

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202390157** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки
2023.05.16(51) Int. Cl. *F01K 23/10* (2006.01)
F01K 23/06 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2021.06.30(54) **СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ОТВОДИМОГО ТЕПЛА В КАЧЕСТВЕ РЕЗЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

(31) 102020000016090

(72) Изобретатель:

(32) 2020.07.03

Насини Эрнесто, Сантини Марко (IT)

(33) IT

(74) Представитель:

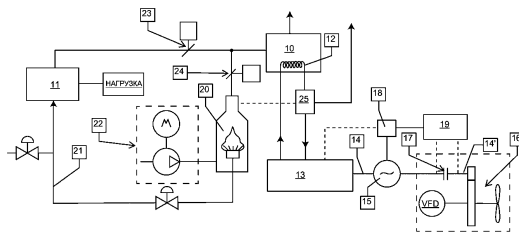
(86) PCT/EP2021/025242

(87) WO 2022/002441 2022.01.06

(71) Заявитель:

**НУОВО ПИНЬОНЕ ТЕКНОЛОДЖИ -
С.Р.Л. (IT)****Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Кузнецова Т.В.,
Соколов Р.А. (RU)**

(57) Изобретение относится к системе (13) рекуперации отводимого тепла, которая выполнена с возможностью функционирования в качестве основного источника энергии в аварийной ситуации, когда источник (11) тепла не работает. Система (13) рекуперации отводимого тепла содержит, помимо нагревателя (10), выполненного с возможностью циркуляции рабочей текучей среды в теплообменном взаимодействии с текучей средой-теплоносителем от источника (11) тепла для нагрева рабочей текучей среды, независимый вспомогательный источник (20) тепла, выполненный с возможностью обеспечения дополнительной текучей среды-теплоносителя в теплообменном взаимодействии с рабочей текучей средой для нагрева рабочей текучей среды. Система снабжена вспомогательным нагревателем (25), который выполнен с возможностью циркуляции рабочей текучей среды в теплообменном взаимодействии с дополнительной текучей средой-теплоносителем от независимого вспомогательного источника (20) тепла и который можно использовать для замещения нагревателя (10) или в комбинации с нагревателем (10).

**A1****202390157****202390157****A1**

СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ОТВОДИМОГО ТЕПЛА В КАЧЕСТВЕ РЕЗЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[1] Настоящее описание относится к усовершенствованной резервной системе для машины для выработки электроэнергии, причем такая резервная система основана на системе рекуперации отводимого тепла, предназначенной для использования в качестве аварийного источника энергии. В частности, варианты осуществления, описанные в настоящем документе, относятся к усовершенствованным термодинамическим машинам, таким как газовые турбины и/или двигатели-генераторы или механические приводные агрегаты, в которых система рекуперации отводимого тепла выполнена с возможностью функционирования в качестве основного источника энергии при возникновении такой необходимости.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[2] Чтобы исключить недостатки, связанные с возможным отключением, машины для выработки электроэнергии могут оснащаться резервной энергетической установкой, такой как вспомогательный двигатель. Однако такое решение является дорогостоящим и усложняет систему. Кроме того, во многих случаях дополнительная масса резервной энергетической установки может быть нежелательной.

[3] Термодинамические системы, в которых рабочая текучая среда обрабатывается в замкнутом контуре и претерпевает термодинамические превращения, в конечном итоге включающие фазовые переходы между жидким состоянием и парообразным или газообразным состоянием, как правило, используют для преобразования тепла в полезную работу и, в частности, в механическую работу и/или в электрическую энергию. Эти системы можно также успешно использовать для рекуперации отводимого тепла различного рода машин. Фактически остаточная теплота машины, такой как термодинамическая система, т. е. теплота, отводимая системой, в конечном счете, вместе с частью источника тепла, не используемого системой, зачастую достаточно велика, и ее можно полноценно преобразовать в механическую энергию с помощью термодинамического цикла.

Как правило, источник отводимого тепла может включать в себя тепловые двигатели, газовые турбины, геотермальные, гелиотермальные, промышленные и бытовые источники тепла или т. п. Система рекуперации отводимого тепла, как правило, включает в себя устройство/группу расширения и устройство/группу сжатия системы, работающей по циклу Брайтона, и/или системы, работающей по циклу Стирлинга, и/или устройство/группу расширения системы, работающей по циклу Ренкина. Вал системы рекуперации отводимого тепла, как правило, непосредственно связан с внешним электрическим устройством, таким как генератор.

[4] Однако в случае отключения источника отводимого тепла системы рекуперации отводимого тепла оказываются бесполезными, поскольку они также прекращают работать вследствие охлаждения системы.

ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[5] В соответствии с настоящим изобретением предлагается оснащать системы рекуперации отводимого тепла независимым вспомогательным источником тепла, чтобы при отключении источника отводимого тепла системы рекуперации отводимого тепла можно было использовать в качестве основного источника энергии, а не в утилизационном цикле.

[6] Таким образом, в одном аспекте объект изобретения, описанный в настоящем документе, относится к системе, работающей по циклу рекуперации отводимого тепла, и к относящемуся к ней способу, в соответствии с которым предусмотрена горелка для генерации тепла, которое система рекуперации отводимого тепла может использовать в случае отключения основного источника отводимого тепла. Тепло от горелки преобразуется системой рекуперации отводимого тепла в механическую энергию для генерирования электроэнергии и/или механического применения, например, для приведения насосов или компрессоров в действие.

[7] Кроме того, в другом аспекте объект изобретения, описанный в настоящем документе, относится к системе, работающей по циклу рекуперации отводимого тепла, и к относящемуся к ней способу, в соответствии с которым предусмотрена горелка для генерации тепла, которое система рекуперации отводимого тепла может использовать в дополнение к теплу от основного источника отводимого тепла, в частности при возникновении пиковой потребности в энергии.

[8] Согласно еще одному аспекту объект изобретения, описанный в настоящем документе, в частности, реализуем для морских вариантов применения, поскольку в данном случае нет необходимости в установке дополнительной аварийной системы, в дополнительном увеличении массы и площади оборудования, что имеет важное значение для этой сферы.

[9] Таким образом, объект изобретения, описанный в настоящем документе, относится к новой системе, работающей по циклу рекуперации отводимого тепла, и к относящемуся к ней способу управления такой системой, в соответствии с которым, в случае отключения источника отводимого тепла, система рекуперации отводимого тепла может работать независимо для получения механической энергии для генерирования электроэнергии и/или для механического применения путем преобразования тепла, поступающего от независимого вспомогательного источника тепла.

[10] Такая конфигурация позволяет исключить необходимость в значительных капитальных и эксплуатационных расходах на оснащение машины резервной энергетической установкой в соответствии с предлагаемым решением, которое является очень простым и, соответственно, очень эффективным с точки зрения затрат.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[11] Описанные варианты осуществления изобретения и многие сопутствующие ему преимущества можно более полно оценить и понять в ходе изучения следующего подробного описания, рассматриваемого в связи с прилагаемыми графическими материалами, причем:

на Фиг. 1 представлена блок-схема новой усовершенствованной системы рекуперации отводимого тепла в комбинации со вспомогательной горелкой;

на Фиг. 2 представлена блок-схема первого варианта системы по Фиг. 1; и

на Фиг. 3 представлена блок-схема второго варианта системы по Фиг. 1.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

[12] В соответствии с одним аспектом настоящий объект изобретения относится к системе рекуперации отводимого тепла, в которой в качестве вспомогательного источника тепла, независимого от основного источника отводимого тепла, предусмотрена горелка, производящая горячие отходящие газы, обменивающиеся теплом с рабочей текучей средой системы рекуперации отводимого тепла. Размер горелки зависит от количества тепла, необходимого в аварийной ситуации.

[13] В соответствии с другим аспектом горелка питается от той же линии подачи топлива от источника отводимого тепла и снабжена нагнетательным вентилятором для впуска воздуха.

[14] В соответствии с еще одним аспектом воздух, смешиваемый с топливом в горелке, подается нагнетательным вентилятором, который питается от батареи, в качестве пускового устройства, и от генератора, подключенного к системе рекуперации отводимого тепла, в установившемся режиме работы. Альтернативно воздух подается в горелку охлаждающей вентиляционной системой источника отводимого тепла, которая только частично необходима в случае отключения источника отводимого тепла. В частности, поскольку вентиляторы охлаждающих вентиляционных систем обычно имеют энергопоглощающие двигатели, можно использовать частотно-регулируемый электропривод для упрощения запуска вентилятора от батареи за счет снижения скорости вентилятора и, следовательно, мощности и интенсивности подачи. Дополнительно за счет снижения потребляемой мощности и интенсивности подачи также снижается нагрузка и занимаемая площадь, что очень важно для морских вариантов применения. Если источник отводимого тепла представляет собой термодинамическую систему, содержащую турбину и компрессор, воздух подается в горелку пусковым устройством турбины.

[15] В соответствии с еще одним аспектом горячие отходящие газы горелки подаются попеременно:

- в тот же теплообменник дымовых газов источника отводимого тепла, причем линии подачи газа как горелки, так и источника отводимого тепла снабжены заслонками, которые не позволяют газам от источника отводимого тепла заполнять горелку, когда последняя остановлена, и наоборот;
- в теплообменник меньшего размера, отделенный от теплообменника дымовых газов источника отводимого тепла, если тепло, необходимое в аварийной ситуации, значительно меньше тепла, поступающего от источника отводимого тепла;
- одновременно в тот же теплообменник дымовых газов источника отводимого тепла и в отделенный теплообменник меньшего размера, чтобы система могла быстро реагировать в случае пиковой потребности в энергии.

[16] В соответствии с другим аспектом резервную систему на базе системы рекуперации отводимого тепла, описанную в настоящем документе, удобно использовать

во множестве вариантов применения: от морских вариантов применения до газовых турбин и тепловых двигателей. В случае морских вариантов применения, когда всегда необходимо наличие аварийного двигателя, использование системы рекуперации отводимого тепла в качестве резервной системы позволяет заместить аварийный двигатель и, таким образом, оптимизировать капитальные затраты и эксплуатационные расходы, а также площадь и массу всей энергетической установки. Кроме того, в том случае, когда система рекуперации отводимого тепла, используемая в качестве резервной системы, представляет собой низкоскоростную систему, такую как система, действующая по циклу Брайтона с CO_2 в качестве рабочей текучей среды, в дополнение к выработке электроэнергии резервную систему также можно использовать в гибридной конфигурации (через муфту сцепления) в соединении с гребным валом, напрямую или через передаточное звено (через редуктор). Таким способом система рекуперации отводимого тепла, действующая в качестве резервной системы, также способна обеспечить механическую энергию для гребного винта в случае отключения главного судового двигателя с повышением, таким образом, эксплуатационной надежности всей системы. Для удобства такая гибридная конфигурация оснащена частотно-регулируемым электроприводом-генератором для обеспечения выработки электроэнергии в соответствии с мощностью, которая не используется гребным винтом.

[17] На Фиг. 1 показана новая система рекуперации отводимого тепла в соответствии с примером осуществления изобретения.

[18] Как показано на Фиг. 1, нагреватель 10 связан с источником 11 тепла, например выхлопным устройством теплогенерирующей системы (например, двигателя). В процессе работы нагреватель 10 получает тепло от текучей среды-теплоносителя, например отходящего газа из источника 11 тепла, который нагревает инертный газ, проходящий через трубный пучок 12, связанный с нагревателем 10. В первом примере осуществления инертный газ, выходящий из нагревателя 10, поступает и проходит через систему 13 рекуперации отводимого тепла, выполненную в виде термодинамической системы, содержащей вал 14, выполненный с возможностью привода генератора, предпочтительно генератора 15 типа VFD, который генерирует электроэнергию и соединен через удлинитель 14' вала с морским гребным винтом 16 через муфту сцепления 17 согласно гибридной конфигурации. Такая гибридная конфигурация также включает в себя панель 18 управления частотно-регулируемым электроприводом для регулирования выработки электроэнергии в соответствии с энергопоглощением гребного винта и/или в соответствии

с требованиями по электрической нагрузке — в зависимости от того, что выбрано в качестве управляющего параметра. Такая гибридная конфигурация также включает в себя систему 19 управления муфтой сцепления для регулирования муфты сцепления таким образом, чтобы вал 14 и удлинитель 14' вала соединялись только при одинаковых относительных скоростях.

[19] С нагревателем 10 дополнительно связана горелка 20. Топливо подают в горелку 20 по линии 21 подачи топлива, в то время как воздух подается нагнетательным вентилятором 22. Во время работы отходящие газы из горелки 20 транспортируются в нагреватель 10. В качестве иллюстрации, но без ограничения, для горелки 20 и источника 11 тепла используют одну и ту же линию 21 подачи топлива.

[20] Поток отходящих газов от источника тепла нагревателя 10 регулируется первой заслонкой 23, а поток отходящих газов от горелки 20 в нагреватель 10 регулируется второй заслонкой 24.

[21] В одном конкретном варианте осуществления дополнительный нагреватель 25 выполнен с возможностью замещения нагревателя 10 и оптимизирован для передачи создаваемого горелкой 20 количества тепла, которое гораздо меньше количества тепла, создаваемого источником 11 тепла во время нормальной работы.

[22] В одном варианте осуществления нагреватель 10 и дополнительный нагреватель 25 выполнены с возможностью одновременной работы, чтобы система могла быстро реагировать в случае пиковой потребности в энергии.

[23] В одном примере осуществления системы, когда источник 11 тепла представляет собой термодинамическую систему, содержащую турбину и компрессор, нагнетательный вентилятор 22 заменен на пусковое устройство 26 турбины 27, как показано на Фиг. 2.

[24] В еще одном примере осуществления системы воздух подается в горелку 20 вентиляционной системой 28 источника 11 тепла. Заслонки 29, 30 выполнены с возможностью регулирования потока воздуха, подаваемого в камеру 31 источника тепла и в горелку 20, как показано на Фиг. 3.

[25] Хотя аспекты данного изобретения описаны с точки зрения различных конкретных вариантов осуществления, специалистам в данной области будет очевидно,

что возможны многие модификации, изменения и исключения без отступления от сущности и объема формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (13) рекуперации отводимого тепла, содержащая нагреватель (10), выполненный с возможностью циркуляции рабочей текучей среды при теплообменном взаимодействии с текучей средой-теплоносителем из источника (11) тепла для нагрева рабочей текучей среды, причем рабочая текучая среда обрабатывается в замкнутом контуре и претерпевает термодинамические превращения для преобразования тепла в полезную работу;

при этом система содержит независимый вспомогательный источник (20) тепла, выполненный с возможностью обеспечения дополнительной текучей среды-теплоносителя в теплообменном взаимодействии с рабочей текучей средой для нагрева рабочей текучей среды.

2. Система по п. 1, в которой вспомогательный нагреватель (25) выполнен с возможностью циркуляции рабочей текучей среды в теплообменном взаимодействии с дополнительной текучей средой-теплоносителем из независимого вспомогательного источника (20) тепла.

3. Система по предшествующему пункту, в которой вспомогательный нагреватель (25) используют для замещения нагревателя (10).

4. Система по п. 2, в которой вспомогательный нагреватель (25) используют в комбинации с нагревателем (10).

5. Система по п. 1, в которой линия подачи топлива от источника (11) тепла выполнена с возможностью подачи топлива в независимый вспомогательный источник (20) тепла.

6. Система по п. 1, в которой нагнетательный вентилятор (22) выполнен с возможностью подачи воздуха в независимый вспомогательный источник (20) тепла.

7. Система по п. 1, в которой линия (26) подачи воздуха от источника (11) тепла выполнена с возможностью подачи воздуха в независимый вспомогательный источник (20) тепла.

8. Система по п. 1, в которой охлаждающая вентиляционная система (27) источника (11) тепла выполнена с возможностью подачи воздуха в независимый вспомогательный источник (20) тепла.

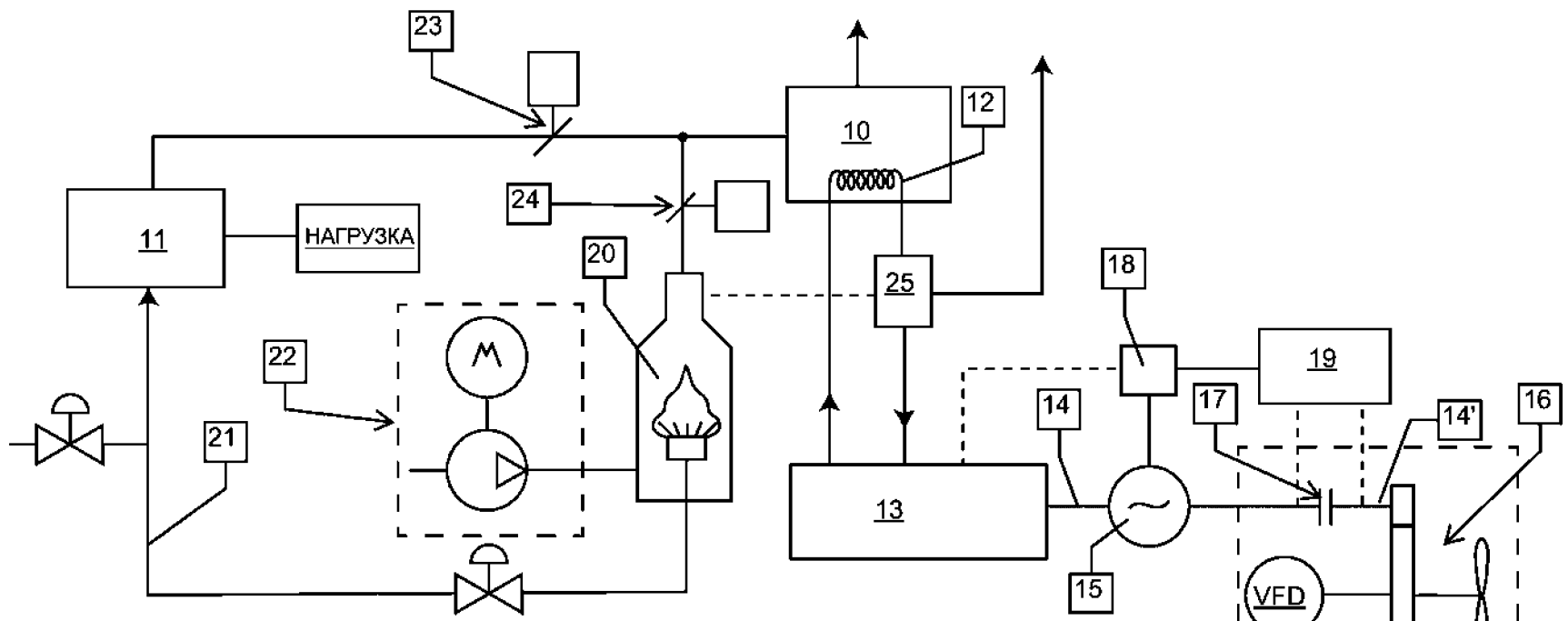
9. Система по п. 1, в которой вал (14) выполнен с возможностью приведения в движение системой (13) рекуперации отводимого тепла.

10. Система по предшествующему пункту, в которой вал (14) непосредственно связан с внешним электрическим устройством.

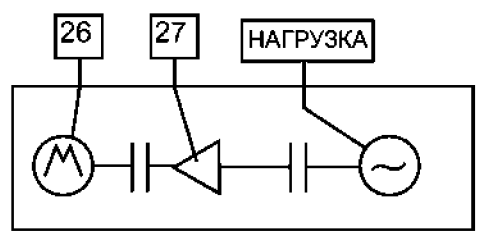
11. Система по предшествующему пункту, в которой внешнее электрическое устройство представляет собой генератор (15).

12. Система по предшествующему пункту, в которой генератор (15) соединен с морским гребным винтом (16) через удлинитель (14') вала, который связан с валом (14) муфтой сцепления (17), которая управляется системой (19) управления муфтой сцепления.

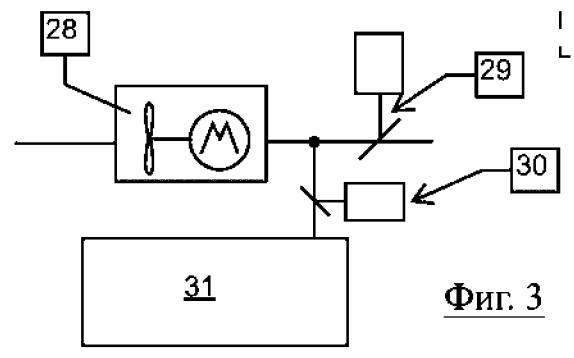
13. Система по одному или более из предшествующих пунктов, в которой нагреватель (10) выполнен с возможностью соединения с источниками (11) отводимого тепла, в том числе, например, тепловыми двигателями, газовыми турбинами, геотермальными, гелиотермальными, промышленными и бытовыми источниками тепла или т. п.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3