

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2480602

СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

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

Автор(ы): *с.м. на обороте*

Заявка № 2011141243

Приоритет изобретения **11 октября 2011 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 апреля 2013 г.**

Срок действия патента истекает **11 октября 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Симонов", is written over the printed name of the head of the Federal Service for Intellectual Property.





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2011141243/06**, 11.10.2011(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.10.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.10.2011**(45) Опубликовано: **27.04.2013** Бюл. № 12(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2344304 C2**, 20.01.2009. **SU 397668 A1**, 17.09.1973. **US 5332959 A**, 26.07.1994. **US 6163078 A**, 19.12.2000. **US 6169332 B1**, 02.01.2001. **SU 1044799 A1**, 30.09.1983.

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский
государственный горный университет", отдел
ИС и ТТ**

(72) Автор(ы):

**Абрамович Борис Николаевич (RU),
Устинов Денис Анатольевич (RU),
Турышева Анна Вахтанговна (RU),
Сычев Юрий Анатольевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

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

(54) СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к системам генерирования электроэнергии. Система генерирования электроэнергии содержит двигатель, подвижный вал, топливную систему, по меньшей мере один датчик двигателя, электрический генератор, датчик мощности генератора, датчик мощности нагрузки, блок силовой электроники, систему управления двигателем и генератором, теплообменник, компрессорное устройство, силовое устройство и расширительное

устройство, причём блок силовой электроники выполнен в виде активного выпрямителя, построенного на полностью управляемых транзисторах, последовательно соединенного с ним через контактор токоограничивающего дросселя, параллельно подключенного через тот же контактор емкостного накопителя энергии, и автономного инвертора, выполненного на полностью управляемых транзисторах. Изобретение позволяет снизить высшие гармоники составляющих тока и напряжения, повысить надежность электроснабжения потребителей. 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011141243/06, 11.10.2011**

(24) Effective date for property rights:
11.10.2011

Priority:

(22) Date of filing: **11.10.2011**

(45) Date of publication: **27.04.2013 Bull. 12**

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2,
FGBOU VPO "Sankt-Peterburgskij
gosudarstvennyj gornyj universitet", otdel IS i TT**

(72) Inventor(s):

**Abramovich Boris Nikolaevich (RU),
Ustinov Denis Anatol'evich (RU),
Turyшева Anna Vakhtangovna (RU),
Sychev Jurij Anatol'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Sankt-
Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj
universitet" (RU)**

(54) **POWER GENERATION SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: power generation system comprises a motor, a movable shaft, a fuel system, at least one motor sensor, an electric generator, a generator power sensor, a load capacity sensor, a power electronics unit, a motor and generator control system, a heat exchanger, a compressor device, a power device and an expansion device, besides, the power electronics unit is made in the form of an

active rectifier built on fully controlled transistors, serially connected with it via a contactor of a current-limiting throttle, which is connected in parallel via the same contactor of a capacitance power accumulator, and an autonomous inverter made on fully controlled transistors.

EFFECT: invention makes it possible to reduce high harmonics of current and voltage components, to increase reliability of power supply to loads.

1 dwg

RU 2 480 602 C1

RU 2 480 602 C1

Изобретение относится к электротехнике и электроэнергетике, а именно к системам генерирования электроэнергии для электроснабжения машин и комплексов объектов нефтедобычи с использованием попутного нефтяного газа, а также предприятий минерально-сырьевого комплекса, находящихся вдали от действующих систем централизованного электроснабжения без связи с единой энергосистемой.

Известна электроэнергетическая установка (патент RU №2419957, д.публ. 27.05.2011), которая содержит 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».

Известна турбогенераторная установка (патент RU №2195763, д. публ. 27.12.2002), содержащая турбину и генератор, соединенные между собой без использования редуктора, и статический преобразователь частоты, содержащий два тиристорных моста, управляемых измерительными трансформаторами, включенный последовательно между генератором и сетью переменного тока. Запуск турбогенераторной установки обеспечивается при помощи генератора, функционирующего в режиме электрического двигателя и запитываемого электрической энергией от статического преобразователя частоты, отбирающего энергию от сети переменного тока. В режиме генерирования электрической энергии турбогенераторной установкой статический преобразователь частоты преобразует частоту электрического напряжения и тока, отдаваемого генератором, в заданную рабочую частоту сети переменного тока, при этом скорость вращения данной турбогенераторной установки регулируется в функции нагрузки, отдаваемой генератором в сеть переменного тока.

Недостатком является увеличение массогабаритных показателей, так как в системе используются два трансформатора. Кроме того, применение статического преобразователя частоты, содержащего два тиристорных моста, генерирующих высшие гармонические составляющие тока и напряжения, приводит к искажению питающего напряжения нагрузки, а также снижению качества электроэнергии.

Известна электроэнергетическая установка (патент RU №2363090, д. публ. 27.07.2009), снабженная пусковым источником электроэнергии и содержащая двигатель внутреннего сгорания, механически соединенный с электрической машиной с ротором, например, на постоянных магнитах, которая при пуске установки работает как двигатель, а в рабочем режиме - как генератор. Обмотки статора электрической машины через трехфазный мостовой выпрямитель соединены с шинами постоянного тока трехфазного мостового инвертора на полупроводниковых ключах, соединенных с системой управления, реализующей режимы «генерирование» и «пуск». Установка

снабжена контакторами, в каждой фазе имеющими по одной входной и двум выходным клеммам. Входные клеммы соединены с силовыми выходами инвертора, а одна из выходных клемм каждой фазы соединена с обмотками статора электрической машины. Другая выходная клемма соединена непосредственно или через блок фильтров с нагрузкой, так что в режиме «пуск» инвертор соединяется с обмотками статора электрической машины, а в режиме «генерирование» - с нагрузками.

Недостатком является неполное использование дополнительного источника электроэнергии, необходимого для пуска электрической машины, а также применение дополнительного фильтра, что приводит к увеличению массы и стоимости, снижению надежности работы системы электроснабжения.

Известна система генерирования электроэнергии (патент RU №2344304, д. публ. 01.07.2004), 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 (контролер), оперативно связанный с топливной системой, с 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 AC/DC модуль выпрямителя, предназначенный для воздействия на переменный электрический ток от генератора и выработки неперемежного постоянного тока с неперемежным напряжением, а DC/AC модуль предназначен для воздействия на неперемежный постоянный ток так, чтобы синтезировать переменный электрический ток, подаваемый на нагрузку, при этом AC/DC модуль предназначен

для изменения уровня непременного постоянного тока в ответ на сигнал регулирования тока независимо от переменного электрического тока, приходящего от генератора, при этом система управления обеспечивает подачу сигнала регулирования тока на AC/DC модуль для регулирования уровня постоянного выходного тока AC/DC

5 модуля и, тем самым, регулирования скорости генератора. 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
10 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
15 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
20 содержит турбину. Турбина является турбиной с неизменяющейся геометрией. Компрессорное устройство выполнено в виде компрессора с неизменяющейся геометрией. Камера сгорания является камерой сгорания с неизменяющейся геометрией. Камера сгорания содержит каталитическую камеру сгорания. Система дополнительно содержит датчик, предназначенный для измерения переменной,
25 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
30 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
35 поддерживать температуру выхлопных газов, входящих в теплообменник, ниже заданной максимальной температуры. Генератор является генератором с обмотками. Система содержит систему возбуждения, предназначенную для возбуждения генератора. Система управления предназначена для управления системой возбуждения для электрического регулирования частоты вращения генератора и, тем самым,
40 регулирования расхода воздуха.

Недостатками являются недостаточное снижение высших гармонических составляющих тока и напряжения блоком силовой электроники (низкое качество электрической энергии), что приводит к ухудшению работы устройств защиты и автоматике, появлению дополнительных активных потерь в электрических машинах -
45 повышению общей температуры, местным перегревам в роторе.

Техническим результатом является снижение высших гармонических составляющих тока и напряжения, повышение надежности электроснабжения потребителей.

Технический результат достигается тем, что в системе генерирования
50 электроэнергии для подачи на нагрузку, содержащей двигатель, механически соединенный с подвижным валом, топливную систему, соединенную с двигателем, по меньшей мере один датчик двигателя, электрический генератор, соединенный с валом, датчик мощности генератора, датчик мощности нагрузки, блок силовой электроники,

включающий выпрямитель, соединенный с генератором, и инвертор, соединенный с нагрузкой, систему управления двигателем и генератором, связанную с топливной системой и датчиками и выполненную с возможностью управления топливной системой, теплообменник, связанный с компрессором и камерой сгорания и
5 снабженный датчиком измерения температуры, компрессорное устройство, силовое устройство, содержащее камеру сгорания с датчиком измерения температуры, и расширительное устройство, содержащие турбину, блок силовой электроники выполнен в виде активного выпрямителя, построенного на полностью управляемых
10 транзисторах, последовательно соединенного с ним через контактор токоограничивающего дросселя, параллельно подключенного через тот же контактор емкостного накопителя энергии, и автономного инвертора, выполненного на полностью управляемых транзисторах, при этом емкостный накопитель энергии снабжен блоком управления, выполненным на логических элементах, датчиком
15 определения емкости накопителя энергии, соединенным с блоком управления, устройством заряда емкостного накопителя, соединенным с ним контактором, при этом камера сгорания дополнительно снабжена датчиком определения давления в камере сгорания, соединенным с системой управления.

20 Система генерирования электроэнергии поясняется схемой, представленной на фиг.1, где 2 - двигатель, механически соединенный с подвижным валом 4, топливная система 9, соединенная с двигателем 2, которая включает топливный насос (не показан) и дозирующий клапан 8. Система также содержит по меньшей мере один датчик двигателя 16, электрический генератор 7, соединенный с валом 4, датчик 17
25 мощности генератора 7, датчик 1 мощности нагрузки, систему управления 10 двигателем 2 и генератором 7, топливной системы 9 и связанную с датчиками 1, 8, 16, 17, 18. Силовое устройство 19 содержит камеру сгорания 6 с датчиком 17 измерения температуры и датчиком 21 определения давления в камере сгорания 6, соединенным с
30 системой управления 10. Расширительное устройство 20 содержит турбину 5, теплообменник 11, связанный с компрессором 3 и камерой сгорания 6 и снабженный датчиком 18 измерения температуры. Блок силовой электроники 27 выполнен в виде активного выпрямителя 14, соединенного с генератором 7, автономного инвертора 15, соединенного с нагрузкой (не показана), дросселя 26 и емкостного накопителя
35 энергии 24. Активный выпрямитель 14, построенный на полностью управляемых транзисторах, последовательно соединен через контактор 28 с дросселем 26 и автономным инвертором 15, и параллельно подключен через тот же контактор 28 с емкостным накопителем энергии 24. Автономный инвертор 15 также выполнен на
40 полностью управляемых транзисторах и соединен с нагрузкой (не показана). Емкостный накопитель энергии 24 дополнительно снабжен блоком управления 23, выполненным на логических элементах, датчиком 22 определения емкости накопителя энергии, соединенным с блоком управления 23, датчиком определения емкости накопителя энергии 22, устройством заряда емкостного накопителя 25 и соединенным
45 с ним контактором 29.

Блок управления 23 осуществляет фиксацию момента подключения генератора 7 к емкостному накопителю энергии 24 через активный выпрямитель 14, работающий в режиме инвертора, и его отключение по достижению двигателем 2 заданной частоты
50 вращения. Датчик определения емкости накопителя энергии 22 соединен с блоком управления 23 и предназначен для контроля параметров емкостного накопителя энергии 24.

Датчик 21, связанный с камерой сгорания 6 и предназначенный для измерения

переменной, указывающей давление, при этом система управления 10 соединена с датчиком и осуществляет регулирование расхода топлива на двигатель 2, чтобы поддерживать величину давления в зоне допустимых значений.

5 Система работает следующим образом. Осуществляют пуск генератора от емкостного накопителя энергии 24. Контактор 28 разомкнут и электроэнергия поступает через активный выпрямитель 14, работающий в режиме инвертора. Генератор работает в режиме двигателя. Система управления 10 реализует частотный пуск генератора 7, используя силовые ключи активного выпрямителя 14. При 10 достижении определенной частоты вращения генератора 7, блок управления 23 осуществляет отключение накопителя энергии 24 и в работу включается двигатель 2.

Двигатель 2 получает топливовоздушную смесь и сжигает эту смесь так, что смесь расширяется и создает механическую энергию, которая приводит в движение вал 4. Выхлопные газы 12 двигателя 2 направляются в теплообменник 11 для передачи тепла сжатому воздуху 13, выходящему из компрессора 3. Движение вала 4 под воздействием 15 двигателя 2 заставляет генератор 7 вырабатывать переменный электрический ток, возникает рабочий режим. Блок управления 23 осуществляет подключение токоограничивающего дросселя 26, емкостного накопителя энергии 24 и автономного инвертора 15 через замыкание контактора 28. 20

Генератор 7 вырабатывает переменный электрический ток и напряжение. Переменный электрический ток от генератора 7 преобразуется силовой электроникой 27 для получения переменного выходного тока и напряжения с заранее 25 определенной фиксированной частотой и отношением фаз для подачи на нагрузку. Переменный электрический ток от генератора 7 преобразуется в постоянный с помощью активного выпрямителя 14, ограничение колебаний значений тока осуществляют дросселем 26, подавление пульсаций напряжений осуществляют емкостным накопителем энергии 24, преобразование постоянного напряжения в 30 трехфазное переменное осуществляют автономным инвертором 15, которое затем подается на нагрузку.

Использование системы генерирования электроэнергии позволяет снизить высшие гармонические составляющие тока и напряжения и сократить вероятность выхода из строя камеры сгорания, т.е. повысить надежность бесперебойного электроснабжения 35 отдаленных районов нефтедобычи, предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Формула изобретения

Система генерирования электроэнергии для подачи на нагрузку, содержащая 40 двигатель, механически соединенный с подвижным валом, топливную систему, соединенную с двигателем, по меньшей мере один датчик двигателя, электрический генератор, соединенный с валом, датчик мощности генератора, датчик мощности нагрузки, блок силовой электроники, включающий выпрямитель, соединенный с генератором, и инвертор, соединенный с нагрузкой, систему управления двигателем и 45 генератором, связанную с топливной системой и датчиками и выполненную с возможностью управления топливной системой, теплообменник, связанный с компрессором и камерой сгорания и снабженный датчиком измерения температуры, компрессорное устройство, силовое устройство, содержащее камеру сгорания с датчиком измерения температуры, и расширительное устройство, содержащее 50 турбину, отличающаяся тем, что блок силовой электроники выполнен в виде активного выпрямителя, построенного на полностью управляемых транзисторах, последовательно соединенного с ним через контактор токоограничивающего

дресселя, параллельно подключенного через тот же контактор емкостного накопителя энергии, и автономного инвертора, выполненного на полностью управляемых транзисторах, при этом емкостный накопитель энергии снабжен блоком управления, выполненным на логических элементах, соединенным с ним датчиком
5 определения емкости накопителя энергии и устройством заряда емкостного накопителя, соединенным с накопителем контактором, а камера сгорания дополнительно снабжена датчиком определения давления в камере сгорания, соединенным с системой управления.

10

15

20

25

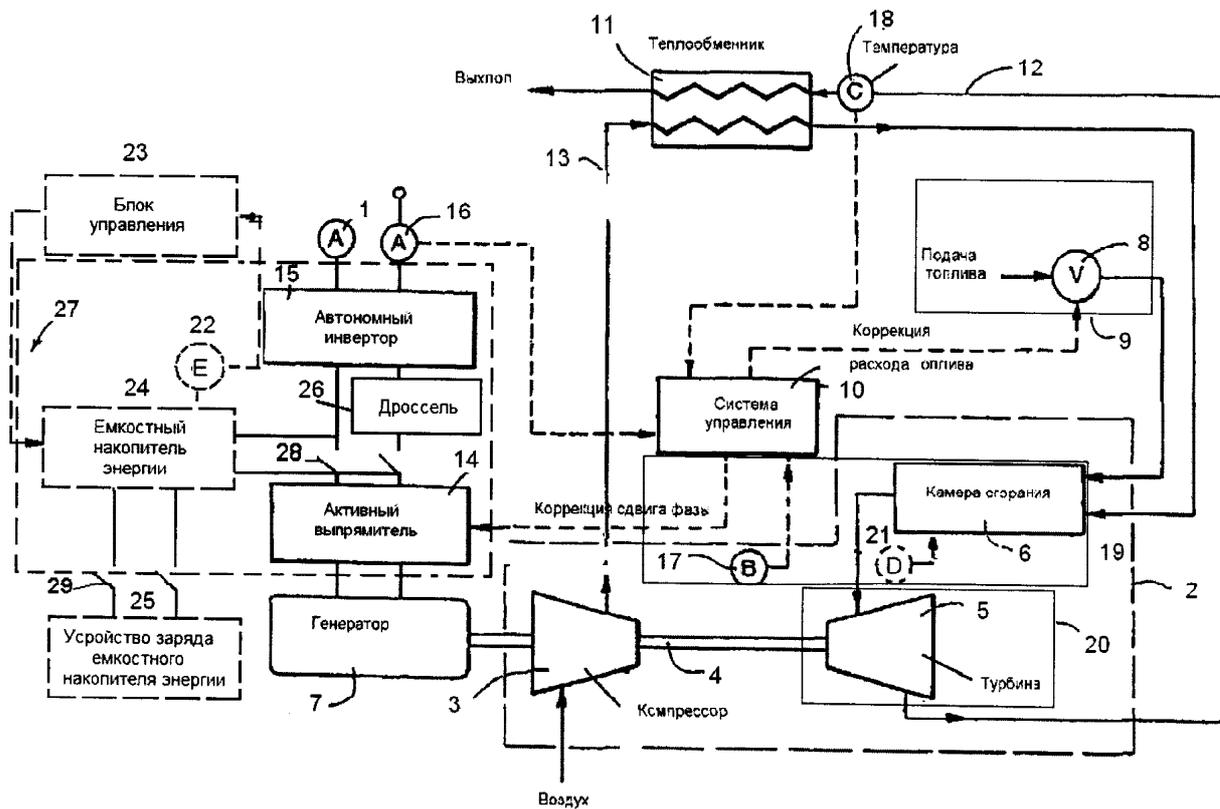
30

35

40

45

50



ФИГ. 1