

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2792492

ВЕТРО-ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ СОЛНЕЧНЫМ ТРЕКЕРОМ

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

Автор(ы): *Лаврик Александр Юрьевич (RU)*

Заявка № 2023101514

Приоритет изобретения **25 января 2023 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **22 марта 2023 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **25 января 2043 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H02S 10/12 (2023.02); F03D 9/17 (2023.02); H02S 20/32 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2023101514, 25.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.01.2023Дата регистрации:
22.03.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.01.2023

(45) Опубликовано: 22.03.2023 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", Ианов Михаил Владимирович

(72) Автор(ы):

Лаврик Александр Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2013160897 A1, 31.10.2013. RU
2614451 C1, 28.03.2017. RU 2021113644 A,
13.05.2021. US 20180023547 A1, 25.01.2018. WO
2018095446 A1, 31.05.2018. KR 100919488 B1,
28.09.2009. MD 4787 C1, 31.08.2022. RU 180765
U1, 22.06.2018.

(54) ВЕТРО-ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ СОЛНЕЧНЫМ ТРЕКЕРОМ

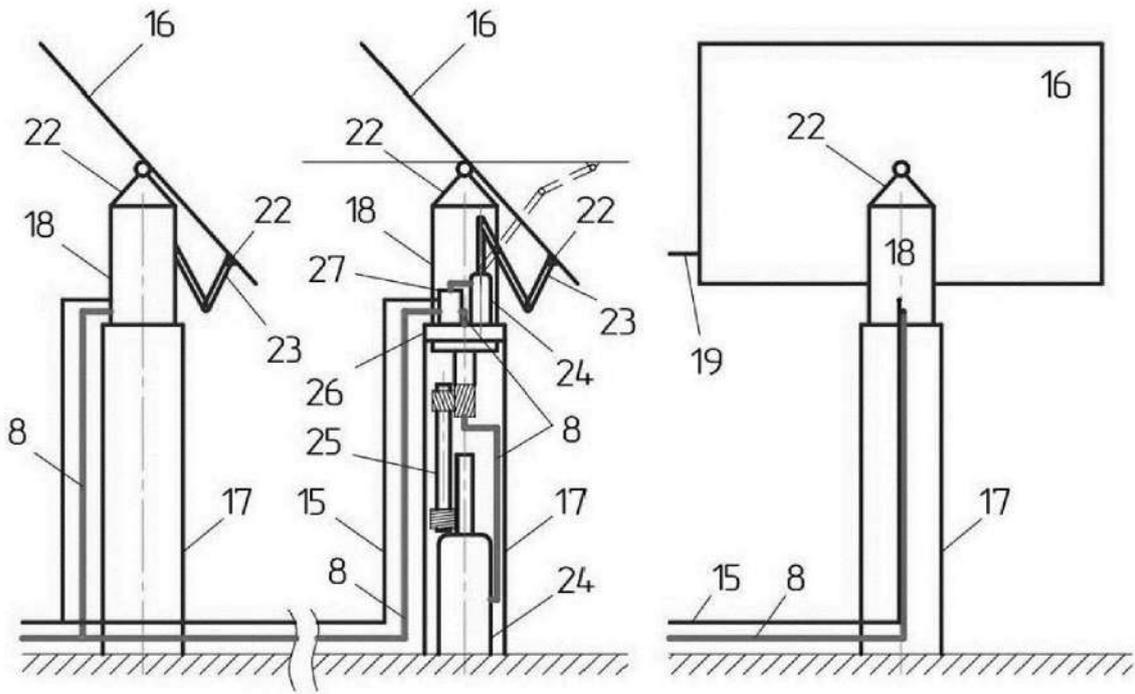
(57) Реферат:

Изобретение относится к гибридным электротехническим комплексам, генерирующим электрическую энергию за счёт ветроэлектрических установок и фотоэлектрических панелей, ориентируемых на Солнце. Техническим результатом является увеличение выработки электроэнергии ветро-фотоэлектрическим комплексом. Преимущество

использования устройства состоит в увеличении выработки электроэнергии ветро-фотоэлектрическим комплексом за счёт резервуара низкого давления, позволяющего накапливать энергию в виде сжатого воздуха, а также пневматического солнечного трекера, обеспечивающего ориентацию фотоэлектрической панели на Солнце. 2 ил.

C 1
2 7 9 2 4 9 2
R U

R U
2 7 9 2 4 9 2
C 1



Фиг. 2

RU 2792262 2016

RU 2792492 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02S 10/12 (2014.01)
F03D 9/17 (2016.01)
H02S 20/32 (2014.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02S 10/12 (2023.02); F03D 9/17 (2023.02); H02S 20/32 (2023.02)

(21)(22) Application: **2023101514, 25.01.2023**

(24) Effective date for property rights:
25.01.2023

Registration date:
22.03.2023

Priority:
(22) Date of filing: **25.01.2023**

(45) Date of publication: **22.03.2023** Bull. № 9

Mail address:
**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", Ianov
Mikhail Vladimirovich**

(72) Inventor(s):
Lavrik Aleksandr Iurevich (RU)

(73) Proprietor(s):
**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **WIND-PHOTO-ELECTRIC COMPLEX WITH PNEUMATIC SOLAR TRACKER**

(57) Abstract:
FIELD: hybrid electrical systems.
SUBSTANCE: advantage of using the device is increased power generation of the wind-photovoltaic complex due to the low pressure reservoir, which allows to accumulate energy in the form of compressed air, as

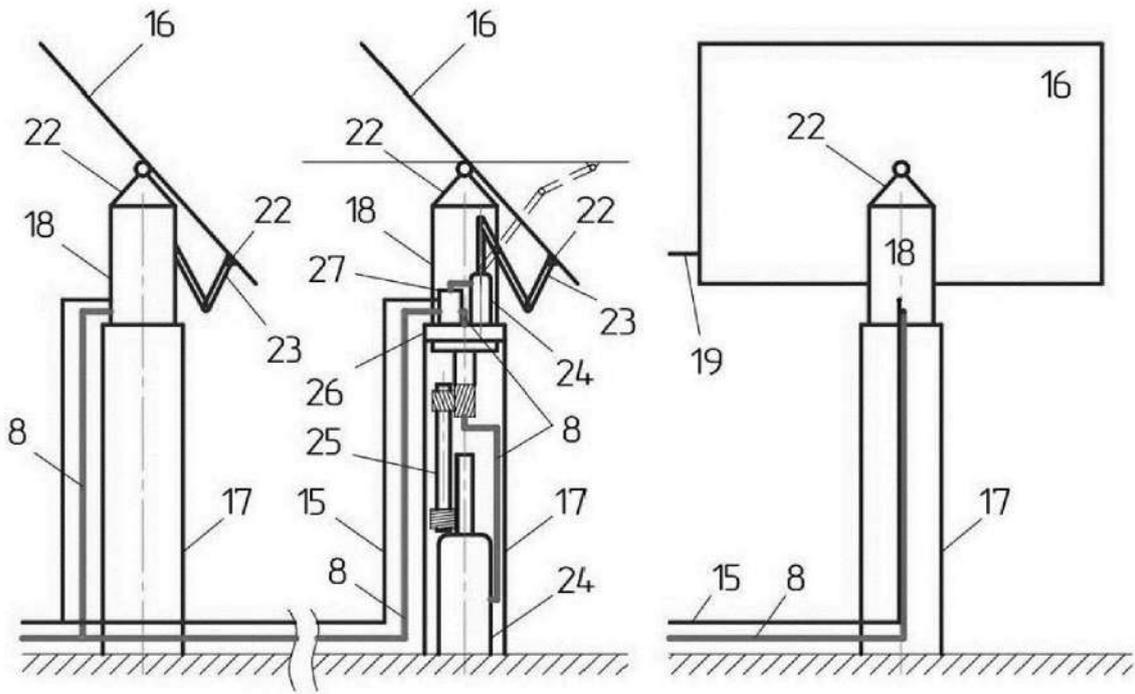
well as a pneumatic solar tracker, which ensures the orientation of the photovoltaic panel to the Sun.

EFFECT: increased generation of electricity by the wind-photovoltaic complex.

1 cl, 2 dwg

1 C 2 6 4 2 6 7 2 R U

R U 2 7 9 2 4 9 2 C 1



Фиг. 2

RU 2792262 2016

RU 2792492 2016

Изобретение относится к гибридным электротехническим комплексам, генерирующим электрическую энергию за счёт ветроэлектрических установок и фотоэлектрических панелей, ориентируемых на Солнце.

5 Известна энергоаккумулирующая установка для обогрева теплиц (авторское свидетельство СССР №1687113, опубл. 03.03.1989), включающая солнечные батареи, установленные на железобетонных опорах, и ветроагрегат, связанные через инвертор и преобразователь напряжения с компрессором атмосферного воздуха. Компрессор сообщается посредством воздуховода с пневмоаккумулятором и теплообменником, расположенным внутри теплового гидроаккумулятора. На выходе пневмоаккумулятора
10 установлен редуктор, а на выходе гидроаккумулятора – обратный клапан. При работе установки энергия солнечного излучения и ветра преобразуется в тепло и энергию сжатого воздуха, аккумулируемые в емкостях пневмоаккумулятора и теплообменника.

Недостатком устройства являются опоры, на которых жёстко закреплены солнечные батареи, что не обеспечивает увеличение выработки солнечных батарей за счёт слежения
15 за Солнцем. Другим недостатком является электрический привод компрессора, снижающий КПД устройства за счёт множественного преобразования энергии: при работе ветроагрегата механическая энергия ветроколеса преобразовывается в электрическую, а затем снова в механическую. Кроме того, электрически привод компрессора исключает возможность сжатия воздуха при скорости ветра, меньшей
20 скорости включения ветряной турбины, а также использования потенциала ветровой энергии при скорости ветра, большей номинальной для данной ветряной турбины.

Известна защищённая от внешних воздействий энергоустановка автономного электроснабжения (патент РФ 2773678, опубл. 07.06.2022), включающая ветродвигатель, механически соединённый с мультипликатором, который через обгонную муфту
25 механически соединён с синхронным электрогенератором, гибкие солнечные панели, устройство ориентации по Солнцу, систему изменения угла атаки лопастей ветродвигателя, аккумуляторную батарею, бензогенератор и систему защиты солнечных панелей и ветродвигателя от внешних воздействий.

Недостатком устройства является устройство ориентации по Солнцу, потребляющее
30 электрическую энергию, что особенно критично при большом количестве солнечных панелей и неблагоприятных метеорологических условиях. Другим недостатком устройства являются гибкие солнечные панели, причём теллурид-кадмиевые гибкие солнечные панели содержат токсичные металлы – кадмий и теллур, а гибкие солнечные панели, изготовленные из других материалов, имеют более низкий по сравнению с
35 кремниевыми панелями КПД. Также недостатком является аккумуляторная батарея, имеющая ограниченное суммарное количество циклов заряда и разряда, исчисляемое несколькими тысячами, и высокие требования к температурному режиму, что снижает срок службы и надёжность устройства.

Известно устройство хранения сжатого воздуха в опорной конструкции ветряной
40 турбины (патент US 9581140, опубл. 28.02.2017), включающее ветряную турбину, газовый компрессор, сконфигурированный для приведения в действие ветряной турбиной, и опорную конструкцию. Стенки опорной конструкции образуют камеру, сообщающуюся с газовым компрессором, при этом камера предназначена для хранения газа, сжатого газовым компрессором. Генератор выполнен с возможностью выработки
45 электроэнергии за счет расширения сжатого газа, вытекающего из камеры.

Недостатком является генератор, механическая энергия на который передаётся с ветряной турбины или с камеры хранения сжатого газа, в то время как оптимальные параметры генератора для двух указанных случаев будут отличаться. Другим

недостатком устройства является то, что в качестве источника питания используется, по меньшей мере, одна ветряная турбина, что в условиях значительного потенциала солнечной радиации не обеспечивает высокую степень автономности устройства.

5 Известна гибридная система генерации электроэнергии из источников солнечной тепловой и ветряной энергии (патент WO 2013160897, опубл. 31.10.2013), включающая систему генерации электроэнергии ветряной турбиной, систему сжатия воздуха, систему накопления энергии в сжатом воздухе, гелиостаты, систему тепловой генерации
10 электроэнергии. Гелиостаты сконфигурированы для приёма солнечного света и его отражения в воздушные ресиверы, входящие в состав системы тепловой генерации электроэнергии. Система сжатия воздуха электрически соединена с системой генерации
15 электроэнергии ветряной турбиной и приводится в действие за счёт получаемой от неё электроэнергии.

Недостатком устройства является электрический привод компрессора, исключающий
20 возможность сжатия воздуха при скорости ветра, меньшей скорости включения ветряной турбины. Также электрический привод компрессора не позволяет использовать потенциал ветровой энергии при скорости ветра, большей номинальной скорости
25 ветроколеса ветряной турбины, когда выработка электрической энергии ветряной турбиной равна номинальному значению и со скоростью ветра более не увеличивается. Кроме того, электрический привод компрессора снижает КПД устройства за счёт
30 множественного преобразования энергии: при работе ветроагрегата механическая энергия ветроколеса преобразовывается в электрическую, а затем снова в механическую.

Известен автономный источник энергоснабжения на основе ветросиловой установки (патент РФ 2614451, опубл. 28.03.2017), принятый за прототип, включающий
35 установленную на башне-опоре ветросиловую установку, механически связанную с электрогенератором и компрессором-бустером, связанным трубопроводом с резервуаром высокого давления, турбодетандер, компрессор, механически связанный с ветросиловой установкой, электрогенератор, механически связанный с турбодетандером, расположенный в башне-опоре резервуар низкого давления, внутри
40 которого соосно размещен резервуар высокого давления.

Недостатком устройства является резервуар низкого давления, корпус которого
45 образован стенками башни опоры, что затрудняет доступ к оборудованию в гондоле ветросиловой установки без потери потенциальной энергии сжатого газа. Другим недостатком является то, что в качестве источника питания используется, по меньшей мере, одна ветросиловая установка, что в условиях значительного потенциала солнечной радиации не обеспечивает высокую степень автономности устройства.

Техническим результатом является увеличение выработки электроэнергии ветро-фотоэлектрическим комплексом.

Технический результат достигается тем, что дополнительно установлен редуктор, на выходном валу которого закреплен тормозной модуль, при этом входной вал
50 редуктора соединён с выходным валом ветроколеса, а его выходной вал соединён с входным валом привода-распределителя, в верхней части гондолы выполнено отверстие, в которое установлен воздухозаборник, на резервуаре низкого давления установлены электромагнитные клапаны и клапан сброса давления, которые через трубопроводы соединены турбодетандером и блоком управления трекером, который установлен в
45 поворотном модуле на стойке, при этом поворотные модули соединены с возможностью вращения с фотоэлектрическими панелями, которые соединены через кабель друг с другом и с преобразовательным блоком, который соединен с электрогенераторами, при этом блок управления трекером соединен через информационный кабель с

метеостанцией, а через трубопровод – с пневматическими цилиндрами, первый пневматический цилиндр соединён с рычажной системой, которая соединена через шарнир с фотоэлектрической панелью, второй пневматический цилиндр соединён через механическую передачу с поворотным модулем.

5 Ветро-фотоэлектрический комплекс с пневматическим солнечным трекером поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 – схема ветро-фотоэлектрического комплекса с пневматическим солнечным трекером;

фиг. 2 – пневматический солнечный трекер, где:

- 10 1 – башня-опора;
- 2 – ветроколесо;
- 3 – редуктор;
- 4 – тормозной модуль;
- 5 – привод-распределитель;
- 15 6 – электрогенератор;
- 7 – компрессор;
- 8 – трубопровод;
- 9 – резервуар низкого давления;
- 10 – турбодетандер;
- 20 11 – гондола;
- 12 – электромагнитный клапан;
- 13 – воздухозаборник;
- 14 – метеостанция;
- 15 – информационный кабель;
- 25 16 – фотоэлектрическая панель;
- 17 – стойка;
- 18 – поворотный модуль;
- 19 – кабель;
- 20 – преобразовательный блок;
- 30 21 – клапан сброса давления;
- 22 – шарнир;
- 23 – рычажная система;
- 24 – пневматический цилиндр;
- 25 – механическая передача;
- 35 26 – подшипниковый узел;
- 27 – блок управления трекером.

Ветро-фотоэлектрический комплекс с пневматическим солнечным трекером включает башню-опору 1 (фиг. 1), на которой установлена подвижная гондола 11. В верхней части гондолы 11 выполнено отверстие, в которое установлен воздухозаборник 13. В
40 торцевой части гондолы 11 выполнено осевое отверстие, через которое выходной вал ветроколеса 2 соединён с входным валом редуктора 3, установленным внутри гондолы 11. На выходной вал редуктора 3 установлен тормозной модуль 4. Выходной вал редуктора 3 соединён с входным валом привода-распределителя 5. Первый выходной вал привода-распределителя 5 соединён с валом первого электрогенератора 6,
45 установленного в гондоле 11, а второй выходной вал – с валом компрессора 7. Компрессор 7 с помощью трубопровода 8 соединён с резервуаром низкого давления 9. На резервуаре низкого давления 9 установлены клапан сброса давления 21 и электромагнитные клапаны 12. Первый электромагнитный клапан 12 с помощью

трубопровода 8 соединён с турбодетандером 10. Выходной вал турбодетандера 10 соединён с валом второго электрогенератора 6. Электрогенераторы 6 с помощью кабелей 19 соединены с преобразовательным блоком 20. Преобразовательный блок 20 с помощью кабеля 19 соединён с фотоэлектрическими панелями 16. Каждая фотоэлектрическая панель 16 с помощью шарнира 22 установлена на поворотном модуле 18. Поворотный модуль 18 с помощью подшипникового узла 26 подвижно закреплён на стойке 17 (фиг. 2). В поворотном модуле 18 установлен блок управления трекером 27, который с помощью трубопровода 8 соединён со вторым электромагнитным клапаном 12, а с помощью информационного кабеля 15 – с метеостанцией 14. Преобразовательный блок 22 соединён с сетью потребителей электроэнергии. Блок управления трекером 27 с помощью трубопровода 8 соединён с пневматическими цилиндрами 24, первый из которых установлен в поворотном модуле 18, а второй установлен внутри стойки 17. В блок управления трекером 27 установлен источник электропитания (на фигуре не показан). Первый пневматический цилиндр 24 с помощью рычажной системы 23 соединён с шарниром 22, закреплённым на фотоэлектрической панели 16. Второй пневматический цилиндр 24 соединён с механической передачей 25, которая соединена с поворотным модулем 18. Механическая передача 25 подвижно закреплена на стойке 17 с помощью подшипникового узла (на фигуре не показан).

Устройство работает следующим образом. Ветроколесо 2 вращается под воздействием ветрового потока, передавая крутящий момент входному валу редуктора 3, установленного внутри гондолы 11, подвижной относительно вертикальной оси и установленной на башне-опоре 1. Выходной вал редуктора 3 приводит в движение входной вал привода-распределителя 5, который обеспечивает передачу вращающего момента на вал электрогенератора 6, установленного в гондоле 11, или вал компрессора 7. При передаче вращающего момента на вал электрогенератора 6 электрогенератор 6 вырабатывает электроэнергию, передаваемую с помощью кабеля 19 в преобразовательный блок 20. Компрессор 7 установлен в верхней части гондолы 11 и соединён с воздухозаборником 13, что обеспечивает сжатие атмосферного воздуха при передаче вращающего момента на вал компрессора 7 и его последующую передачу по трубопроводу 8 в резервуар низкого давления 9. При открытии первого электромагнитного клапана 12 сжатый воздух из резервуара низкого давления 9 по трубопроводу 8 поступает на турбодетандер 10, где потенциальная энергия сжатого газа переходит в кинетическую энергию выходного вала турбодетандера 10. Выходной вал турбодетандера 10 передаёт вращающий момент валу электрогенератора 6, который вырабатывает электроэнергию, передаваемую с помощью кабеля 19 в преобразовательный блок 20.

Фотоэлектрические панели 16 вырабатывают электроэнергию под воздействием солнечного излучения. Каждая фотоэлектрическая панель с помощью шарнира 22 закреплена на поворотном модуле 18. Поворотный модуль 18 за счёт подшипникового узла 26 подвижно установлен на стойке 17 с возможностью поворота в азимутальной плоскости. Поворотный модуль 18 осуществляет ориентирование фотоэлектрических панелей 16 на Солнце за счёт энергии сжатого воздуха, поступающего от второго электромагнитного клапана 12 по трубопроводу 8 в блок управления трекером 27, закреплённый в поворотном модуле 18. Управляющие сигналы в блок управления трекером 27 поступают по информационному кабелю 15 с метеостанции 14. Сжатый воздух с выхода блока управления трекером 27 подаётся в пневматические цилиндры 24. Первый пневматический цилиндр 24 при подаче сжатого воздуха приводит в действие

рычажную систему 23, которая соединена с помощью шарнира 22 с фотоэлектрической панелью 16. Второй пневматический цилиндр 24 приводит в действие механическую передачу 25, которая соединена с поворотным модулем 18. Механическая передача 25 может быть соединена со вторым пневматическим цилиндром 24 с помощью червячно-реечной передачи, а с поворотным модулем 18 – с помощью цилиндрической косозубой передачи, что обеспечит плавность работы механизма. Электроэнергия от фотоэлектрических панелей 16 передаётся в преобразовательный блок 20 с помощью кабеля 19. Преобразовательный блок 20 обеспечивает отслеживание точки максимальной мощности ветро-фотоэлектрического комплекса, согласование разнородных источников генерации и соответствие показателей качества электроэнергии предъявляемым требованиям.

Для торможения ветроколеса 2 при достижении максимальной скорости вращения, определённой для данной ветроэлектрической установки (ВЭУ), а также для обеспечения экстренного торможения и остановки, в гондоле 11 на выходном валу редуктора 3 предусматривается установка тормозного модуля 4. Для ограничения давления в резервуаре низкого давления 9 установлен клапан сброса давления 21.

Ветро-фотоэлектрический комплекс с пневматическим солнечным трекером работает в следующем режиме. Если скорость ветра меньше минимальной скорости ветра, определённой для данной ВЭУ, привод-распределитель 5 осуществляет передачу вращающего момента на вал компрессора 7, благодаря чему энергия ветрового потока, теряемая при использовании ВЭУ классической конструкции, запасается в виде сжатого воздуха. Если скорость ветра больше минимальной скорости ветра, появляется возможность выработки электрической энергии за счёт электрогенератора 6, установленного в гондоле 11. В этом случае привод-распределитель 6 осуществляет передачу вращающего момента на вал электрогенератора 6. При этом сохраняется возможность накопления энергии в виде сжатого в резервуаре низкого давления 9 воздуха, что обеспечивается передачей вращающего момента либо только на вал компрессора 7, либо одновременно на вал электрогенератора 6 и вал компрессора 7. Если скорость ветра превышает номинальную скорость ветра, определённую для данной ВЭУ, привод-распределитель 5 осуществляет передачу вращающего момента одновременно на вал электрогенератора 6 и вал компрессора 7. Электрогенератор 6 при этом выдаёт в сеть потребителя мощность, а компрессор 7 обеспечивает накопление электроэнергии, теряемой при использовании ВЭУ классической конструкции. При заполнении резервуара низкого давления 9 номинальным объёмом воздуха, автоматически отслеживаемым с помощью манометра (на фигуре не показан), открывается клапан сброса давления 21. Для сохранения возможности ориентации фотоэлектрических панелей 16 на Солнце при проектировании ветро-фотоэлектрического комплекса с пневматическим солнечным трекером определяется минимальный объём сжатого газа в резервуаре низкого давления 9, необходимый для ориентации фотоэлектрических панелей 16 на Солнце в течение заданного количества часов. При уменьшении объёма сжатого газа в резервуаре низкого давления 9 до минимального уровня, работа турбодетандера 10 и соединённого с ним электрогенератора 6 прекращается, и работа поворотного модуля 18 гарантированно обеспечивается в течение заданного времени.

Преимущество использования устройства состоит в увеличении выработки электроэнергии ветро-фотоэлектрическим комплексом за счёт резервуара низкого давления, позволяющего накапливать энергию в виде сжатого воздуха, а также пневматического солнечного трекера, обеспечивающего ориентацию фотоэлектрической

панели на Солнце.

(57) Формула изобретения

Ветро-фотоэлектрический комплекс с пневматическим солнечным трекером,
5 содержащий башню-опору, ветроколесо, привод-распределитель, электрогенераторы,
компрессор, трубопроводы, резервуар низкого давления, турбодетандер, гондолу,
причём башня-опора соединена с гондолой, выходной вал привода-распределителя
соединён с валом электрогенератора и валом компрессора, который с помощью
10 трубопровода соединён с резервуаром низкого давления, выходной вал турбодетандера
соединён с валом электрогенератора, отличающийся тем, что дополнительно установлен
редуктор, на выходном валу которого закреплен тормозной модуль, при этом входной
вал редуктора соединён с выходным валом ветроколеса, а его выходной вал соединён
с входным валом привода-распределителя, в верхней части гондолы выполнено
15 отверстие, в которое установлен воздухозаборник, на резервуаре низкого давления
установлены электромагнитные клапаны и клапан сброса давления, которые через
трубопроводы соединены турбодетандером и блоком управления трекером, который
установлен в поворотном модуле на стойке, при этом поворотные модули соединены
с возможностью вращения с фотоэлектрическими панелями, которые соединены через
кабель друг с другом и с преобразовательным блоком, который соединен с
20 электрогенераторами, при этом блок управления трекером соединен через
информационный кабель с метеостанцией, а через трубопровод – с пневматическими
цилиндрами, первый пневматический цилиндр соединён с рычажной системой, которая
соединена через шарнир с фотоэлектрической панелью, второй пневматический цилиндр
соединён через механическую передачу с поворотным модулем.

25

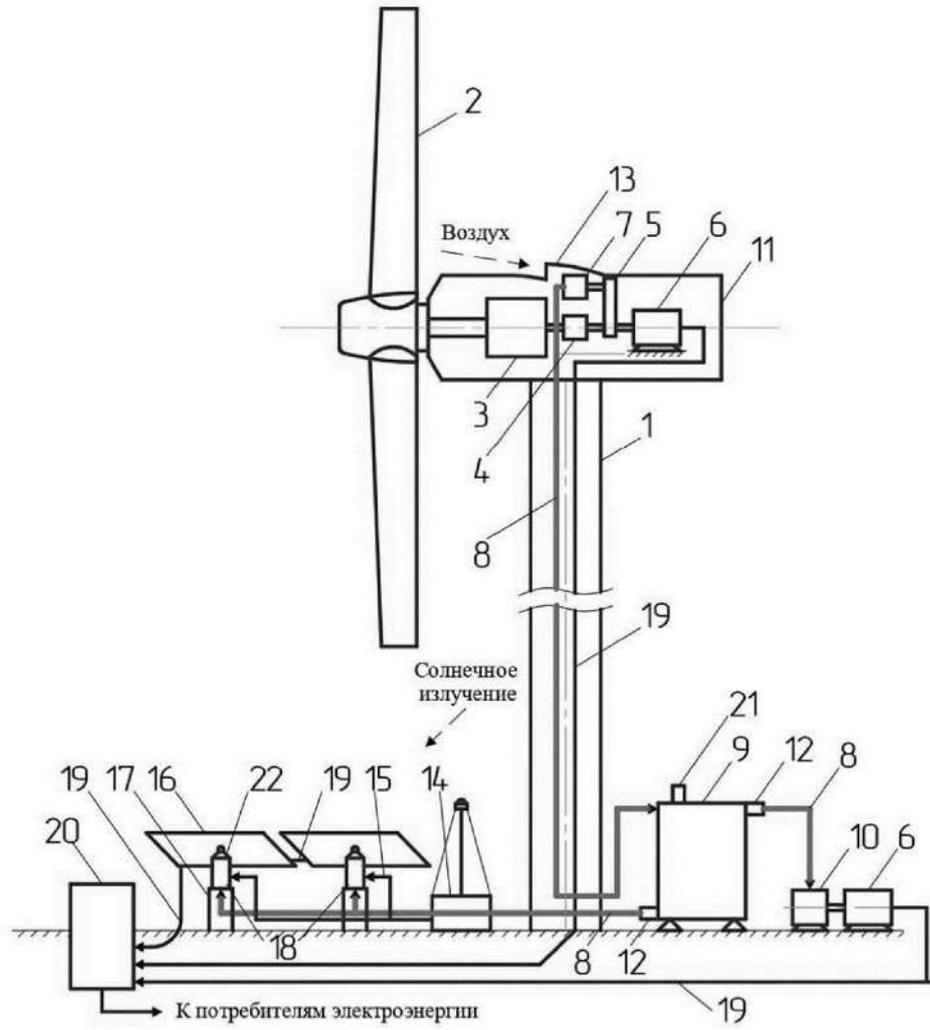
30

35

40

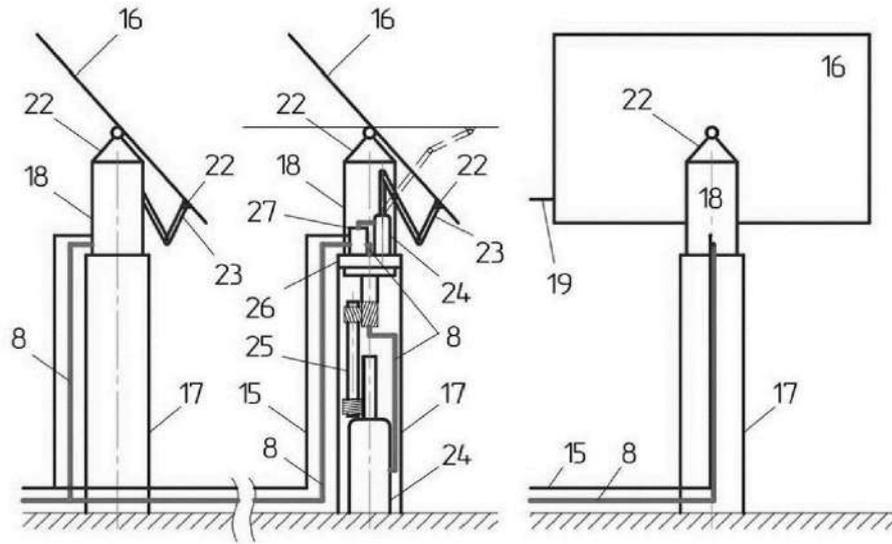
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2