

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044162**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.07.27

(51) Int. Cl. **F03B 13/06** (2006.01)

(21) Номер заявки
202290754

(22) Дата подачи заявки
2020.11.11

(54) **КОМБИНИРОВАННАЯ ГРАВИТАЦИОННО-ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

(31) а **2019 00774**

(56) DE-A1-102007062672

(32) **2019.11.20**

WO-A1-2017174081

(33) **RO**

CN-B-102734092

(43) **2022.07.21**

CN-A-109881956

(86) **PCT/RO2020/050010**

(87) **WO 2021/101399 2021.05.27**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

**ГЭРДУШ РАРЕШ-АЛЕКСАНДРУ
(RO)**

(74) Представитель:

**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.,
Галухина Д.В., Алексеев В.В. (RU)**

(57) Система согласно изобретению содержит утяжеленный поршень (30), предназначенный для аккумуляции потенциальной гравитационной энергии при его вертикальном подъеме внутри армированного бетонного цилиндра (10), наполненного водой, причем указанный поршень снабжен в центре каналом (20) высокого давления, проводящим воду под давлением от основания цилиндра к системе (50) генерации электроэнергии с использованием импульсных водяных турбин, при этом вода, используемая в процессе производства электроэнергии системой (50) генерации электроэнергии, сбрасывается обратно в цилиндр (10), над поршнем (30). Для цикла поглощения и хранения электрической энергии из электрической сети система дополнительно содержит систему (60) поглощения электрической энергии, содержащую насосы высокого давления с фиксированным и переменным потоком, забирающую воду сверху поршня (30), через возвратный канал (25), и подающую ее в канал (20) давления, под поршень (30).

B1

044162

044162

B1

Комбинированная гравитационно-гидравлическая система хранения электроэнергии предназначена главным образом для работы электрической сети, используемой для хранения больших/значительных объемов энергии в периоды времени, когда сеть имеет избыточное производство электрической энергии, для того, чтобы питать ее в пиковые периоды потребления. Система обеспечивает хранение энергии с нулевыми экологическими издержками и риском во время эксплуатации и изготовлена из материала, который на 100% может быть переработан в конце срока службы продукта. Первоначальные расходы на охрану окружающей среды (например, на выбросы CO₂) являются небольшими, и не используются материалы с высоким экологическим риском. Система может выступать в качестве буфера для любой системы производства зеленой энергии для хранения и обеспечения 100% профилированной по потребителю работы электрической сети.

В работе "Системы хранения энергии, решение для оптимизации работы электрических сетей, к которым подключены прерывистые возобновляемые источники различных систем хранения энергии", AGIR Bulletin, Supplement 1/2015, упоминается несколько технологий хранения электроэнергии, в том числе так называемая "Гидроагрегатная система" (PHS). Он состоит из "гидронасосной станции", которая сохраняет энергию путем откачки сточных вод из бассейна, расположенного на выпуске турбин (нижний резервуар, где они собираются во время работы гидроэлектростанции), в верхний бассейн (верхний резервуар), в течение периодов или временных интервалов, в которые система производит избыточную электроэнергию. Такие гидронасосные установки требуют меньшего бассейна сбора сточных вод и используют реверсивные турбогенераторные агрегаты, обычно реверсивные турбины, полученные из турбин Фрэнсиса или Каплана, чтобы быть максимально эффективными, но с недостатком очень больших объемов воды. Экологические издержки таких технологий чрезвычайно высоки в связи с серьезным воздействием на ландшафт и реки.

На сайте <http://www.gravitypower.net/technology-gravity-power-energy-storage/> представлен гравитационный силовой модуль (GPM-Gravity Power Module), который содержит очень большой поршень, который помещен в глубокую скважину или шахту, заполненную водой, поршень снабжен скользящими прокладками для предотвращения утечки вокруг него, и вертикальную возвратную трубу, расположенную снаружи поршня, соединяющую нижнюю часть поршня с турбиной Фрэнсиса реверсивного типа, соединенной с электрической машиной, расположенной на уровне грунта. Поршень изготовлен из армированного камня или бетона. Скважину заполняют водой один раз, в начале операций, а затем закрывают, после этого первоначального заполнения дополнительная вода не требуется. Когда производится электроэнергия при опускании поршня, он заставляет воду из скважины хранения подниматься через возвратную трубу и, посредством турбины, приводит электрическую машину в режим генератора. Когда необходимо хранить энергию, электрическая машина управляется в режиме двигателя, питающегося от сети, и вращает ту же турбину (реверсивную) в режиме насоса, чтобы опустить воду на возвратную трубу, в основании скважины, поднимая поршень. Модуль GPM представлен только на уровне идеи, а использование реверсивной технологии (реверсивная турбина/генераторная группа) имеет недостаток в том, что ограниченное давление (20-30 бар) имеет низкий КПД и требует больших объемов воды на МВт·ч.

Из патентной литературы известно изобретение CN 204061053 (U), озаглавленное "Гидроэнергетическая система для хранения энергии ветра", опубликованное 31.12.2014. Система согласно изобретению содержит первичную вертикальную скважину, вторую более глубокую вертикальную скважину, расположенную в морской зоне, гидроэлектрический модуль генерации (турбогенераторная группа), расположенный в нижней части первой вертикальной скважины, и группу насосов, расположенных в нижней части второй вертикальной скважины. Морскую воду закачивают в первую вертикальную скважину в гидроэлектрическом модуле генерации, который подает избыточную электроэнергию по подземной линии. После этого воду проводят по трубе у основания второй вертикальной скважины, откуда ее закачивают на поверхность грунта, в бассейн, группой насосов, приводимых во вращение внешней ветровой турбиной. Таким образом, вода бассейна сохраняет энергию ветра в виде потенциальной энергии и затем может быть использована для выработки электроэнергии.

Известно также изобретение DE10 2011012261 (A1), опубликованное 30.08.2012 под названием "Устройство хранения электрической энергии для силовой установки резервуара для хранения, восстанавливает потенциальную энергию, генерируемую опорожнением резервуара в окружающие воды, с использованием насосных устройств под действием электрической энергии во время заполнения резервуара" (Werner RAU). Устройство имеет резервуар, заполненный водой над балластным материалом (например, гравием, бетоном), резервуар расположен на морском дне. Резервуар соединен с наружным воздухом через трубу или шланг с возможностью бескомпрессионного обмена воздухом и образования над водой воздушной камеры при опорожнении резервуара. Через впускной клапан, реверсивную турбину, соединенную с электродвигателем/генератором, вода либо подается в резервуар снаружи, либо закачивается обратно в окружающую воду изнутри. Потенциальная энергия, вырабатываемая при опорожнении резервуара в окружающие воды с помощью гидравлических или пневматических насосных устройств под воздействием электрической энергии, извлекается при наполнении резервуара. Расход воды регулируется таким образом, чтобы мощность реверсивной турбины и электродвигателя/генератора была адап-

тирована к требованиям электрической сети.

Изобретение использует реверсивную технологию (реверсивную турбогенераторную группу), имеющую низкий КПД.

Кроме того, также известно изобретение US 2012/0049673, опубликованное 01.03.2012 под названием "Генераторная система для водного резервуара" (Myung Hое КОО). Изобретение предусматривает генераторную систему, содержащую резервуар для воды в виде цилиндра, имеющего верхнее отверстие и нижнее отверстие; разделительную стенку, расположенную вертикально в резервуаре для воды, разделяющую резервуар для воды на первую вертикальную колонну и вторую вертикальную колонну, которые соединены вблизи нижнего отверстия резервуара для воды. Каждая из цилиндрических пластин расположена и выполнена так, чтобы выполнять перемещение поршня через соответствующую вертикальную колонку резервуара для воды, причем указанные цилиндрические пластины соединены шкивом через трос, и каждая из них имеет множество односторонних отверстий для обеспечения возможности протекания воды только вниз. Электродвигатель, питаемый солнечной панелью, приводит в движение шкив для поочередного подъема первой цилиндрической пластины или второй цилиндрической пластины; турбинный генератор расположен в нижнем отверстии водяного резервуара и для генерации электроэнергии с помощью потока воды, создаваемого падающими цилиндрическими пластинами, предусмотрена возвратная труба, имеющая нижний конец, расположенный на нижнем отверстии водяного резервуара, и верхний конец, открытый к верхнему отверстию водяного резервуара, для возврата воды от турбинного генератора к водяному резервуару.

Эффективность турбины снижается за счет столба воды в возвратной трубе.

Технические проблемы, решаемые изобретением, заключаются в уменьшении объема воды, необходимого на МВт·ч, хранящийся в гравитационно-гидравлической системе хранения электрической энергии - следовательно, высокой плотности хранения энергии на построенный объем.

Комбинированная гравитационно-гидравлическая система хранения электрической энергии согласно изобретению содержит большой тяжелый поршень, утяжеленный/нагруженный блоками материала с высокой объемной массой, закрепленный симметрично на поверхности поршня для равномерного распределения массы, предназначенный для аккумулирования потенциальной гравитационной энергии путем подъема его вертикально внутри цилиндра с армированными бетонными стенками и высококачественным стальным внутренним покрытием, заполненного водой, причем поршень направляется на вертикальной стенке цилиндра посредством направляющих и снабжен, в центре, кольцевым отверстием, при этом в оси цилиндра имеется канал высокого давления, проходящий через поршень и проводящий воду под давлением от основания цилиндра к системе генерации электроэнергии с использованием импульсных турбин, причем отводящий канал герметизирован сверху и деаэрирован, при этом вода, используемая в цикле производства электроэнергии, сбрасывается обратно в цилиндр, над поршнем, через возвратный канал при атмосферном давлении, а для цикла поглощения и хранения энергии из электрической сети, также содержит систему насосов высокого давления и переменного потока, принимающую воду над поршнем, через возвратный канал, и вводящую ее канал давления, под поршень, заставляя ее подниматься, аккумулируя таким образом энергию.

По сравнению с предшествующим уровнем техники, система хранения электроэнергии гравитационно-гидравлического комбинированного цикла согласно изобретению имеет следующие преимущества:

имеет нулевые экологические затраты и нулевой экологический риск во время эксплуатации. Система закрыта, поэтому отсутствует какой-либо обмен веществами с окружающей средой, а текучая среда внутри (вода) нейтральна к окружающей среде в случае утечки. В случае выхода из строя турбин или насосов масло не выделяется в свободную проточную воду как в стандартных системах PHS. Конструкция конкурирует с чрезвычайно низкой средней стоимостью на МВт·ч, сохраняемый с чрезвычайно низким углеродным следом материалов и оборудования, введенных в работу. В конце жизненного цикла установки все материалы внутри на 100% пригодны к переработке;

требуется пониженное количество воды на сохраняемый МВт·ч, вода используется в полностью замкнутом цикле;

система имеет отдельное оборудование для ввода и вывода, поэтому ее размеры могут быть неустойчивыми, чтобы обеспечить полную нагрузку в непиковые часы (от 2 до 6 часов или когда зеленая энергия доступна в избытке) и разгрузку в пиковые часы (от 6 до 18 часов, когда мало или нет зеленой энергии); - работа сети на 100% профилирована в любом смысле работы - ввод или вывод электрической энергии - подходит для 100% прогнозируемого использования неконтролируемой зеленой энергии (т.е. ветра, солнца, волн и т.д.);

позволяет непрерывно изменять выработку электроэнергии от 0 до 100% установленной выходной мощности, имея возможность полностью профилировать потребителей на малой/средней распределительной сети;

позволяет непрерывное поглощение электроэнергии от 0 до 100% установленной потребляемой мощности, с возможностью полностью профилировать производство на малой/средней неконтролируемой мощности генерации электроэнергии;

позволяет неограниченное теоретическое количество циклов загрузки-разгрузки только при затратах на механическое/электрическое обслуживание оборудования;

позволяет длительное хранение энергии, без потерь при хранении, срок теоретически неограниченный;

позволяет устанавливать такие блоки вблизи сетевых подстанций из-за небольшой занимаемой площади и отсутствия специальных геофизических запросов;

позволяет установку таких блоков в густонаселенных (городских) районах, поскольку занимаемая площадь крайне мала, а строительство полностью подземное, что позволяет повторно использовать землю с поверхности для других целей плюс нулевое воздействие на местность.

Вариант осуществления изобретения приведен ниже со ссылкой на фиг. 1-6, при этом:

фиг. 1 - принципиальная схема комбинированной гравитационно-гидравлической системы хранения электроэнергии согласно изобретению;

фиг. 2 - деталь конструкции стенки цилиндра/цилиндрического бассейна;

фиг. 3 - деталь конструкции канала давления;

фиг. 4 - деталь конструкции тяжелого поршня;

фиг. 5a - схематическое изображение детали бетонной стенки цилиндра;

фиг. 5b - схематическое изображение сборного бетонного сегмента цилиндра;

фиг. 6 - конструкция манжеты цилиндра.

Комбинированная гравитационно-гидравлическая система хранения электрической энергии в соответствии с настоящим изобретением работает в цикле поглощения и хранения энергии, в течение периодов или временных интервалов, в которые электрическая сеть, к которой она подключена, производит избыточную электроэнергию, или когда оператор модуля решает хранить энергию, а в цикле производства электроэнергии для сети, в периоды пикового потребления или когда оператор модуля решает извлекать энергию. Система также может быть использована для долгосрочного или краткосрочного хранения неконтролируемой возобновляемой энергии (ветра и/или солнца) для использования в периоды пикового потребления. Система также может быть сконфигурирована для обеспечения малой - средней сети со 100% профилированной по потребителю мощностью независимо от колебаний выработки электроэнергии (с правильным размером/ адекватным размером).

На фиг. 1 показана комбинированная система хранения электроэнергии гравитационно-гидравлического цикла, которая состоит из правого цилиндра 10 с армированными бетонными стенками и высококачественным стальным внутренним покрытием для выдерживания высоких давлений, имеющего в оси канал/трубу 20 высокого давления, в цилиндре расположен подвижный большой тяжелый поршень 30, предназначенный для аккумуляции потенциальной гравитационной энергии при его вертикальном подъеме внутри цилиндра 10, который заполнен водой под и над поршнем. Поршень 30 снабжен в центре кольцевым отверстием для обеспечения прохождения канала 20 высокого давления через поршень 30, причем указанный канал 20 высокого давления имеет по меньшей мере одно колено на верхнем конце. В цикле поглощения и хранения энергии вода над поршнем 30 перекачивается под давлением системой 60 ввода мощности через канал 20 высокого давления под поршнем, заставляя ее подниматься, таким образом, аккумулируя потенциальную гравитационную энергию, а в цикле производства электроэнергии вода под давлением из основания цилиндра 10 подается через канал 20 высокого давления в систему 50 генерации электроэнергии, одновременно с опусканием поршня 30 с использованием его потенциальной гравитационной энергии. Давление в канале высокого давления является постоянным независимо от положения поршня 30, поэтому энергетические системы ввода 60 и вывода 70 легко проектировать. Вода, обрабатываемая в цикле генерации электроэнергии, сбрасывается обратно в цилиндр 10, выше поршня 30, при атмосферном давлении через возвратный канал 25, выполненный на верхнем уровне заполнения цилиндра 10 водой, и строящийся ниже глубины промерзания, характерной для географического района, в котором построен бассейн. Таким образом, вода в цилиндре 10 используется в замкнутом контуре, компенсируется только потерями от испарения при работе системы и защищена от замерзания.

Цилиндр 10 представляет собой большой по размерам правый цилиндрический бассейн с диаметром и высотой в десятки метров, в зависимости от требуемого объема хранения. Он строится ниже уровня грунта, описанным ниже способом. Цилиндр 10 имеет стенки, изготовленные из сборного бетона, в виде предварительно напряженной цилиндрической оболочки/полых сегментов 12 (пример такого бетонного сегмента изображен на фиг. 5b), указанный бетонный сегмент затем напрягает стальными жилами, указанный цилиндр 10 снабжается сверху цилиндрической манжетой 70 (показана на фиг. 6), а в нижней части - куполом 40 обратного положения. Цилиндр 10 внутри покрыт высококачественным стальным покрытием 11. Цилиндр 10 заполнен водой, поршень 30 находится внутри объема воды. Поршень 30 нагружен весами 31, выполненными из блоков материала с высокой объемной массой, закрепленных симметрично на поверхности поршня 30. Над поршнем 30 находится вода до верхнего уровня упомянутого цилиндра, на одной линии с верхней частью возвратного канала 25. Веса 31 закреплены симметрично на поверхности поршня, размещаются в процессе установки, одновременно парами в диаметрально противоположных положениях в рамках равномерного распределения массы.

Аксиально в цилиндре 10 имеется канал 20 высокого давления, который проводит воду под давлением в систему 50 генерации энергии, составленную из импульсных турбин, например, типа Пелтона. Канал 20 высокого давления, в нижней части, снабжен впуском-выпуском 29 для воды, через который, в зависимости от рабочего цикла, подают или извлекают воду из-под поршня. Канал 20 высокого давления герметизирован сверху и деаэрирован. Вода, обрабатываемая в системе 50 генерации электроэнергии, сбрасывается обратно в цилиндр 10 через возвратный канал 25, канал находится под атмосферным давлением. Для того, чтобы вводить энергию извне, система 60 ввода содержит систему насосов высокого давления и переменного потока, которая забирает воду из возвратного канала 25 (выше поршня 30) и вводит ее в канал 20 высокого давления, нагнетаемая под поршнем 30, таким образом, она поднимает его и аккумулирует потенциальную энергию. Два водяных контура полностью разделены. Контур высокого давления начинается в основании цилиндра и заканчивается в клапанах доступа турбина (которые открываются только в цикле выработки электроэнергии) и в направляющих клапанах на выпуске насосов высокого давления (которые открываются только в цикле поглощения и хранения энергии).

Вода является несжимаемой жидкостью и, следовательно, идеальным агентом для передачи потенциальной энергии. Энергия сохраняется внутри системы через вертикальное положение поршня 30. Цилиндр 10 заполнен водой под и над поршнем, давление в канале 29 высокого давления будет постоянным независимо от вертикального положения поршня 30. Для использования небольшого количества воды необходимо, чтобы общий вес поршня 30 (вместе с весами 31) был высоким; чем выше общий вес поршня 30, тем выше гидростатическое давление, поэтому больше количество энергии, сохраняемой в системе на кубический метр воды.

В примере осуществления изобретения цилиндр 10 сооружен ниже уровня грунта с глубиной h порядка десятков метров/между 20-100 м и диаметром D между 10 и 75 м. Цилиндр выполнен из предварительно напряженных сборных бетонных сегментов 12, соединенных и затем напряженных стальными жилами 15, покрытых изнутри высококачественным стальным покрытием 11. На фиг. 2 показана деталь стенки 10 цилиндра. На внутренней поверхности вертикальной стенки цилиндра имеется высококачественное стальное покрытие 11, сегменты покрытия должны быть изготовлены на заводе, затем установлены, сварены и выпрямлены на месте, что позволит поршню 30 легко скользить и принимать давление в областях горизонтального сдвига от стыка между сборными бетонными сегментами 12. Высококачественное стальное покрытие работает в сочетании с предварительно напряженными сегментами, которые также после напряжения стальными жилами воспринимают окружное напряжение в цилиндре 10. На наружную поверхность вертикальной стенки цилиндра нанесена гидроизоляция 19, которая также служит для обеспечения возможности принятия в грунте расширений и сжатий во время строительства и эксплуатации.

Для обеспечения целостности системы при высоких рабочих давлениях с наименьшими возможными строительными затратами предварительно напряженные сборные бетонные сегменты 12 изготавливаются контролируемым образом на заводе-изготовителе, предварительно напрягаются перед отливкой и снабжаются в части, которая будет находиться снаружи цилиндра 10, отверстиями, через которые будут протянуты высококачественные стальные жилы 15. Они будут затем напряжены на месте, после установки, до окружного напряжения, необходимого для уравнивания, с дополнительным сопротивлением высококачественного стального покрытия 11, эквивалентного гидростатическому давлению, полученному от весовой нагрузки 31 поршня 30, так что бетон в стенке будет работать только сжатым независимо от положения поршня для максимальной эффективности. При этом предварительно напряженные сборные бетонные сегменты 12 предусмотрены на краях, от завода-изготовителя, с некоторыми местами доступа к некоторым соединительным элементам 72 для сборки между ними, а также с зазором, необходимым для устройств напряжения жил - отверстий для жил. В варианте осуществления изобретения указанные отверстия для жил имеют форму внутренних тороидальных параллельных каналов/отверстий по длине бетонных сегментов 12.

Конструкция сборки предварительно изготовленных блоков изображена на фиг. 5а. Предварительно изготовленные элементы - предварительно напряженные сборные бетонные сегменты 12 установлены по месту посредством съемных соединительных элементов 72 винтового и гаечного типа. Сборные элементы 12 будут установлены поочередно (в шахматном порядке вертикально), так что отверстия для жил продолжаются, как раскрыто на фиг. 5а, однако при этом избегают непрерывных соединительных линий. На поршне 30 гидростатическое давление ниже него очень высокое (200-500 бар), а то, что выше низкое (0-10 бар), что приводит к постоянному/значительному круговому усилию сдвига. Чтобы принять его, предварительно напряженные сборные бетонные сегменты 12 поочередно собирают точно, чтобы избежать непрерывных линий соединения и, следовательно, уменьшить требования по сопротивлению к соединениям (и, косвенно, стоимость). Во избежание деформации высококачественного стального покрытия 11, после установки и напряжения высококачественных стальных жил 15, точки доступа к соединительным элементам 72 и растягивающим элементам жил 15 и соединений между элементами будут герметизированы на месте бетоном высокой плотности.

На фиг. 6, где изображена предлагаемая конструкция площадки на поверхности земли (вокруг верхней части будущего цилиндра 10), фундамент 71 выполнен в виде круглого кольца, размер которого

соответствует геоморфологическим характеристикам местности, размерам цилиндра 10 и предлагаемому будущему весу поршня 30, включая веса 31. Над фундаментом 71 на месте будет построена плотная армированная бетонная плита 70, которая продолжается вниз цилиндрической горловиной, имеющей тот же предлагаемый диаметр, что и цилиндр 10, и которая также содержит соединительные элементы 72, необходимые для крепления/монтажа предварительно напряженных сборных бетонных сегментов 12. Строительство будет осуществляться путем поэтапного рытья вниз, в зависимости от размера проектных предварительно напряженных сборных бетонных сегментов 12, так чтобы обеспечить легкий доступ со дна котлована, для установки сборных элементов 12, установки жил 15, монтажа высококачественного стального покрытия 11. После достижения расчетного минимального (нижнего) уровня установки нижний обратный купол 40 будет снабжен стальной арматурой и залит бетоном в форму на месте, с обеспечением некоторых фиксирующих выступов 41, соединенных со стальной арматурой нижнего обратного купола и с каналом высокого давления 20 для впуска-выпуска 29 для воды, причем между фиксирующими проушинами 41 предусмотрены пространства для циркуляции воды. Фиксирующие выступы должны обеспечивать разряд восходящей силы, приложенной каналом 20 высокого давления к арматуре нижнего обратного купола 40. Обратный купол спроектирован в рамках обеспечения фундамента, необходимого для анкеровки канала высокого давления с использованием собственного веса системы, что дополнительно снижает затраты на строительство.

Канал высокого давления 20 изготовлен из высококачественной стали (например, но не исключая другие подходящие варианты, сталь 1.5423 в соответствии с EN 10027-2), имеющей диаметр D от 1 до 10 м и производимой на производственном предприятии секциями длиной от 3 до 12 м в зависимости от ограничений доступа на площадку и анализа затрат. Стальные сегменты изготавливаются, а поверхности корректируются до допусков лучше, чем 1 мм, на концах снабжены соединительными фланцами, чтобы обеспечить минимальный разрыв, подвергающийся воздействию кольцевых водяных уплотнений/ изоляционной прокладки 33 поршня. Деталь соединения изображена на фиг. 3, где верхняя секция 21 собрана прецизионным язычковым и пазовым соединением 26 с нижней секцией 22, причем фиксирующий захват выполнен внутри канала высокого давления посредством соответствующих фланцев 27 и съемных соединительных элементов 25, например, типа винта и гайки. На месте соединения между секциями фланец снабжен отверстиями, предпочтительно полу-тороидальными, соответствующими некоторым резиновым прокладкам 24, предпочтительно тороидальным.

На фиг. 4 показана конструкция тяжелого поршня 30. Поршень изготовлен из стали, произведен на заводе и установлен на месте. Поршень 30 может быть изготовлен, например, из сегментов листовой стали, имеющих форму кругового сектора с вырезанным кончиком в центре, собранных для получения проектной формы. Этот поршень 30 подвергается только равномерно распределенной статической нагрузке, являясь практически лишь разделительной мембраной между двумя областями с перепадом давления. Поэтому, чтобы избежать деформации поршня, достаточно опорной решетки из стальных Т-профилей. Поршень 30 снабжен роликовыми направляющими 35, которые выполняют роль направляющих поршня внутри цилиндра для обеспечения желаемого горизонтального положения поршня во время его перемещения вверх и вниз. Направляющие изготавливаются в каждом конкретном случае в количестве и с размерами в зависимости от каждой установки. В предложенной конструкции, показанной на фиг. 4, роликовые направляющие 35 имеют форму прямоугольных треугольников из стального профиля, установленных на верхней поверхности поршня 30. На поршне 30 установлены/закреплены блоки материала с высокой объемной массой (31), изготовленные на заводе и изолированные от контакта с водой во избежание деградации со временем. Блоки 31 будут загружаться на поршень и сгружаться с поршня (во время установки и возможных операций технического обслуживания) так, чтобы избежать дисбаланса поршня 30 для минимизации сопротивления, требуемого направляющими 35.

На нижней поверхности поршня 30, на внешнем нижнем крае в направлении стального покрытия цилиндра, как показано на фиг. 4, будет предусмотрена монолитная стальная направляющая 36, предназначенная для сброса по градиенту давления на кольцевую гидравлическую изоляционную прокладку 32 относительно стального покрытия 11 цилиндра 10. Также в центральной части, где поршень 30 перемещается по каналу 20 высокого давления, будет предусмотрена монолитная стальная направляющая 37, предназначенная для сброса по градиенту давления на кольцевую гидроизоляционную прокладку 33 к наружной стенке канала 20 высокого давления.

Система 60 ввода (поглощения) электрической энергии отлична от системы 50 генерации (производства) электрической энергии. Это позволяет использовать оптимизированное и высокоэффективное электрическое и гидравлическое оборудование. Производство электрической энергии осуществляется импульсными турбинами, например, турбинами Пелтона, что обеспечивает низкое потребление воды, поэтому система может увеличить количество энергии, хранящейся на кубический метр воды. Система также может иметь несбалансированные размеры в том смысле, что она допускает совершенно разные уровни ввода по сравнению с уровнями вывода (например, полная нагрузка в непиковые часы и разгрузка в пиковые часы).

Система 50 генерации энергии может содержать одну или более турбин Пелтона, соединенных с генераторами электроэнергии. Система 50 генерации энергии может быть классической системой Пелто-

на с регулированием потока, поэтому с изменением непрерывного производства электроэнергии от 0 до 100% установленной мощности посредством линейного управления впускными клапанами в турбинах. Система 60 ввода (поглощения) энергии содержит несколько насосов высокого давления для того, чтобы быть способной поглощать регулируемое количество энергии и добиваться высокой эффективности, при этом комплект насосов содержит только один или два с переменным потоком, остальные - с фиксированным потоком и давлением, что дешевле, эффективнее и менее требовательно в обслуживании. Конструкция системы 60 ввода энергии максимизирует эффективность передачи мощности за счет использования синхронных электродвигателей фиксированной мощности для этапов фиксированной мощности и электродвигателей переменной мощности для линейных регулируемых значений.

Для непрерывного поглощения электроэнергии контролируемым образом, например, в случае ветропарка, система поглощения электрической энергии (система ввода) (60) снабжена несколькими насосами постоянного давления и постоянного потока, прикрепленными к электродвигателям с фиксированной номинальной мощностью и без регулирующих элементов, они имеют низкую стоимость, нетребовательное техническое обслуживание и высокую эффективность. Для непрерывной регулировки в диапазоне 0-100% будет использоваться один или два насоса с постоянным давлением, но с переменным расходом с подключенными электродвигателями, оснащенными используемой системой управления мощностью. Эти переменные системы будут иметь единичную производительность по сравнению с фиксированными системами 150%, чтобы позволить контроллеру непрерывно регулировать поглощение энергии независимо от направления и скорости изменения мощности, необходимой для поглощения.

Поскольку настоящее изобретение также описано со ссылкой на предпочтительный вариант осуществления, подразумевается, что для специалистов в данной области техники будут очевидные различные его альтернативы, модификации и варианты. Соответственно, предусмотрено, что все подобные альтернативы, модификации и варианты включены в рамки и объем технического решения, охарактеризованного в прилагаемой формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Комбинированная гравитационно-гидравлическая система хранения электроэнергии, содержащая тяжелый поршень (30), размещенный в резервуаре в форме цилиндра (10), заполненном водой, причем поршень снабжен скользящими прокладками для предотвращения утечки вокруг него, и вертикальную возвратную трубу, соединяющую поток воды от нижней части резервуара с турбиной, связанной с электрической машиной, расположенной на уровне грунта, отличающаяся тем, что поршень (30) утяжелен блоками материала высокой объемной массовой плотности (31), закрепленными симметрично на поверхности поршня для равномерного распределения массы, предназначен для аккумуляции потенциальной гравитационной энергии при его вертикальном подъеме внутри указанного цилиндра (10) с армированными бетонными стенками и внутренней поверхностью, покрытой стальным покрытием (11), причем поршень (30) направляется на стенке цилиндра (10) посредством роликовых направляющих (35) и снабжен в центре кольцевым отверстием, в оси цилиндра расположен канал (20) высокого давления, указанный поршень (30) снабжен изоляционными прокладками (32, 33) как относительно указанного стального покрытия (11) цилиндра (10), так и относительно указанного канала (20) высокого давления, проходящего через центр поршня (30) и проводящего воду под давлением от основания цилиндра к системе (50) генерации электроэнергии с использованием импульсных водяных турбин, канал (20) высокого давления герметизирован сверху, а также деаэрирован, при этом вода, используемая в процессе производства электроэнергии системой (50) генерации электроэнергии, сбрасывается обратно в цилиндр (10), над поршнем (30) через возвратный канал (25) при атмосферном давлении, и для цикла ввода и хранения электрической энергии из электрической сети, содержит также систему (60) ввода электрической энергии, содержащую насосы высокого давления с фиксированным и переменным потоком, забирающую воду сверху поршня (30), через возвратный канал (25), и подающую ее в канал (20) высокого давления, под поршень (30), вызывая подъем поршня (30).

2. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой цилиндр (10) представляет собой большой цилиндрический бассейн порядка метров или десятков метров, в зависимости от требуемого объема хранения, построенный ниже уровня грунта, имеющий стенку, выполненную путем соединения сборных бетонных сегментов, в виде цилиндрических сегментов (12) оболочки, снабженных отверстиями для жил, причем бетонные сегменты (12) установлены по месту посредством съемных соединительных элементов (72) с последующим напряжением несколькими стальными жилами (15), цилиндр (10) снабжен сверху плотной армированной сталью бетонной плитой (70), которая продолжается вниз цилиндрической манжетой, имеющей одинаковый диаметр с цилиндром (10), и которая опирается на фундамент (71), а в нижней части обратным куполом (40), причем стенка цилиндра облицована изнутри высококачественным стальным покрытием (11), образованным из цилиндрических сегментов покрытия, с обеспечением возможности легкого скольжения поршня (30), а с внешней стороны - гидроизоляции (19), предназначенной для принятия в грунте расширений и сжатий во время эксплуатации, а также защиты конструкции от воды из грунта.

3. Система хранения электроэнергии по п.2, в которой цилиндр (10) снабжен фиксирующими выступами (41) для канала (20) давления, которые также образуют выпуск (29) для воды, при этом между выступами (41) предусмотрены пространства для циркуляции воды.

4. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой поршень (30) выполнен из стали, имеет заводскую механическую обработку и смонтирован на месте, имеет смонтированные на верхней поверхности блоки (31), имеющие заводскую механическую обработку и изолированные от контакта с водой, и роликовые направляющие (35), предназначенные для обеспечения его горизонтального положения, при этом на нижней поверхности поршня (30), на его краю, предусмотрена монолитная стальная направляющая (36), сбрасывающая давление на кольцевую гидроизоляционную прокладку (32) по градиенту относительно стального покрытия (11) цилиндра (10), причем в центральной части, где поршень (30) пересекает канал (20) давления, предусмотрены монолитные стальные направляющие (37) для обеспечения разгрузки давления по градиенту на другую кольцевую гидроизоляционную прокладку (33) относительно внешней стенки канала (20) давления.

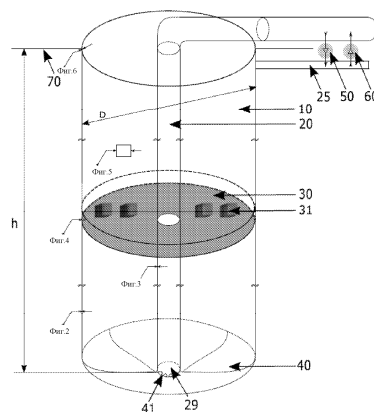
5. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой канал (20) высокого давления представляет собой цилиндрическую трубу с по меньшей мере одним коленом на верхнем конце, изготовленную из высококачественной стали в секциях (21, 22) и снабженную на концах соединительными фланцами (27) для обеспечения минимального разрыва под воздействием кольцевых водяных уплотнений (33) поршня, причем верхняя секция (21) собрана прецизионным язычком и пазовым соединением (26) с нижней секцией (22), причем фиксирующий захват выполнен внутри канала высокого давления посредством соответствующих фланцев (27) и съемных соединительных элементов (25), в месте соединения между секциями, причем фланец снабжен отверстиями, соответствующими некоторым резиновым прокладкам (24).

6. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой поршень (30) снабжен монолитной стальной направляющей (36), выполненной с возможностью сброса давления на кольцевую гидроизоляционную прокладку (32) по градиенту относительно стального покрытия (11) цилиндра (10).

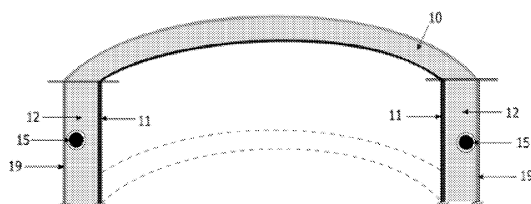
7. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой поршень (30) снабжен монолитной стальной направляющей (37), выполненной с возможностью сброса давления на кольцевую гидроизоляционную прокладку (33) по градиенту относительно наружной стенки канала (20) высокого давления.

8. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой система (60) ввода электрической энергии с объемом регулируемой входной мощности в диапазоне 0-100% снабжена множеством насосов постоянного давления и постоянного расхода, приводимых в действие электродвигателями с фиксированной номинальной мощностью и без регулирования мощности/скорости, и для непрерывной регулировки в диапазоне 0-100% использует один или более насосов с постоянным давлением, но с переменным расходом, приводимых в действие электродвигателями с регулированием мощности/скорости.

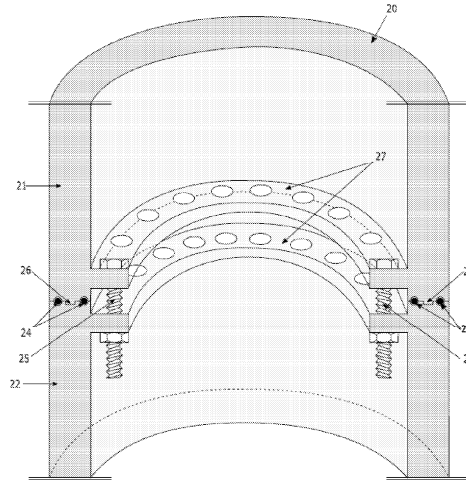
9. Система хранения электроэнергии по п.1, в которой система (50) генерации электроэнергии с объемом регулируемой выходной мощности в диапазоне 0-100% содержит одну или более турбин Пелтона, соединенных с электрическими генераторами, каждый из которых имеет управление потоком в диапазоне 0-100%.



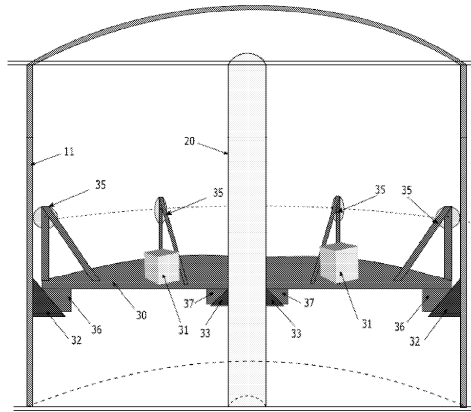
Фиг. 1



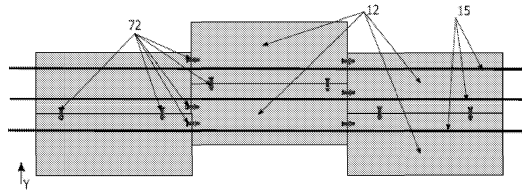
Фиг. 2



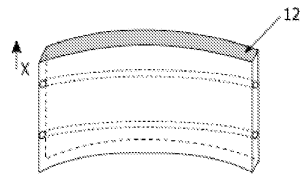
Фиг. 3



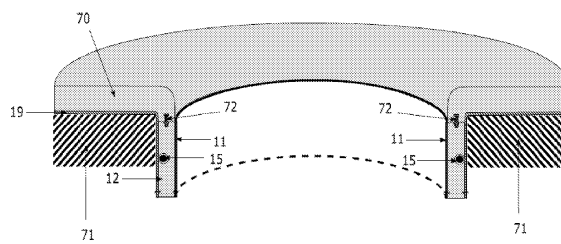
Фиг. 4



Фиг. 5a



Фиг. 5b



Фиг. 6

