

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2626182

СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

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

Авторы: *Абрамович Борис Николаевич (RU), Сычев Юрий Анатольевич (RU), Моренов Валентин Анатольевич (RU)*

Заявка № 2016123899

Приоритет изобретения 15 июня 2016 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 24 июля 2017 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 15 июня 2036 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Ивлиев





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016123899, 15.06.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.06.2016Дата регистрации:
24.07.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.06.2016

(45) Опубликовано: 24.07.2017 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Абрамович Борис Николаевич (RU),
Сычев Юрий Анатольевич (RU),
Моренов Валентин Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2361102 C2, 10.07.2009. RU
248062 C1, 27.04.2004 . RU 2363090 C1,
27.10.1995. RU 2528214 C2, 10.09.20014. US
6169332 B1, 02.01.2001. US 5332959 A,
26.07.1994.**(54) СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, тепло- и электроэнергетике, а именно к когенерационным 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. Система генерирования электрической и тепловой энергии снабжена двумя изолированными контурами, системой

парогенерирования, первой и второй секцией шин с секционным выключателем, блоком синхронизации, первым и вторым пассивными фильтрами, и также активным фильтром. Изобретение позволяет повысить эффективность функционирования энергетической установки параллельно с сетью за счет фильтрации высших гармонических составляющих вырабатываемого тока посредством активного фильтра и синхронизацией тока по фазе через синхронизирующее устройство, а также использования в блоке утилизации выхлопных газов двух изолированных контуров циркуляции энергоносителя. 1 ил.

RU
2 6 2 6 1 8 2
C 1

RU
2 6 2 6 1 8 2
C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016123899, 15.06.2016**(24) Effective date for property rights:
15.06.2016Registration date:
24.07.2017

Priority:

(22) Date of filing: **15.06.2016**(45) Date of publication: **24.07.2017** Bull. № 21

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel
intelektualnoj sobstvennosti i transfera tekhnologij
(otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Abramovich Boris Nikolaevich (RU),
Sychev Yuriy Anatolevich (RU),
Morenov Valentin Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **SYSTEM OF GENERATION OF ELECTRIC AND THERMAL ENERGY**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is referred to systems intended for electric energy generation to supply oil-producing machinery and facilities using associated gas as an energy carrier in order to ensure auxiliaries of plants of mineral resources sector located far from the operating power supply systems connected to the united power grid. The electric and heat energy generation system is equipped with two isolated circuits, a steam generation system, a first and a second bus section with a sectional switch, a synchronisation unit, first and

second passive filters, and also an active filter.

EFFECT: invention makes it possible to increase the efficiency of the power plant operation in parallel with the network by filtering the higher harmonic components of the current produced by the active filter and synchronising the phase current through the synchronizing device, and also using two isolated energy circulation circuits in the exhaust gas utilisation unit.

1 dwg

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

Известна когенерационная газотурбинная энергетическая установка (патент RU №2528214, опубл. 27.05.2014), содержащая компрессоры низкого и высокого давления, камеру сгорания, газовую турбину высокого давления и газовую турбину низкого
10 давления, имеющие между собой газовую связь, теплофикационное устройство и основной электрический генератор, подсоединенный к газовой турбине высокого давления и используемый в качестве полезной нагрузки. Выход компрессора низкого давления присоединен к входу компрессора высокого давления. Теплофикационное
15 устройство установлено между газовыми турбинами, снабжено внутренним горячим каналом, в котором размещен движущийся теплоноситель, представляющий собой частично отработавшие в газовой турбине высокого давления продукты сгорания, а также холодным каналом с помещенным внутри него другим движущимся
20 теплоносителем, отводящим получаемую в результате теплообмена между горячим и холодным каналами внутри теплофикационного устройства тепловую энергию для ее использования вне газотурбинной энергетической установки. В когенерационной газотурбинной энергетической установке дополнительно установлено теплообменное устройство, содержащее взаимодействующие между собой посредством теплообмена горячий и холодный каналы. Вход горячего канала теплообменного устройства
25 подсоединен к выходу из газовой турбины высокого давления, а выход горячего канала теплообменного устройства присоединен к входу горячего канала теплофикационного устройства. В качестве движущегося теплоносителя горячего канала теплообменного устройства использованы частично отработавшие продукты сгорания, поступающие из газовой турбины высокого давления. Вход холодного канала теплообменного
30 устройства подсоединен к выходу из компрессора высокого давления, а выход холодного канала теплообменного устройства присоединен к входу камеры сгорания. В качестве движущегося теплоносителя холодного канала теплообменного устройства использована содержащая окислитель газообразная смесь, поступающая из компрессора высокого давления. Теплофикационное устройство выполнено с регулируемым
35 теплосъемом. К газовой турбине низкого давления подсоединен дополнительный электрический генератор, используемый в качестве полезной нагрузки. Изобретение направлено на обеспечение регулирования режима когенерации, то есть количества вырабатываемой тепловой и электрической энергии, и на повышение коэффициента полезного действия.

Недостатком установки является увеличение ее массогабаритных показателей ввиду необходимости использования компрессоров и турбин высокого и низкого давлений и связанных с ними каналов циркуляции горячего и холодного теплоносителей, а также системы автоматизированного распределения выходных параметров установки.

Известна электроэнергетическая установка (патент RU №2363090, опубл. 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.

5 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.

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

Известна система генерирования электроэнергии (патент RU №2480602, опубл. 15 27.04.2013), содержащая 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 20 этом топливная система обеспечивает изменение расхода топлива на двигателе в ответ на сигнал регулирования подачи топлива. 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 25 сжатого воздуха перед сгоранием в силовом устройстве. Теплообменник также содержит датчик, 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, 30 входящих в теплообменник, ниже заданной максимальной температуры.

Недостатками являются низкая надежность блока двойного преобразования энергии, что приводит к ухудшению работы устройств защиты и автоматики, а также неполное использование высокотемпературного потенциала выхлопных газов на выходе рекуператорной системы.

35 Известна многокаскадная турбогенераторная система (патент RU №2361102, опубл. 10.07.2009), принятый за прототип. Изобретение относится к энергетике. Предложена система для выработки электрической энергии с приводом от многоконтурного газотурбинного двигателя, включающего в себя, по меньшей мере, первый и второй каскады. Первый каскад содержит турбину и компрессор, установленные на первом 40 валу, второй каскад имеет, по меньшей мере, турбину, которая установлена на втором валу и механически не связана с первым валом. С одним из каскадов связан основной генератор, и с одним из каскадов также связан вспомогательный генератор-двигатель. Для управления работой двигателя применяется управление частотой вращения каждого из генераторов. Вспомогательный генератор-двигатель может работать либо в режиме 45 генерирования, отбирая энергию из своего каскада, либо в режиме двигателя, сообщая энергию своему каскаду. Изобретение позволяет оптимизировать коэффициент полезного действия двигателя путем управления расходом воздуха через двигатель таким образом, что обеспечивается управление соотношением компонентов

топливовоздушной смеси, позволяющее поддерживать высокую пиковую температуру, сообщаемую рабочей текущей среде в двигателе.

Недостатками являются недостаточная синхронизация работы системы параллельно с сетью в виду отсутствия фильтрокомпенсирующих устройств в установке, а также
5 неэффективное использование температурного потенциала первичного энергоносителя в теплообменном контуре.

Техническим результатом является повышение эффективности функционирования энергетической установки параллельно с сетью за счет компенсации высших гармонических составляющих вырабатываемого напряжения посредством
10 использования пассивных и активного фильтров и синхронизацией тока по фазе через синхронизирующее устройство, а также использования в блоке утилизации выхлопных газов двух изолированных контуров циркуляции энергоносителя.

Технический результат достигается тем, что система генерирования электрической и тепловой энергии, содержащая компрессор, камеру сгорания и турбину газотурбинной
15 установки, установленных на первом валу, теплообменник, сообщающийся с компрессором газотурбинной установки, первый генератор, соединенный с блоком силовой электроники, включающим инвертор и накопительный конденсатор, датчик температуры воздуха, соединенный с контроллером, вторую турбину, механически не связанную с первым валом, установленный на втором валу второй генератор,
20 соединенный с блоком силовой электроники, датчик температуры выхлопных газов, соединенный с контроллером, дополнительно снабжена системой парогенерирования, соединенной с теплообменником для отвода части высокотемпературного потенциала первичного энергоносителя, и второй турбиной, использующей остаточный потенциал первичного энергоносителя, первой и второй секцией шин с секционным выключателем,
25 блоком синхронизации, первым и вторым пассивными фильтрами, и также активным фильтром, при этом блок силовой электроники оснащен вторым инвертором и вторым накопительным конденсатором, а выпрямители в составе блока силовой электроники выполнены активными, причем выход первого активного выпрямителя соединен через первый конденсатор с входом первого инвертора, выход второго активного
30 выпрямителя соединен через второй конденсатор с входом второго инвертора, также выход первого инвертора через первый пассивный фильтр соединен с первой секцией шин, выход второго инвертора через второй пассивный фильтр соединен со второй секцией шин, между первой и второй секциями шин установлен секционный выключатель, а между первой секцией шин и секционным выключателем подключен блок
35 синхронизации.

Система генерирования энергии поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - схема устройства, где:

- 1 - компрессор газотурбинной установки;
- 2 - подвижный вал;
- 40 3 - турбина газотурбинной установки;
- 4 - камера сгорания;
- 5 - клапан дозирования топлива;
- 6 - газотурбинная установка;
- 7 - первый генератор электрической энергии;
- 45 8 - система парогенерирования;
- 9 - паропровод паротурбинной установки;
- 10 - паровая турбина;
- 11 - паротурбинная установка;

- 12 - вал;
- 13 - второй генератор электрической энергии;
- 14 - датчик температуры потоков воздуха;
- 15 - датчик температуры выхлопных газов;
- 5 16 - теплообменник;
- 17 - активный выпрямитель первого генератора;
- 18 - активный выпрямитель второго генератора;
- 19 - накопительный конденсатор первого генератора;
- 20 - накопительный конденсатор второго генератора;
- 10 21 - автономный инвертор первого генератора;
- 22 - автономный инвертор второго генератора;
- 23 - блок силовой электроники;
- 24 - пассивный фильтр первого генератора;
- 25 - пассивный фильтр второго генератора;
- 15 26 - секционный выключатель
- 27 - блок синхронизации;
- 28 - датчик нагрузки;
- 29 - активный фильтр;
- 30 - контроллер системы управления;
- 20 31 - первая секция шин;
- 32 - вторая секция шин;
- 33 - первый выходной контур;
- 34 - второй выходной контур.

Система генерирования энергии состоит из 1 компрессора газотурбинной установки, 25 3 турбины газотурбинной установки, механически соединенной подвижным валом 2 с первым генератором электрической энергии 7, 5 - клапана дозирования топлива, соединенного с камерой сгорания 4. Система также содержит датчики температуры потоков воздуха и выхлопных газов 14 и 15, соответственно, теплообменник 16, соединенный с газотурбинной установкой 6 через первый выходной контур 33, систему парогенерирования 8, связанную с теплообменником 16 через второй выходной контур 34. Система парогенерирования 8 сообщается паропроводами 9, с паровой турбиной 30 10 с паротурбинной установкой 11, соединенной валом 12 со вторым генератором электрической энергии 13. Блок силовой электроники 23 выполнен в виде активных выпрямителей первого и второго генераторов 17 и 18, соединенных с генераторами 7 и 13, накопительных конденсаторов первого и второго генераторов 19 и 20, автономных инверторов первого и второго генераторов 21 и 22. Активные выпрямители 17 и 18, построенные на полностью управляемых транзисторах, соединены через накопительные конденсаторы 19 и 20 с автономными инверторами 21 и 22. Автономные инверторы 21 и 22 также выполнены на полностью управляемых транзисторах и через пассивные 40 фильтры первого и второго генераторов 24 и 25 подключены к первой 31 и второй 32 секции шин, соединенных секционным выключателем 26. Блок синхронизации 27 включен параллельно секциям шин и используется для синхронизации вырабатываемого генераторами напряжения по фазе до подключения нагрузки (не показана). К выходу блока синхронизации также подключен активный фильтр 29. Сигналы датчиков 45 температуры 14 и 15, датчика нагрузки 28, блока силовой электроники 23, клапана дозирования топлива 5, теплообменника 16 направляются в контроллер системы управления 30, который контролирует работу узлов системы.

Датчики температуры 14 и 15, связанные с камерой сгорания 4 и теплообменником

16, предназначены для измерения переменной, указывающей температуру воздуха перед его подачей в камеру сгорания и температуру выхлопных газов перед их подачей в теплообменник, при этом контроллер системы управления 30 соединен с клапаном дозирования топлива 5 и осуществляет регулирование расхода топлива на газотурбинную установку 6, чтобы поддерживать величину температуры в зоне допустимых значений.

Система работает следующим образом. Компрессор газотурбинной установки 1 засасывает воздух из окружающей среды, сжимает его и направляет через первый выходной контур 33, теплообменник 16 и датчик температуры воздуха 14 в камеру сгорания 4. Топливо через клапан дозирования топлива 5 подается в камеру сгорания 4, где оно смешивается с нагретым воздухом и сжигается. Топливоздушная смесь вводится в турбину газотурбинной установки 3, где она расширяется и создает механическую энергию, которая приводит в движение вал 2, вращающий компрессор газотурбинной установки 1 и первый генератор электрической энергии 7. Выхлопные газы газотурбинной установки 6 проходят по трубопроводу через теплообменник 16, снабженный датчиком измерения температуры 15, для передачи тепла сжатому воздуху, выходящему из компрессора 1. Часть выхлопных газов утилизируется в первом замкнутом контуре для передачи тепла циркулирующему теплоносителю, который используется для обогрева технологических объектов. Оставшаяся часть выхлопных газов направляется в систему парогенерирования 8 через второй выходной замкнутый контур 34 паротурбинной установки 11, где их тепловой потенциал передается промежуточному теплоносителю, в роли которого выступает низкокипящая среда, и образуется пар. Сгенерированный пар поступает по паропроводу 9 на паровую турбину 10, вращающую посредством вала 12 второй генератор электрической энергии 13. Воздействие паровой турбины 10 заставляет генератор 13 вырабатывать переменный электрический ток.

Генератор 7 под воздействием турбины газотурбинной установки 3 также вырабатывает переменный электрический ток. Переменный электрический ток от генераторов 7 и 13 преобразуется блоком силовой электроники 23 для получения переменного выходного тока и напряжения с заранее определенной фиксированной частотой перед синхронизацией и подачей на нагрузку. Переменный электрический ток от генераторов 7 и 13 преобразуется в постоянный с помощью активных выпрямителей 17 и 18 соответственно, подавление пульсаций напряжений осуществляют накопительными конденсаторами 19 и 20, преобразование постоянного тока в переменный осуществляют автономными инверторами 21 и 22, высшие гармонические составляющие которого сперва компенсируются при помощи пассивных фильтров 24 и 25, далее напряжение по фазе синхронизируется в блоке синхронизации 27, затем происходит окончательная фильтрация остаточных высших гармонических составляющих с помощью активного фильтра 29, после чего напряжение подается на нагрузку. Секционный выключатель 26 служит для изолирования секций 31 и 32 друг от друга в случае использования только одного генератора и утилизации всего температурного потенциала выхлопных газов в первом контуре блока утилизации. Датчик нагрузки 28 передает параметры нагрузки на контроллер системы управления 30.

В результате генераторы 7 и 13 работают параллельно, обеспечивая 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 и тепловую энергию, для бесперебойного энергоснабжения отдаленных районов нефтедобычи, предприятий минерально-сырьевого комплекса.

(57) Формула изобретения

5

Система генерирования электрической и тепловой энергии, содержащая компрессор, камеру сгорания и турбину газотурбинной установки, установленных на первом валу, теплообменник, сообщающийся с компрессором газотурбинной установки, первый генератор, соединенный с блоком силовой электроники, включающим инвертор и
10 накопительный конденсатор, датчик температуры воздуха, соединенный с контроллером, вторую турбину, механически не связанную с первым валом, установленный на втором валу второй генератор, соединенный с блоком силовой электроники, датчик температуры выхлопных газов, соединенный с контроллером, отличающаяся тем, что система дополнительно снабжена системой парогенерирования,
15 соединенной с теплообменником для отвода части высокотемпературного потенциала первичного энергоносителя, и второй турбиной, использующей остаточный потенциал первичного энергоносителя, первой и второй секцией шин с секционным выключателем, блоком синхронизации, первым и вторым пассивными фильтрами, и также активным фильтром, при этом блок силовой электроники оснащен вторым инвертором и вторым
20 накопительным конденсатором, а выпрямители в составе блока силовой электроники выполнены активными, причем выход первого активного выпрямителя соединен через первый конденсатор с входом первого инвертора, выход второго активного выпрямителя соединен через второй конденсатор с входом второго инвертора, также выход первого инвертора через первый пассивный фильтр соединен с первой секцией
25 шин, выход второго инвертора через второй пассивный фильтр соединен со второй секцией шин, между первой и второй секциями шин установлен секционный выключатель, а между первой секцией шин и секционным выключателем подключен блок синхронизации.

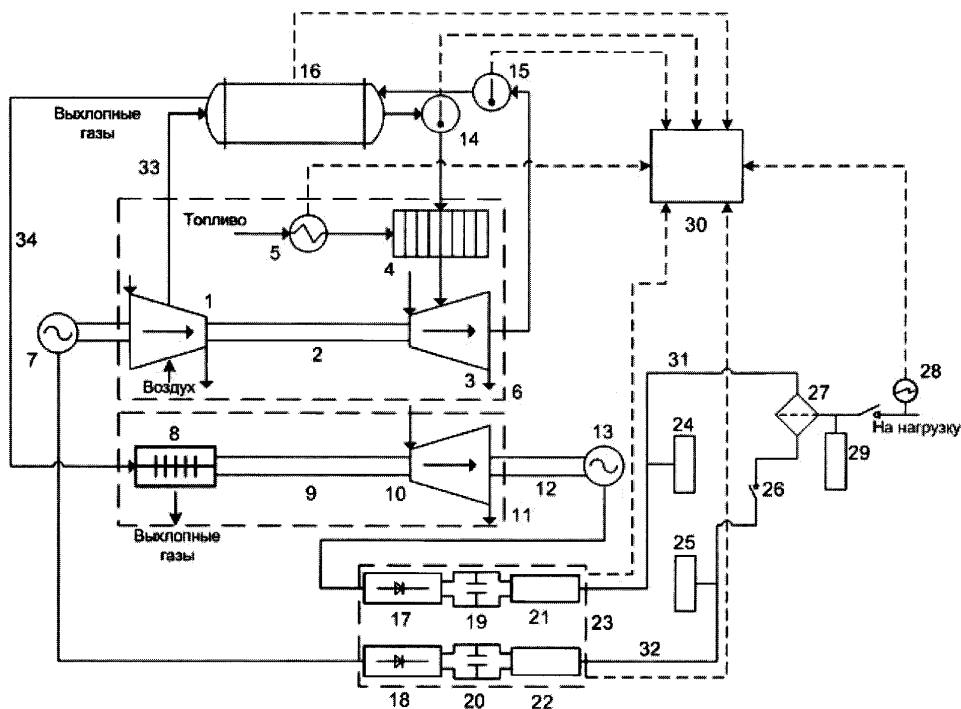
30

35

40

45

СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ



Фиг. 1