

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2567112

### СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014100099

Приоритет изобретения 09 января 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 05 октября 2015 г.

Срок действия патента истекает 09 января 2034 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Излиев





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014100099/07, 09.01.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.01.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.01.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2015 Бюл. № 20

(45) Опубликовано: 10.11.2015 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2480602 С1, 24.04.2013 ПОПКОВ О.З. Основы преобразовательной техники, Москва, Издательский дом МЭИ, 2010с.137, 140, 147. US 6169332 В1, 02.01.2001.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", отдел ИС и ТТ

(72) Автор(ы):

Абрамович Борис Николаевич (RU),  
Моренов Валентин Анатольевич (RU),  
Леушева Екатерина Леонидовна (RU),  
Турышева Анна Вахтанговна (RU),  
Сычев Юрий Анатольевич (RU),  
Устинов Денис Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный" (RU)

**(54) СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к системам получения электрической энергии для электроснабжения машин и комплексов объектов нефтедобычи с использованием попутного нефтяного газа в качестве энергоносителя для обеспечения собственных нужд предприятий минерально-сырьевого комплекса, находящихся вдали от действующих систем централизованного электроснабжения без связи с единой энергосистемой. В системе генерирования электрической энергии, содержащей блок силовой электроники, соединенный с генератором, выполненный в виде активного выпрямителя, последовательно соединенного с ним через контактор токоограничивающего дросселя, параллельно подключенного через тот же контактор емкостного накопителя энергии, снабженного блоком управления, выполненным на логических элементах, соединенным с ним

датчиком определения емкости накопителя энергии и устройством заряда емкостного накопителя, сообщаемым с накопителем контактором, и автономного инвертора, соединенного с нагрузкой, систему управления двигателем и генератором, блок силовой электроники дополнительно снабжен сглаживающим пассивным фильтром для подавления высших гармоник тока определенного порядка, параллельно подключаемым к автономному инвертору и функционирующим синхронно с основной системой преобразования параметров энергии. Техническим результатом изобретения является более эффективная синхронизация режимов функционирования в части отклонения и колебания напряжения нескольких автономных систем генерирования при их совместной работе параллельно с централизованной энергосистемой. 1 ил.





Изобретение относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к системам получения энергии для энергоснабжения машин и комплексов объектов нефтедобычи с использованием попутного нефтяного газа в качестве энергоносителя и тепла для обеспечения собственных нужд предприятий минерально-сырьевого комплекса, находящихся вдали от действующих систем централизованного электроснабжения без связи с единой энергосистемой.

Известна парогазовая установка электростанции (патент RU №2011148905, опубл. 10.06.2013), содержащая газотурбинную установку, состоящую из газовой турбины, турбокомпрессора, камеры сгорания и электрогенератора, котел-утилизатор, паротурбинную установку, состоящую из паровой турбины с конденсатором, электрического генератора и питательного насоса, теплообменник-утилизатор теплоты уходящих газов, снабженный конденсатосборником с гидрозатвором, систему обратного водоснабжения, включающую циркуляционный насос, напорный трубопровод к конденсатору паровой турбины, напорный трубопровод к теплообменнику-утилизатору теплоты уходящих газов и сливной напорный трубопровод к градирне, состоящей из вытяжной башни и водосборного бассейна, отличающаяся тем, что парогазовая установка электростанции дополнительно снабжена трубопроводом, соединяющим камеру сгорания газотурбинной установки с патрубком отбора отработавшего в паровой турбине водяного пара, для подачи водяного пара в камеру сгорания газотурбинной установки.

Недостатком является применение дополнительных систем водяного охлаждения парогазовой установки, что приводит к увеличению массы и стоимости комплекса электроснабжения, а также возможность попадания агрессивных продуктов сгорания топливного газа в систему парогенерации.

Известна тригенерационная установка на базе микротурбинного двигателя (патент RU №2487305, опубл. 10.07.2013), включающая в себя компрессор, камеру сгорания топлива, газовую турбину, электрогенератор, теплообменник-регенератор с линиями прямого и обратного потоков. Газовая турбина находится на одном валу с компрессором и электрогенератором. Линия подачи воздуха в компрессор и теплообменник-регенератор с линиями прямого и обратного потоков являются частью двигателя. К микротурбинному двигателю присоединяется теплообменник-регенератор с линиями подающего и подпитывающего потоков, причем на выходе теплообменника установлена абсорбционная холодильная машина, используемая для выработки низкотемпературного носителя.

Недостатком является увеличение стоимости и массогабаритных показателей в виду использования абсорбционной холодильной машины и связанных с ней систем ликвидации утечек хладагента, а также системы автоматизированного распределения выходных параметров установки.

Известна электроэнергетическая установка (патент RU №2419957, опубл. 27.05.2011), содержащая газотурбинный двигатель и соединенный с ним через трансмиссию компрессор, преобразователь, составленный из мостового выпрямителя и трехфазного инвертора на полупроводниковых ключах, управляемых от программируемой схемы. В зависимости от режима работы установки «генерирование»-«пуск» выход инвертора через контактор присоединяется или к стартовому двигателю, или к нагрузке через фильтр. Установка снабжена двумя электрическими машинами. Стартовый двигатель связан механически с газотурбинным двигателем, а генератор жестко закреплен на валу компрессора и не требует собственных опор, причем каждая фаза его стартера соединена с выходной клеммой дополнительного контактора, соединенного с входом

выпрямителя, который через пусковой контактор может быть подключен к электросети, а через упомянутый дополнительный контактор - с нагрузкой.

Недостатком является увеличение стоимости и потери энергии, так как система нуждается в стартовом двигателе, необходимом только для раскручивания газотурбинного двигателя по заданной программе до оборотов «поджига», неэффективное использование теплового потенциала энергии выхлопных газов.

Известна система генерирования электроэнергии (патент RU №2480602, опублик. 27.04.2013), выбираемая в качестве прототипа. Система содержит двигатель, в котором окислителем служит воздух, механически соединенный с подвижным валом. Двигатель предназначен для получения смеси воздуха и топлива и сжигания смеси так, что смесь расширяется и создает механическую энергию, которая используется для приведения в движение вала. Содержит топливную систему, соединенную с двигателем и предназначенную для подачи топлива в двигатель, при этом топливная система обеспечивает изменение расхода топлива на двигателе в ответ на сигнал регулирования подачи топлива. Также содержит, по меньшей мере, один датчик двигателя, предназначенный для измерения, по меньшей мере, одной термодинамической переменной, связанной с двигателем, которая указывает на относительную термодинамическую эффективность двигателя, электрический генератор, соединенный с валом так, что движение вала под воздействием двигателя обеспечивает работу генератора для выработки переменного электрического тока. Двигатель, вал и генератор соединены так, что изменение частоты вращения генератора приводит к соответствующему изменению частоты вращения двигателя и, следовательно, к изменению расхода воздуха на двигателе. Датчик мощности генератора, предназначенный для измерения выходной мощности генератора, датчик нагрузки, предназначенный для измерения мощности, требуемой нагрузкой. Содержит также блок силовой электроники, соединенный с генератором для приема от него переменного электрического тока, при этом блок силовой электроники предназначен для синтеза переменного выходного тока и напряжения заданной частоты и относительной фазы для подачи на нагрузку. Содержит систему управления (контроллер), оперативно связанный с топливной системой и, по меньшей мере, одним датчиком двигателя, с блоком силовой электроники, с датчиком мощности генератора и с датчиком мощности нагрузки, при этом контроллер выполнен с возможностью управления топливной системой так, чтобы согласовывать выходную мощность системы с мощностью, требуемой нагрузкой и одновременно электрически управлять генератором через регулирование блока силовой электроники, чтобы обеспечить регулирование частоты вращения генератора и, тем самым, регулирование и расхода воздуха на двигателе таким образом, чтобы соотношение топлива и воздуха в смеси, сжигаемой в двигателе, регулировалось для максимизации относительной термодинамической эффективности двигателя. Блок силовой электроники содержит модуль преобразования переменного тока, получаемого на выходе генератора, в постоянный, а также модуль преобразования постоянного тока в переменный, подаваемый на нагрузку. Генератор и вал выполнены с возможностью вращения. Двигатель содержит компрессорное устройство, предназначенное для сжатия воздуха, и силовое устройство, предназначенное для приема сжатого воздуха от компрессорного устройства и топлива от топливной системы и сжигания топливовоздушной смеси для создания механической мощности. Система дополнительно содержит теплообменник, предназначенный для приема сжатого воздуха от компрессорного устройства и выхлопных газов от силового устройства и осуществления теплообмена от выхлопных

газов к сжатому воздуху, чтобы обеспечить предварительный подогрев сжатого воздуха перед сгоранием в силовом устройстве. Силовое устройство содержит камеру сгорания для сжигания топливовоздушной смеси для производства горячих газообразных продуктов сгорания и расширительное устройство для расширения горячих газов для выработки механической мощности. Расширительное устройство содержит турбину. Камера сгорания содержит каталитическую камеру сгорания. Система дополнительно содержит датчик, предназначенный для измерения переменной, указывающей температуру на входе в камеру сгорания, при этом контроллер связан с датчиком и предназначен для регулирования расхода воздуха на двигателе, чтобы поддерживать температуру на входе в камеру сгорания выше заданной минимальной температуры, требуемой для каталитической реакции. Система дополнительно содержит датчик, связанный с теплообменником и предназначенный для измерения переменной, указывающей температуру выхлопных газов, входящих в теплообменник, при этом контроллер соединен с указанным датчиком, связанным с теплообменником, и предназначен для регулирования расхода воздуха на двигателе, чтобы поддерживать температуру выхлопных газов, входящих в теплообменник, ниже заданной максимальной температуры. Генераторная система содержит систему возбуждения, предназначенную для возбуждения генератора. Система управления предназначена для управления системой возбуждения для электрического регулирования частоты вращения генератора и, тем самым, регулирования расхода воздуха.

Недостатками являются недостаточное снижение высших гармонических составляющих тока и напряжения блоком силовой электроники (низкое качество электрической энергии) в виду отсутствия фильтров в системе, что приводит к ухудшению работы устройств защиты и автоматики.

Техническим результатом изобретения является более эффективная синхронизация режимов функционирования в части отклонения и колебания напряжения нескольких автономных систем генерирования при их совместной работе параллельно с централизованной энергосистемой.

Технический результат изобретения достигается тем, что блок силовой электроники установки автономной генерации электрической энергии дополнительно оснащен сглаживающим пассивным фильтром для подавления высших гармоник тока определенного порядка, параллельно подключаемым к автономному инвертору и функционирующим синхронно с основной системой преобразования параметров энергии.

Система генерирования энергии поясняется схемой, представленной на фиг. 1, где 4 - двигатель в виде турбины 3, механически соединенный с подвижным валом 2, топливная система 5, соединенная с двигателем 4, которая включает в себя топливный насос (не показан) и дозирующий клапан 6. Система также содержит датчик генератора 13, электрический генератор 12, соединенный с валом 2, датчик мощности генератора 9, датчик мощности нагрузки 26, систему управления 25 двигателем 4 и генератором 12, топливной системой 5 и связанную с датчиками 9, 13, 23, 26, а также с дозирующим клапаном 6. Силовое устройство 7 содержит камеру сгорания 8 с датчиком измерения температуры 10 и датчиком 11 определения давления в камере сгорания 8, соединенными с системой управления 25. Блок силовой электроники 22 выполнен в виде активного выпрямителя 14, соединенного с генератором 12, автономного инвертора 20, пассивного фильтра 21, соединенного с нагрузкой (не показана), дросселя 19 и емкостного накопителя энергии 15. Активный выпрямитель 14, построенный на полностью управляемых транзисторах, последовательно соединен через контактор 27 с дросселем

19 и автономным инвертором 20, и параллельно подключен через контактор 27 с емкостным накопителем энергии 15. Автономный инвертор 20 также выполнен на полностью управляемых транзисторах, параллельно подключен к пассивному фильтру 21. Емкостной накопитель энергии 15 дополнительно снабжен блоком управления 18, выполненным на логических элементах, датчиком 16 определения емкости накопителя энергии, соединенным с блоком управления 18 и устройством заряда емкостного накопителя 17 и соединенным с ним контактором 28.

Блок управления 18 осуществляет фиксацию момента подключения генератора 12 к емкостному накопителю энергии 15 через активный выпрямитель 14, работающего в режиме инвертора, и его отключению по достижению двигателем 4 заданной частоты вращения. Датчик определения емкости накопителя энергии 16 соединен с блоком управления 18 и предназначен для контроля параметров емкостного накопителя энергии 15.

Датчик 11, связанный с камерой сгорания 8, предназначен для измерения переменной, указывающей давление, при этом система управления 25 соединена с датчиком и осуществляет регулирование расхода топлива на двигатель 4, чтобы поддерживать величину давления в зоне допустимых значений.

Система работает следующим образом. Осуществляют пуск генератора от емкостного накопителя энергии 15. Контактор 27 разомкнут и электроэнергия поступает через активный выпрямитель 14, работающий в режиме инвертора. Генератор работает в режиме двигателя. Система управления 34 реализует частотный пуск генератора 12, используя силовые ключи активного выпрямителя 14. При достижении определенной частоты вращения генератора 12 блок управления 18 осуществляет отключение накопителя энергии 15 и в работу включается двигатель 4. Двигатель 4 получает топливовоздушную смесь и сжигает эту смесь так, что смесь расширяется и создает механическую энергию, которая приводит в движение вал 2. Выхлопные газы двигателя 4 проходят по трубопроводу через теплообменник 24 для передачи тепла сжатому воздуху, выходящему из компрессора 1.

Движение вала 2 под воздействием турбины 3 заставляет генератор 12 вырабатывать переменный электрический ток, возникает рабочий режим. Блок управления 18 осуществляет подключение токоограничивающего дросселя 19, емкостного накопителя энергии 15 и автономного инвертора 20 через замыкание контактора 27.

Генератор 12 вырабатывает переменный электрический ток и напряжение. Переменный электрический ток от генератора 12 преобразуется силовой электроникой 22 для получения переменного выходного тока и напряжения с заранее определенной фиксированной частотой и отношением фаз для подачи на нагрузку. Переменный электрический ток от генератора 12 преобразуется в постоянный с помощью активного выпрямителя 14, ограничение колебаний значений тока осуществляется дросселем 19, подавление пульсаций напряжений осуществляют емкостным накопителем энергии 15, преобразование постоянного напряжения в трехфазное переменное осуществляют автономным инвертором 20, компенсация высших гармонических составляющих тока и напряжения осуществляется пассивным фильтром 21, которое затем подается на нагрузку.

В результате генератор 12 обеспечивает электроэнергией нагрузку (не показана).

Использование системы генерирования энергии позволяет снизить высшие гармонические составляющие тока и напряжения, а также обеспечить эффективное преобразование первичного энергоносителя в электрическую энергию для бесперебойного энергоснабжения отдаленных районов нефтедобычи, предприятий

минерально-сырьевого комплекса.

#### Формула изобретения

Система генерирования электрической энергии, содержащая блок силовой  
5 электроники, соединенный с генератором, выполненный в виде активного выпрямителя,  
последовательно соединенного с ним через контактор токоограничивающего дросселя,  
параллельно подключенного через тот же контактор емкостного накопителя энергии,  
снабженного блоком управления, выполненным на логических элементах, соединенным  
10 с ним датчиком определения емкости накопителя энергии и устройством заряда  
емкостного накопителя, сообщаемым с накопителем контактором, и автономного  
инвертора, соединенного с нагрузкой, систему управления двигателем и генератором,  
отличающаяся тем, что блок силовой электроники дополнительно снабжен  
сглаживающим пассивным фильтром для подавления высших гармоник тока  
определенного порядка, параллельно подключаемым к автономному инвертору и  
15 функционирующим синхронно с основной системой преобразования параметров  
энергии.

20

25

30

35

40

45