

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039505**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.02.03

(51) Int. Cl. **H02J 1/10** (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)

(21) Номер заявки
201890919

(22) Дата подачи заявки
2016.10.10

(54) **ТЕХНОЛОГИИ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ТОЧКОЙ МАКСИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

(31) **14/880,101**

(56) US-A1-20110210613
US-A1-20110140649
US-A1-20100219690
US-A1-20140268957

(32) **2015.10.09**

(33) **US**

(43) **2018.09.28**

(86) **PCT/US2016/056299**

(87) **WO 2017/062962 2017.04.13**

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

(72) Изобретатель:
**Шуи Джеффри Вэнь-Тай, Лай Син-
Чэнь, Ли Чан-Хоранг (TW)**

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

(57) Если энергосистема постоянно работает в ее точке максимального использования энергии (maximum energy utilization point - MEUP), то можно получать максимальную выгоду от системы. Практические технологии слежения за MEUP используют генератор на напряжении для максимального извлечения мощности, а также для производства почти максимальной мощности; включают изобретенные устройства извлечения избыточной энергии для почти идеального извлечения всей генерируемой мощности; временно хранят избыточную энергию в предусмотренных хранилищах энергии; добавляют изобретенные устройства выдачи для объединения энергии из средства извлечения и из хранилищ; подготавливают и выдают достаточное количество мощности для точного удовлетворения мгновенного требования все время. Таким образом, осуществляется обнаружение и слежение за MEUP энергосистемы.

B1

039505

039505

B1

Уровень техники

Многие "экологически чистые" электрогенераторы используют природные возобновляемые источники энергии, которые отличаются тем, что их интенсивность изменяется во времени; такие как солнечная энергия, ветер, приливы и отливы и движение волн. Большинство таких силовых генераторов включают в себя устройство, называемое "устройством слежения за точкой максимальной мощности" (maximum power point tracker - МРРТ) для слежения за мгновенным напряжением, соответствующим точке максимального производства мощности (maximum power production point - МРРР). МРРТ устройство обычно представляет собой программно-аппаратный модуль; он следит за изменяющимся во времени напряжением, что приводит в результате к производству максимальной мощности (МРРР) из первичного источника энергии с изменяющейся во времени интенсивностью.

Интегратор коммерческой экологически чистой энергосистемы обычно использует напряжение МРРР для регулирования всей работы системы, включая генерирование энергии, извлечение энергии и подготовку и выдачу энергии в нагрузку. Другими словами, коммерческая экологически чистая энергосистема вынуждает всю систему всегда работать при напряжении МРРР генератора, получаемом из упомянутого программно-аппаратного модуля МРРТ. Такая практика в дальнейшем называется "слепым подчинением МРРТ".

Объект патентования, заявленный в данном документе, не ограничен вариантами осуществления, которые устраняют некоторые недостатки или которые работают только в условиях, таких как вышеописанные. То есть данный раздел уровня техники приведен только для того, чтобы показать одну примерную область техники, в которой могут быть практически реализованы некоторые варианты осуществления, описанные в данном документе.

Сущность изобретения

Авторы изобретения обнаружили, что практика слепого подчинения МРРТ по ряду причин является неоптимальной. Во-первых, практика слепого подчинения МРРТ не соответствует характеристикам устройства извлечения энергии для эффективного и рационального извлечения вырабатываемой энергии. Во-вторых, практика слепого подчинения МРРТ не соответствует упомянутому устройству для подготовки и/или выдачи извлекаемой энергии для эффективного использования энергии. В-третьих, эффективность использования энергии неизбежно зависит не только от производства мощности, но и от потребности в мощности. В-четвертых, в любой энергосистеме обычное мгновенное потребление мощности нагрузкой не равно мгновенной мощности, вырабатываемой генератором, даже при соблюдении законов сохранения энергии и заряда.

Практика слепого подчинения МРРТ может вынуждать разработчиков коммерческих "экологически чистых энергосистем" игнорировать необходимость экспериментального определения эффективности и рациональности устройств, таких как эффективность и рациональность извлечения энергии из генератора и таких как эффективность и рациональность энергии, которую подготавливают и затем выдают в нагрузку. В соответствии с принципом, описанным в данном документе, эффективность контроллера системы соответствует "эффективности использования энергии". В данном описании и в формуле изобретения мгновенная "эффективность использования энергии" определяется как мгновенная энергия, потребляемая нагрузкой, плюс энергия, запасаемая в хранилище, разделенная на мгновенную энергию, генерируемую генератором. В предпочтительном варианте осуществления данная мгновенная величина измеряется в режиме, который поддерживает подвод первичной мощности и нагрузку неизменными в течение достаточного длительного периода времени, так что величины генерируемой мощности, потребления мощности, запаса мощности и упомянутого соотношения все достигают установившегося состояния.

Без указания, что соответствующая эффективность измерена экспериментально, коммерческие "экологически чистые энергосистемы" обычно декларируют эффективность своего "контроллера" системы более 90%. Однако экспериментальные измерения многих коммерческих систем, проведенные авторами настоящего изобретения, показывают, что эффективность извлечения энергии из генератора и эффективность последующей подготовки и выдачи энергии в нагрузку могут быть очень низкими при регулировании работы системы в соответствии с практикой слепого подчинения напряжению МРРР. Обычный контроллер, который реализует практику слепого подчинения МРРТ, может иметь эффективность менее 30%, даже когда ее рекламируют высокой.

Вместо слежения за точкой максимального производства мощности (МРРР), принципы, описанные в данном документе, предлагают следить за точкой максимального использования энергии (maximum energy utilization point - MEUP). При постоянном использовании энергосистемы в ее MEUP можно получать максимальную выгоду от энергосистемы. Это единственный способ максимизировать энергию, которая может быть использована из любой системы генерирования мощности.

Авторы настоящего изобретения провели тщательные исследования энергосистем, измеряя эффективность каждого этапа, от генерирования энергии, извлечения энергии, подготовки энергии, выдачи энергии до потребления энергии, и таким образом выявили проблемы, которые должны быть решены. Авторы изобретения разработали способы повышения эффективности на каждом этапе, отделили производство/извлечение энергии от подачи энергии и оптимизировали данные процессы отдельно. В результате был получен рациональный способ нахождения и слежения за точкой максимального использования

энергии.

Технологии слежения за MEUP используют генератор при производстве почти максимальной мощности; вводят изобретенные устройства извлечения избыточной энергии для эффективного извлечения всей максимальной генерируемой мощности; временно хранят избыточную энергию в специальных хранилищах энергии; вводят изобретенные устройства для объединения энергии из средства извлечения и из упомянутого хранилища и выдают достаточное количество мощности для точного удовлетворения требования нагрузки.

При этом принципы, описанные в данном документе, обеспечивают практическую оптимизацию решения для максимального использования энергии энергосистем, в частности для экологически чистой энергосистемы, которая генерирует электроэнергию из возобновляемых источников энергии, которые отличаются тем, что их интенсивность изменяется во времени, таких как солнечная энергия, ветер, приливы и отливы или движение волн; таким образом осуществляя слежение за точкой максимального использования энергии (maximum energy utilization point tracking - MEUPT).

Данное краткое изложение сущности изобретения не предназначено для определения ключевых признаков или существенных признаков заявленного объекта патентования, а также для использования в качестве средства для определения объема заявленного объекта патентования.

Краткое описание чертежей

Для того чтобы описать способ, которым можно получить вышеупомянутые и другие преимущества и признаки, будет приведено более подробное описание различных вариантов осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи. Понимая, что данные чертежи показывают только примерные варианты осуществления и поэтому не должны рассматриваться как ограничивающие объем изобретения, данные варианты осуществления будут описаны и объяснены с дополнительной конкретизацией и подробно посредством использования прилагаемых чертежей, из которых

фиг. 1А символически показывает блок-схему обычной энергосистемы;

фиг. 1В символически показывает блок-схему энергосистемы в соответствии с принципами, описанными в данном документе;

фиг. 1С символически показывает блок-схему основных элементов энергосистемы;

фиг. 2А-2С символически показывают соответственно ток, напряжение и мощность генератора постоянного тока (DC генератора), получаемые посредством инвертора DC/AC при разных требованиях нагрузки в зависимости от времени;

фиг. 3А-3С символически показывают, соответственно, ток, напряжение и мощность DC генератора, получаемые посредством средства извлечения энергии типа широтно-импульсного модулятора (Pulse Width Modulator - PWM) при разных требованиях нагрузки в зависимости от времени;

фиг. 4 символически показывает механизм извлечения избыточной мощности, оставшейся от извлечения энергии посредством инвертора DC/AC, в соответствии с принципами, описанными в данном документе; и

фиг. 5 символически показывает предлагаемый механизм извлечения избыточной мощности, оставшейся от извлечения посредством средства извлечения энергии типа PWM, в соответствии с принципами, описанными в данном документе.

Подробное описание

Раздел первый. Обзор энергосистемы.

Как показано на фиг. 1, энергосистема 1000 состоит из генератора(генераторов) 1100, регулятора (регуляторов) 1200, нагрузки(нагрузок) 1300 и всех их модулей, описанных ниже. На фиг. 1А показана блок-схема обычной энергосистемы; а на фиг. 1В показана блок-схема энергосистемы в соответствии с принципами, описанными в данном документе. При этом эффективность любой подсистемы определяется как мощность на выходе данной подсистемы, деленная на мощность на выходе предыдущей подсистемы. В качестве обычного примера, эффективность регулятора определяется как энергия E_c , выданная в нагрузку, деленная на энергию E_g , выработанную генератором; как показано на фиг. 1С. Ниже перечислены названия модулей, показанных на фиг. 1: 1000 - энергосистема, 1100 - генератор, 1200 - контроллер или регулятор, 1210 - обычное устройство извлечения энергии, 1223 - регулятор подготовки мощности, 1225 - регулятор выдачи мощности, 1230 - регулятор избытка, 1233 - устройство извлечения/использования избытка, 1233А - активное средство извлечения избытка, 1233В - пассивное средство извлечения избытка, 1233С - регулятор подачи, 1233D - регулятор для регулирования энергии, 1235 - хранилище энергии, 1240 - МРРТ, 1300 - нагрузка, 1310 - лампы, 1320 - насосы, 1330 - офисное оборудование, 1340 - электроприбор и 1350 - кондиционер воздуха. Как показано на фиг. 1А и 1В, энергосистема 1000 содержит

(1) по меньшей мере один электрогенератор 1100 для преобразования первичной энергии в электроэнергию;

(2) подсистему 1200 контроллера (называемую также "подсистемой управления энергией" или "регулятором") для регулирования всех требуемых функций управления всей энергосистемы через модули (1210-1240) контроллера 1200.

Данные функции управления включают регулирование генерирования 1100 мощности, обычное

устройство 1210 извлечения энергии, модуль 1220 для подготовки (модуль 1223) и выдачи (модуль 1225) энергии в нагрузку и другие критически важные функции, описанные ниже. Подсистема 1200 контроллера может также включать в себя другой функциональный модуль, такой как МРРТ 1240. Нагрузка 1300 состоит из одного или комбинации различного (резистивного и/или индуктивного) оборудования для использования произведенной электроэнергии; такого как (а) лампы(лампы) 1310; (b) водяной насос (насосы) 1320; (с) офисное оборудование 1330, такое как кассовый аппарат(аппараты), печатающее устройство(устройства) и компьютер(компьютеры); (d) электроприбор(электроприборы) 1340, такой как холодильник(холодильники), вентилятор(вентиляторы), тостер(тостеры); и (е) кондиционер(кондиционеры) 1350 воздуха. Таким образом, энергосистема 1000 состоит из генератора(генераторов) 1100, регулятора(регуляторов) 1200, нагрузки(нагрузок) 1300 и всех их модулей.

Электрогенератор представляет собой устройство, которое преобразует энергию из первичного источника энергии (такого как уголь, нефть, природный газ, ядерная энергия и др.) в электроэнергию. Экологически чистый генератор мощности использует для производства электроэнергии возобновляемую природную энергию в качестве первичных источников, включая солнечные лучи, ветер, приливы и отливы или движение волн. Такие первичные источники обычно связаны со значительно изменяющейся во времени интенсивностью энергии, что приводит к изменяющемуся во времени напряжению, соответствующему точке максимального производства мощности (maximum power production point - МРРТ).

Коммерческие экологически чистые энергосистемы обычно включают в себя МРРТ 1240 (в качестве модуля в подсистеме 1200) для слежения за напряжением МРРТ.

Стандартная эффективность генератора энергии определяется как величина его максимального производства электроэнергии (при стандартном вводе первичной мощности), деленная на вводимую первичную мощность. Однако при использовании первичных источников мощности, изменяющейся во времени, эффективность генератора также изменяется во времени и определяется как мгновенная величина эффективности, которая равна мгновенному производству максимальной мощности (при мгновенной вводимой первичной мощности), деленная на соответствующую мгновенную подводимую первичную мощность.

Как показано на фиг. 1А, контроллер (называемый также подсистемой управления энергией или регулятором) 1200 содержит устройство 1210 для извлечения энергии, произведенной в генераторе 1100. Контроллер 1200 содержит также устройство 1220 для подготовки (модуль 1223) и для выдачи (модуль 1225) электроэнергии в нагрузки 1300. Таким образом, в данном документе модуль 1223 называется "регулятором подготовки мощности", и модуль 1225 называется "регулятором выдачи мощности".

Как показано на фиг. 1С, эффективность контроллера определяется как энергия, потребляемая нагрузкой, плюс накопленная энергия, деленная на энергию, генерируемую генератором. Она также равна ((эффективность извлечения мощности устройства 1210)×(эффективность выдачи мощности устройства 1220)), если система выполнена без хранилища энергии для хранения избыточной энергии для более позднего использования. "Эффективность использования энергии" определяется таким же образом и равна эффективности контроллера.

Эффективность извлечения мощности (энергии) устройства 1210 определяется как мгновенная величина мощности на выходе устройства 1210, деленная на максимальную мощность, генерируемую в генераторе(генераторах), в соответствии с практикой МРРТ. Любая генерируемая мощность, не забранная (извлеченная) устройством 1210, увеличивает неэффективность устройства 1210. Эффективность выдачи мощности (энергии) устройства 1220 определяется как мгновенная величина мощности на выходе устройства 1220, выданная в и потребляемая нагрузками, деленная на мощность на выходе устройства 1210.

Отмечается, что эффективность выдачи энергии равна нулю, когда требование нагрузки отсутствует; и эффективность извлечения энергии также равна нулю при отсутствии требования нагрузки для вариантов без хранилища энергии. Таким образом, требование нагрузки и емкость хранилища энергии могут оказывать влияние на эффективность выдачи энергии и влияют на эффективность извлечения энергии. Этот факт показывает, что извлечение, подготовка и выдача мощности неразрывно связаны с потребностью в мощности. Следовательно, практика МРРТ сама по себе не позволяет получать максимальную выгоду от энергосистемы.

Для уточнения, некоторые виды нагрузок (такие как водяной насос(насосы)) имеют очень узкий диапазон рабочей мощности и могут приводить к нарушению в работе энергосистемы, когда возникает явный дисбаланс в производстве и потреблении мощности. Если выдаваемая мощность ниже нижнего предела потребности в мощности, то нагрузка может прекращать функционировать и внезапно отключаться от энергопотребления. Например, если подаваемая мощность ниже нижнего предела работы водяного насоса, то насос сразу прекращает качать и отключается от требования нагрузки, и таким образом генерируемая энергия теряется. С другой стороны, если выдаваемая мощность больше, чем максимальный диапазон потребности в мощности, то либо часть мощности не будет забираться устройством 1210 извлечения энергии и часть энергии потеряется, либо происходит отключение нагрузки. Упомянутые ситуации могут возникать независимо от того, работает ли генератор при напряжении МРРТ или нет. Упомянутые ситуации дисбаланса мощности являются реальными, возникают обычно и часто в экологи-

чески чистых энергосистемах, включая солнечные водонапорные системы.

Из вышеприведенного анализа энергосистемы, показанной на фиг. 1А, можно сделать следующие выводы: (1) потребность в мощности нагрузки может оказывать значительное влияние на эффективность выдачи энергии и также эффективность извлечения энергии; (2) таким образом, потребность в мощности нагрузки может также оказывать влияние на эффективность контроллера, произведение этих двух эффективностей; (3) рабочая точка максимальной эффективности контроллера может не совпадать с работой МРРТ; (4) слепое подчинение МРРТ не гарантирует получение максимальной степени выгоды от энергосистемы; и самое важное (5) для оптимизации выгоды (использования) от энергосистемы необходимо отделить извлечение энергии от выдачи энергии и оптимизировать производство/извлечение энергии и подготовку/потребление энергии отдельно; но учитывая действие законов сохранения энергии и заряда.

Раздел второй. Изобретение и воздействия.

Как показано на фиг. 1В, вариант осуществления энергосистемы в соответствии с принципами, описанными в данном документе, добавляет устройство 1230, содержащее устройство 1233, работающее совместно с хранилищем 1235 энергии. В данном документе устройство 1230 называется "регулятором избытка", а устройство 1233 называется "устройством извлечения/использования избытка". Устройство 1233 содержит четыре модуля: 1233А, 1233В, 1233С и 1233D; их функции и воздействия будут описаны. Выполненное надлежащим образом устройство 1230 способно селективно хранить избыточную энергию во время извлечения энергии и увеличивать или уменьшать подачу мощности в нагрузку во время выдачи энергии; оно также способно бесперебойно и эффективно устранять дисбаланс мощности.

Для уточнения, устройство 1233 способно в течение длительного времени селективно накапливать максимальное количество доступной избыточной энергии в хранилище 1235 энергии в процессе извлечения энергии. Избыточная энергия определяется как энергия, производимая генератором(генераторами), но не отобранная обычным устройством 1210 извлечения энергии. Таким образом, устройство 1233 помогает подсистеме 1200 управления энергией извлекать максимальное количество энергии из генератора; даже когда происходит отключение нагрузки. Данный вариант осуществления, показанный на фиг. 1В, позволяет использовать избыточную энергию и значительно повышает эффективность извлечения энергии.

Используя энергию, накопленную в хранилище 1235, устройство 1233 способно также селективно выдавать необходимую недостающую энергию в модуль 1223 подготовки; так что модуль 1225 выдачи контроллера 1220 способен выдавать мощность, превышающую извлеченную мощность или даже генерируемую мощность, для удовлетворения требования нагрузки. Это приводит к увеличению подачи энергии для бесперебойного и эффективного преодоления затруднений в периоды высокого требования нагрузки. Таким образом, принципы, описанные в данном документе, способны уменьшать частоту отключения нагрузки и значительно повышать эффективность выдачи энергии. Принципы, описанные в данном документе, способны также удлинять время подачи мощности посредством накопленной избыточной энергии, когда производство не осуществляется; и увеличивать коэффициент использования энергии; в частности, для солнечной энергосистемы, которая вынуждена ежедневно работать в условиях пасмурной погоды или темного времени суток.

Таким образом, обычное решение не включает в себя устройство 1230 и его модули, чтобы селективно отбирать избыточную энергию, регулировать достаточное количество выдаваемой энергии и/или выдавать недостающую энергию так, чтобы выдавать достаточное количество энергии для точного удовлетворения мгновенного требования нагрузки. Следовательно, обычная система не обладает преимуществом максимального использования энергии, описанным в данном документе. Очевидные отличия между обычной системой и системой в соответствии с принципами, описанными в данном документе, можно понять путем сравнения блок-схем, показанных на фиг. 1А и 1В.

При реализации принципов, описанных в данном документе, мощность, извлекаемая из генератора мощности, представляет собой совокупность мощности, извлекаемой обычным устройством 1210, и избыточной мощности, извлекаемой дополнительным устройством 1230. Как будет подробно описано ниже, принципы, описанные в данном документе, также предлагают механизмы, которые способны сделать упомянутую сумму двух извлекаемых мощностей очень близкой к генерируемой мощности. Таким образом, пренебрегая энергией, потребляемой устройствами 1210 и 1230, эффективность извлечения энергии упомянутых вариантов осуществления может быть приблизительно равной 100%.

Кроме того, при реализации принципов, описанных в данном документе, устройство 1230 способно регулировать извлекаемую мощность посредством функций управления, выполняемых модулями устройства 1233 (устройствами 1233А, 1233В, 1233С и 1233D), чтобы суммировать доступную энергию из генератора и хранилища и помогать устройствам 1223 и 1225 (модулям устройства 1220) при выдаче достаточного количества мощности для почти точного удовлетворения мгновенного требования нагрузки. Таким образом, устройство 1230 способно также обеспечить возможность отделения производства энергии от потребления (использования) энергии.

Как будет дополнительно описано ниже, принципы, описанные в данном документе, предлагают механизмы, которые способны сделать мощность очень близкой к достаточной величине мощности на

входе устройства 1220; так что мощность на выходе устройства 1220 может почти точно удовлетворять мгновенную потребность в мощности. Следовательно, пренебрегая энергией, потребляемой устройствами 1220 и 1230, эффективность выдачи энергии данного варианта осуществления может также приближаться к 100%. Таким образом, принципы, описанные в данном документе, разделяют генерирование и потребление мощности через функциональные модули 1233A, 1233C и 1233D управления, работающие совместно с хранилищем 1235 энергии и устройством 1233B; что в результате обеспечивает возможность независимой оптимизации производства, извлечения и выдачи энергии.

Таким образом, в соответствии с принципами, описанными в данном документе, для селективного накопления избыточной мощности в соответствующих временных хранилищах добавлено устройство 1230, которое теоретически способно увеличить извлечение энергии до 100%. Добавленное устройство 1230, а именно его модули 1233C и 1233D способны также селективно суммировать энергию, извлекаемую из генератора 1100, и энергию в хранилищах (1235 и устройстве 1233B), для получения достаточного количества энергии и затем выдавать это достаточное количество мощности в качестве ввода в устройство 1223, так что мощность на выходе устройства 1225 может почти точно удовлетворять требования нагрузки. Это может теоретически повысить эффективность энергоснабжения до 100%. Таким образом, принципы, описанные в данном документе, способны разделять и независимо оптимизировать эффективность производства, извлечения и выдачи мощности.

Таким образом, учитывая действие закона сохранения энергии, в любой энергосистеме мгновенное потребление мощности нагрузкой обычно не равно производству мощности. При отсутствии устройства 1230, если потребность в мощности превышает производительность (определяемую как объем производимой, извлекаемой, подготавливаемой и выдаваемой мощности), то это может вызывать отключение нагрузки и значительно снижать эффективность использования энергии. С другой стороны, если производительность превышает потребность в мощности, то может возникать избыточная мощность, которая не извлечена или выдана; тем самым снижая эффективность выдачи (использования) энергии.

При добавлении устройства 1230, содержащего устройство 1233, данное изобретение способно селективно временно накапливать достаточное количество избыточной энергии и/или выдавать достаточное количество энергии для точного удовлетворения потребности в мощности в количествах либо больше, либо меньше, чем мгновенная производительность или даже генерируемая мощность. Это эффективно уменьшает вышеописанные проблемы, а также обеспечивает максимальную выгоду от любой энергосистемы.

Раздел третий. Обзор обычных средств извлечения энергии.

Обычные устройства извлечения энергии включают инверторы DC/AC и устройство извлечения энергии с широтно-импульсной модуляцией (pulse width modulation - PWM). В данном разделе рассматриваются эти два обычных средства извлечения энергии для выяснения основной причины их неэффективности и нерациональности.

Без потери общности, предположим, что первичный источник энергии способен в течение нескольких секунд удерживаться при постоянной интенсивности (и при постоянном производстве мощности генератора). В качестве первого примера обзора произведенная мощность находится при постоянной величине, скажем, при DC токе I_1 , DC напряжении V_1 и, соответственно, DC мощности $P_1 = V_1 \times I_1 \times pf$ (где pf равно 1 в случае DC); при этом извлекаемая энергия изображается обычным "чисто синусоидальным инвертором DC/AC с частотой 50-60 Гц", как в большинстве больших фотоэлектрических солнечных электростанций. Данный первый пример обзора будет более подробно рассмотрен ниже.

Как показано на фиг. 2A, ток на выходе генератора изображен кривой 2101, постоянный DC ток I_1 , а 3 обычных извлекаемых тока четвертьциклического однофазного косинусоидального инвертора переменного тока (пренебрегая потерями, вход=выход), которые характеризуют три извлечения тока для трех разных случаев требования нагрузки, изображены кривой 2102, соответствующей $I_2 \times \cos(\omega t)$, кривой 2103, соответствующей $I_3 \times \cos(\omega t)$, или кривой 2104, соответствующей $I_4 \times \cos(\omega t)$. Закон сохранения энергии допускает только: $I_1 > I_2$, $I_1 > I_3$ и $I_1 > I_4$. Четыре усредненных тока равны I_1 , $(2/\pi) \times I_2$, $(2/\pi) \times I_3$ и $(2/\pi) \times I_4$ соответственно, где $\pi = 3,1416$.

Как показано на фиг. 2B, напряжение на выходе генератора изображено кривой 2201; постоянное DC напряжение V_1 , а 3 обычных извлекаемых напряжения четвертьциклического однофазного косинусоидального инвертора переменного тока (пренебрегая потерями, вход=выход), которые характеризуют три извлечения напряжения для трех разных случаев требования нагрузки, изображены кривой 2202, соответствующей $V_2 \times \cos(\omega t)$, кривой 2203, соответствующей $V_3 \times \cos(\omega t)$, или кривой 2204, соответствующей $V_4 \times \cos(\omega t)$. Закон сохранения энергии допускает только $V_1 > V_2$, $V_1 > V_3$ и $V_1 > V_4$. Четыре средних напряжения равны V_1 , $(2/\pi) \times V_2$, $(2/\pi) \times V_3$ и $(2/\pi) \times V_4$ соответственно.

Как показано на фиг. 2C, мощность на выходе генератора изображена кривой 2301; постоянная DC мощность P_1 , а 3 обычных извлекаемых мощности четвертьциклического однофазного чисто косинусоидального инвертора переменного тока (пренебрегая потерями, вход=выход), которые характеризуют три извлечения мощности для трех разных случаев требования нагрузки, изображены кривой 2302, соответствующей $P_2 \times \cos(\omega t) \times \cos(\omega t) \times pf$, кривой 2303, соответствующей $P_3 \times \cos(\omega t) \times \cos(\omega t) \times pf$, или кривой 2304,

соответствующей $P_4 \times \cos(\omega t) \times \cos(\omega t) \times pf$, где pf представляет собой коэффициент мощности нагрузки. Закон сохранения энергии допускает только $P_1 > P_2$, $P_1 > P_3$ и $P_1 > P_4$. Принимая $pf = 0,75$ (раньше регулирование требовало $pf > 0,75$), упомянутые четыре усредненных мощности равны P_1 , $0,375 \times P_2$, $0,375 \times P_3$ и $0,375 \times P_4$ соответственно.

Доля энергии, извлекаемая из генератора таким чисто синусоидальным инвертором, представляет собой усредненную выходную мощность средства извлечения мощности, деленную на усредненную генерируемую мощность. Доли энергии данных трех представленных обычных отборов, которые характеризуют разные случаи требования нагрузки, составляют $0,375 \times P_2 / P_1$ для кривой 2302, $0,375 \times P_3 / P_1$ для кривой 2303 и $0,375 \times P_4 / P_1$ для кривой 2304 соответственно. Таким образом, эффективность извлечения энергии для данного средства извлечения мощности не может быть больше 0,375, даже принимая самый благоприятный случай, когда $P_1 = P_2$; в других случаях эффективность извлечения энергии будет меньше.

С учетом выводов из вышеприведенного анализа: (1) для обычного средства извлечения мощности, используемого в большинстве "больших фотоэлектрических солнечных электростанций", инвертор DC/AC способен извлекать только менее 37,5% (для удобства в дальнейшем указываемые как <40%) солнечной электрической мощности, генерируемой солнечными панелями, солнечным генератором (генераторами) мощности; (2) при использовании надлежащим образом выполненного устройства 1230 извлечения избыточной энергии, содержащего устройство 1233 и хранилище 1235 энергии, принципы, описанные в данном документе, способны улучшить извлечение энергии более чем в 2 раза по сравнению с обычным инвертором.

В следующем подразделе рассматривается другое типовое обычное средство извлечения энергии, устройством извлечения энергии с PWM. Без потери общности также предположим, что первичный источник энергии способен удерживаться в течение нескольких секунд при постоянной интенсивности (при постоянном производстве мощности генератора). Производимая мощность находится при постоянной величине (т.е. при DC токе I_1 , DC напряжении V_1 и соответственно DC мощности $P_1 = V_1 \times I_1$, при этом энергия извлекается посредством обычного средства извлечения мощности с PWM. Этот случай может быть рассмотрен ниже.

Как показано на фиг. 3А, генерируемый ток показан кривой 3101; постоянный DC ток I_1 , при этом пренебрегая потерями (вход=выход), три примерных тока обычного средства извлечения энергии с PWM, характеризующие три разных случая требования нагрузки, изображены кривой 3102 с амплитудой I_2 и коэффициентом загрузки δ_2 , кривой 3103 с амплитудой I_3 и коэффициентом загрузки δ_3 и кривой 3104 с амплитудой I_4 и коэффициентом загрузки δ_4 . Закон сохранения энергии допускает только: $I_1 > I_2$, $I_1 > I_3$ и $I_1 > I_4$. Четыре усредненных тока равны I_1 , $\delta_2 \times I_2$, $\delta_3 \times I_3$ и $\delta_4 \times I_4$ соответственно.

Как показано на фиг. 3В, генерируемое напряжение изображено кривой 3201; постоянное DC напряжение V_1 , при этом пренебрегая потерями (вход=выход), три примерных напряжения средства извлечения мощности с PWM, характеризующие три разных случая требования нагрузки, изображены кривой 3202 с амплитудой V_2 и коэффициентом загрузки δ_2 , кривой 3203 с амплитудой V_3 и коэффициентом загрузки δ_3 и кривой 3204 с амплитудой V_4 и коэффициентом загрузки δ_4 . Закон сохранения энергии допускает только $V_1 > V_2$, $V_1 > V_3$ и $V_1 > V_4$. Четыре соответствующих средних напряжения равны V_1 , $\delta_2 \times V_2$, $\delta_3 \times V_3$ и $\delta_4 \times V_4$ соответственно.

Как показано на фиг. 3С, генерируемая мощность изображена кривой 3301; постоянная DC мощность $P_1 = V_1 \times I_1$, при этом пренебрегая потерями (вход=выход), три примерных мощности обычного средства извлечения мощности с PWM, характеризующие три разных случая требования нагрузки, изображены кривой 3302 с амплитудой $P_2 = V_2 \times I_2 \times pf$ и коэффициентом загрузки δ_2 , где pf коэффициент мощности нагрузки, кривой 3303 с амплитудой $P_3 = \delta_3 \times I_3 \times Pf$ и коэффициентом загрузки δ_3 , и кривой 3304 с амплитудой $P_4 = V_4 \times I_4 \times pf$ и коэффициентом загрузки δ_4 . Закон сохранения энергии допускает только $P_1 > P_2$, $P_1 > P_3$ и $P_1 > P_4$. Четыре средние величины мощности равны P_1 , $\delta_2 \times P_2 \times pf$, $\delta_3 \times P_3 \times pf$ и $\delta_4 \times P_4 \times pf$ соответственно.

Доля энергии, извлекаемая из генератора устройством извлечения мощности с PWM, представляет собой усредненную мощность на выходе средства извлечения энергии, деленную на усредненную генерируемую мощность. Доли энергии данных представленных трех обычных извлечений составляют $\delta_2 \times pf \times P_2 / P_1$ для кривой 3302, $\delta_3 \times pf \times P_3 / P_1$ для кривой 3303 и $\delta_4 \times pf \times P_4 / P_1$ для кривой 3304 соответственно. Следовательно, эффективность извлечения энергии для средства извлечения энергии с PWM не может быть больше 0,6; т.е. рассматривая предельный случай, когда $P_1 = P_2$ и $\delta_2 = 0,8$ (который представляет собой обычный верхний коэффициент загрузки в пределах 0,3-0,8) и также принимая $pf = 0,75$. В других случаях $P_1 > P_2$ делает эффективность извлечения энергии еще меньше; и к тому же чем меньше коэффициент загрузки (в случаях низкого производства мощности или низкого требования нагрузки), тем меньше эффективность извлечения энергии.

Как было проанализировано выше, (1) при использовании обычного средства извлечения мощности, используемого в большинстве "солнечных уличных фонарей", упомянутое устройство с PWM способно извлекать только менее 60% солнечной электрической мощности, генерируемой солнечными панелями; (2) при использовании надлежащим образом выполненного устройства 1230 извлечения избы-

точной энергии, содержащего средство 1233 извлечения и хранилище 1235, принципы, описанные в данном документе, способны улучшить извлечение энергии по меньшей мере в 1,5 раза по сравнению с обычным средством извлечения энергии с PWM. Данный раздел очевидно выявляет основную причину неэффективности и нерациональности в использовании обычных средств извлечения.

Раздел четвертый. Предлагаемые механизмы для идеального извлечения энергии.

Существует три способа исполнения устройства 1233 для извлечения из генератора максимальных количеств избыточной энергии, которая представляет собой энергию, оставшуюся от обычного устройства 1210 извлечения энергии. В данном документе упомянутые три способа называются активным способом, пассивным способом и комбинацией упомянутых двух способов. В данном документе устройство 1230 называется "регулятором избытка", а устройство 1233 называется "основным регулятором избытка". Например, в случае, когда устройство 1210 представляет собой "чисто синусоидальный инвертор DC/AC", принципы, описанные в данном документе, предлагают добавлять другой, сдвинутый по фазе на 90° инвертор 1233А с его фазой, синхронизированной с первым инвертором 1210. В данном документе модуль 1233А называется "активным средством извлечения избытка".

Для уточнения фиг. 4 показывает данную концепцию схематично; кривая 4101 изображает генерируемую DC мощность P_1 . Мощность извлекается обычным средством извлечения энергии, инвертор 1210 показан в виде кривой 4102, характеризующей извлекаемую мощность $P_2 \times \cos(\omega t) \times \cos(\omega t)$. Кривая 4120 изображает мощность, извлекаемую другим инвертором 1233А, который сдвинут по фазе на 90° , т.е. $P_2 \times \sin(\omega t) \times \sin(\omega t)$. Отмечается, что $\cos(\omega t) \times \cos(\omega t) + \sin(\omega t) \times \sin(\omega t)$ тождественно равны единице. Таким образом, как показано на фиг. 4, суммарная мощность, извлекаемая упомянутыми двумя устройствами 1210 и 1233А, равна P_2 .

Если $P_2 = P_1$, то суммарная эффективность извлечения энергии этих двух объединенных устройств равна полным 100%. Если $P_2 < P_1$, то существует еще некоторое постоянное количество $(P_1 - P_2)$ мощности, оставшейся от объединенного извлечения. Данная постоянная остаточная мощность может быть эффективно и просто извлечена посредством соответствующего емкостного/фарадеевского устройства 1233В для достижения теоретически идеального извлечения. В данном документе устройство 1233В называется "пассивным средством извлечения избытка". Упомянутое емкостное/фарадеевское устройство 1233В может представлять собой часть хранилища 1235 энергии; но на фиг. 1В оно показано в виде отдельного модуля, чтобы подчеркнуть его отдельную функцию. Посредством объединения извлечения в устройствах 1233 и 1210 можно теоретически извлекать всю генерируемую энергию.

В случае, когда устройство 1210 представляет собой средство извлечения энергии с PWM, данное изобретение предлагает добавить другое, сдвинутое по фазе средство 1233А извлечения энергии с PWM с его фазой, синхронизированной с первым средством извлечения 1210. Данная концепция схематично показана на фиг. 5. Кривая 5101 изображает генерируемую DC мощность P_1 . Мощность, извлекаемая посредством PWM 1210, показана кривой 5102, характеризующей извлекаемую мощность с амплитудой P_2 и коэффициентом загрузки δ_2 . Кривая 5102, характеризующая мощность, извлекаемую другим PWM 1233А, сдвинута по фазе с первым средством извлечения 1210, и при извлекаемой мощности с амплитудой P_2 , коэффициентом загрузки $(1 - \delta_2)$ и сдвинутой по фазе относительно кривой 5102. В этом случае суммарная объединенная извлеченная мощность точно равна P_2 , как показано на фиг. 5.

Если $P_2 = P_1$, суммарная эффективность извлечения энергии этих двух объединенных устройств равна полным 100%. Если $P_2 < P_1$, то существует постоянная мощность $P_1 - P_2$, остающаяся от объединенных двух устройств 1210 и 1233А извлечения мощности. Данная постоянная избыточная мощность может быть эффективно и просто извлечена посредством соответствующего емкостного/фарадеевского устройства 1233В для достижения идеального извлечения. Упомянутое емкостное/фарадеевское устройство может представлять собой часть хранилища 1235 энергии; но на фиг. 1В оно показано в виде отдельного модуля, чтобы подчеркнуть его отдельную функцию. При объединении устройств 1233 и 1210 извлечения можно теоретически также извлекать всю генерируемую энергию.

Отмечается, что разные производства мощности и требования нагрузки будут создавать разную избыточную мощность (т.е. $(P_1 - P_2)$), которая должна в идеале отбираться пассивным средством 1233В извлечения избытка. К счастью, на практике энергосистема не требует точного соответствующего емкостного/фарадеевского устройства 1233В для пассивного извлечения наибольших количеств остающейся избыточной мощности. Используя фундаментальные профессиональные знания по электротехнике, можно разработать оптимальные варианты необходимого емкостного/фарадеевского устройства для пассивного извлечения максимального количества оставшейся избыточной мощности. Однако в этом случае рабочее напряжение генератора будет пассивно сдвинуто от напряжения МРРР до нового напряжения, которое определяет максимальное извлечение мощности (суммируя всю мощность, извлекаемую средствами 1210, 1233А и 1233В извлечения мощности). На практике, это новое напряжение обычно близко к напряжению МРРР. Другими словами, подсистема производства/извлечения мощности системы, реализующей принципы, описанные в данном документе, способна еще работать при напряжении, близком к МРРР, чтобы максимизировать сумму извлекаемой мощности; и в то же время производит почти максимальную мощность.

Раздел пятый. Обзор обычных средств управления выдачей энергии.

В данном разделе рассматриваются обычные средства управления выдачей (отпуском) энергии. После извлечения энергии из генератора энергосистема должна предварительно обрабатывать/подготавливать энергию и затем выдавать энергию в нагрузку 1300 для потребления. В данном документе данный процесс называется "отпуском энергии" или предпочтительно называется "выдачей энергии".

Первой важной проблемой в управлении выдачей (отпуском) энергии является защита энергосистемы от перегружающей потребности в мощности. Второй проблемой является предохранение энергосистемы от повреждения вследствие отключения нагрузки. Другими словами, мгновенная потребность в мощности не должна превышать ее расчетной максимальной производительности (определяемой в следующем параграфе); в противном случае нагрузка может быть отключена. Кроме того, управление выдачей энергии должно мгновенно справляться с любым внезапным отключением нагрузки, чтобы предотвратить повреждение оборудования, в частности повреждение в электронном редукторе.

Мгновенная максимальная производительность обычной электростанции может быть определена экспериментально посредством следующих измерений: (а) измерить мгновенное генерирование максимальной мощности P_1^* ; (b) измерить мгновенное извлечение максимальной мощности P_2^* ; данная мощность P_1^* проходит через устройство 1210 так, чтобы производить измеренную $P_2^* < P_1^*$; и (с) измерить мгновенную максимальную выданную мощность P_3^* ; данная мощность P_2^* проходит через устройство 1220 так, чтобы производить измеренную P_3^* , $P_3^* < P_2^* < P_1^*$. P_3^* определяется как мгновенная производительность данной электростанции. Это максимальная доступная мощность для нагрузки в данный момент. Когда P_1^* достигает расчетной максимальной величины, соответствующая P_3^* называется "расчетной максимальной производительностью" энергосистемы. Отмечается, что величины P_1^* , P_2^* и P_3^* в экологически чистой энергосистеме (такой как солнечная электростанция) изменяются во времени; а также $P_2^* \ll P_1^*$ при использовании обычного средства (средств) извлечения энергии.

Зная измеренную мощность P_3^* на выходе 1220, можно определить мгновенную производительность электростанции. Однако вследствие тесной связи с требованием нагрузки, мгновенная эффективность выдачи энергии все же неизвестна. Например, когда нагрузка 1300 требует мощности P_3 , а P_3 меньше, чем P_3^* , устройство 1220 способно выдавать данное количество мощности P_3 в нагрузку. В этом случае мгновенная эффективность выдачи энергии равна требованию P_3 , нагрузки, деленному на P_2^* . Однако когда требование P_3 нагрузки превышает мгновенную производительность P_3^* , устройство 1220 может отказывать данному требованию нагрузки; и нагрузка отключается, приводя мгновенную эффективность выдачи энергии к нулю.

Отмечается, что упомянутое количество несогласованной мощности ($P_3^* - P_3$) не может быть выдано в нагрузку для потребления; и такие несогласованные количества превращаются в нагревательную мощность для системы, которая может быть нежелательной. Когда нагрузка отключена, $P_3 = 0$. В этом случае значительная нагревательная мощность P_3^* попадает прямо в схемы системы. Данная колоссальная нагревательная мощность способна раскалять элементы системы; генератор, средство извлечения или редуктор управления. Поскольку подвод первичной энергии может изменяться во времени с большой амплитудой, например от нуля до некоторой значительной максимальной величины, мгновенная производительность P_3^* экологически чистой энергосистемы может также изменяться от нуля до некоторой значительной максимальной величины. Таким образом, постоянное значительное требование нагрузки P_3 часто может превышать P_3^* ; нагрузка отключается от источника энергии, приводя мгновенную эффективность выдачи энергии (и таким образом, эффективность использования энергии) к нулю. Любая экологически чистая энергосистема, приспособленная для удовлетворения значительного постоянного требования нагрузки (такой как солнечная водонапорная станция) будет неизбежно и часто сталкиваться с данной проблемой.

Например, солнечный свет является первичной энергией для солнечных водонапорных станций, которые приспособлены для приведения в движение значительной нагрузки во время накачивания воды. В солнечный ясный день величина потока солнечного света, попадающего на солнечные панели, начинается с нуля на рассвете. Упомянутый поток определяется как суммарное количество фотонов, попадающих на заданную площадь солнечных панелей за единицу времени. На рассвете солнечный свет светит горизонтально и не проходит через горизонтально установленные солнечные панели. Таким образом, на рассвете упомянутый поток равен нулю. Поток солнечного света постепенно увеличивается до полудня (когда поток направлен вниз на поверхность панелей), чтобы достигнуть его значительного максимального производства мощности. Затем после полудня поток солнечного света постепенно уменьшается, возвращаясь к нулю вечером на закате, когда солнечные лучи снова светят горизонтально. Однако в данный примерный день могут быть густые облака, отбрасывающие темную тень на солнечные панели в течение некоторого периода времени. Если тень слишком темная, для того чтобы система выдавала необходимую мощность для поддержания работающего насоса, то насос отключает нагрузку. Данная генерируемая мощность может быть недостаточной для приведения в движение большой накачивающей нагрузки, но может сильно повредить электронный редуктор внутри. Принципы, описанные в данном документе, решают также и эту проблему.

С другой стороны, производительность P_3^* может быть больше, чем требование P_3 нагрузки; и мощность ($P_3^* - P_3$) не выдается в нагрузку. Данная избыточная энергия теряется без хранилища энергии. Данная часть потерянной энергии должна быть учтена как другая неэффективность устройства 1200. Для уменьшения капитальной стоимости станции обычно большие коммерческие солнечные электростанции не приспособлены для содержания хранилища энергии. Таким образом, вышеприведенные выводы упомянутого анализа отражают реальные и общеизвестные проблемы.

Для того чтобы оценить эффективность выдачи энергии устройства 1220; в качестве примера рассмотрим следующие сценарии, отражающие общеизвестные, обычные и реальные ситуации. Предположим, что существует солнечная водонапорная станция, которая накачивает воду с водяным столбом 120 м и которая состоит из четырех промежуточных ступенчатых накачивающих участков, каждый с водяным столбом 30 м. Все 4 насоса с одинаковой рабочей номинальной мощностью P_T и одинаковой требуемой пусковой мощностью P_s . Обычно $P_s > 3P_T$, некоторые насосы требуют даже $P_s > 7P_T$.

Сначала рассмотрим обычную солнечную водонапорную станцию. Солнечная водонапорная станция насчитывает "12 временных периодов одного конкретного погожего солнечного дня". Эти 12 периодов описаны ниже.

(1) До рассвета (примерно в 6 ч утра) солнечные панели (называемые в дальнейшем солнечной электростанцией) не генерируют никакой электроэнергии, поскольку энергия солнечного света не поступает; $P(t_1)=0$; мощность не генерируется, не извлекается, не выдается и энергия не используется. Использование энергии равно нулю.

(2) С рассвета (6 ч утра) до 7 ч утра солнечная электростанция генерирует солнечную мощность P_1^* , извлекаемая мощность P_2^* , и обладает производительностью $P(t_2) < P_T$, и поэтому извлекаемая мощность не вполне достаточна даже для поддержания работающего насоса P_T ; $P_T = V_T \times I_T$, где V_T и I_T - номинальное напряжение и ток, требующиеся для поддержания работающего насоса. Поскольку для извлечения генерируемой мощности используется инвертор DC/AC, $P_2^* < 0,4P_1^*$, производительность $P(t_2) = P_2^*$ (пренебрегая потерями мощности в 1220), и $P_2^* < P_T$. Электростанция производит мощность $P_1^* < 2,5P_T$, извлекает мощность $P_2^* < P_T$ и обладает производительностью меньше, чем требуемая мощность для накачки. Следовательно, извлекаемая мощность не включает насос в качестве нагрузки для потребления генерируемой солнечной мощности; и использование энергии также равно нулю.

(3) С 7 ч утра до 8 ч утра солнечная электростанция увеличивает производство солнечной мощности; производимая мощность $\sim 2,5 \times 1,3P_T$, извлекаемая мощность $\sim 1,3P_T$ и обладает производительностью до $P(t_3) \sim 1,3P_T$, достаточной для поддержания одного работающего насоса; но не вполне достаточной для запуска насоса (при P_s , $P_s = V_s \times I_s$). Отмечается, что обычно для запуска насоса требуется ток, в 3 раза больше I_T ($I_s > 3I_T$) при его номинальном напряжении. Использование энергии также равно нулю.

(4) С 8 ч утра до 10 ч утра солнечная электростанция увеличивает генерирование солнечной мощности; производимая мощность $\sim 2,5 \times 2,9P_T$, извлекаемая мощность $\sim 2,9P_T$ и обладает производительностью до $P(t_4) \sim 2,9P_T$. Этого вполне достаточно для поддержания одного работающего насоса; но еще недостаточно для запуска насоса. Электростанция не способна включать насос в качестве нагрузки для потребления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии также равно нулю.

(5) С 10 ч утра до 12 ч дня солнечная электростанция увеличивает генерирование солнечной мощности; производимая мощность станции $\sim 2,5 \times 3,7P_T$, извлекаемая мощность $\sim 3,7P_T$ и обладает производительностью до $P(t_5) \sim 3,7P_T$. Этого вполне достаточно для запуска одного насоса. Станция способна запускать только один насос и включать нагрузку насоса для потребления генерируемой мощности. В данный период времени использование энергии составляет всего $2 \times P_T$.

(6) В полдень в течение ~ 30 мин внезапно большая туча закрывает часть неба над станцией и отбрасывает тень на солнечные панели; это называется "затенением". Производительность $P(t_6)$ становится ниже P_T ; система отключает нагрузку и в данный период потребление мощности отсутствует. Использование энергии также равно нулю.

(7) С 12:30 до 2 ч дня интенсивность затенения постепенно уменьшается, что позволяет генерировать солнечную мощность $2,5 \times 2,9P_T$; извлекаемая мощность $2,9P_T$ с производительностью до $P(t_7) \sim 2,9P_T$, вполне достаточной для поддержания одного работающего насоса, но недостаточной для запуска насоса. Станция еще не способна включать насос в качестве нагрузки для потребления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии также равно нулю.

(8) С 2 ч дня до 4 ч дня солнечный луч вполне достаточный для генерирования солнечной мощности $2,5 \times 3,3P_T$; извлекаемая мощность $3,3P_T$, производительность до $P(t_8) \sim 3,3P_T$; вполне достаточная для запуска одного насоса ($P_s > 3P_T$). Один насос запускается и включается для потребления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии составляет всего $2 \times P_T$.

(9) После 4 ч дня до 5 ч дня солнечная электростанция уменьшает генерирование солнечной мощности; извлекаемая мощность $2,3P_T$ при производительности до $P(t_9) \sim 2,3P_T$; еще достаточно для поддержания работающего насоса. Станция еще включает нагрузку насоса для потребления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии составляет всего $1 \times P_T$.

(10) После 5 ч вечера до 5:30 вечера солнечная электростанция уменьшает генерирование солнеч-

ной мощности; извлекаемая мощность $1,1P_T$ при производительности до $P(t_{10}) \sim 1,1P_T$; еще достаточно для поддержания работающего насоса. Станция еще включает нагрузку насоса для потребления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии составляет всего $0,5 \times P_T$.

(11) После 5:30 вечера до 6 ч вечера солнечный луч слабый, генерирование мощности электростанции колеблется, повышаясь и понижаясь, при производительности $P(t_{11})$, также колеблющейся на уровне $\sim 1,1P_T$ или ниже P_T . Как только она опускается ниже P_T , станция отключает насос и не обладает достаточной мощностью для запуска насоса снова в течение данного периода времени. Станция не включает насос для потребления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии опять равно нулю.

(12) С 6 ч вечера до 7 ч вечера (сумерки на закате); хотя солнечная электростанция еще генерирует некоторую мощность с производительностью $P(t_{12}) < P_T$, однако этого недостаточно для поддержания работающего насоса. Насос остается выключенным; при этом потребление мощности отсутствует. После заката солнечного света не будет до следующего рассвета; поэтому генерирование солнечной мощности прекращается и насос также полностью останавливается. Использование энергии опять равно нулю.

Суммарное использование энергии данной обычной солнечной водонапорной станции равно сумме использования энергии в течение упомянутых 12 периодов; всего $5,5 \times P_T$ (Вт·ч) за целый день. Суммарная доступная энергия для выдачи для потребления равна сумме производительности, умноженной на временной период в течение 12 периодов; примерно $28, 3 \times P_T$ (Вт·ч). Таким образом, эффективность выдачи энергии данной обычной солнечной водонапорной станции равна $5,5$, поделенной на $28,3$, что составляет $0,1943$, т.е. примерно $19,4\%$. Поскольку средство извлечения энергии представляет собой инвертор DC/AC, доля извлечения энергии меньше $0,4$ (пренебрегая энергией, расходуемой устройством 1210 и устройством 1220), полученные в четвертом разделе. Таким образом, эффективность использования энергии и эффективность контроллера меньше, чем $0,4 \times 0,1943 = 0,0777$, т.е. $< 10\%$.

Раздел шестой. Управление выдачей энергии.

Прежде чем проводить оценку эффективности выдачи энергии устройства 1220 в солнечной водонапорной станции, реализующей принципы, описанные в данном документе, дополнительно уточним функции управления, рассчитанные на новые модули 1233C и 1233D. Для повышения эффективности выдачи энергии принципы, описанные в данном документе, предлагают включать в устройство 1230 модули 1233C и 1233D. Модуль 1233C приспособлен для селективного регулирования величины мощности, извлекаемой устройством 1210; для регулирования и производства точного количества энергии P_2 в качестве ввода в устройство 1220; так что устройство 1220 способно выдавать достаточное количество мощности для точного удовлетворения требования нагрузки, когда упомянутое требование меньше, чем производительность. Когда требование нагрузки больше, чем производительность, модуль 1233C также приспособлен для селективного регулирования устройства 1210 так, чтобы извлекать максимальное количество мощности P_2^* из мгновенной максимальной производительной мощности P_1^* генератора; а также для регулирования модуля 1233D для подготовки и отпуска необходимой дополнительной мощности P_2^{**} из хранилища 1235 и 1233B, так что когда объединенная мощность $p_2^* + p_2^{**}$ отпускается в устройство 1220, устройство 1220 способно выдавать достаточное количество мощности для точного удовлетворения требования нагрузки. Это обеспечивает увеличение энергии электропитания, чтобы помочь устройству 1220 справляться в более высокой потребности в мощности, чем мгновенная производительность системы, обеспечиваемая мгновенной максимальной мощностью, генерируемой генератором 1100. Благодаря своим функциональным характеристикам, устройство 1220 в данном документе называется "регулятором мощности электропитания", модуль 1233C называется "регулятором электропитания", а модуль 1233D называется "регулятором регулирования энергии".

В следующей части данного описания оценивается эффективность выдачи (отпуска) энергии устройства 1220 в солнечной водонапорной станции, использующей данное изобретение. Как было описано выше, мы опять используем пример, в котором существует солнечная водонапорная станция с водяным столбом 120 м, которая состоит из четырех промежуточных ступенчатых накачивающих участков; каждый накачивающий участок с водяным столбом 30 м. 4 насоса с одинаковой рабочей мощностью P_T и с одинаковой требуемой пусковой мощностью P_s . Данная солнечная водонапорная станция работает в тех же условиях солнечного освещения, которые были описаны выше.

Без потери общности, но для упрощения анализа, данный анализ пренебрегает всеми потребностями мощности в устройствах 1210, 1230 и 1220; и принимая эффективность извлечения энергии равной 100% , что в $2,5$ раза увеличивает производительность по сравнению с вариантом с обычным инвертором. Упомянутые 12 сценариев временных периодов были повторены и описаны ниже.

(1) До рассвета (т.е. 6 ч утра) солнечная электростанция не генерирует никакой электроэнергии, поскольку солнечный свет отсутствует; $P(t_1) = 0$. Таким образом, использование энергии равно нулю.

(2) С рассвета (6 ч утра) до 7 ч утра солнечная электростанция генерирует солнечную мощность с производительностью $P(t_2) < 2,5 \times P_T$ (Вт), которой вполне достаточно для поддержания работающего насоса, но недостаточно для запуска насоса P_s ; $P_T = V_T \times I_T$, где V_T и I_T - номинальное напряжение и ток, требующиеся для поддержания работающего насоса. Отмечается, что для запуска насоса обычно требуется ток, в 3 раза больше I_T ($I_s > 3I_T$) при его номинальном напряжении. Таким образом, станция не включает

насос в качестве своей нагрузки для потребления генерируемой солнечной мощности. Однако модуль 1233С регулирует устройства 1210, 1233А и 1233В для накопления и сохранения доступной энергии $\sim 2P_r$ (Вт·ч) в хранилище энергии; использование энергии составляет $\sim 2P_r$ (Вт·ч).

(3) С 7 ч утра до 8 ч утра солнечная электростанция увеличивает генерирование мощности при производительности до $P(t_3) \sim 2,5 \times 1, 3P_r = 3,25P_r$ (Вт), достаточной для запуска одного насоса, и затем использует накопленную энергию для запуска других 2 насосов, чтобы получить 3 одновременно работающих насоса. Отмечается, что хотя пусковая мощность для насоса большая, для запуска насоса и достижения его нормальной номинальной мощности требуется всего несколько секунд. Таким образом, дополнительная потребляемая энергия для запуска насоса мала по сравнению с энергией для длительной работы. Таким образом, от запуска двух насосов нет большого отвода энергии из хранилища. Использование энергии насосами составляет $3P_r$, а остающаяся накопленная энергия составляет $0,25P_r$. Суммарное использование энергии составляет $3,25P_r$ с запасом аккумулированной энергии $\sim 2,25P_r$.

(4) С 8 ч утра до 10 ч утра солнечная электростанция увеличивает генерирование солнечной мощности при производительности до $P(t_4) \sim 2,5 \times 2,9P_r = 7,25P_r$ (Вт). Этого вполне достаточно для поддержания 3 работающих насосов, а также для запуска последнего насоса для получения водяного столба высотой 120 м с четырехступенчатой системой накачки в общей сложности. Станция включает 4 насоса в качестве своей нагрузки для потребления генерируемой солнечной мощности $4P_r$ и запасает доступную мощность $3,25P_r$ в течение данного периода. Использование энергии насосами составляет $2 \times 4P_r = 8P_r$ (Вт·ч) и накопленная остающаяся энергия составляет $2 \times 3,25P_r = 6,5P_r$ (Вт·ч). Суммарное использование энергии составляет $14,5P_r$ (Вт·ч) с запасом аккумулированной энергии в хранилище 1235 и 1233В, составляющим $8,75P_r$ (Вт·ч).

(5) С 10 ч утра до 12 ч дня солнечная электростанция увеличивает генерирование мощности с производительностью до $P(t_5) \sim 2,5 \times 3,7P_r = 9,25P_r$ (Вт), которой вполне достаточно для поддержания работы 4 насосов и накопления остающейся мощности $5,25P_r$ в хранилище энергии на протяжении 2 ч. Использование энергии насосами составляет $2 \times 4P_r = 8P_r$ и использование запаса энергии составляет $2 \times 5,25P_r = 10,5P_r$. Суммарное использование энергии составляет $18,5P_r$ с аккумулированной энергии $19,25P_r$ в хранилищах 1235 и 1233В.

(6) В полдень внезапно большая туча в течение ~ 30 мин закрывает часть неба над станцией и отбрасывает тень на солнечные панели; это называется "затенением". Производительность $P(t_6)$ опускается ниже $2,5P_r$. Данный анализ не учитывает генерируемую солнечную мощность; требует, чтобы система выдавала всю недостающую энергию ($0,5$ ч с мощностью $4P_r$) из хранилища аккумулированной энергии для поддержания нагрузки насосов; т.е. пренебрегая солнечной мощностью, генерируемой в течение этих 30 мин; и вынуждая хранилище энергии обеспечивать потребление мощности всех 4 насосов в данный период. Использование энергии насосами составляет $0,5 \times 4P_r = 2P_r$, и энергия, отбираемая из хранилища энергии, также составляет $2P_r$ для баланса энергии. Суммарное использование энергии составляет $2P_r$; накопленная аккумулированная энергия также уменьшается на $2P_r$ до $12,25P_r$.

(7) С 12:30 до 2 ч дня интенсивность затенения постепенно уменьшается, что позволяет генерировать солнечную мощность с производительностью до $P(t_7) \sim 2,5 \times 2,9P_r = 7,25P_r$ (Вт), вполне достаточной для поддержания 4 работающих насосов; и накопления оставшейся мощности $3,25P_r$ в течение 1,5 ч. Станция включает 4 насоса в качестве своей нагрузки для потребления генерируемой солнечной мощности; использование энергии насосами составляет $1,5 \times 4P_r = 6P_r$. Использование накопленной энергии составляет $1,5 \times 3,25P_r = 4,875P_r$. Суммарное использование энергии составляет $10,875P_r$; накопленная запасенная энергия увеличивается до $22,125P_r$.

(8) С 2 ч дня до 4 ч вечера солнечное освещение вполне достаточное для генерирования солнечной мощности с производительностью до $P(t_8) \sim 2,5 \times 3,3P_r = 8,25P_r$, которой вполне достаточно для поддержания 4 работающих насосов и накопления мощности $4,25P_r$ в хранилище в течение 2 ч. Использование энергии насосами составляет $2 \times 4P_r = 8P_r$; и использование накопленной энергии составляет $8,5P_r$. Суммарное использование энергии составляет $16,5P_r$, при этом аккумулируемая накопленная энергия достигает $30,625P_r$.

(9) После 4 ч вечера до 5 ч вечера солнечная электростанция уменьшает генерирование солнечной мощности при производительности $P(t_9) \sim 2,5 \times 2,3P_r = 5,75P_r$, достаточной для поддержания 4 работающих насосов. Станция еще включает нагрузку насосов и хранилище для потребления и накопления генерируемой солнечной мощности. Использование энергии насосами составляет всего $4P_r$, использование энергии хранилища составляет $1,75P_r$. Суммарное использование энергии составляет $5,75P_r$; запас аккумулированной энергии достигает $32,375P_r$.

(10) После 5 ч вечера до 5:30 солнечная электростанция уменьшает генерирование солнечной мощности при производительности до $P(t_{10}) \sim 2,5 \times 1,1P_r = 2,75P_r$, недостаточной для поддержания 4 работающих насосов, но устройства 1233С и 1233D управляют хранилищем так, чтобы выдавать недостающую мощность $1,25P_r$ в течение 30 мин для поддержания работы 4 насосов в данный период. Использование энергии насосами составляет $0,5 \times 4P_r = 2P_r$, и хранилище обеспечивает выпуск энергии $0,5 \times 1,25P_r = 0,625P_r$.

в соответствии с законом сохранения энергии. Суммарное использование энергии насосами составляет $2,75P_r$; и аккумулированная запасенная энергия уменьшается до $31,75P_r$.

(11) После 5:30 до 6 ч вечера солнечный свет слабый, генерирование солнечной мощности станцией колеблется, повышаясь и понижаясь, при производительности $P(t_{11})$, также колеблющейся на уровне $\sim 2,5 \times 1,1P_r$ или меньше P_r . Данный анализ не учитывает производство солнечной энергии в данный период, хранилище выдает всю необходимую энергию для поддержания работы 4 насосов в течение 30 мин. Использование энергии насосами составляет $0,5 \times 4P_r = 2P_r$. Суммарное использование энергии насосами составляет $2P_r$; и запас аккумулированной энергии также уменьшается на $2P_r$ до $29,75P_r$.

(12) С 6 ч вечера до 7 ч вечера (закат), хотя солнечная электростанция еще генерирует некоторую мощность при производительности $P(t_{12}) < 2,5P_r$. Данный анализ не учитывает производство данной мощности. 4 насоса поддерживаются работающими энергией из хранилища в течение более 7 ч; начиная с 6 ч до вечера при отсутствии солнечного освещения, затем насосы выключаются и ожидают следующего восхода солнца для подачи первичной энергии на станцию. Использование энергии 4 насосами составляет $29,75P_r$, которое полностью исчерпывает дневной запас энергии в хранилище.

Суммарное использование энергии солнечной водонапорной станцией, использующей принципы, описанные в данном документе, представляет собой сумму использования энергии в течение 12 временных периодов; примерно $72,75 \times P_r$ за весь день. Суммарная доступная энергия, которая должна быть выдана, представляет собой сумму производительности за упомянутые 12 периодов; примерно $75 \times P_r$. Таким образом, эффективность выдачи энергии данной солнечной водонапорной станции, использующей данное изобретение, равна $72,75P_r$, деленное на $75P_r$, т.е. 0,97 или 97%. При почти идеальном извлечении энергии эффективность использования энергии и также эффективность контроллера равна $\sim 97\%$, что значительно выше эффективности солнечной водонапорной станции без использования принципов, описанных в данном документе, которая в соответствии с вышеприведенной оценкой составляет менее 10%. Учитывая суммарное количество накачиваемой воды в течение суток, насос, использующий принципы, описанные в данном документе, по своей эффективности превосходит насос обычной солнечной водонапорной станции в $72,75/5,5 > 13$ раз. Какая разница!

Раздел седьмой. Заключение.

Вместо использования обычной "практики слепого подчинения МРРТ", принципы, описанные в данном документе, способны отделять производство и извлечение энергии от выдачи и потребления энергии. С одной стороны, производство и извлечение энергии могут быть оптимизированы посредством работы генератора и используемых активных/пассивных средств 1210, 1233А, 1233В извлечения и хранилища при новом напряжении максимального извлечения мощности. На практике данное новое напряжение очень близко к напряжению МРРРР. Кроме того, данные новые устройства способны активно/пассивно извлекать избыточную энергию, которая не забирается обычным устройством 1210 извлечения; для того чтобы обеспечивать почти 100% извлечение энергии из почти максимального производства мощности генератора; как описано в четвертом разделе.

С другой стороны, выдача энергии по требованию оптимизирована посредством добавления новых устройств 1233С и 1233D для активного/пассивного объединения мгновенной энергии, извлекаемой из генератора, и энергии, выдаваемой из хранилища энергии, так что устройство подготовки/выдачи энергии способно отпускать достаточное количество энергии в соответствии с техническими требованиями для точного удовлетворения потребности в мощности в данный момент; как описано в шестом разделе.

Таким образом, принципы, описанные в данном документе, могут быть реализованы так, что энергосистемы могут всегда работать в точке их максимального использования энергии (maximum energy utilization point - MEUP), чтобы получать максимальную выгоду от энергосистем; в частности экологически чистых энергосистем. Когда упомянутые подсистемы надлежащим образом согласованы для оптимизации эффективности на каждом этапе, измеренная эффективность использования энергии систем обычно повышается до 95%.

В итоге, во-первых, энергосистема, описанная в данном документе, включает устройство 1230 регулятора избытка; конкретно модули 1233А и 1233В для работы совместно с хранилищем 1235 энергии, чтобы активно и пассивно отбирать избыточную генерированную мощность, которая не извлекается обычным средством 1210 извлечения мощности. Таким образом, извлечение части энергии может быть увеличено более чем в 2 раза, чтобы почти идеально извлекать всю производимую мощность из генератора 1100.

Во-вторых, принципы, описанные в данном документе, добавляют модули 1233С и 1233D регуляторов для регулирования энергии для работы с хранилищами 1233А и 1235 энергии; так что процесс производства/извлечения энергии и процесс выдачи/потребления энергии могут быть разделены. Таким образом, упомянутые два процесса могут быть оптимизированы отдельно.

В-третьих, добавлен модуль 1233С для регулирования модуля 1233D для извлечения и регулирования достаточного количества "необходимой" дополнительной энергии из хранилища 1235 и 1233В энергии активно и пассивно. Данная дополнительная энергия объединяется с мгновенной электроэнергией, извлеченной устройством 1210 прямо из 1100, чтобы получить достаточное количество электроэнергии.

В-четвертых, когда достаточное количество энергии выдается в устройство 1220 (модули 1223 и 1225), электроэнергия подготавливается и выдается для точного удовлетворения мгновенного требования нагрузки. В данном документе модуль 1223 называется "регулятором подготовки мощности", а модуль 1225 называется "регулятором выдачи мощности".

Процесс оптимизации заключается в следующем:

(А) используя фундаментальные профессиональные знания по электротехнике, можно найти оптимальное решение для активного устройства 1233А извлечения избытка и пассивного устройства 1233В извлечения избытка, емкостного/фарадеевского устройства, так чтобы генератор 1100 был способен работать вблизи напряжения МРРТ, чтобы обеспечить почти максимальное преобразование мощности, а также максимизировать суммарное извлечение мощности, как описано в четвертом разделе.

(В) Произведенная электрическая мощность почти идеально извлекается посредством обычных и изобретенных средств 1210, 1233А и 1233В извлечения энергии активно и пассивно.

(С) Изобретенное устройство 1233С регулирует 1233D, чтобы извлекать и регулировать достаточное количество "необходимой" дополнительной энергии из хранилища 12 35 энергии и 1233В активно и пассивно. Данная дополнительная энергия объединяется и подготавливается с мгновенной электроэнергией, извлекаемой посредством 1210 прямо из 1100, чтобы обеспечить достаточное количество электроэнергии.

(D) Объединенное "достаточное количество электроэнергии" передается в устройство 1220 в качестве энергии в качестве ввода. Данная вводимая энергия проходит через модули 1220, модуль 1223 для подготовки; так что проходя через устройство 1225 превращается в выход из 1220.

(Е) Затем данная выходная мощность выдается для почти точного удовлетворения мгновенного требования нагрузки 1300. Таким образом, принципы, описанные в данном документе, теоретически способны максимизировать использование энергии до приблизительно 100%.

Другими словами, в соответствии с принципами, описанными в данном документе, генератор работает вблизи напряжения МРРР для производства почти максимальной мощности; включены изобретенные устройства извлечения энергии, чтобы максимизировать сумму извлечения всей произведенной мощности; избыточная энергия временно хранится в предусмотренных хранилищах энергии; добавлены изобретенные устройства для регулирования и объединения энергии из средства извлечения и из хранилища, чтобы обеспечить достаточное количество мощности в качестве ввода, для подготовки/выдачи, для почти точного удовлетворения мгновенного требования нагрузки.

Таким образом, данное изобретение способно максимизировать выгоду от энергосистем; в частности энергосистем, использующих первичные энергоресурсы, связанные с интенсивностью, изменяющейся во времени, такие как солнечный свет, ветер, приливы и отливы и движение волн.

Настоящее изобретение может быть осуществлено в других конкретных вариантах без отхода от его сущности или важнейших характеристик. Описанные варианты осуществления следует рассматривать во всех отношениях только как пояснительные и неограничивающие. Таким образом, объем изобретения определяется прилагаемой формулой, а не вышеприведенным описанием. Все изменения, которые находятся в пределах смысла и диапазона эквивалентности пунктов формулы, находятся в пределах их объема.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Энергосистема, содержащая генератор, который преобразует первичную энергию непосредственно в электричество постоянного тока (DC), причем электричество DC обеспечивается на выходе генератора; хранилище энергии; средство извлечения мощности, выполненное с возможностью извлечения первой мощности DC вида $P \times \cos^2(\omega t)$ (или $P \times \sin^2(\omega t)$) из генератора и хранилища энергии и преобразования извлеченной мощности DC в мощность AC, причем P представляет собой полную извлеченную мощность; и средство извлечения избыточной мощности, которое извлекает дополняющую мощность DC вида $P \times \sin^2(\omega t)$ (или соответственно $P \times \cos^2(\omega t)$), вырабатываемую в генераторе, но которая не была извлечена упомянутым средством извлечения мощности, и временно сохраняет по меньшей мере часть дополняющей мощности DC в упомянутое хранилище энергии, причем ввод средства извлечения избыточной мощности и ввод средства извлечения мощности подключены параллельно друг другу к выводу генератора, и средство извлечения мощности и средство извлечения избыточной мощности вместе извлекают полную мощность P.
2. Энергосистема по п.1, в которой электрическая частота изменяется во времени.
3. Энергосистема по п.1, в которой электрическая частота не изменяется во времени.
4. Энергосистема по п.1, в которой упомянутое средство извлечения мощности работает при рабочем напряжении, которое изменяется во времени.
5. Энергосистема по п.1, в которой упомянутое рабочее напряжение не изменяется во времени.
6. Энергосистема по п.1, в которой требование нагрузки энергосистемы изменяется во времени.

7. Энергосистема по п.6, в которой, когда упомянутое средство извлечения избыточной мощности извлекает по меньшей мере часть дополняющей мощности DC, вырабатываемой генератором, упомянутое средство извлечения избыточной мощности отводит по меньшей мере часть извлекаемой дополняющей мощности DC в хранилище электроэнергии, по меньшей мере, когда дополняющая мощность DC, извлекаемая упомянутым средством извлечения мощности, превышает нагрузку в энергосистеме.

8. Энергосистема по п.1, дополнительно содержащая силовое устройство, которое подготавливает и выдает мощность из хранилища энергии для удовлетворения требования нагрузки в энергосистеме, когда существует недостаточная мощность, извлекаемая упомянутым средством извлечения мощности для удовлетворения требования нагрузки.

9. Энергосистема по п.8, в которой упомянутое силовое устройство изменяет количество энергии, извлекаемой из хранилища энергии так, что упомянутое силовое устройство выдает энергию, которая, по меньшей мере, приблизительно соответствует мгновенно изменяющемуся требованию нагрузки.

10. Энергосистема по п.9, в которой упомянутый первичный источник энергии для первичной энергии представляет собой источник переменной энергии, так что генератор генерирует переменное количество электрической мощности.

11. Энергосистема по п.10, в которой упомянутое средство извлечения мощности дополнительно содержит средство слежения за точкой извлечения, которое следит за изменяющимся во времени напряжением извлечения максимальной объединенной мощности из энергосистемы посредством упомянутого средства извлечения мощности и посредством упомянутого средства извлечения избыточной мощности; и упомянутая система работает при данном напряжении точки максимального извлечения мощности.

12. Энергосистема по п.11, в которой уровень накопленной энергии упомянутого хранилища энергии изменяется во времени.

13. Энергосистема по п.11, в которой требование нагрузки изменяется во времени.

14. Энергосистема по п.13, в которой упомянутое силовое устройство изменяет количество энергии, извлекаемой из хранилища энергии так, что упомянутое силовое устройство выдает энергию, которая, по меньшей мере, приблизительно соответствует мгновенно изменяющемуся требованию нагрузки.

15. Энергосистема по п.1, в которой упомянутое средство извлечения избыточной мощности извлекает часть избыточной мощности для увеличения энергии, выдаваемой в энергораспределительную сеть.

16. Энергосистема по п.1, в которой упомянутое средство извлечения избыточной мощности дополнительно содержит регулятор избытка, который связан с регулируемым устройством извлечения, которое работает на той же электрической частоте, что и упомянутое средство извлечения мощности, для извлечения избыточной электрической мощности, которая получена из первичного источника, но не была извлечена упомянутым средством извлечения, и/или является результатом извлечения мощности, превышающей требование нагрузки.

17. Энергосистема по п.16, в которой упомянутое регулируемое средство извлечения представляет собой активное устройство, которое работает на той же электрической частоте, что и упомянутое средство извлечения мощности, и синхронизирует средство извлечения мощности со сдвигом по фазе приблизительно на 90° , так что регулируемое средство извлечения извлекает до дополняющего количества мощности в качестве избыточной мощности.

18. Энергосистема по п.16, в которой упомянутое регулируемое средство извлечения представляет собой комбинированное активное устройство, которое состоит из множества активных устройств, работающее на той же электрической частоте, что и средство извлечения мощности, но упомянутое множество активных устройств совместно извлекают до дополняющего количества мощности в качестве избыточной мощности.

19. Энергосистема по п.16, в которой упомянутое регулируемое средство извлечения представляет собой пассивное устройство со сдвигом по фазе приблизительно 90° от упомянутого средства извлечения мощности, чтобы извлекать до дополняющего количества мощности в качестве избыточной мощности.

20. Энергосистема по п.19, в которой упомянутое пассивное регулируемое средство извлечения представляет собой емкостное/фарадеевское устройство, которое обладает достаточно большой емкостью, чтобы сделать упомянутое пассивное регулируемое средство извлечения со сдвигом по фазе приблизительно 90° от упомянутого средства извлечения мощности, чтобы извлекать до дополняющего количества мощности в качестве избыточной мощности.

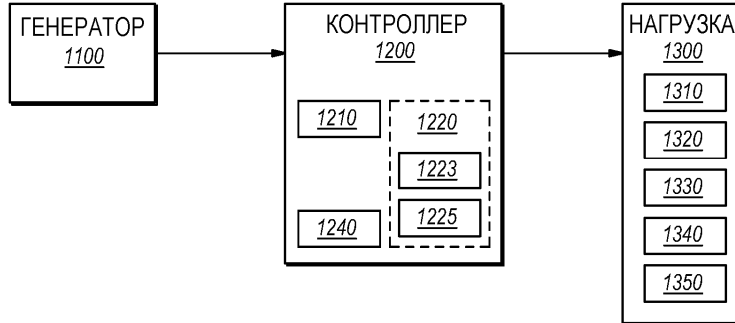
21. Энергосистема по п.18, в которой упомянутое регулируемое средство извлечения представляет собой комбинированное активное и пассивное устройство, так что упомянутое комбинированное активное и пассивное устройство совместно извлекает избыточную мощность до дополняющего количества мощности в качестве избыточной мощности.

22. Энергосистема по п.1, в которой упомянутое средство извлечения мощности и упомянутое средство извлечения избыточной мощности объединены в комбинированное устройство, которое выполняет обе функции извлечения энергии.

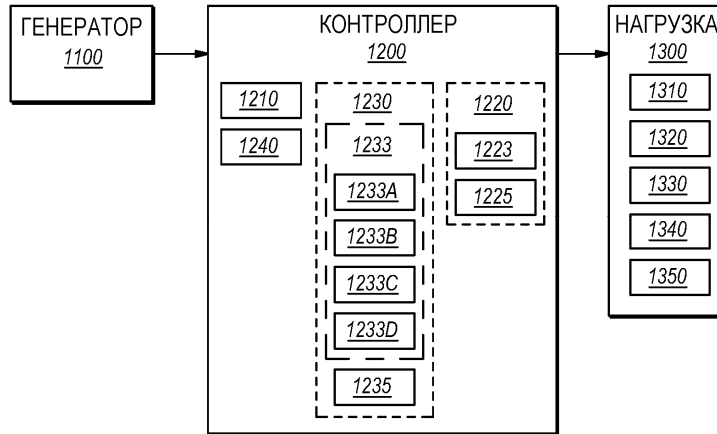
23. Энергосистема по п.22, в которой упомянутое хранилище энергии дополнительно выполнено с возможностью объединения с упомянутым средством извлечения мощности для превращения в комби-

нированное устройство для выполнения функций извлечения энергии и хранения энергии.

24. Энергосистема по п.1, в которой упомянутое средство извлечения мощности дополнительно выполнено с возможностью объединения с упомянутым силовым устройством и упомянутым средством извлечения избыточной мощности в комбинированное устройство, причем комбинированное устройство выполняет функции извлечения и выдачи энергии.



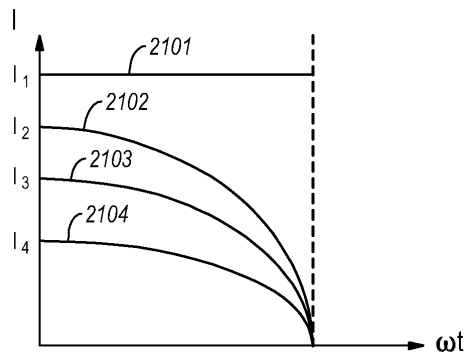
Фиг. 1А



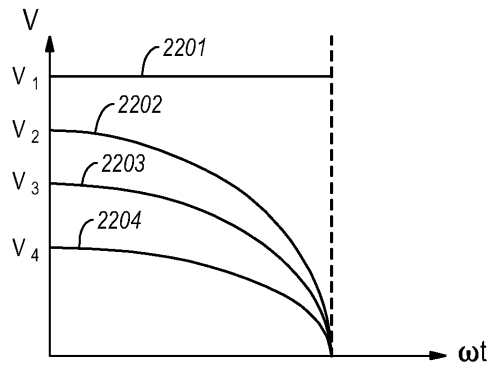
Фиг. 1В



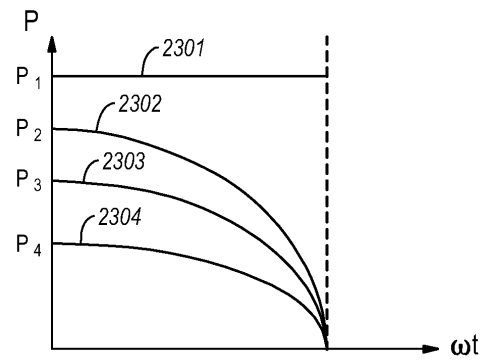
Фиг. 1С



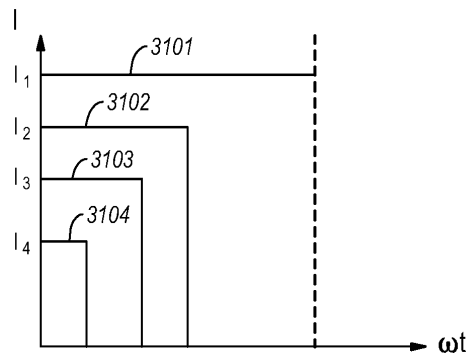
Фиг. 2А



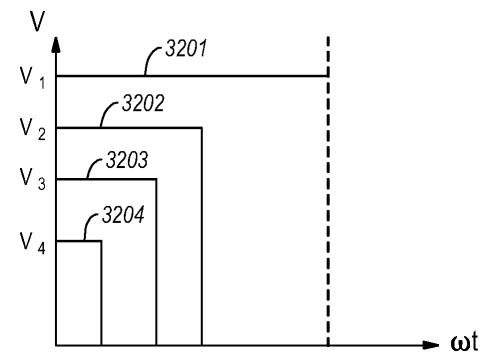
Фиг. 2В



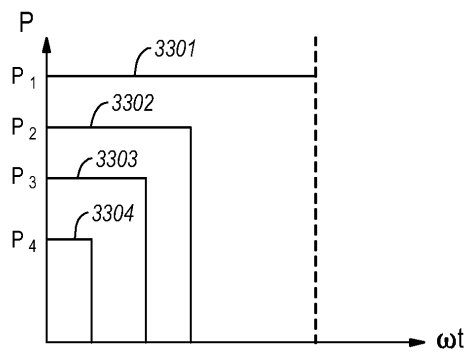
Фиг. 2С



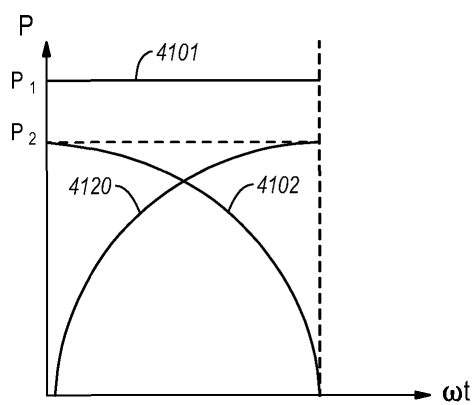
Фиг. 3А



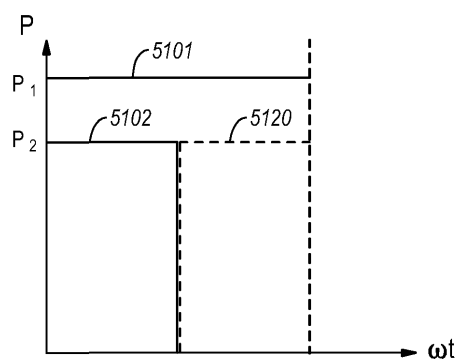
Фиг. 3В



Фиг. 3С



Фиг. 4



Фиг. 5

