



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F02C 3/00 (2006.01); F02C 7/06 (2006.01); F01D 17/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018118031, 16.05.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.05.2018

Дата регистрации:
26.11.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.05.2018

(45) Опубликовано: 26.11.2018 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

127018, Москва, 3-ий пр-д Марьиной Рощи, 40,
ФГУП "НПО "Техномаш", отд. 701, А.В.
Корнилову

(72) Автор(ы):

Булат Павел Викторович (RU),
Продан Николай Васильевич (RU),
Булат Михаил Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Центр трансфера технологий "Кулон" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 180053 U1, 31.05.2018. RU
156076 U1, 27.10.2015. RU 43311 U1, 10.01.2005.
US 7540149 B2, 02.06.2009.

(54) ТУРБОГЕНЕРАТОР

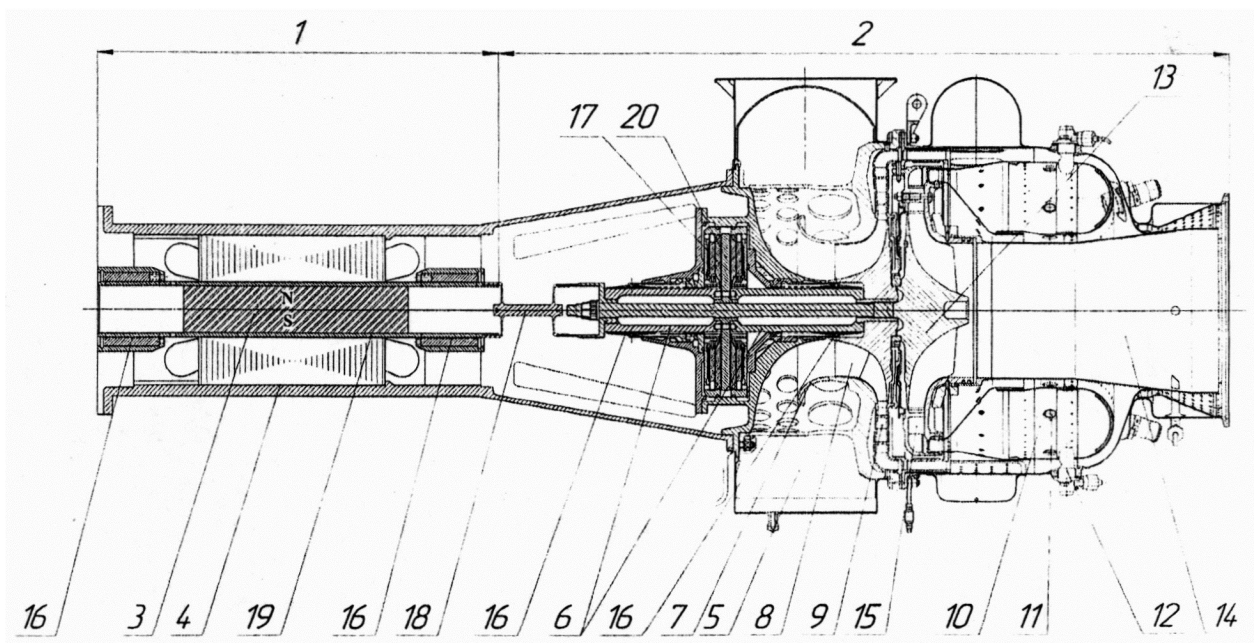
(57) Реферат:

Полезная модель относится к энергетике и может быть использована в турбомашинах авиационного, энергетического и аэрокосмического машиностроения.

Турбогенератор содержит скомпонованные друг с другом электрогенератор и газогенератор, включающий компрессор, входной аппарат, камеру сгорания, а также ротор турбины, роторы электрогенератора, компрессора и турбины смонтированы на валу, выполненном составным, из двух частей, соединенных рессорой, одна из частей вала смонтирована в статоре электрогенератора посредством радиальных

подшипников, выполнена полый, а ротор электрогенератора размещен в полости этой части вала и скреплен с ней, вторая часть вала смонтирована в газогенераторе посредством одного упорного подшипника и двух радиальных подшипников, а роторы компрессора и турбины смонтированы на данной части вала.

Техническим результатом является повышение надежности турбогенератора за счет его компоновочного решения из двух агрегатных блоков - электрогенератора и газогенератора, а также за счет оригинального выполнения роторного узла. 2 з. п. ф-лы; 1 ил.



Полезная модель относится к области энергетического машиностроения, а именно к турбогенераторам, используемым в качестве энергоисточников широкого спектра машин: во вспомогательных силовых установках воздушных судов; маршевых силовых установках с электроприводом винтов и винтокольцевых движителей; в составе

5 газотурбинных установок для генерации электрической энергии.

Известен роторный узел турбомашин, включающий установленный в подшипниках приводной вал, расположенные на валу рабочее колесо и турбину. Подшипниковая система приводного вала включает подшипники по концам вала и радиальный подшипник газового буфера, расположенный в «горячей зоне» между рабочим колесом

10 и турбиной.

(см. патент США №7112036, кл. F01D 17/00, 2005 г.).

В результате анализа данного решения необходимо отметить, что установка подшипника в «горячей зоне» приводит к необходимости его частого технического обслуживания. Кроме того, расположение подшипников на длинном валу,

15 подверженному в процессе эксплуатации изгибным деформациям и вибрациям, которые передаются на агрегаты турбомашин, ограничивает эксплуатационные параметры турбины.

Известна газотурбинная энергетическая установка, содержащая пусковое устройство, центробежный компрессор, связанный с воздушным входом камеры сгорания, оснащенной горелочными устройствами и устройством розжига, выход камеры сгорания через теплообменник связан с центростремительной турбиной, ротор которой имеет возможность соединения с электрическим генератором. Роторы пускового устройства, центробежного компрессора и центростремительной турбины смонтированы на общем валу, установленном в газостатических подшипниках, один из которых расположен за

25 пусковым устройством, а второй - за центростремительной турбиной. Установка оснащена блоком управления, регулирующим работу пускового устройства, устройства розжига и центростремительной турбины.

(см. патент РФ на полезную модель №101096, кл. F02C 3/05, 2010 г.).

Особенностью данной установки является применение неуправляемых газостатических подшипника, на которые установлен длинный неразъемный гибкий вал. Недостатком такого конструктивного решения является большой расход сжатого воздуха при постоянном поддуве неуправляемых газостатических подшипников, а также невозможность подавления изгибных колебаний вала при их возникновении, так как для этого необходимо, как минимум, демпфирование в подшипниках и управление

35 их жесткостью. Изложенное выше значительно снижает надежность работы установки, а также ограничивает область ее применения.

Известна газовая турбина (развитие энергетической установки по патенту №101096), содержащая пусковое устройство, выполненное в виде электрогенератора, центробежный компрессор, выход которого подсоединен к камере сгорания, оснащенной горелочными устройствами и устройством розжига, выход камеры сгорания связан с центростремительной турбиной. Образующие роторный узел турбины роторы пускового устройства, центробежного компрессора и центростремительной турбины установлены на одном валу, смонтированном в газостатических подшипниках, один из которых размещен за пусковым устройством, второй - за центростремительной турбиной, а

45 третий - между центробежным компрессором и центростремительной турбиной. В качестве газостатических подшипников используют управляемые газостатические подшипники.

При запуске турбины, по команде с блока управления включаются пусковое

устройство и система подачи среды в зазоры подшипников вала. Пусковое устройство приводит во вращение вал, а, следовательно, роторы центробежного компрессора и центростремительной турбины. Воздух от компрессора поступает в камеру сгорания, куда через форсунки горелочных устройств подается топливо, например, природный газ. В камере сгорания воздух перемешивается с топливом, и полученная газовая смесь поджигается устройством розжига, которое включается по команде блока управления.

Полученный в камере сгорания газ направляют в центростремительную турбину для раскручивания ее ротора и преобразования энергии выхлопных газов в механическую энергию вращения вала. После того, как момент, создаваемый центростремительной турбиной на валу станет достаточным для поддержания работы газотурбинного двигателя, блок управления отключает пусковое устройство и турбина функционирует на рабочем режиме, при котором полезная мощность снимается с вала.

(см. патент РФ на полезную модель №156076, кл. F02C 7/06, 2014 г.) - наиболее близкий аналог.

В результате анализа известного решения необходимо отметить, что наличие подшипника на валу между центробежным компрессором и центростремительной турбиной повышает жесткость вала и частично обеспечивает гашение пульсирующих нагрузок на роторе центростремительной турбины. Однако использование в конструкции турбины управляемых газостатических подшипников приводит к необходимости постоянной подачи рабочей среды под избыточным давлением в смазочный слой подшипников, что снижает экономичность, при этом, используемые в настоящее время струйные, электрические и электропневматические системы управления характеризуются ограниченным быстродействием, в результате чего управляемые газостатические подшипники могут применяться только на сравнительно тихоходных крупногабаритных газотурбинных установках. Использование в конструкции роторного узла длинного гибкого монолитного вала в сочетании с управляемыми газостатическими подшипниками, даже при наличии дополнительной опоры между компрессором и турбиной, при ударном изменении нагрузки, например, в процессе подключения к валу дополнительных нагрузок (электрических или механических) или при выполнении объектом (например, воздушным судном) энергичного маневра с большой перегрузкой, сопровождается, как правило, возбуждением изгибных колебаний и прецессией вала, которые сложно компенсировать за счет использования системы управления положением вала, что может привести к разрушению роторного узла. Весьма также существенно, что монолитная конструкция гибкого вала не предусматривает возможность подключения дополнительных нагрузок, например, компрессора для выработки сжатого воздуха на технологические нужды. Изложенное выше значительно снижает надежность работы турбогенератора и ограничивает область его применения.

Техническим результатом настоящей полезной модели является повышение надежности турбогенератора за счет его компоновочного решения из двух агрегатных блоков - электрогенератора и газогенератора, а также за счет оригинального выполнения роторного узла.

Указанный технический результат обеспечивается тем, что в турбогенераторе, содержащем скомпонованные друг с другом электрогенератор и газогенератор, включающий компрессор, входной аппарат, для подачи воздуха на ротор компрессора, камеру сгорания, к которой подсоединен выход компрессора, а также ротор турбины, имеющий возможность вращения за счет действия выхлопных газов, отводимых от камеры сгорания, причем роторы электрогенератора, компрессора и турбины смонтированы на валу, новым является то, что вал выполнен составным, из двух частей,

соединенных рессорой, одна из частей вала смонтирована в статоре электрогенератора посредством радиальных подшипников, выполнена полой, а ротор электрогенератора размещен в полости этой части вала и скреплен с ней, вторая часть вала смонтирована в газогенераторе посредством упорного подшипника, а роторы компрессора и турбины смонтированы на данной части вала, при этом, роторы компрессора и турбины смонтированы на части вала консольно, а в качестве радиальных и упорного подшипников использованы газостатические сегментные подшипники.

Сущность заявленной полезной модели поясняется графическими материалами, на которых представлен турбогенератор, осевой разрез.

Турбогенератор состоит из двух скомпонованных друг с другом агрегатных блоков - электрогенератора 1 и газогенератора 2 (см. фиг.).

Электрогенератор 1 конструктивно может быть реализован в виде серийного высокочастотного вентильного электрогенератора, состоящего из ротора 3, выполненного на редкоземельных постоянных магнитах и охватывающего его статора с обмоткой 4.

Газогенератор 2 состоит из:

- входного аппарата 5, например, улиточного типа, предназначенного для подачи воздуха в компрессор газогенератора;
- компрессора газогенератора, состоящего из полого вала 6, входного направляющего устройства 7, ротора 8, смонтированного на валу 6, лопаточного диффузора 9;
- камеры сгорания 10, оснащенной топливными форсунками 11 и свечами зажигания 12;
- турбины с ротором 13;
- выходного соплового устройства 14. Выход камеры сгорания связан с входом турбины направляющим лопаточным аппаратом 15.

Ротор 3 электрогенератора 1, ротор 8 компрессора, ротор 13 турбины смонтированы на валу и образуют роторный узел турбогенератора.

Вал роторного узла турбогенератора смонтирован в подшипниках 16 (радиальных), установленных в статоре 4 электрогенератора и 17 (упорном), установленном, в корпусе (позицией не обозначен) газогенератора 2.

Вал роторного узла выполнен составным, из соединяемых при сборке в единый вал рессорой 18 частей 19 и 6. Часть 19 вала выполнена полой, имеющей осевое отверстие. Рессора 18 обеспечивает при работе турбогенератора демпфирование изгибных мод колебаний каждой из частей 19 и 6 вала.

Рассмотрим более подробно компоновочное решение роторного узла турбогенератора.

Для компоновки роторного узла электрогенератора 1 ротор 3 вставляется в осевое отверстие части 19 вала и скрепляется с ней. Часть 19 вала своими посадочными местами устанавливается в смонтированные в статоре 4 радиальные подшипники 16.

Для компоновки роторного узла газогенератора 2, часть 6 вала, которая выполнена полой, с осевым отверстием, устанавливается в упорном подшипнике 17, смонтированном в корпусе (позицией не обозначен) газогенератора 2. На одном из концов данной части вала, на его наружной поверхности, смонтирован ротор 8 компрессора. Ротор 13 турбины оснащен валом (позицией не обозначен) который вставлен в отверстие вала 6 и скреплен с ним. Нетрудно заметить, что роторы 8 и 13 установлены на части 6 вала консольно.

Таким образом, в собранном положении роторный узел опирается на два радиальных подшипника 16, и один упорный подшипник 17, причем радиальные подшипники

являются опорами части 19 вала, а опорами для части 6 вала являются два радиальных подшипника 16 и один упорный подшипник 17.

Весьма важным для достижения указанного технического результата является то, что подшипники роторного узла расположены вне горячей зоны турбогенератора, образуемой за счет сжигания топливной смеси. Такая компоновка обеспечивается за счет установки подшипников 16 в статоре электрогенератора 1 и консольного расположения на части 6 вала роторов 8 и 13.

При монтаже упорного подшипника 17 используют кольцо - проставку 20, торцы которого являются опорными поверхностями для подшипника 17.

Для компоновки роторного узла в качестве радиальных 16 и упорных 17 подшипников наиболее целесообразно использовать газостатические сегментные подшипники, конструкция которых обеспечивает возможность их саморегулирования за счет изменения положения (поворота) сегментов на заданный угол в зависимости от действующей на них нагрузки, и устойчивого сохранения этого положения без использования системы управления. Конструкция таких подшипников известна (см., например, патент РФ на полезную модель №153540, кл. F16C 17/04, F16C 32/06, 2014 г., патент РФ на изобретение №2630271, МПК F16C 17/03, 2016 г.).

При сборке роторного узла по отдельности собирают блоки ротора газогенератора и электрогенератора, после чего части 19 и 6 вала соединяют рессорой 18, а статор электрогенератора 1 крепят к корпусу газогенератора.

Выполнение конструктивных элементов турбогенератора, не раскрытых в настоящем описании, является известным и не составляет предмета патентной охраны.

Турбогенератор работает, преимущественно, в автоматическом режиме. Согласованное функционирование его агрегатов обеспечивается системой управления (не показана).

Турбогенератор работает следующим образом.

При пуске турбогенератора, когда роторный узел еще не вращается, необходимо подать рабочую среду - сжатый воздух в подшипники. Для этого может быть использован практически любой аккумулятор давления, например, компрессор (не показан).

Подача сжатого воздуха в подшипники 16 и 17 приводит к вывешиванию смонтированных в них частей 19 и 6 вала роторного узла.

Подается питание на выполняющий функцию стартера при запуске турбогенератора электрогенератор 1, его ротор 3 приводится во вращение вместе с частью 19 вала, а, следовательно, приводится во вращение и весь роторный узел. Воздух от ротора 8 компрессора поступает в камеру сгорания 10, куда также через форсунки горелочных устройств 11 подается топливо, например, авиационный керосин. В камере сгорания воздух перемешивается с топливом и полученная газовая смесь поджигается свечами зажигания 12, которые включаются по команде системы управления. Образующиеся в камере сгорания 10 в результате сгорания газовой смеси выхлопные газы направляются на ротор 13 турбины для преобразования энергии выхлопных газов в механическую энергию вращения ротора 13, а, следовательно, и всего роторного узла.

Выхлопные газы отводятся в окружающую среду через выходное сопловое устройство 14. После того, как момент, создаваемый ротором 13 на валу 6, станет достаточным для поддержания работы турбогенератора, система управления отключает электрогенератор 1, турбогенератор выходит на рабочий режим, при котором электрогенератор 1 работает в режиме генерации электроэнергии.

При достижении номинальной частоты вращения роторного узла, подшипники 16,

17 переходят в полностью газодинамический режим работы. Подача в них сжатого воздуха прекращается. При изменении частоты вращения вала или нагрузки на валу, регулирование подшипников происходит автоматически за счет изменения средней величины зазора в смазочном слое и угла установки сегментов подшипника. Гибридный режим работы с принудительной подачей под избыточным давлением дополнительного количества воздуха может использоваться, когда подъемной силы, создаваемой за счет вращения вала и разворота сегментов, не хватает. Гибридный режим работы может использоваться постоянно, когда стоит задача сделать габариты и массу газотурбинной установки минимально возможными. В этом случае использование принудительной подачи под избыточным давлением дополнительного количества воздуха позволяет при заданных осевых и радиальных нагрузках на вал уменьшить его диаметр по сравнению с работой исключительно в газодинамическом режиме.

Кроме высокой надежности, турбогенератор обладает предельно низким весом. Использование в качестве опор ротора газовых подшипников, вынесенных из горячей зоны, позволяет существенно снизить вес и габариты за счет того, что из состава турбогенератора исключается маслосистема с баком, главным циркуляционным, подкачивающим и дренажными насосами, фильтрами, арматурой и обвязкой. Кроме того, полностью исключается редуктор электрогенератора и коробка приводов, а также электростартер, функции которого заменяются электрогенератором. Все это, наряду с высокой надежностью, позволяет существенно расширить область использования турбогенератора, особенно в областях техники, где особо высокие требования предъявляются к массогабаритным характеристикам изделий и их надежности.

Выполнение турбогенератора из двух агрегатных блоков (электрогенератора и газовой турбины), при условии выполнения вала составным, позволяет компоновать турбогенератор с требуемыми рабочими характеристиками данных агрегатных блоков, а, следовательно, в широких пределах изменять рабочие характеристики турбогенератора под требования потребителей, что значительно расширяет область использования турбогенератора.

Конструкция турбогенератора обеспечивает его компоновку с широким спектром установок различного назначения, а также надежную, безаварийную работу в условиях вибраций, перегрузок и ударных нагрузок на роторный узел.

(57) Формула полезной модели

1. Турбогенератор, содержащий скомпонованные друг с другом электрогенератор и газогенератор, включающий компрессор, входной аппарат для подачи воздуха на ротор компрессора, камеру сгорания, к которой подсоединен выход компрессора, а также ротор турбины, имеющий возможность вращения за счет действия выхлопных газов, отводимых от камеры сгорания, причем роторы электрогенератора, компрессора и турбины смонтированы на валу, отличающийся тем, что вал выполнен составным из двух частей, соединенных рессорой, одна из частей вала смонтирована в статоре электрогенератора посредством радиальных подшипников, выполнена полый, а ротор электрогенератора размещен в полости этой части вала и скреплен с ней, вторая часть вала смонтирована в газогенераторе посредством упорного подшипника, а роторы компрессора и турбины смонтированы на данной части вала.

2. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что роторы компрессора и турбины смонтированы на части вала консольно.

3. Турбогенератор по п. 1, отличающийся тем, что в качестве радиальных и упорного подшипников использованы газостатические сегментные подшипники.

Турбогенератор

