx} ; и с извлеченной мощностью, равной P_x .

Как изображено на фиг. 3, это пространство энергии делится на 3 области. Область-I представляет извлеченный импульс DC-энергии с извлеченной мощностью P_x ; и с продолжительностью времени $D * \cos^2(\omega t + \theta)$, которая преобразуется в однофазную АС-мощность $P(t) = P_x * \cos^2(\omega t + \theta)$ в произвольное время t, которое соответствует времени PWM-извлечения. Область-I также называется "зоной извлеченной энергии" или "областью извлеченной энергии". Зона между мощностью P_{mx} источника энергии и мощностью P_x является областью-III. Область-II является зоной после зоны извлеченной энергии в PWM-периоде D. Объединенная зона областей-II и III представляет зону излишней энергии в этом пространстве энергии. Энергия в зоне (области) излишней энергии не извлекается, не преобразуется в АС-мощность и, таким образом, не используется обычным способом. Вместо этого, эта излишняя энергия в конечном счете поглощается как тепло.

Напомним, традиционный однофазный DC/АС-преобразователь применяет модуль повышения напряжения, чтобы модифицировать источник DC-мощности с изменяющимся по времени напряжением в источнике DC-мощности практически с постоянным и точно определенным напряжением, таким как пиковое напряжение сети. Этот DC-источник служит в качестве входного DC-источника для PWM-устройства извлечения, чтобы извлекать и преобразовывать входную DC-энергию. Когда коэффициент режима работы в одном PWM-цикле регулируется посредством $\cos(\omega t + \theta)$ во время t (где фаза θ является фазой соответствующей силовой линии электрической сети), форма выходной мощности соответствует условию АС-мощности. На высоком уровне пространство энергии каждого PWM-цикла состоит из двух областей - области извлеченной энергии (например, область-I на фиг. 3) и области излишней энергии (например, сочетание области-II и области-III на фиг. 3). Извлеченная энергия, таким образом, преобра-

зается в АС-мощность и предоставляется в соответствующую пару силовых линий электрической сети; в то время как излишняя энергия превращается в тепло, если не захватывается и не сохраняется в устройстве, таком как MEURT-оптимизатор.

Как описано выше, справочные патентные публикации учат, что величина излишней энергии является, по меньшей мере, такой же большой, что и извлеченная энергия, когда интегрируется по нескольким АС-периодам времени. Другими словами, традиционный однофазный DC/АС-преобразователь может извлекать и преобразовывать самое большее лишь половину входной DC-энергии. Другими словами, когда используется традиционный однофазный DC/АС-преобразователь, по меньшей мере, половина входной DC-энергии станет излишней энергией; которая не извлекается, которая не преобразуется, которая не доставляется в электрическую сеть, которая не используется нагрузкой, и которая, в конечном счете, превратится в тепло.

Раздел 2. Принципы однофазного EUT-инвертора.

Хотя не признано обычными специалистами в области техники, существуют фактически два способа смягчения вышеописанной нежелательного последствия для однофазного инвертора. Первым способом является следование принципам, описанным в справочных патентных публикациях, чтобы включить MEURT-оптимизатор в энергетическую систему. Другим способом является следование принципам, описанным в данном документе, которые предлагают спроектировать однофазный инвертор, состоящий из комплекта из двух модулей DC/АС-преобразования и регулятора фазы, и последовательно извлекать энергию поочередно между двумя модулями DC/АС-преобразования, когда чередование инструктируется регулятором фазы. Этот новый однофазный инвертор называется однофазным инвертором с отслеживанием использования энергии или однофазным EUT-инвертором.

Первый модуль DC/АС-преобразования однофазного EUT-инвертора формирует первую последовательность АС-мощности, извлекая и преобразуя первую область энергии (например, область I на фиг. 3) в пространстве энергии каждого PWM-цикла. Напротив, второй модуль DC/АС-преобразования однофазного EUT-инвертора формирует вторую последовательность АС-мощности, извлекая и преобразуя область энергии после области-I (например, область-II на фиг. 3). Таким образом, во время t , первая АС-мощность равна $P(t)=P_x \cdot \cos^2(\omega t + \theta)$; в то время как вторая АС-мощность равна $P'(t)=P_x - P_x \cdot \cos^2(\omega t + \theta) = P_x \cdot (1 - \cos^2(\omega t + \theta)) = P_x \cdot \sin^2(\omega t + \theta)$. Эти две последовательности выходной АС-мощности имеют одинаковую пиковую мощность, и одинаковую частоту, но сдвинуты по фазе на 90° относительно друг друга. Это означает, что, когда первая последовательность АС-мощности соответствует соглашению по электрической сети и фазе соответствующей пары силовых линий, вторая последовательность АС-мощности будет сдвинута по фазе на 90° с соответствующей парой силовых линий сети. Другими словами, первая последовательность АС-мощности может быть доставлена и предоставлять электрическую энергию в соответствующую пару силовых линий электрической сети; в то время как вторая последовательность АС-мощности не подходит для доставки и предоставления мощности в ту же пару силовых линий.

В соответствии с принципом, описанным в данном документе, предлагаемый однофазный EUT-инвертор дополнительно содержит регулятор фазы. Этот регулятор фазы может регулировать фазу вышеизложенной второй последовательности АС-мощности на 90° . Таким образом, вторая последовательность АС-мощности трансформируется, чтобы синхронизироваться с соответствующей парой силовых линий сети. Как описано, оба выходных сигнала однофазного EUT-инвертора (первая и вторая последовательности АС-мощности) могут тогда соответствовать соглашению по электрической сети для одной и той же пары силовых линий. Следовательно, две однофазные последовательности АС-мощности могут быть доставлены в одну и ту же пару силовых линий сети для последующего потребления присоединяемыми нагрузками.

Фиг. 4А схематично изображает блок-схему, показывающую формирование энергии и ввод в однофазный EUT-инвертор 400. Входная энергия (характеризуемая наличием изменяющегося по времени напряжения) формируется посредством последовательности 401 PV-солнечных панелей. Входная энергия не проходит через повышающий модуль 402, который выполняет согласование энергии для формирования источника DC-энергии с фиксированным напряжением. Повышающий модуль 402 может быть структурирован, как описано выше для повышающего модуля 201 на фиг. 2А.

DC-энергия фиксированного напряжения от повышающего модуля 402 частично извлекается посредством первого PWM-управляемого DC/АС-понижающего модуля 403А, чтобы формировать первую последовательность 4031А АС-мощности (см. фиг. 4В), $P(t)=P_x \cdot \cos^2(\omega t + \theta)$, которая соответствует соглашению по электрической сети и имеет ту же фазу θ , что и соответствующая силовая линия электрической сети. Обращаясь к фиг. 2В, напомним, что это осуществляется посредством наличия регулятора DFA коэффициента режима работы, управляющего переключателем QQ, с тем, чтобы иметь коэффициент режима работы $d1(t)/D = \cos^2(\omega t + \theta)$. Первый PWM-управляемый понижающий DC/АС-модуль 403А может быть структурирован так же, как и понижающий DC/АС-модуль 223, описанный выше относительно фиг. 2В, за исключением того, что DFA также соединяется с модулем 405 блокировки со сдвигом по фазе.

DC-энергия с фиксированным напряжением от понижающего модуля также частично извлекается посредством второго PWM-управляемого понижающего DC/AC-модуля 403В. Второй понижающий DC/AC-модуль 403В может быть структурирован так же, как и первый понижающий DC/AC-модуль 403А, и включает в себя переключатель SQQ, диод SDD, дроссель SLL и конденсатор SCC, которые соединяются друг с другом аналогично тому, как переключатель QQ, диод DD, дроссель LL и конденсатор CC первого DC/AC-понижающего модуля 403А соединяются друг с другом. Кроме того, переключатель SQQ, диод SDD, дроссель SLL и конденсатор SCC второго DC/AC-понижающего модуля 403В могут иметь такие же соответствующие размеры, что и переключатель QQ, диод DD, дроссель LL и конденсатор CC первого понижающего DC/AC-модуля 403А.

Однако переключатель SQQ второго понижающего DC/AC-модуля 403В соединяется с регулятором DFA коэффициента режима работы через модуль 405 блокировки со сдвигом по фазе. Модуль 405 блокировки со сдвигом по фазе гарантирует, что, когда переключатель QQ первого понижающего DC/AC-модуля является включенным, переключатель SQQ второго понижающего DC/AC-модуля является выключенным, и наоборот. Таким образом, режим работы переключателя SQQ будет $1-d_1(t)=1-\cos^2(\omega t+\theta)=\sin^2(\omega t+\theta)$. Таким образом, вторая последовательность 4031В AC-мощности (см. фиг. 4С), формируемая посредством второго понижающего DC/AC-модуля 403В, имеет изменяющуюся по времени последовательность мощности $P'(t)=P_x \cdot \sin^2(\omega t)$. Как описано дополнительно ниже, фаза этой второй последовательности AC-мощности дополнительно регулируется посредством регулятора фазы, что фаза второй последовательности AC-мощности.

Последовательность 4031В мощности на фиг. 4В затем регулируется на 90° в последовательность AC-мощности, $P''(t)=P_x \cdot \sin^2(\omega t+\theta+90^\circ)$. После регулировки фазы обе последовательности AC-мощности $P(t)$ и $P''(t)$ становятся синхронизированными, так как первая последовательность 4031А AC-мощности (которая равна $P(t)=P_x \cdot \cos^2(\omega t+\theta)$) и вторая последовательность 4031В AC-мощности (которая с регулировкой становится $P''(t)=P_x \cdot \sin^2(\omega t+\theta+90^\circ)=P_x \cdot \cos^2(\omega t)+\theta$) становятся синхронизированными и подходящими для предоставления в одну и ту же пару силовых линий сети. Теперь, достаточно сказать, что первая последовательность $P(t)$ мощности (т.е., сигнал 4031А на фиг. 4В) предоставляется в блокирующие мостовые структуры 404А переключателей, а вторая последовательность $P'(t)$ мощности (т.е. сигнал 4031В на фиг. 4С) предоставляется во вторую блокирующую мостовую структуру 404В, которая сдвинута по фазе с первой блокирующей мостовой структурой 404А. Работа и структура сдвинутых по фазе блокирующих мостовых структур 404А и 404В описываются дополнительно ниже относительно фиг. 4D-4H.

Раздел 3. Применение принципов к 3-фазному EUT-инвертору.

Коренная причина недостаточного извлечения энергии традиционных однофазных DC/AC-преобразователей также присутствует в традиционных 3-фазных DC/AC-преобразователях. По существу, традиционный 3-фазный DC/AC-преобразователь задействует три однофазных DC/AC-преобразователя, которые выполняют извлечение и преобразование, и доставляет аналогичную усредненную по времени AC-мощность в три пары силовых линий; со сдвигами фаз 120° . Излишняя энергия, которая возникает в однофазном DC/AC-преобразователе, таким образом, также возникает в каждом из трех однофазных DC/AC-преобразователей традиционного 3-фазного DC/AC-преобразователя. Плохими новостями является то, что любая коренная причина недостаточности в извлечении энергии однофазных DC/AC-преобразователей сохраняется троекратно в традиционных 3-фазных DC/AC-преобразователях. Хорошими новостями является то, что любая действенная мера, применимая к недостатку извлечения энергии однофазного инвертора, может также быть действенной мерой, применимой троекратно к недостатку извлечения энергии 3-фазного инвертора.

Когда 3-фазный DC/AC-инвертор состоит из трех наборов вышеописанных однофазных EUT-инверторов, 3-фазный DC/AC-инвертор называется трехфазным EUT-инвертором. Каждый из однофазных EUT-инверторов 3-фазного EUT-инвертора может извлекать и преобразовывать одну треть ($1/3$) DC-мощности, предоставляемой источником DC-энергии (например, PV-последовательностью или станцией), в две однофазные последовательности AC-мощности и доставлять их в одну и ту же пару силовых линий 3-фазной электрической сети. Например, первый однофазный EUT-инвертор будет извлекать одну треть DC-мощности, предоставляемой источником DC-энергии, в первый набор двух синхронизированных однофазных последовательностей AC-мощности и доставлять этот первый набор синхронизированных однофазных последовательностей AC-мощности в первую соответствующую пару силовых линий сети. Второй однофазный EUT-инвертор будет извлекать другую одну треть DC-мощности, предоставляемой источником DC-энергии, во второй набор двух синхронизированных однофазных последовательностей AC-мощности (которые сдвинуты по фазе на 120° с первым набором синхронизированных однофазных последовательностей AC-мощности, но которые являются синхронизированными со второй парой силовых линий сети) и доставлять этот второй набор синхронизированных однофазных последовательностей AC-мощности во вторую соответствующую пару силовых линий сети. Третий однофазный EUT-инвертор будет извлекать еще одну другую одну треть DC-мощности, предоставляемой источником DC-энергии, в третий набор двух синхронизированных однофазных последовательностей AC-мощности

(которые сдвинуты по фазе на 120° с первой и второй синхронизированными однофазными последовательностями АС-мощности, но которые являются синхронизированными с третьей парой силовых линий сети) и доставлять этот третий набор синхронизированных однофазных последовательностей АС-мощности в третью соответствующую пару силовых линий сети.

Следовательно, объединенные усилия трех однофазных EUT-инверторов в 3-фазном EUT-инверторе могут извлекать и доставлять почти всю полную входную DC-мощность, предоставляемую источником энергии, в три пары силовых линий 3-фазной электрической сети. Таким образом, в соответствии с принципами, описанными в данном документе, при использовании 3-фазного EUT-инвертора для замены традиционного 3-фазного DC/АС-инвертора, мы можем извлекать двойную величину энергии, извлекаемой из источника DC-энергии; для доставки выходной АС-мощности в 3-фазную электрическую сеть для потребления.

Раздел 4. Примеры регулятора фазы.

Некоторые специальные знания в области техники могут быть применены для проектирования регулятора фазы, упомянутого в данном документе. Например, как хорошо известно в области техники, однофазный трансформатор может задерживать однофазную последовательность АС-напряжения наполовину АС-цикла, ассоциирующегося с инверсией полярности. Это означает, что однофазный трансформатор может сдвигать фазу последовательности АС-мощности на 90° без изменения формы волны или частоты. Идеальный трансформатор (с первичным и вторичным коэффициентом трансформации, равным единице) может дополнительно сохранять пиковое напряжение входной последовательности АС-мощности. Реальный трансформатор с коэффициентом трансформации, равным единице, может привносить слабое падение пикового напряжения. Однако это привнесенное падение в пиковом напряжении может быть скорректировано посредством регулирования отношения числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки до соответствующего значения. Следовательно, однофазный трансформатор может быть очень практичным регулятором фазы для принципов, описанных в данном документе. Каждый однофазный EUT-инвертор может применять один правильный однофазный трансформатор в качестве своего регулятора фазы. 3-фазный EUT-инвертор может применять 3 однофазных EUT-инвертора, каждый с такими регуляторами фаз. При этом регулирование фазы может также быть осуществлено посредством использования дросселя или конденсатора.

Кроме того, 3-фазный трансформатор может сдвигать каждую из фаз в 3-фазных последовательностях АС-мощности на 90° без изменения формы волны или частоты. Следовательно, как описано выше, 3-фазный EUT-инвертор может также применять только один 3-фазный трансформатор в качестве объединенного регулятора фазы, чтобы регулировать все три фазы последовательностей АС-напряжения для синхронизации с 3 парами силовых линий в 3-фазной электрической сети. Посредством замены трех регуляторов в 3-фазном EUT-инверторе лишь одним объединенным регулятором этот возможный регулятор фазы может дополнительно снижать стоимость 3-фазного EUT-инвертора.

Раздел 5. Итоги.

Как проанализировано в разделе 1, традиционное однофазное АС-устройство извлечения применяет PWM-устройство извлечения для извлечения входной DC-мощности. Когда коэффициент режима работы в одном PWM-цикле регулируется на $\cos^2(\omega t + \theta)$ во время t , выходная мощность соответствует соглашению по АС-мощности, предполагающему правильно синхронизированную фазу θ . Отметим, что пространство энергии каждого PWM-цикла состоит из двух областей; одна является областью извлеченной энергии, в то время как другая является областью излишней энергии. Справочные патентные публикации учат, что величина излишней энергии является, по меньшей мере, такой же большой, что и извлеченная энергия, когда интегрируется по нескольким АС-периодам времени. Другими словами, однофазный DC/АС-преобразователь может извлекать и преобразовывать самое большее лишь половину входной DC-мощности. Извлеченная энергия преобразуется в АС-мощность и предоставляется в электрическую сеть; в то время как излишняя энергия превращается в тепло, если не захватывается и не сохраняется в устройстве, таком как MEUPТ-устройство.

Как описано в разделе 2, предложенные новые проектные решения однофазного DC/АС-преобразователя содержат набор из двух модулей DC/АС-преобразования и регулятор фазы и используют их для применения на практике последовательного извлечения энергии. Новые однофазные DC/АС-преобразователи также называются в данном документе "однофазными EUT-инверторами". Первый модуль DC/АС-преобразования однофазного EUT-инвертора производит первую последовательность АС-мощности из извлечения и преобразования первой энергетической области (например, области I на фиг. 3) в пространстве энергии каждого PWM-цикла; в то время как второй модуль DC/АС-преобразования производит вторую последовательность АС-мощности из извлечения и преобразования энергетической области после нее (например, области II на фиг. 3). Таким образом, во время t , первая АС-мощность равна $P(t) = P_x \cdot \cos^2(\omega t + \theta)$; в то время как вторая АС-мощность равна $P'(t) = P_x \cdot \sin^2(\omega t + \theta)$. Эти две выходные последовательности АС-мощности имеют одинаковую пиковую мощность, одинаковую частоту, но сдвинуты по фазе на 90° относительно друг друга (сравним фиг. 4B и 4C). Это означает, что, когда первая последовательность АС-мощности соответствует соглашению по электрической сети и является син-

хронизированной с соответствующей парой силовых линий электрической сети, то вторая последовательность АС-мощности сдвинута по фазе на 90° с этой же самой парой силовых линий сети. Другими словами, первая последовательность АС-мощности может быть доставлена и предоставлять электрическую энергию в соответствующую пару силовых линий электрической сети; в то время как вторая последовательность АС-мощности не подходит для доставки и предоставления мощности в ту же пару силовых линий.

Однофазный EUT-инвертор дополнительно содержит регулятор фазы. Этот регулятор фазы может регулировать фазу вышеизложенной второй последовательности АС-мощности на 90° . Таким образом, вторая последовательность АС-мощности трансформируется, чтобы синхронизироваться с соответствующей парой силовых линий сети. Как описано, оба выходных сигнала однофазного EUT-инвертора (первая и вторая последовательности АС-мощности) могут тогда соответствовать соглашению по электрической сети для одной и той же пары силовых линий. Следовательно, выходной сигнал однофазного EUT-инвертора, две однофазные последовательности АС-мощности, могут быть доставлены в одну и ту же пару силовых линий сети и потреблены посредством присоединяемых нагрузок.

Как описано в разделе 3, когда 3-фазный DC/AC-преобразователь состоит из набора из 3 вышеописанных однофазных EUT-инверторов, 3-фазный DC/AC-инвертор называется 3-фазным EUT-инвертором. Каждый из однофазных EUT-инверторов 3-фазного EUT-инвертора может извлекать и преобразовывать одну треть DC-мощности, предоставляемой источником DC-энергии (например, PV-последовательностью или станцией), в две однофазные последовательности АС-мощности и доставлять их в одну и ту же пару силовых линий 3-фазной электрической сети. Следовательно, объединенные усилия трех однофазных EUT-инверторов в 3-фазном EUT-инверторе могут извлекать и доставлять полную входную DC-мощность, предоставляемую источником энергии, в три пары силовых линий 3-фазной электрической сети. Таким образом, в соответствии с принципами, описанными в данном документе, при использовании 3-фазного EUT-инвертора для замены традиционного 3-фазного DC/AC-инвертора, можно извлекать двойную величину мощности из источника DC-энергии; и доставлять выходную АС-мощность в 3-фазную электрическую сеть для потребления. Как описано, средство решения проблемы для традиционного однофазного инвертора также является средством решения проблемы для традиционного 3-фазного инвертора.

Раздел 4 описал практическое устройство, которое может выполнять требуемую регулировку фазы на 90° для второй последовательности АС-мощности и поддерживать все другие спецификации для соответствия соглашению по электрической сети. Кроме того, этот вариант также подходит для 3-фазных EUT-инверторов.

Для иллюстрации и прояснения связанных терминов, используемых в описании принципов в данном документе, фиг. 4А изображает модули входной и выходной последовательностей солнечной энергии для однофазного EUT-инвертора 400. Эта входная последовательность начинается с энергии, формируемой в последовательностях 401 солнечных панелей в качестве источника энергии с переменным напряжением, которое служит в качестве входного источника для модуля 402 повышения напряжения. Выходная мощность источника энергии сохраняется в конденсаторе С и является DC-источником с почти постоянным напряжением.

Другими словами, этот модуль 402 повышения напряжения модифицирует источник DC-энергии с переменным напряжением в источник DC-энергии с фиксированным напряжением, сохраненный в конденсаторе С DC-звена (см. конденсатор С на фиг. 2А). Этот источник DC-энергии с фиксированным напряжением затем служит в качестве входа для двух наборов модулей 403А и 403В DC/AC-преобразования. Эти два модуля преобразования управляются посредством сдвинутых по фазе блокирующих PWM-переключателей QQ и SQQ, инструктирующих последовательное извлечение энергии из конденсатора С DC-звена. Модули DC/AC-преобразования, таким образом, каждый формируют соответствующую пульсирующую синусоидальную последовательность 4031А и 4031В мощности (также показаны на фиг. 4В и 4С), которые сдвинуты по фазе на 90° друг с другом. Как показано на фиг. D, эти две сдвинутых по фазе на 90° пульсирующих последовательности 4031А ($P'(t)$) и 4031В ($P'(t)$) мощности, каждая, затем отправляются в соответствующие сдвинутые по фазе блокирующие мостовые структуры 404А и 404В переключателей (как также показано на фиг. 4D). Каждая из блокирующих мостовых структур 404А и 404В может быть структурирована, как описано для мостовых структур 224 на фиг. 2С, за исключением того, что переключатели S1 и SS1 управляются, чтобы быть сдвинутыми по фазе, переключатели S2 и S22 управляются, чтобы быть сдвинутыми по фазе, переключатели S3 и S33 управляются, чтобы быть сдвинутыми по фазе, и переключатели S4 и S44 управляются, чтобы быть сдвинутыми по фазе.

Эти мостовые структуры управляют полярностью входных сигналов 4031А и 4031В; и производят две последовательности АС-напряжения со сдвигом фазы 90° , изображенные как 405А и 405В на фиг. 4Е и 4F, соответственно. Как показано на фиг. 4F, вторая последовательность 405В АС-напряжения может быть предоставлена в регулятор 406 фазы на 90° , приводя в результате к тому, что вторая последовательность 405В АС-напряжения становится синхронизированной по фазе с первой последовательностью 405А АС-напряжения. Таким образом, обе последовательности АС-напряжения подходят для доставки

(через трансформатор) в одну и ту же пару силовых линий сети. Для полноты, фиг. 4G и 4H также изображают окончательные две синхронизированные последовательности мощности, в которых одна последовательность мощности является результирующим сигналом 407В задержки посредством регулировки 406 фазы. Фрагмент задержки изображается на фиг. 4H прерывистой линией. Другой результирующий сигнал 407А мощности не является задержанным.

Настоящее изобретение может быть осуществлено в других характерных формах без отступления от своего духа или неотъемлемых характеристик. Описанные варианты осуществления должны рассматриваться во всех отношениях только как иллюстративные, а не ограничивающие. Рамки изобретения, следовательно, указаны скорее приложенной формулой изобретения, чем предшествующим описанием. Все изменения, которые подпадают под смысл и рамки равнозначности формулы изобретения, должны охватываться ее объемом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство, содержащее:

однофазный DC/AC-преобразователь, содержащий:

первый модуль DC/AC-преобразования, который управляется посредством широтно-импульсного модулятора таким образом, чтобы выполнять первое извлечение энергии от источника DC-энергии, по существу, фиксированного напряжения, причем первый модуль DC/AC-преобразования выполнен с возможностью выполнения первого извлечения энергии в первом фрагменте рабочего цикла сигнала широтно-импульсного модулятора, чтобы производить первую синусоидальную последовательность AC-мощности;

второй модуль DC/AC-преобразования, который управляется посредством широтно-импульсного модулятора таким образом, чтобы выполнять второе извлечение энергии от источника DC-энергии, причем второй модуль DC/AC-преобразования выполнен с возможностью выполнения второго извлечения энергии во втором фрагменте рабочего цикла сигнала широтно-импульсного модулятора, чтобы производить вторую синусоидальную последовательность AC-мощности, которая сдвинута по фазе на 90° от первой синусоидальной последовательности AC-мощности, причем второй фрагмент рабочего цикла не перекрывается с первым фрагментом рабочего цикла; и

регулятор фазы, выполненный с возможностью регулировать одну из первой или второй синусоидальных последовательностей AC-мощности посредством сдвига фазы на 90°, так чтобы и первая и вторая синусоидальные последовательности AC-мощности имели одинаковую фазу.

2. Устройство по п.1, причем второй фрагмент рабочего цикла является соседним с первым фрагментом рабочего цикла, так что первое извлечение энергии и второе извлечение энергии являются последовательными.

3. Устройство по п.1, причем однофазный DC/AC-преобразователь соединяется с парой силовых линий электрической сети, фаза первой и второй синусоидальных последовательностей AC-мощности синхронизируется с парой силовых линий электрической сети.

4. Устройство по п.1, причем регулятор фазы содержит однофазный трансформатор.

5. Устройство по п.1, причем регулятор фазы содержит дроссель.

6. Устройство по п.1, причем регулятор фазы содержит конденсатор.

7. Устройство по п.1, содержащее трехфазный модуль DC/AC-преобразования, который включает в себя однофазный модуль DC/AC-преобразования в качестве первого модуля DC/AC-преобразования с регулятором фазы, являющимся первым регулятором фазы, широтно-импульсным модулятором, являющимся первым широтно-импульсным модулятором, и фазой первой и второй синусоидальных последовательностей AC-мощности первого модуля DC/AC-преобразования, синхронизированной с первой парой силовых линий электрической сети.

8. Устройство по п.7, причем трехфазный модуль DC/AC-преобразования дополнительно содержит: третий модуль DC/AC-преобразования, который управляется посредством второго широтно-импульсного модулятора таким образом, чтобы выполнять третье извлечение энергии от источника DC-энергии, причем третий модуль DC/AC-преобразования выполнен с возможностью выполнения третьего извлечения энергии в первом фрагменте рабочего цикла сигнала второго широтно-импульсного модулятора, чтобы производить третью синусоидальную последовательность AC-мощности;

четвертый модуль DC/AC-преобразования, который управляется посредством второго широтно-импульсного модулятора таким образом, чтобы выполнять четвертое извлечение энергии от источника DC-энергии, причем четвертый модуль DC/AC-преобразования выполнен с возможностью выполнения четвертого извлечения энергии во втором фрагменте рабочего цикла сигнала второго широтно-импульсного модулятора, чтобы производить четвертую синусоидальную последовательность AC-мощности, причем второй фрагмент рабочего цикла сигнала второго широтно-импульсного модулятора не перекрывается с первым фрагментом рабочего цикла сигнала второго широтно-импульсного модулятора; и

второй регулятор фазы, выполненный с возможностью регулирования одной из третьей или четвер-

той синусоидальных последовательностей АС-мощности посредством сдвига фазы на 90° , так что и третья, и четвертая синусоидальные последовательности АС-мощности имеют фазу, которая является синхронизированной со второй парой силовых линий электрической сети.

9. Устройство по п.8, причем первый регулятор фазы содержит первый однофазный трансформатор, второй регулятор фазы содержит второй однофазный трансформатор.

10. Устройство по п.8, причем трехфазный модуль DC/AC-преобразования дополнительно содержит:

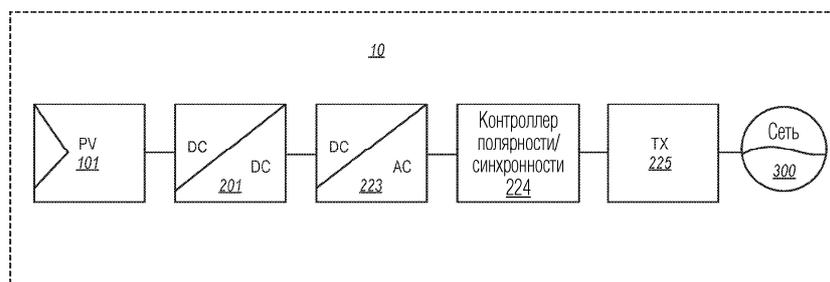
пятый модуль DC/AC-преобразования, который управляется посредством третьего широтно-импульсного модулятора таким образом, чтобы выполнять пятое извлечение энергии от источника DC-энергии, причем пятый модуль DC/AC-преобразования выполнен с возможностью выполнения пятого извлечения энергии в первом фрагменте рабочего цикла сигнала третьего широтно-импульсного модулятора, чтобы производить пятую синусоидальную последовательность АС-мощности;

шестой модуль DC/AC-преобразования, который управляется посредством третьего широтно-импульсного модулятора таким образом, чтобы выполнять шестое извлечение энергии от источника DC-энергии, причем шестой модуль DC/AC-преобразования выполнен с возможностью выполнения шестого извлечения энергии во втором фрагменте рабочего цикла сигнала третьего широтно-импульсного модулятора, чтобы производить шестую синусоидальную последовательность АС-мощности, причем второй фрагмент рабочего цикла сигнала третьего широтно-импульсного модулятора не перекрывается с первым фрагментом рабочего цикла сигнала третьего широтно-импульсного модулятора; и

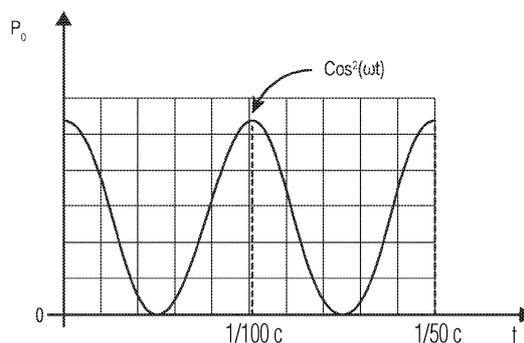
третий регулятор фазы, выполненный с возможностью регулирования одной из пятой или шестой синусоидальных последовательностей АС-мощности посредством сдвига фазы на 90° , так что и пятая, и шестая синусоидальные последовательности АС-мощности имеют фазу, которая является синхронизированной с третьей парой силовых линий электрической сети.

11. Устройство по п.10, причем первый регулятор фазы содержит первый однофазный трансформатор, второй регулятор фазы содержит второй однофазный трансформатор, и третий регулятор фазы содержит третий однофазный трансформатор.

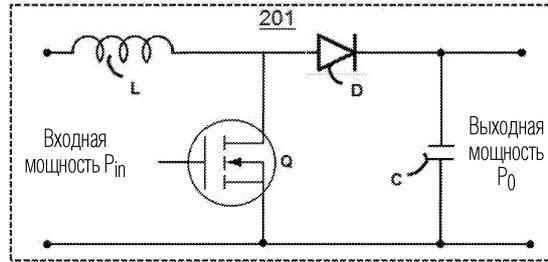
12. Устройство по п.10, причем трехфазный трансформатор содержит первый регулятор фазы, второй регулятор фазы и третий регулятор фазы.



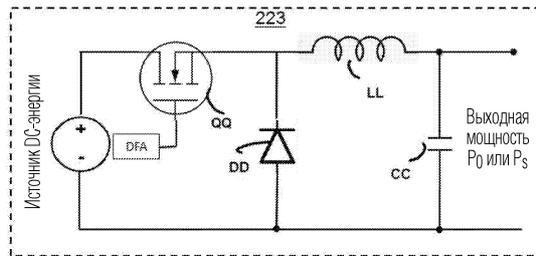
Фиг. 1А



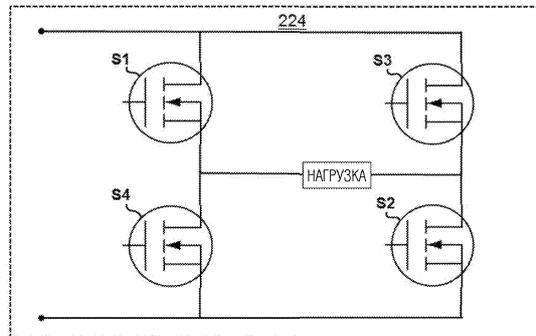
Фиг. 1В



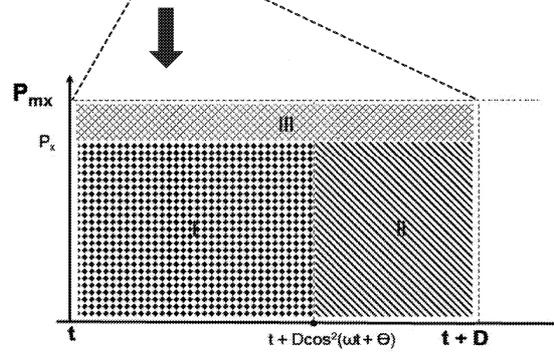
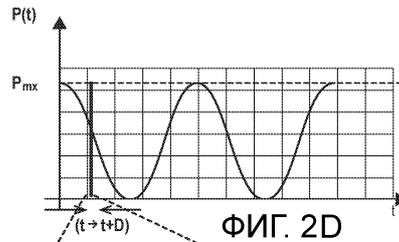
Фиг. 2А



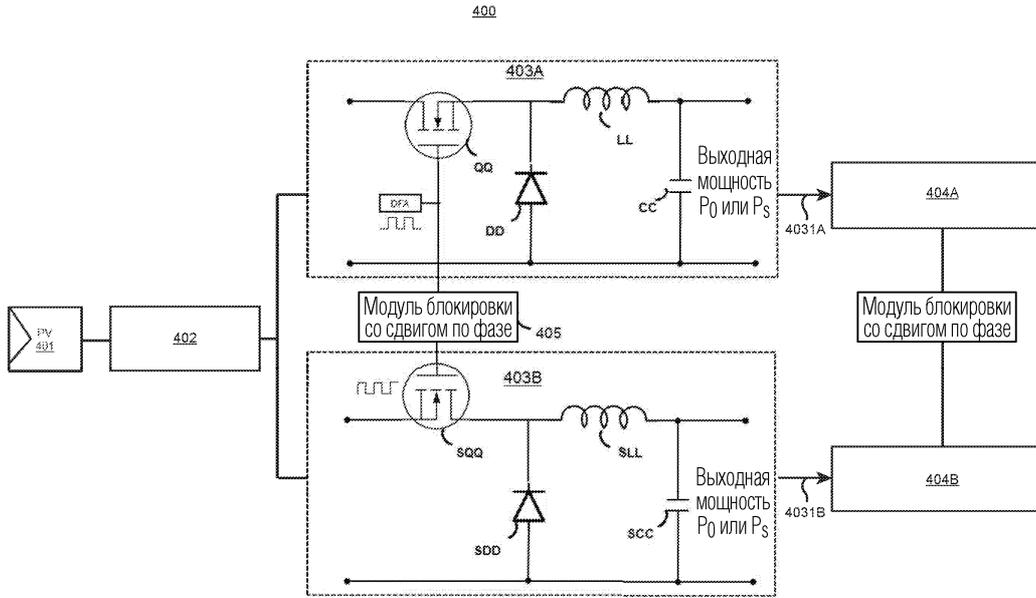
Фиг. 2В



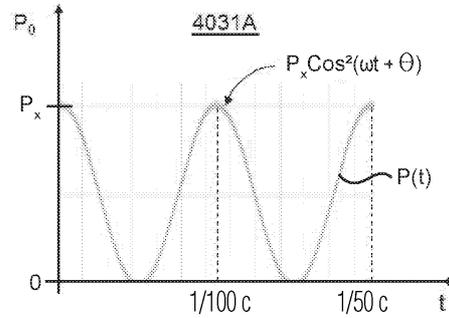
Фиг. 2С



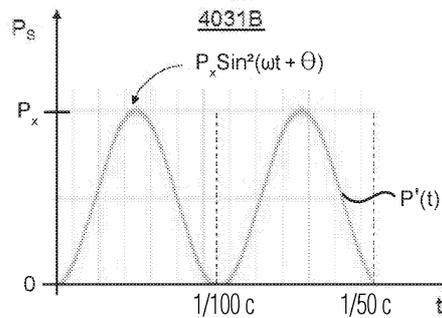
Фиг. 3



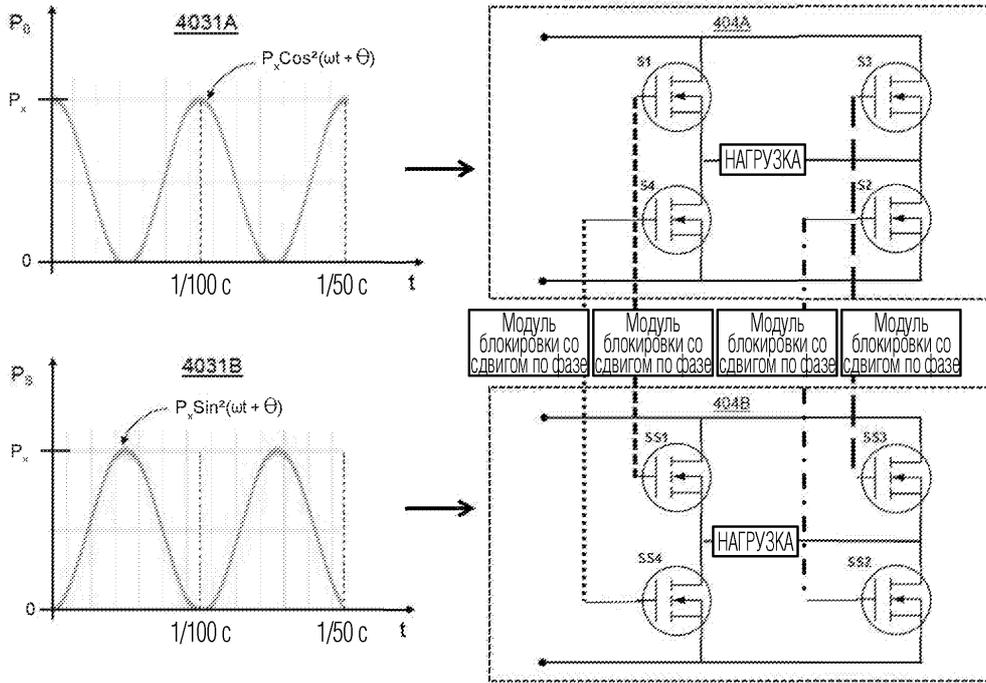
Фиг. 4А



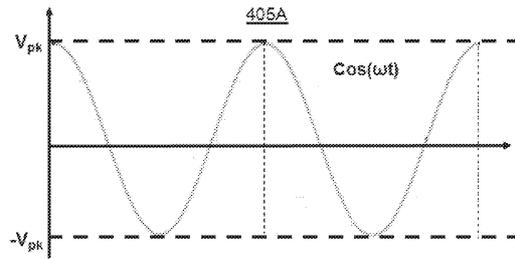
Фиг. 4В



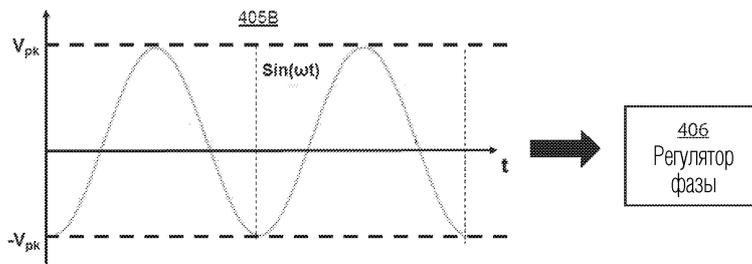
Фиг. 4С



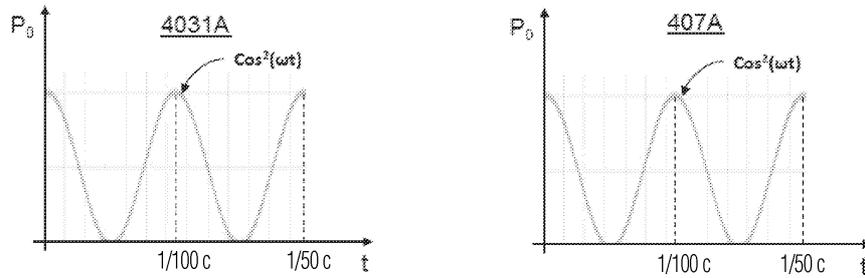
Фиг. 4D



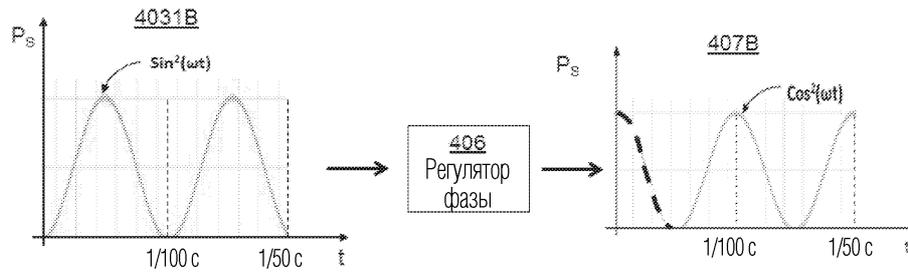
Фиг. 4E



Фиг. 4F



Фиг. 4G



Фиг. 4Н

