

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038955**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.15

(21) Номер заявки
201791799

(22) Дата подачи заявки
2016.02.11

(51) Int. Cl. **F01K 3/12** (2006.01)
F01K 23/04 (2006.01)
F01K 25/10 (2006.01)

(54) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

(31) 1502249.4

(32) 2015.02.11

(33) GB

(43) 2018.01.31

(86) PCT/GB2016/050327

(87) WO 2016/128754 2016.08.18

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФЬЮЧЕБЭЙ ЛИМИТЕД (GB)

(72) Изобретатель:
Хатчингс Адриан Чарльз (GB)

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

(56) EP-A1-2653670
JP-A-S61237804
US-A1-2014298813

(57) Устройство для аккумуляции энергии, содержащее первый флюидальный контур, содержащий первый материал с фазовым переходом, причем первый флюидальный контур включает в себя первый сосуд для хранения и первый детандер и второй флюидальный контур, содержащий второй материал с фазовым переходом, обладающий точкой кипения, большей, чем точка кипения первого материала с фазовым переходом, причем второй флюидальный контур включает в себя второй сосуд для хранения и второй детандер. Устройство для аккумуляции энергии дополнительно содержит тепловой насос, имеющий теплообменник холодной стороны, термически связанный с первым флюидальным контуром, и теплообменник горячей стороны, термически связанный со вторым флюидальным контуром. Устройство функционирует в режиме зарядки, в режиме аккумуляции, следующем за режимом зарядки, и в режиме разрядки, следующем за режимом аккумуляции. В режиме зарядки на тепловой насос подают напряжение для охлаждения первого материала с фазовым переходом и для нагрева второго материала с фазовым переходом. В режиме аккумуляции первый материал с фазовым переходом хранят в первом сосуде для хранения, а второй материал с фазовым переходом хранят в виде сжатого пара во втором сосуде для хранения. В режиме разрядки испаренный первый материал с фазовым переходом расширяют в первом детандере и/или испаренный второй материал с фазовым переходом расширяют во втором детандере.

038955
B1

038955
B1

Данное изобретение относится к устройству и способу для аккумулирования энергии, а конкретнее, к устройству и способу для накопления энергии, в котором использовано аккумулирование тепловой энергии.

Уровень техники

В области производства электроэнергии часто существует несоответствие между подачей электроэнергии и потребностью в электроэнергии в любой данный момент времени.

В качестве примера, часто бывает эффективным непрерывно использовать электростанции, в отличие от их периодического запуска, для удовлетворения потребности в электроэнергии. Однако, при условии, что потребность в электроэнергии непрерывно колеблется (в частности, ночью, когда потребность может значительно падать), подача электроэнергии от электростанции часто может превышать уровень потребления. В качестве дополнительного примера, генераторы возобновляемой энергии часто производят энергию с колеблющимся уровнем энергии, из-за непредсказуемой и изменяемой природы возобновляемых источников (например, энергии ветра, энергии солнца, интенсивности солнечного света и т.д.), и эта зависящая от времени выходная мощность редко соответствует потреблению. Таким образом, существует потребность в системах аккумулирования энергии, которая может быть использована для аккумулирования энергии, производимой электрогенераторами (например, когда потребность в такой энергии низка), и впоследствии может быть пригодной для преобразования аккумулированной энергии назад в электроэнергию (например, при повышении потребления).

Известно несколько систем аккумулирования энергии, и они включают в себя системы, которые преобразуют электроэнергию в тепловую энергию, которую впоследствии сохраняют для дальнейшего использования.

Является предпочтительным, чтобы системы аккумулирования энергии можно было сконструировать и управлять ими при низких затратах, а более предпочтительным является, чтобы они несли низкие потери энергии, так, чтобы энергия, высвобожденная после аккумулирования, не была значительно ниже, чем исходная энергия, введенная в систему.

Задачей определенных вариантов воплощения настоящего изобретения является обеспечение рентабельного устройства для аккумулирования энергии.

Краткая сущность раскрытия

В соответствии с аспектом настоящего изобретения обеспечено устройство для аккумулирования энергии, содержащее

первый флюидальный контур, содержащий первый материал с фазовым переходом, причем первый флюидальный контур включает в себя первый сосуд для хранения и первый детандер;

второй флюидальный контур, содержащий второй материал с фазовым переходом, обладающий точкой кипения, большей, чем точка кипения первого материала с фазовым переходом, причем второй флюидальный контур включает в себя второй сосуд для хранения и второй детандер; и

тепловой насос, имеющий теплообменник холодной стороны, термически соединенный с первым флюидальным контуром, и теплообменник горячей стороны, термически соединенный со вторым флюидальным контуром,

причем устройство функционирует в режиме зарядки, в режиме аккумулирования, следующем за режимом зарядки, и в режиме разрядки, следующем за режимом аккумулирования;

причем в режиме зарядки на тепловой насос подают энергию для охлаждения первого материала с фазовым переходом и для нагрева второго материала с фазовым переходом;

в режиме аккумулирования первый материал с фазовым переходом хранят в первом сосуде для хранения, а второй материал с фазовым переходом хранят в виде сжатого пара во втором сосуде для хранения; и

в режиме разрядки испаренный первый материал с фазовым переходом расширяют в первом детандере, и/или испаренный второй материал с фазовым переходом расширяют во втором детандере.

Первый флюидальный контур может быть установлен таким образом, чтобы в режиме разрядки и/или в режиме аккумулирования первый материал с фазовым переходом можно было нагревать за счет тепловой энергии окружающей среды (или других вспомогательных источников тепла). Первый флюидальный контур может быть установлен таким образом, чтобы в режиме разрядки и/или в режиме аккумулирования первый материал с фазовым переходом можно было испарять за счет тепловой энергии окружающей среды (или других вспомогательных источников тепла).

Устройство может дополнительно содержать тепловую связь, установленную для передачи тепла от расширенного второго материала с фазовым переходом к первому материалу с фазовым переходом, и чтобы заставить первый материал с фазовым переходом испаряться или дополнительно нагреваться.

В определенных вариантах воплощения в режиме зарядки на тепловой насос может быть подана энергия для конденсации первого материала с фазовым переходом. В определенных вариантах воплощения режима аккумулирования сконденсированный первый материал с фазовым переходом может быть сохранен в виде жидкости или твердого тела.

Первый материал с фазовым переходом может иметь точку кипения, меньшую, чем тепло окружающей среды или другой источник тепла, используемый для его нагрева. В определенных вариантах

воплощения первый материал с фазовым переходом может иметь точку кипения менее 50°C при 1 бар, менее 40°C при 1 бар, менее 0°C при 1 бар, или менее -10°C при 1 бар.

Второй материал с фазовым переходом может иметь точку кипения, меньшую чем тепло окружающей среды или другой источник тепла, используемый для его нагрева. В определенных вариантах воплощения второй материал с фазовым переходом может иметь точку кипения менее 50°C при 1 бар, или менее 40°C при 1 бар. Дополнительно или в качестве альтернативы, второй материал с фазовым переходом может иметь точку кипения более 20°C при 1 бар, более 25°C при 1 бар или более 30°C при 1 бар.

В определенных вариантах воплощения первый сосуд для хранения может быть сконфигурирован таким образом, чтобы он изменял объем, для поддержания первого материала с фазовым переходом почти при постоянном давлении.

Дополнительно или в качестве альтернативы, второй сосуд для хранения сконфигурирован таким образом, чтобы он изменял объем, для поддержания второго материала с фазовым переходом почти при постоянном давлении.

В определенных вариантах воплощения один или каждый из первого детандера и второго детандера содержит генератор детандера.

В соответствии с аспектом настоящего изобретения обеспечен способ эксплуатации устройства для аккумулирования энергии, содержащий

обеспечение устройства для аккумулирования энергии по любому из предыдущих пунктов;

эксплуатацию устройства для аккумулирования энергии в режиме зарядки, за счет подачи энергии на тепловой насос для охлаждения первого материала с фазовым переходом и для нагрева второго материала с фазовым переходом;

эксплуатацию устройства для аккумулирования энергии в режиме аккумулирования путем хранения первого материала с фазовым переходом в первом сосуде для хранения и хранения второго материала с фазовым переходом в виде сжатого пара во втором сосуде для хранения и

эксплуатацию устройства для аккумулирования энергии в режиме разрядки путем испарения сконденсированного первого материала с фазовым переходом и расширения испаренного первого материала с фазовым переходом в первом детандере, и/или расширения испаренного второго материала с фазовым переходом во втором детандере.

Этап эксплуатации устройства для аккумулирования энергии в режиме зарядки может включать в себя подачу энергии на тепловой насос для конденсации первого материала с фазовым переходом. Этап эксплуатации устройства для аккумулирования энергии в режиме аккумулирования может включать в себя хранение сконденсированного первого материала с фазовым переходом в виде жидкости или твердого тела в первом сосуде для хранения. Этап эксплуатации устройства для аккумулирования энергии в режиме зарядки может включать в себя подачу энергии на тепловой насос для испарения второго материала с фазовым переходом.

Краткое описание чертежей

Варианты воплощения изобретения дополнительно описаны ниже применительно к прилагаемым чертежам, на которых

фиг. 1 представляет собой схематическое представление устройства для аккумулирования энергии согласно варианту воплощения настоящего изобретения и

фиг. 2 представляет собой схематическое представление способа эксплуатации устройства для аккумулирования энергии в соответствии с вариантом воплощения настоящего изобретения.

Подробное описание

Устройство 10 для аккумулирования энергии в соответствии с вариантом воплощения настоящего изобретения показано схематически на фиг. 1. Устройство 10 для аккумулирования энергии включает в себя первый 12 флюидальный контур, второй 14 флюидальный контур и тепловой насос 16.

Первый 12 флюидальный контур включает в себя первый 20 сосуд для хранения, первый 22 детандер и первый 24 объем пара между выходом первого 22 детандера и входом первого 20 сосуда для хранения. Первый 24 объем пара может представлять собой специализированный сосуд, расположенный в первом 12 флюидальном контуре, или он может просто представлять собой трубопровод, соединяющий выход первого 22 детандера с входом первого 20 сосуда для хранения.

Аналогично, второй 14 флюидальный контур включает в себя второй 28 сосуд для хранения, второй 30 детандер и второй 32 объем пара между выходом второго 30 детандера и входом второго 28 сосуда для хранения. Второй 32 объем пара может представлять собой специализированный сосуд, расположенный в первом 14 флюидальном контуре, или он может просто представлять собой трубопровод, соединяющий выход второго 30 детандера с входом второго 28 сосуда для хранения.

Первый 22 детандер и второй 30 детандер каждый может представлять собой любое подходящее устройство, пригодное для расширения газа для генерирования механической работы. В определенных вариантах воплощения любой, либо каждый из первого 22 детандера и второго 30 детандера может представлять собой генератор детандера, который расширяет газ для генерирования механической работы, которая впоследствии преобразуется в электрическую энергию. В других вариантах воплощения механи-

ческая работа, генерируемая одним или каждым из первого 22 детандера и второго 30 детандера, может быть использована для других целей (например, механического управления другим компонентом). Примеры подходящих детандеров, которые могут быть использованы в соответствии с вариантами воплощения настоящего изобретения, включают в себя, но не ограничены, спиральные детандеры, винтовые детандеры, турбины, турбодетандеры, турбины Тесла, поршневые двигатели и поршни.

Тепловой насос 16 содержит теплообменник 16а холодной стороны, который термически связан с первым 12 флюидальным контуром, и теплообменник 16б горячей стороны, который термически связан со вторым 14 флюидальным контуром.

Первый 12 флюидальный контур содержит первый материал с фазовым переходом, а второй 14 флюидальный контур содержит второй материал с фазовым переходом, где точка кипения второго материала с фазовым переходом больше, чем точка кипения первого материала с фазовым переходом для данного давления. Первый и второй материалы с фазовым переходом каждый может представлять собой материал, у которого происходит фазовый переход в ответ на изменение температуры и/или давления, когда материал проходит по соответствующему флюидальному контуру 12, 14. В частности, в определенных вариантах воплощения один или оба из первого и второго материала с фазовым переходом могут присутствовать в твердой фазе, жидкой фазе или в газовой фазе на различных ступенях вокруг соответствующего флюидального контура 12, 14. В других вариантах воплощения один или оба из первого и второго материала с фазовым переходом могут присутствовать только в жидкой фазе или в газовой фазе на различных ступенях вокруг соответствующего флюидального контура 12, 14. Подходящие и желаемые свойства первого и второго материалов с фазовым переходом обсуждаются дополнительно ниже.

На тепловой насос 16 подают напряжение, например, за счет электрической энергии, через вход 18 для энергии, для охлаждения первого материала с фазовым переходом, содержащегося в первом 24 объеме пара, и нагрева второго материала с фазовым переходом во втором 28 сосуде для хранения. Для оптимального достижения этого, теплообменник 16а холодной стороны теплового насоса 16 может быть термически связан с первым 24 объемом пара, и/или теплообменник 16б горячей стороны теплового насоса 16 может быть термически связан со вторым 28 сосудом для хранения. Несмотря на исходное присутствие в первом 24 объеме пара, первый материал с фазовым переходом может находиться в любом состоянии (т.е., в твердом, жидком или газообразном), при подаче напряжения на тепловой насос 16.

Фиг. 2 показывает схематическое представление способа 38 эксплуатации устройства 10 для аккумулялирования энергии в соответствии с вариантом воплощения настоящего изобретения. Как проиллюстрировано на фиг. 2, устройство 10 для аккумулялирования энергии может функционировать в трех различных режимах, а именно, в режиме зарядки 40, в режиме аккумулялирования 42 и в режиме разрядки 44. В определенных вариантах воплощения режим аккумулялирования 42 может функционировать в течение короткого, или даже мгновенного периода времени, вследствие чего устройство 10 для аккумулялирования энергии может эффективно работать в режиме разрядки 44, непосредственно после (или очень короткое время после) режима зарядки 40.

В режиме зарядки 40 на тепловой насос 16 подают напряжение (за счет введения электрической энергии через вход 18 для энергии), с охлаждением, таким образом, первого материала с фазовым переходом в первом 24 объеме пара. Охлажденный первый материал с фазовым переходом может течь или иным образом попадать в первый 20 сосуд для хранения под действием силы тяжести. Например, охлаждение может вызвать конденсацию и/или замораживание первого материала с фазовым переходом и его попадание в первый 20 сосуд для хранения. Тепло, отведенное из первого материала с фазовым переходом тепловым насосом 16, и тепло, генерированное самим тепловым насосом 16, заставляет второй материал с фазовым переходом во втором 28 сосуде для хранения испаряться (если исходно он находится в твердой или жидкой фазе) и создавать избыточное давление во втором 28 сосуде для хранения. В примере, где второй материал с фазовым переходом уже находится в газовой фазе, при подаче напряжения на тепловой насос 16 дополнительная тепловая энергия, обеспечиваемая тепловым насосом 16, будет служить для повышения давления второго материала с фазовым переходом.

В режиме аккумулялирования 42, первый материал с фазовым переходом хранят в первом 20 сосуде для хранения, а сжатый и испаренный (т.е., газообразный) второй материал с фазовым переходом хранят во втором 28 сосуде для хранения. Режим аккумулялирования 42 можно поддерживать для обеспечения хранения энергии, когда она не требуется. Является предпочтительным (хотя это и не является необходимым), чтобы первый 20 сосуд для хранения и второй 28 сосуд для хранения были установлены для снижения тепловых (т.е., энергетических) потерь, при работе в режиме аккумулялирования 42. Несомненно, уровень изоляции будет частично определять, как долго энергия может быть сохранена прибором 10 для аккумулялирования энергии. Первый материал с фазовым переходом может храниться в первом 20 сосуде для хранения в виде жидкости, в виде твердого тела или в виде сжатого газа. В определенных предпочтительных вариантах воплощения первый материал с фазовым переходом конденсируется во время действия режима зарядки 40, а впоследствии хранится в виде жидкости в первом 20 сосуде для хранения. В определенных вариантах воплощения первый 20 сосуд для хранения может быть снабжен небольшой изоляцией или не иметь таковую (или иначе) таким образом, чтобы тепло окружающей среды могло нагревать первый материал с фазовым переходом во время стадии хранения. В таких вариантах воплощения

ния первый материал с фазовым переходом может находиться при рабочем давлении или близко к нему (для расширения) во время действия режима аккумуляции энергии 42.

Когда требуется выходная энергия (например, электрическая энергия), устройство 10 для аккумуляции энергии может работать в режиме разрядки 44. В режиме разрядки 44 испаренный газообразный второй материал с фазовым переходом, хранящийся во втором 28 сосуде для хранения, высвобождается через второй 30 детандер, заставляя испаренный второй материал с фазовым переходом расширяться и производить механическую работу на втором 34 выходе для энергии. Расширение второго материала с фазовым переходом снижает давление и температуру второго материала с фазовым переходом, однако, расширенный второй материал с фазовым переходом может оставаться в газообразном состоянии. В определенных вариантах воплощения и для определенных детандеров, в частности, может быть предпочтительным предотвращение конденсации второго материала с фазовым переходом во втором 22 детандере. Несомненно, любой или оба из первого материала с фазовым переходом и второго материала с фазовым переходом могут быть выбраны таким образом, чтобы они оставались перегретыми на протяжении всего адиабатического расширения в их соответствующих детандерах так, чтобы они не конденсировались.

Когда устройство 10 для аккумуляции энергии работает в режиме разрядки 44, первому материалу с фазовым переходом, хранящийся в первом 20 сосуде для хранения может быть предоставлена возможность принимать тепловую энергию через вход 36 для тепловой энергии. Например, если первый материал с фазовым переходом хранится в первом 20 сосуде для хранения в твердой или жидкой фазе, тепловая энергия, полученная через вход 36 для тепловой энергии, может быть использована для испарения первого материала с фазовым переходом (или (не обязательно) он может быть нагрет в виде жидкости при насыщении в режиме аккумуляции энергии 42). Во избежание сомнений, на протяжении всей настоящей спецификации предполагается, что термин "испаряться" относится к преобразованию в паровую (т.е., газообразную) фазу из твердого тела (т.е., сублимации) или из жидкости). Помимо испарения, первый материал с фазовым переходом может быть перегрет, с использованием окружающего тепла или других источников тепла. В других вариантах воплощения, в которых первый материал с фазовым переходом хранят в первом 20 сосуде для хранения в виде сжатого пара, тепловая энергия, полученная через вход 36 для тепловой энергии, может быть использована для повышения давления первого материала с фазовым переходом. Вход 36 для тепловой энергии может представлять собой любой характерный признак или компонент, который позволяет вводить тепловую энергию в первый материал с фазовым переходом. В варианте воплощения, проиллюстрированном на фиг. 1, показаны две не ограничивающие возможности. В одном примере, показанном на фиг. 1, вход для тепловой энергии включает в себя первую тепловую связь 36a, которую устанавливают для передачи тепла от расширенного второго материала с фазовым переходом, покидающего второй 30 детандер в первый материал с фазовым переходом. В другом примере, показанном на фиг. 1, вход 36 для тепловой энергии сконфигурирован для передачи тепловой энергии через вторую 36b тепловую связь в первый материал с фазовым переходом. Вторая 36b тепловая связь может быть использована для облегчения ввода тепловой энергии в первый материал с фазовым переходом из тепла окружающей среды или любого другого источника тепловой энергии. Например, отходящее тепло от внешнего источника может быть использовано для нагрева первого материала с фазовым переходом через вторую 36b тепловую связь. Отходящее тепло может представлять собой так называемое "низкокачественное отходящее тепло", которое может представлять собой побочный продукт промышленного процесса. Примеры вспомогательных источников тепла, которые могут нагревать первый материал с фазовым переходом (например, через вторую 36b тепловую связь), могут включать в себя источники окружающего воздуха, источники окружающей воды (например, рассол, морскую воду, слабоминерализованную воду, озера, пруды, реки, каналы, акведуки), наземный источник воды, геотермальный источник, источник солнечной энергии, солнечные пруды, биологически активные источники тепла (анаэробные перегниватели, илоперегниватели, компостные кучи, навозные кучи, потоки сточных вод, вторичные осадки сточных вод), отходящее тепло от промышленных процессов, отходящее тепло от других технологий генерирования энергии (газовые турбины с замкнутым циклом, паровые турбины, и т.д.). В определенных вариантах воплощения изобретения любая или обе из первой 36a тепловой связи и второй 36b тепловой связи может быть использована для облегчения нагрева первого материала с фазовым переходом. По определенным параметрам первого материала с фазовым переходом, включающие в себя точку кипения и давление насыщенного пара при температуре расширения (т.е., в первом 22 детандере), можно определить, какая установка может быть наиболее эффективной.

Первый материал с фазовым переходом впоследствии нагревают, до достижения им целевой температуры и давления, и результирующий пар высвобождается через первый 22 детандер, вызывая испарение расширяемого первого материала с фазовым переходом и образование выходной энергии на первом 26 выходе для энергии. В вариантах воплощения, где первый материал с фазовым переходом хранят в виде сжатого пара, испаренный первый материал с фазовым переходом может быть высвобожден через первый 22 детандер, без какого-либо дополнительного нагрева. Расширение первого материала с фазовым переходом в первом 22 детандере снижает давление и температуру первого материала с фазовым переходом, однако расширенный первый материал с фазовым переходом может оставаться в газообразном состоянии. В определенных вариантах воплощения и для определенных детандеров, в частности,

может быть предпочтительным предотвращение конденсации первого материала с фазовым переходом в первом 22 детандере. Как было отмечено выше, любой или оба из первого материала с фазовым переходом и второго материала с фазовым переходом могут быть выбраны таким образом, чтобы они оставались перегретыми на протяжении всего адиабатического расширения на их соответствующих детандерах, вследствие чего они не конденсируются.

В режиме разрядки 44, любой или оба из первого и второго материала с фазовым переходом могут быть расширены с помощью соответствующего детандера. То есть, режим разрядки 44 может работать независимо от первого 12 флюидального контура или второго 14 флюидального контура, или от обоих из первого и второго 12, 14 флюидальных контуров одновременно.

После расширения первого материала с фазовым переходом и второго материала с фазовым переходом, газообразный первый материал с фазовым переходом может (по меньшей мере, исходно) присутствовать в первом 24 объеме пара, а газообразный второй материал с фазовым переходом может (по меньшей мере, исходно) присутствовать во втором 32 объеме пара. С течением времени, первый материал с фазовым переходом и второй материал с фазовым переходом может вернуться к температуре и давлению окружающей среды. В определенных вариантах воплощения объем пара 24 может быть установлен в качестве предпочтительного для начала режима зарядки 40, когда первый материал с фазовым переходом находится, как можно ближе к конденсации. Если первый материал с фазовым переходом находится при температуре ниже температуры окружающей среды при расширении (например, при выходе из детандера), то может быть очень мало, или совсем невыгодно давать ему вновь нагреваться до температуры окружающей среды. В вариантах воплощения, где точка кипения второго материала с фазовым переходом больше, чем внешние условия, второй материал с фазовым переходом впоследствии будет конденсироваться. В других вариантах воплощения второй материал с фазовым переходом может быть активно охлажден (например, чтобы вызвать конденсацию). Это активное охлаждение может быть достигнуто путем использования внешнего источника охлаждения, который может представлять собой побочный продукт внешнего промышленного процесса или другие источники охлаждения. Примеры вспомогательных источников нагрева/охлаждения может включать в себя источники окружающего воздуха, источники окружающей воды (например, рассол, морскую воду, слабоминерализованную воду, озера, пруды, реки, каналы, акведуки), наземный источник воды, геотермальный источник, источник солнечной энергии, солнечные пруды, биологически активные источники тепла (анаэробные перегниватели, илоперегниватели, компостные кучи, навозные кучи, потоки сточных вод, вторичные осадки сточных вод), отходящее тепло от промышленных процессов, отходящее тепло от других технологий генерирования энергии (газовые турбины с замкнутым циклом, паровые турбины и т.д.). В определенных вариантах воплощения первый 24 объем пара может быть термически связан со вторым 32 объемом пара, вследствие чего тепло может быть передано от более горячего второго материала с фазовым переходом к первому материалу с фазовым переходом, с ускорением, таким образом, охлаждения второго материала с фазовым переходом. Охлажденный второй материал с фазовым переходом, который может быть газообразным, сконденсированным (т.е., жидким), или замороженным (твердым), можно перемещать (например, под действием силы тяжести или других средств) во второй 28 сосуд для хранения, до завершения всего рабочего цикла устройства 10 для аккумулялирования энергии. Устройство 10 для аккумулялирования энергии можно затем запустить снова в режиме зарядки 40 для повторения цикла.

Как было отмечено выше, дополнительный нагрев или охлаждение может быть применено для первого 12 флюидального теплового контура и/или второго 14 флюидального теплового контура. В частности, дополнительный нагрев или охлаждение от внешних источников (например, от внешних промышленных процессов) может быть применено для любого один или более из первого 20 сосуда для хранения, второго 28 сосуда для хранения, первого 24 объема пара и второго 32 объема пара.

Каждый из первого 12 флюидального контура и второго 14 флюидального контура представляет собой замкнутый флюидальный контур, вследствие чего первый материал с фазовым переходом не имеет флюидального соединения со вторым материалом с фазовым переходом. Однако, как было отмечено выше, теплоперенос между первым 12 флюидальным контуром и вторым 14 флюидальным контуром допускается (например, через тепловой насос 16 и (не обязательно) тепловую связь 36a).

Любой или оба из первого 20 сосуда для хранения и второго 28 сосуда для хранения может быть сконфигурирован таким образом, чтобы он изменял объем (например, типа газового счетчика), для поддержания, соответственно, любого первого материала с фазовым переходом или второго материала с фазовым переходом почти при постоянном давлении. В других вариантах воплощения любой или оба из первого 20 сосуда для хранения и второго 28 сосуда для хранения может быть сконфигурирован иным образом, для поддержания первого материала с фазовым переходом или второго материала с фазовым переходом при постоянном давлении, при его попадании, соответственно, в первый 22 детандер или второй 30 детандер. Например, любой или оба из первого 20 сосуда для хранения и второго 28 сосуда для хранения может быть сжат для достижения такого эффекта.

Для первого материала с фазовым переходом и второго материала с фазовым переходом могут быть использованы любые подходящие материалы, при условии, что второй материал с фазовым переходом имеет более высокую точку кипения, чем первый материал с фазовым переходом при данном давлении

(которое попадает в диапазон рабочих давлений по настоящему изобретению). Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что могут существовать давления, отличные от рабочих давлений по настоящему изобретению (например, очень низкие давления), при которых второй материал с фазовым переходом не может иметь более высокую точку кипения, чем первый материал с фазовым переходом. Однако, ссылки на точки кипения любого или обоих из первого и второго материала с фазовым переходом на протяжении всей настоящей спецификации следует понимать как относящиеся к точкам кипения при давлении в пределах диапазона рабочих давлений по настоящему изобретению.

В определенных вариантах воплощения может быть выбран первый материал с фазовым переходом и второй материал с фазовым переходом, вследствие чего устройство 10 может работать при температурах и давлениях, которые могут допустить создание устройства 10 с дешевыми материалами. В определенных вариантах воплощения первый материал с фазовым переходом может быть тем же материалом, что и второй материал с фазовым переходом, при условии, что давления первого 12 флюидального контура и второго 14 флюидального контура будут активно контролироваться. В определенных вариантах воплощения рабочая температура устройства 10 может находиться в пределах диапазона от -150 до +150°C. В определенных вариантах воплощения рабочее давление устройства 10 может составлять менее 25 бар.

В определенных вариантах воплощения первый материал с фазовым переходом может иметь точку кипения менее 50 или 40°C. В таких вариантах воплощения первый материал с фазовым переходом может испаряться при температуре окружающей среды (например, когда предполагается, что "температура окружающей среды" находится между -20°C и 50°C или между 10 и 40°C). В определенных вариантах воплощения точка кипения первого материала с фазовым переходом может быть значительно ниже температуры окружающей среды, вследствие чего при температуре окружающей среды первый материал с фазовым переходом имеет давление пара, превышающее 1 бар, но меньшее чем 25 бар. Такие варианты воплощения могут допускать использование дешевых материалов для конструирования устройства 10.

Первый материал с фазовым переходом может иметь точку кипения, которая ниже (возможно значительно ниже) температуры окружающей среды. В определенных вариантах воплощения первый материал с фазовым переходом имеет точку кипения менее 25°C при 1 бар, или менее 20°C при 1 бар, или менее 0°C при 1 бар, или менее -10°C при 1 бар.

В определенных вариантах воплощения второй материал с фазовым переходом может иметь температуру конденсации, которая составляет менее 50 или 40°C. В таких вариантах воплощения второй материал с фазовым переходом может быть сконденсирован при температуре окружающей среды (например, где предполагается, что "температура окружающей среды" составляет от -20°C до 50°C или от 10°C до 40°C). В определенных вариантах воплощения второй материал с фазовым переходом может представлять собой пар при рабочем давлении устройства 10. Например, при рабочей температуре менее 150°C, второй материал с фазовым переходом может быть выбран таким образом, чтобы он имел давление пара, превышающее 1 бар, но был бы меньше 25 бар. Такие варианты воплощения могут позволить использование дешевых материалов для конструирования устройства 10.

Второй материал с фазовым переходом может иметь точку кипения выше (а возможно значительно выше) температуры окружающей среды. В определенных вариантах воплощения второй материал с фазовым переходом имеет точку кипения более 20°C при 1 бар, или более 25°C при 1 бар, или более 30°C при 1 бар. В определенных вариантах воплощения может быть предпочтительным, чтобы разница между температурой конденсации второго материала с фазовым переходом и точкой кипения первого материала с фазовым переходом была бы небольшой. Например, в определенных вариантах воплощения разница между температурой конденсации второго материала с фазовым переходом и точкой кипения первого материала с фазовым переходом может составлять менее 200°C, а в определенных вариантах воплощения может составлять 10-200°C.

Предполагая максимальную теоретическую производительность, КПД (коэффициент полезного действия, coefficient of performance, CoP) теплового насоса 16 может быть задан как

$$CoP_{Heating} = \frac{T_{Hot}}{(T_{Hot} - T_{Cold})},$$

где T_{Cold} и T_{Hot} представляют собой целевые температуры соответственно холодного и горячего резервуаров (т.е., соответственно первого материала с фазовым переходом и второго материала с фазовым переходом). В примере, где $T_{Cold}=244$ К (-29°C) и $T_{Hot}=358$ К (85°C), $CoP_{Heating} = 3, 140$. В определенных вариантах воплощения является предпочтительным, чтобы значение $CoP_{Heating}$ было как можно более высоким, а первый материал с фазовым переходом и второй материал с фазовым переходом может быть выбран таким образом, чтобы он достигал высокого значения $CoP_{Heating}$. Приборы для аккумуляции энергии согласно вариантам воплощения настоящего изобретения могут дать рентабельные средства для аккумуляции энергии, когда спрос на энергию (такую как электрическая энергия) может быть низким, где приемлемые низкие потери может быть вызваны между зарядкой устройства и разрядкой устройства. Приборы для аккумуляции энергии в соответствии с вариантами воплощения настоящего

изобретения могут работать при низких или умеренных температурах, в отличие от систем с очень высокими или очень низкими температурами, известными из уровня техники. Кроме того, приборы для аккумуляции энергии в соответствии с вариантами воплощения настоящего изобретения могут работать, с использованием небольшой разницы температур, в отличие от установок согласно уровню техники. Следовательно, приборы для аккумуляции энергии в соответствии с определенными вариантами воплощения настоящего изобретения могут быть получены, с использованием в значительной степени стандартного и недорогого оборудования. Приборы для аккумуляции энергии в соответствии с вариантами воплощения настоящего изобретения изменяются по размерам, вследствие чего они могут быть использованы для крупно- или мелкомасштабного аккумуляции энергии, восстановления отходящего тепла и восстановления низкопотенциального отходящего тепла. Приборы для аккумуляции энергии в соответствии с определенными вариантами воплощения настоящего изобретения могут быть особо пригодными для работы в режиме разрядки 44 раз или два раза в день.

На протяжении всего описания и формулы изобретения в данной спецификации слова "включать в себя" и "содержать" и их разновидности означают "включает в себя, но не ограничен", и их не следует рассматривать (и они не являются таковыми) как исключающие другие части, добавки, компоненты, величины или этапы. На протяжении всего описания и формулы изобретения в данной спецификации, единичное значение охватывает множественное, пока контекст не будет требовать иного. В частности, там, где используется единственное число, спецификацию следует понимать как подразумевающую некое множество, а также единичный случай, пока контекст не будет требовать иного.

Признаки, целые величины, характеристики, соединения, химические частицы или группы, описанные в сочетании с конкретным аспектом, вариантом воплощения или примером изобретения, следует понимать как применимые для любого другого аспекта, варианта воплощения или примера, описанного в настоящей работе, пока они совместимы с ним. Все признаки, раскрытые в данной спецификации (включая любые прилагаемые пункты формулы изобретения, реферат и чертежи), и/или все этапы любого способа или процесса, раскрытого указанным образом, могут быть скомбинированы в любом сочетании, за исключением сочетаний, где, по меньшей мере, некоторые из таких признаков и/или этапов являются взаимоисключающими. Изобретение не ограничено деталями какого-либо из вышеприведенных вариантов воплощения. Изобретение распространяется на любой новый признак или на любое новое сочетание признаков, раскрытых в данной спецификации (включая любые прилагаемые пункты формулы изобретения, абстракт и чертежи), или на любой новый этап, или на любое новое сочетание этапов любого способа или процесса, раскрытого указанным образом.

Внимание читателя привлечено ко всем статьям и документам, которые поданы одновременно или ранее данной спецификации применительно к данной заявке, и которые находятся в открытом доступе вместе с данной спецификацией, и содержание всех таких статей и документов включено в настоящую работу в виде ссылки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ эксплуатации устройства для аккумуляции энергии, содержащий этапы на которых:
 - (i) используют устройство для аккумуляции энергии, которое содержит первый флюидальный контур, содержащий первый материал с фазовым переходом, причем первый флюидальный контур включает в себя первый сосуд для хранения и первый детандер;
 - второй флюидальный контур, содержащий второй материал с фазовым переходом, обладающий точкой кипения, большей, чем точка кипения первого материала с фазовым переходом, причем второй флюидальный контур включает в себя второй сосуд для хранения и второй детандер; и
 - тепловой насос, имеющий теплообменник холодной стороны, термически соединенный с первым флюидальным контуром, и теплообменник горячей стороны, термически соединенный со вторым флюидальным контуром,
 - (ii) подают энергию на тепловой насос для охлаждения первого материала с фазовым переходом и для нагрева второго материала с фазовым переходом;
 - (iii) хранят первый материал с фазовым переходом в первом сосуде для хранения и хранят второй материал с фазовым переходом в виде сжатого пара во втором сосуде для хранения и
 - (iv) испаряют сконденсированный первый материал с фазовым переходом и расширяют испаренный первый материал с фазовым переходом в первом детандере и/или расширяют испаренный второй материал с фазовым переходом во втором детандере.
2. Способ по п.1, в котором на этапе (iii) и/или этапе (iv) первый материал с фазовым переходом нагревают за счет тепловой энергии окружающей среды или других вспомогательных источников тепла.
3. Способ по п.2, в котором на этапе (iii) и/или этапе (iv) первый материал с фазовым переходом испаряют за счет тепловой энергии окружающей среды или других вспомогательных источников тепла.
4. Способ по любому из пп.1-3, в котором устройство для аккумуляции энергии дополнительно содержит тепловое соединение, установленное для передачи тепла от расширенного второго материала с фазовым переходом к первому материалу с фазовым переходом, чтобы заставить первый материал с фа-

зовым переходом испаряться или дополнительно нагреваться.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором на этапе (ii) на тепловой насос (16) подают энергию для конденсации первого материала с фазовым переходом и опционально на этапе (iii) сконденсированный первый материал с фазовым переходом хранят в виде жидкости или твердого тела.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором первый материал с фазовым переходом имеет точку кипения менее 50°C при 1 бар или менее 40°C при 1 бар; опционально первый материал с фазовым переходом имеет точку кипения менее 0°C при 1 бар или менее -10°C при 1 бар.

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором второй материал с фазовым переходом имеет точку кипения менее 50°C при 1 бар или менее 40°C при 1 бар.

8. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором второй материал с фазовым переходом имеет точку кипения более 20°C при 1 бар.

9. Способ по п.8, в котором второй материал с фазовым переходом имеет точку кипения более 25°C при 1 бар, опционально, в котором второй материал с фазовым переходом имеет точку кипения более 30°C при 1 бар.

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором первый сосуд для хранения выполнен с возможностью изменения объема, для поддержания первого материала с фазовым переходом, по существу, при постоянном давлении.

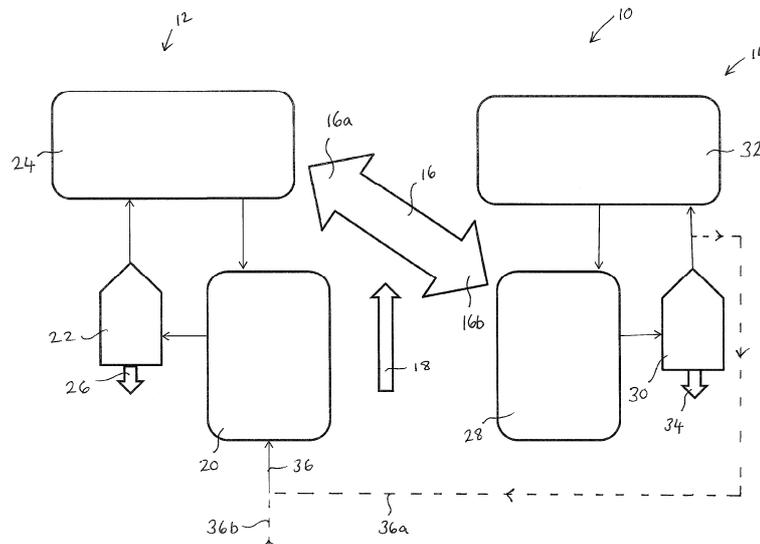
11. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором второй сосуд для хранения выполнен с возможностью изменения объема, для поддержания второго материала с фазовым переходом, по существу, при постоянном давлении.

12. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором один или каждый из первого детандера и второго детандера содержит генератор детандера.

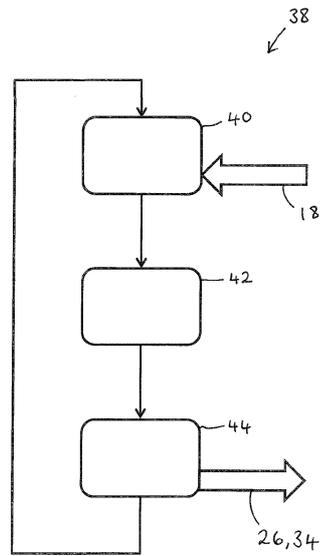
13. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором этап (ii) включает в себя подачу энергии на тепловой насос для конденсации первого материала с фазовым переходом.

14. Способ по п.13, в котором этап (iii) включает в себя хранение сконденсированного первого материала с фазовым переходом в виде жидкости или твердого тела в первом сосуде для хранения.

15. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором этап (iv) включает в себя подачу энергии на тепловой насос для испарения второго материала с фазовым переходом.



Фиг. 1



Фиг. 2