



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
F02C 6/02 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2016125745, 15.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.12.2014

Дата регистрации:  
08.07.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
20.12.2013 FR 1363316

(45) Опубликовано: 08.07.2019 Бюл. № 19

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 20.07.2016

(86) Заявка РСТ:  
FR 2014/053351 (15.12.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2015/092252 (25.06.2015)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры", пат.пов. Е.И.Емельянову, рег. N 174

(72) Автор(ы):

СЕВ Каролин (FR),  
ПУМАРЕД Венсан (FR),  
ТИРЬЕ Ромэн (FR)

(73) Патентообладатель(и):

Сафран Хеликоптер Энджинз (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2012/059671 A2, 10.05.201. WO  
2013/076434 A1, 30.05.2013. EP 2626537 A,  
14.08.2013. EP 2301844 A, 30.03.2011. RU  
2462607 C2, 27.09.2012. RU 2188960 C1,  
10.09.2002.

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ РЕЖИМОМ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ВЕРТОЛЕТА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ И ВЕРТОЛЕТ, ОСНАЩЕННЫЙ ТАКИМ УСТРОЙСТВОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к газотурбинным двигателям вертолета. Способ автоматического управления режимом работы газотурбинного двигателя вертолета содержит этап получения данных, характеризующих полет вертолета, этап выбора газотурбинного двигателя, для которого смена режима будет наиболее надлежащей, этап определения режима работы упомянутого газотурбинного двигателя, называемого выбранным режимом и выбираемого среди множества заранее определенных режимов

работы в зависимости от упомянутых данных, характеризующих полет вертолета, и этап управления режимом работы упомянутого газотурбинного двигателя в упомянутом выбранном режиме. Объектом изобретения является также соответствующее устройство управления и вертолет. Изобретение позволяет повысить эффективность управления режимами работы газотурбинного двигателя вертолета. 3 н. и 11 з.п. ф-лы, 6 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F02C 6/02 (2018.08)*

(21)(22) Application: **2016125745, 15.12.2014**

(24) Effective date for property rights:  
**15.12.2014**

Registration date:  
**08.07.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**20.12.2013 FR 1363316**

(45) Date of publication: **08.07.2019 Bull. № 19**

(85) Commencement of national phase: **20.07.2016**

(86) PCT application:  
**FR 2014/053351 (15.12.2014)**

(87) PCT publication:  
**WO 2015/092252 (25.06.2015)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul.B.Spasskaya, 25, stroenie 3,  
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i  
Partnery", pat.pov. E.I.Emelyanovu, reg.N 174**

(72) Inventor(s):

**SEV Karolin (FR),  
PUMARED Vensan (FR),  
TIRE Romen (FR)**

(73) Proprietor(s):

**Safran Khelikopter Endzhinz (FR)**

(54) **METHOD FOR AUTOMATIC CONTROL OF OPERATING MODE OF HELICOPTER GAS TURBINE ENGINE, CORRESPONDING CONTROL DEVICE AND HELICOPTER EQUIPPED WITH SUCH DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to helicopter gas turbine engines. Method for automatic control of operating mode of a gas turbine engine of a helicopter comprises a step of obtaining data characterizing the flight of a helicopter, a step of selecting a gas turbine engine for which a mode change will be most appropriate, stage of determining the operating mode of said gas turbine engine, called selected mode and selected among a plurality of predetermined operating

modes depending on said data characterizing flight of helicopter, and a step of controlling the operating mode of said gas turbine engine in said selected mode. Invention object is also the corresponding control device and the helicopter.

EFFECT: invention allows improving control efficiency of helicopter gas turbine engine operation modes.

14 cl, 6 dwg

## 1. Область техники

Изобретение относится к способу автоматического управления рабочим режимом по меньшей мере одного газотурбинного двигателя вертолета. Изобретение относится также к соответствующему устройству управления и к вертолету, оснащенный таким устройством управления. В частности, изобретение касается способа управления газотурбинным двигателем вертолета во время всех фаз осуществляемым им полетов, кроме критических ситуаций полета.

## 2. Предшествующий уровень техники

Как правило, вертолет оборудован по меньшей мере двумя газотурбинными двигателями, которые работают на режимах, зависящих от условий полета вертолета. В дальнейшем тексте вертолет будет считаться в ситуации полета на крейсерской скорости, если он летит в нормальных условиях в режиме, известном под сокращением АЕО (*All Engines Operative*), во всех фазах полета, кроме переходных фаз взлета, набора высоты, посадки или в режиме висения. В дальнейшем тексте вертолет будет считаться в критической ситуации полета, когда он должен иметь установившуюся общую мощность, то есть в переходных фазах взлета, набора высоты, посадки и в режиме, в котором один из газотурбинных двигателей неисправен, что обозначается английским сокращением ОЕІ (*One Engine Inoperative*).

Как известно, когда вертолет находится в ситуации полета на крейсерской скорости, газотурбинные двигатели работают на низких уровнях мощности, меньших их постоянной максимальной мощности (в дальнейшем РМС). В некоторых конфигурациях мощность, производимая газотурбинными двигателями во время полета на крейсерской скорости, может быть меньше 50% максимальной взлетной мощности (в дальнейшем РМД). Эти низкие уровни мощности характеризуются удельным расходом (в дальнейшем Cs), определяемым как соотношение между часовым расходом топлива в камере сгорания газотурбинного двигателя и тягой, создаваемой этим газотурбинным двигателем, и превышающим Cs РМД примерно на 30% и, следовательно, характеризуются повышенным расходом топлива во время полета на крейсерской скорости.

Наконец, во время фаз ожидания на земле, как правило, пилоты предпочитают переводить различные газотурбинные двигатели в режим малого газа, чтобы иметь возможность повторного запуска. При этом газотурбинные двигатели продолжают расходовать топливо, хотя они и не производят никакой мощности.

Кроме того, газотурбинные двигатели вертолета спроектированы с превышением параметров, чтобы вертолет можно было поддерживать в полете в случае неисправности одного из двигателей. Эта ситуация полета соответствует вышеуказанному режиму ОЕІ. Эта ситуация полета наступает вследствие потери одного двигателя и выражается в том, что каждый исправный двигатель выдает мощность сверх своей номинальной мощности, чтобы вертолет мог преодолеть опасную ситуацию и смог продолжить свой полет. Расход топлива в каждом газотурбинном двигателе существенно повышается в ситуации ОЕІ для обеспечения этой дополнительной мощности.

С другой стороны, газотурбинные двигатели предусмотрены также с превышением параметров для обеспечения полета в любой области полета, указанной в спецификации производителя и, в частности, полета на больших высотах и в жаркую погоду. Эти очень сложные точки полета, в частности, когда масса вертолета приближается к его максимальной взлетной массе, встречаются только в некоторых случаях эксплуатации некоторых вертолетов. Поэтому некоторые вертолеты, хотя и имеют параметры, предусмотренные для обеспечения таких мощностей, никогда не летают в таких

условиях.

Недостаток этих газотурбинных двигателей, предусмотренных с превышением параметров, связан с массой и с расходом топлива. Чтобы снизить этот расход во всех вышеуказанных случаях полета (полет на крейсерской скорости, режим OEI, руление, режим висения или ожидание на земле), можно выключить один из газотурбинных двигателей и перевести его в так называемый дежурный режим. При этом активный двигатель или активные двигатели работают на более высоких уровнях мощности для обеспечения любой необходимой мощности, то есть на более благоприятных уровнях  $C_s$ . Однако такая практика противоречит современным правилам сертификации, и двигатели не предусмотрены для обеспечения степени надежности повторного запуска, совместимой с нормами безопасности. Точно так же, в настоящее время пилоты не проходят обучения с целью перевода газотурбинного двигателя в дежурный режим во время полета.

Кроме того, время повторного запуска находящегося в дежурном режиме газотурбинного двигателя обычно составляет около тридцати секунд. Это время может оказаться слишком долгим при частичном или полном отказе первоначально активного двигателя. Если двигатель в дежурном режиме не запускается вовремя, посадка с таким двигателем может оказаться критической или привести к полной потере мощности.

В целом, непосредственное наличие мощности только одного газотурбинного двигателя связано с рисками во всех ситуациях полета, когда необходимо получить дополнительную мощность, что с точки зрения безопасности предполагает наличие всей мощности газотурбинных двигателей.

В заявках FR1151717 и FR1359766 заявители предложили способы оптимизации удельного расхода газотурбинных двигателей вертолета за счет возможности переводить по меньшей мере один газотурбинный двигатель в устоявшийся режим полета, называемый постоянным, и по меньшей мере один газотурбинный двигатель в специальный дежурный режим, из которого он может выйти экстренно или штатно в зависимости от потребностей. Выход из дежурного режима называют штатным, когда изменение ситуации полета требует активации газотурбинного двигателя, находящегося в дежурном режиме, например, когда вертолет должен перейти из ситуации полета на крейсерской скорости в фазу посадки. Такой штатный выход из дежурного режима длится от 10 с до 1 мин. Выход из дежурного режима называют экстренным, когда возникает неисправность или дефицит мощности активного двигателя или когда условия полета внезапно становятся сложными. Такой экстренный выход из дежурного режима происходит за время менее 10 с.

Таким образом, заявители предложили пять следующих дежурных режимов:

- дежурный режим, называемый обычным режимом малого газа, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 60 до 80% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый обычным режимом сверхмалого газа, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый сопровождаемым режимом сверхмалого газа, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора с механическим сопровождением вращается со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый переходным, в котором камера сгорания выключена, и вал газогенератора с механическим сопровождением вращается со скоростью,

составляющей от 5 до 20% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый выключенным, в котором камера сгорания выключена, и вал двигателя полностью остановлен.

Однако при этом возникает техническая проблема определения, какой газотурбинный двигатель должен быть переведен в дежурный режим. Возникает также техническая проблема возможности перехода из одного дежурного режима в другой в зависимости от условий полета вертолета. Возникает также техническая проблема выхода из дежурных режимов и возвращения в штатный режим работы.

### 3. Задачи изобретения

Задачей изобретения является разработка эффективного и экономичного решения указанной проблемы.

В частности, задача решается, по меньшей мере в одном варианте осуществления изобретения, способом управления режимом работы газотурбинного двигателя вертолета.

Задача также решается устройством управления и вертолетом, оснащенным таким устройством управления.

### 4. Сущность изобретения

В связи с этим объектом изобретения является способ автоматического управления режимом работы газотурбинного двигателя вертолета, который не находится в критической ситуации полета и который содержит по меньшей мере два газотурбинных двигателя, при этом упомянутый способ содержит:

- этап получения данных, характеризующих полет вертолета,
- этап определения режима работы упомянутого газотурбинного двигателя, называемого выбранным режимом и выбираемого среди множества заранее определенных режимов работы в зависимости от упомянутых данных, характеризующих полет вертолета,
- этап управления режимом работы упомянутого газотурбинного двигателя в упомянутом выбранном режиме.

Таким образом, заявленный способ позволяет автоматически выбирать режим работы газотурбинного двигателя вертолета среди множества заранее определенных режимов. Выбор режима зависит от данных, характеризующих полет вертолета. Таким образом, заявленный способ управления позволяет адаптировать режим двигателя к изменению данных, характеризующих полет вертолета. Заявленный способ позволяет переходить от одного режима работы к другому, более благоприятному (или менее благоприятному) режиму работы, если это позволяют или требуют данные, характеризующие полет.

Изобретение адаптировано, в частности, для выбора дежурного режима для газотурбинного двигателя, когда вертолет находится в ситуации полета на крейсерской скорости. В зависимости от значений данных, характеризующих полет вертолета, способ может содержать подачу команды на переход этого газотурбинного двигателя в дежурный режим и/или на смену дежурного режима и/или на выход из дежурного режима, если этого требуют условия.

Предпочтительно заявленный способ содержит этап назначения номера группе принятых данных режима работы, известного как назначенный режим, который выбирается из упомянутого множества режимов работы и зависит от значения упомянутого номера.

Предпочтительно, согласно этому варианту, для каждого номера группы данных назначенный режим соответствует интервалам значений принятых данных. Иначе

говоря, назначенный режим связан с единственным интервалом значений каждой группы данных.

Согласно этому варианту, способ позволяет назначать для каждой полученной и проанализированной данной назначенный режим работы, который зависит от значения данной. Иначе говоря, изобретением предусмотрена заранее определенная таблица, в которой каждому возможному значению этой данной соответствует заранее определенный режим. Эти соответствия являются инвариантными и определены таким образом, чтобы назначенным режимом был наиболее экономичный режим по топливу, допускаемый значением данной.

Предпочтительно, согласно изобретению, упомянутый этап определения упомянутого выбранного режима состоит в выборе режима из совокупности назначенных режимов, полученных на упомянутом этапе назначения в заранее определенном порядке приоритетности.

Предпочтительно, согласно изобретению, множество заранее определенных режимов работы газотурбинного двигателя, содержащего камеру сгорания и вал газогенератора, включает в себя по меньшей мере следующие режимы:

- дежурный режим, называемый обычным режимом малого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 60 до 80% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый обычным режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый сопровождаемым режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый переходным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 5 до 20% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый выключенным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора полностью остановлен,

- режим экстренного выхода из дежурного режима, в котором камера сгорания включена и вал газогенератора приводится во вращение до скорости, составляющей от 80 до 105%, в течение времени менее 10с после команды на выход из дежурного режима,

- режим штатного выхода из дежурного режима, в котором камера сгорания включена и вал газогенератора приводится во вращение до скорости, составляющей от 80 до 105%, в течение времени от 10с до 1 мин после команды на выход из дежурного режима,

- номинальный режим работы, в котором камера сгорания включена и вал генератора вращается со скоростью, составляющей от 80 до 105%.

Таким образом, заявленный способ позволяет управлять переходом газотурбинного двигателя по меньшей мере в один режим работы, выбираемый из множества дежурных режимов, режима экстренного выхода из дежурного режима, режима штатного выхода из дежурного режима и номинального режима работы.

Предпочтительно, согласно изобретению, упомянутый заранее определенный порядок приоритетности является следующим:

- номинальный режим работы,

- режим экстренного выхода из дежурного режима,

- режим штатного выхода из дежурного режима,
- обычный режим малого газа,
- обычный режим сверхмалого газа,
- сопровождаемый режим сверхмалого газа,
- 5 - переходный режим,
- выключенный режим.

Иначе говоря, этап определения упомянутого выбранного режима состоит в выборе режима из совокупности упомянутых назначенных режимов, полученных в результате упомянутого этапа назначения, в следующем порядке приоритетности: номинальный режим работы, режим экстренного выхода из дежурного режима, режим штатного выхода из дежурного режима, обычный режим малого газа, обычный режим сверхмалого газа, сопровождаемый режим сверхмалого газа, переходный режим и выключенный режим.

Согласно этом варианту, на этапе определения среди всех назначенных режимов, соответствующих каждой из данных и полученных в результате этапа назначения, выбирают наиболее приоритетный режим. Порядок приоритетности режимов определяют таким образом, чтобы безопасность полета была всегда гарантирована и была всегда максимальной. Именно по этой причине наиболее приоритетным режимом является номинальный режим работы. Он является режимом, в котором газотурбинный двигатель может работать на максимальных оборотах и, следовательно, в котором можно получить сразу всю установившуюся мощность. Следующим наиболее приоритетным режимом является режим экстренного выхода из дежурного режима, целью которого является быстрый переход к номинальному режиму работы. Следующим наиболее приоритетным режимом является режим штатного выхода из дежурного режима, затем обычный режим малого газа, затем обычный режим сверхмалого газа, затем переходный режим и, наконец, выключенный режим.

Иначе говоря и, например, если значение по меньшей мере одной из анализируемых данных находится в интервале значений, соответствующем номинальному режиму работы, выбранным режимом обязательно будет номинальный режим работы. Иначе говоря, в этом примере устройство управления не позволяет двигателю перейти в дежурный режим, так как одно из отслеживаемых условий показывает, что вертолет должен располагать полной мощностью газотурбинного двигателя, чтобы обеспечивать оптимальные условия безопасности.

Согласно другому примеру, если значение по меньшей мере одной из анализируемых данных обозначает режим экстренного выхода из дежурного режима и текущим режимом работы не является номинальный режим работы, выбранным режимом обязательно будет режим экстренного выхода из дежурного режима. Действительно, это значит, что текущий режим работы не обеспечивает адекватного уровня безопасности по меньшей мере при одном из наблюдаемых условий. Следовательно, это условие требует экстренного выхода из текущего дежурного режима для перехода в номинальный режим работы.

Согласно другому примеру, если значение одной из анализируемых данных обозначает сопровождаемый режим сверхмалого газа и если ни одно другое значение не обозначает более приоритетный режим работы (то есть: если ни одно значение не обозначает ни номинальный режим, ни режим экстренного выхода из дежурного режима, ни режим штатного выхода из дежурного режима, ни обычный режим малого газа, ни обычный режим сверхмалого газа) то выбранным режимом является сопровождаемый режим сверхмалого, и газотурбинный двигатель переводят в сопровождаемый режим

сверхмалого газа.

Заявленный способ постоянно отслеживает все данные, характеризующие полет вертолета и автоматически адаптирует режим работы к изменению условий.

Таким образом, заявленный способ позволяет оптимизировать безопасность полета, постоянно выбирая режим работы, наиболее адаптированный к встреченной ситуации.

Кроме того, заявленный способ способствует оптимизации расхода топлива, стараясь постоянно переводить двигатели в наиболее благоприятный возможный режим, одновременно гарантируя безопасность полета. Порядок наиболее благоприятных и, следовательно, наиболее экономичных по топливу режимов является обратным по отношению к порядку приоритетных режимов: выключенный режим, переходный режим, сопровождаемый режим сверхмалого газа, обычный режим сверхмалого газа, обычный режим малого газа, режим штатного выхода из дежурного режима, режим экстренного выхода из дежурного режима и номинальный режим работы.

Если выбранный режим отличается от текущего режима, заявленный способ автоматически заставляет газотурбинный двигатель перейти в выбранный режим. Это позволяет также переходить к наиболее благоприятному режиму с точки зрения расхода топлива, если это позволяют условия полета, или оставаться в оптимальных условиях безопасности.

Разумеется, если не возможен ни один дежурный режим, газотурбинный двигатель остается в номинальном режиме работы, и ни один дежурный режим не возможен, пока этого не позволяют данные.

Предпочтительно, согласно изобретению, данные, характеризующие полет вертолета, включают в себя данные условий полета вертолета и/или данные условий окружающей среды вертолета и/или данные состояния упомянутого газотурбинного двигателя.

Данные условий полета вертолета являются, например, данными, характеризующими скорость движения вертолета, расход топлива, уровень вспомогательных систем, наличный запас мощности по отношению к ограничениям газотурбинного двигателя во время работы и т.д.

Данные условий окружающей среды являются, например, данными, характеризующими внешнюю температуру, внешнее давление, высоту относительно земли, влажность, атмосферные условия (дождь, иней, ветер, гроза и т.д.), присутствие препятствий вблизи вертолета и т.д.

Данные состояния газотурбинного двигателя являются, например, данными, характеризующими уровень повреждения газотурбинного двигателя, состояние турбины, состояние органов, не участвующих в создании тяги и относящихся к силовому набору (электрические машины, силовая электроника, гидравлические, пневматические, пиротехнические машины), состояние средств накопления энергии, предназначенной для экстренного запуска, контроль неисправностей.

Таким образом, данные, характеризующие полет вертолета, могут включать в себя все вышеупомянутые данные, а также изменение этих данных, например, изменение высоты полета относительно земли или изменение скорости движения.

Таким образом, заявленный способ позволяет учитывать множество различных данных и определить на их основании режим работы газотурбинного двигателя, адаптированный к ситуации полета вертолета.

Предпочтительно заявленный способ дополнительно содержит этап выбора газотурбинного двигателя среди упомянутых газотурбинных двигателей упомянутого вертолета, для которого смена режима будет наиболее надлежащей.

Согласно этому предпочтительному варианту способ определяет среди всех



газотурбинных двигателей вертолета двигатель, который потенциально можно перевести в более благоприятный режим, в частности, в дежурный режим. Этот выбор можно, например, определять в зависимости от износа каждого газотурбинного двигателя, при этом для перевода в дежурный режим выбирают наиболее изношенный газотурбинный двигатель, если это позволяют данные, характеризующие полет вертолета. Этот выбор может также представлять собой поочередный выбор каждого газотурбинного двигателя таким образом, чтобы во время первого возможного дежурного режима выбирать первый газотурбинный двигатель в ходе этапа выбора, во время второго возможного дежурного режима выбирать второй газотурбинный двигатель в ходе этапа выбора и так далее.

Объектом изобретения является также устройство автоматического управления режимом работы газотурбинного двигателя вертолета, содержащее:

- модуль приема данных, характеризующих полет вертолета,
- модуль определения режима работы упомянутого газотурбинного двигателя, называемого выбранным режимом и выбираемого из множества заранее определенных режимов работы в зависимости от упомянутых данных, характеризующих полет вертолета,
- модуль управления упомянутым режимом работы упомянутого газотурбинного двигателя в упомянутом выбранном режиме.

Предпочтительно заявленное устройство управления осуществляет заявленный способ, и предпочтительно заявленный способ осуществляется заявленным устройством.

В дальнейшем тексте под модулем следует понимать программный элемент, подпрограмму, которую можно компилировать отдельно либо для независимого использования, либо для соединения с другими модулями программы, или аппаратный элемент или комбинацию из аппаратного элемента и подпрограммы. Такой аппаратный элемент может содержать интегральную схему, специально предназначенную для данного приложения (более известную под сокращением ASIC от английского названия *Application-Specific Integrated Circuit*), или программируемую логическую схему или любые эквивалентные аппаратные средства. Таким образом, модуль является элементом (программным и/или аппаратным), который позволяет обеспечивать определенную функцию.

Предпочтительно, заявленное устройство содержит модуль назначения номера группе данных, полученных упомянутым приемным модулем, режима работы, выбранного среди множества режимов работы и называемого назначенным режимом, который зависит от значений упомянутой группы данных.

Предпочтительно, согласно изобретению, упомянутый модуль определения выбранного режима выполнен с возможностью выбирать выбранный режим среди совокупности упомянутых назначенных режимов, полученных от упомянутого модуля назначения, в соответствии с заранее определенным порядком приоритетности.

Предпочтительно заявленное устройство управления дополнительно содержит модуль выбора газотурбинного двигателя среди упомянутых газотурбинных двигателей упомянутого вертолета, для которого смена режима будет наиболее надлежащей.

Объектом изобретения является также вертолет, содержащий по меньшей мере два газотурбинных двигателя, при этом каждый газотурбинный двигатель содержит газовую турбину, управляемую устройством регулирования, отличающийся тем, что содержит заявленное устройство управления.

Предпочтительно, согласно изобретению, устройство управления установлено внутри упомянутого устройства регулирования каждого газотурбинного двигателя.

Предпочтительно, согласно другому варианту, устройство управления сообщается при помощи беспроводной связи с каждым устройством регулирования каждого газотурбинного двигателя.

Изобретение относится также к способу управления, устройству управления и вертолету, оснащенный таким устройством управления, характеризуемым в комбинации всеми или частью вышеупомянутых и нижеследующих признаков.

#### 5. Список фигур

Другие задачи, отличительные признаки и преимущества изобретения будут более очевидны из нижеследующего описания, представленного исключительно в качестве не ограничительного примера со ссылками на прилагаемые фигуры, на которых:

Фиг. 1 изображает схему способа управления режимом работы газотурбинного двигателя согласно варианту осуществления изобретения.

Фиг. 2 - схематичный вид таблицы, необходимой на этапе назначения для группы данных назначенного режима работы в зависимости от значения этой данной, в рамках способа согласно варианту осуществления изобретения.

Фиг. 3 - схему устройства управления согласно варианту выполнения изобретения.

Фиг. 4 - схематичный вид органической архитектуры вертолета согласно варианту выполнения изобретения.

Фиг. 5 - схематичный вид другой органической архитектуры вертолета согласно варианту выполнения изобретения.

Фиг. 6 - схематичный вид еще одной органической архитектуры вертолета согласно варианту выполнения изобретения.

#### 6. Подробное описание варианта выполнения изобретения

Как показано на фиг. 1, заявленный способ содержит этап 10 получения данных, характеризующих полет вертолета. Согласно варианту осуществления, показанному на фигурах, получаемыми данными являются данные 27 условий полета вертолета, данные 20 условий окружающей среды вертолета и данные 29 состояния газотурбинного двигателя.

Согласно предпочтительному варианту осуществления, показанному на фигурах, способ содержит также этап 11 выбора газотурбинного двигателя, для которого смена режима будет наиболее надлежащей. Согласно предпочтительному варианту, показанному на фиг. 1, он содержит также этап 12 назначения для каждой группы данных режима, называемого назначенным режимом, выбираемого среди множества заранее определенных режимов работы в зависимости от значений упомянутой группы данных. Он содержит также этап 13 определения режима работы газотурбинного двигателя, называемого выбранным режимом, выбираемого среди всех назначенных режимов, полученных на этапе 12 назначения, в соответствии с заранее определенным порядком приоритетности. Наконец, он содержит этап 14 управления режимом работы газотурбинного двигателя в выбранном режиме.

На фиг. 2 схематично представлен принцип этапа 12 назначения назначенного режима работы для каждого типа полученной группы данных.

Первая строка таблицы, показанной на фиг. 2, содержит совокупность заранее определенных режимов. Согласно этому варианту осуществления, число таких режимов равно восьми. Разумеется, согласно другим вариантам осуществления, число заранее определенных режимов, назначаемых для данных, может быть другим.

Каждому интервалу значений каждой группы данных соответствует заранее определенный назначенный режим. Интервалы ограничены смежными и возрастающими значениями. Например, если взять группу данных, обозначенную А, то получаем

$A2 < A3 < A4 < A5 < A6 < A7 < A8$ . В зависимости от значения группы данных соответствующим режимом будет единственный и только один режим.

Например, если взять группу данных, обозначенную А, назначенным режимом работы для этой данной А будет режим 4, если значение группы данных А находится в интервале  $[A4; A5]$ .

В конце этого этапа 12 назначения для каждой группы данных, полученной в ходе этапа 10 получения, будет назначен режим.

Рассмотрим пример пяти типов полученных групп данных А, В, С, D и Е, значения которых попадают соответственно в интервалы  $[A4; A5]$ ,  $[B2; B3]$ ,  $[C4; C5]$ ,  $[B5; B6]$  и  $[E6; E7]$ .

Таким образом, после этапа 12 назначения группам данных А, В, С, D и Е соответствуют режимы 4; 2; 4; 5 и 6.

Режимы упорядочены в соответствии с заранее определенным порядком приоритетности.

Согласно варианту осуществления изобретения, показанному на фигурах, возможны следующие режимы работы, упорядоченные следующим образом.

Наиболее приоритетным режимом является номинальный режим работы, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора вращается от 80 до 105%. На фиг. 2 этот режим показан как режим 8.

Следующим режимом по приоритету является режим экстренного выхода из дежурного режима, в котором камеру сгорания необходимо включить, если она еще не включена, и вал генератора разгоняют до номинальной скорости в течение времени менее 10с после получения команды на выход из дежурного режима. На фиг. 2 этот режим показан как режим 7.

Следующим режимом по приоритету является режим штатного выхода из дежурного режима, в котором камеру сгорания необходимо включить, если она еще не включена, и вал генератора разгоняют до номинальной скорости в течение времени от 10с до 1 мин после получения команды на выход из дежурного режима. На фиг. 2 этот режим показан как режим 6.

Следующим режимом по приоритету является дежурный режим, называемый обычным режимом малого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 60 до 80% от номинальной скорости. На фиг. 2 этот режим показан как режим 5.

Следующим режимом по приоритету является дежурный режим, называемый обычным режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 20 до 60% от номинальной скорости. На фиг. 2 этот режим показан как режим 4.

Следующим режимом по приоритету является дежурный режим, называемый сопровождаемым режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 20 до 60% от номинальной скорости. На фиг. 2 этот режим показан как режим 3.

Следующим режимом по приоритету является дежурный режим, называемый переходным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 5 до 20% от номинальной скорости. На фиг. 2 этот режим показан как режим 2.

Следующим режимом по приоритету является дежурный режим, называемый выключенным, в котором камера сгорания выключена, и упомянутый вал

газогенератора полностью остановлен. На фиг. 2 этот режим показан как режим 1.

Таким образом, после завершения этапа 12 назначения данные А и С обозначают обычный режим сверхмалого газа. Данная В обозначает переходный режим. Данная D обозначает обычный режим малого газа, и данная Е обозначает режим штатного

5 выхода из дежурного режима.

На этапе 13 определения выбранного режима среди совокупности назначенных режимов выбирают режим с наивысшим приоритетом. Иначе говоря, в данном примере на этапе 13 определения выбирают режим с наивысшим приоритетом среди

10 совокупности, в которую входят обычный режим сверхмалого газа, переходный режим, обычный режим малого газа и режим штатного выхода из дежурного режима.

В данном случае режимом с наивысшим приоритетом является режим штатного выхода из дежурного режима.

На этапе 14 управления подают команду на перевод газотурбинного двигателя, выбранного на этапе 11 выбора, в режим штатного выхода из дежурного режима.

15 Этот процесс повторяют с равномерным и заранее определенным интервалом для адаптации режима работы газотурбинного двигателя к изменению данных, полученных на этапе получения.

На фиг. 3 схематично показано устройство управления согласно варианту выполнения изобретения.

20 Устройство управления содержит модуль 20 приема данных, характеризующих полет вертолета, модуль 21 выбора газотурбинного двигателя, для которого смена режима будет наиболее надлежащей, модуль 22 назначения для каждой группы данных, полученной упомянутым приемным модулем 20, назначенного режима работы, модуль 23 определения выбранного режима работы, выбираемого среди множества назначенных

25 режимов работы и модуль 24 управления упомянутым режимом работы упомянутого газотурбинного двигателя в выбранном режиме.

Согласно варианту осуществления изобретения, показанному на фигурах, данные, получаемые модулем 20 приема являются данными 27 условий полета вертолета, данными 28 условий окружающей среды вертолета и данными 29 состояния

30 газотурбинного двигателя.

После определения выбранного режима модулем 23 определения, модуль 24 управления передает команду на смену режима в электронный регулятор выбранного газотурбинного двигателя: либо в электронный регулятор 31 газотурбинного двигателя, который управляет газовой турбиной 33 газотурбинного двигателя, либо в электронный

35 регулятор 32 газотурбинного двигателя, который управляет газовой турбиной 34 газотурбинного двигателя. Электронные регуляторы 31 и 32 выполнены также с возможностью управления не участвующими в создании тяги органами 36 и 37 газовых турбин 33 и 34.

Согласно варианту выполнения, показанному на фиг. 3, устройство управления управляет режимами работы вертолета, который содержит два газотурбинных двигателя, при этом каждый газотурбинный двигатель содержит газовую турбину 33, 34, управляемую электронным регулятором 31, 32 (более известным под английским названием EECU). Каждый регулятор 31, 32 управляет органами 35, 36, не участвующими в создании тяги, газовой турбины и соответствующей газовой турбиной 33, 34.

40 Согласно другому варианту выполнения, показанному на фиг. 4, 5 и 6, устройство 60 управления управляет выбором режимов работы вертолета, содержащего три газотурбинных двигателя 40, 41, 42.

Согласно варианту выполнения, показанному на фиг. 4, устройство 60 управления

находится снаружи газотурбинных двигателей 40, 41, 42 и сообщается при помощи беспроводной связи 63 с каждым устройством 50, 51, 52 регулирования каждого газотурбинного двигателя. Для упрощения на фиг. 4 показана только линия связи 63 между устройством 60 управления и устройством 50 регулирования газотурбинного двигателя 40. При этом устройство 60 управления сообщается с каждым устройством регулирования для управления сменой режима работы соответствующего газотурбинного двигателя, если этого требуют данные.

Согласно варианту выполнения, показанному на фиг. 5, устройство 60 управления распределено в вычислительных устройствах двигателей и в электронных средствах управления вертолета.

Согласно варианту выполнения, показанному на фиг. 6, устройство 60 управления находится в специальном корпусе.

Изобретение не ограничивается описанными вариантами выполнения. В частности, для размещения устройства управления можно предусмотреть другие типы архитектур. Кроме того, заявленные способ и устройство управления могут служить для управления вертолетом, содержащим другое количество газотурбинных двигателей и/или имеющим другое число режимов работы.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ автоматического управления режимом работы газотурбинного двигателя вертолета, который не находится в критической ситуации полета и который содержит по меньшей мере два газотурбинных двигателя, при этом способ содержит:

- этап (10) получения данных (27, 28, 29), характеризующих полет вертолета,

- этап (13) определения режима работы упомянутого газотурбинного двигателя, называемого выбранным режимом и выбираемого из множества заранее определенных режимов работы в зависимости от упомянутых данных, характеризующих полет вертолета,

- этап (14) управления режимом работы упомянутого газотурбинного двигателя в упомянутом выбранном режиме,

причем упомянутое множество заранее определенных режимов работы газотурбинного двигателя, содержащего камеру сгорания и вал двигателя, включает в себя по меньшей мере следующие режимы:

- дежурный режим, называемый обычным режимом малого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 60 до 80% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый обычным режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый сопровождаемым режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый переходным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 5 до 20% номинальной скорости,

- дежурный режим, называемый выключенным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора полностью остановлен,

- режим экстренного выхода из дежурного режима, в котором камера сгорания

включена, и вал газогенератора приводится во вращение до скорости, составляющей от 80 до 105%, в течение времени менее 10 с после команды на выход из дежурного режима,

- режим штатного выхода из дежурного режима, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора приводится во вращение до скорости, составляющей от 80 до 105%, в течение времени от 10 с до 1 мин после команды на выход из дежурного режима,

- номинальный режим работы, в котором камера сгорания включена, и вал генератора вращается со скоростью, составляющей от 80 до 105%.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что включает в себя этап (12) назначения номера группе принятых данных режима работы, известного как назначенный режим, который выбирается из упомянутого множества режимов работы и зависит от значения упомянутого номера.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что для каждого номера группы данных назначенный режим соответствует интервалам значений принятых данных.

4. Способ управления по одному из пп. 2 или 3, отличающийся тем, что на упомянутом этапе (13) определения упомянутого выбранного режима производят выбор режима из всех назначенных режимов, полученных на упомянутом этапе (12) назначения, в заранее определенном порядке приоритетности.

5. Способ управления по п. 4, отличающийся тем, что упомянутый заранее определенный порядок приоритетности является следующим:

- номинальный режим работы,
- режим экстренного выхода из дежурного режима,
- режим штатного выхода из дежурного режима,
- обычный режим малого газа,
- обычный режим сверхмалого газа,
- сопровождаемый режим сверхмалого газа,
- переходный режим,
- выключенный режим.

6. Способ управления по одному из пп. 1-3, отличающийся тем, что данные, характеризующие полет вертолета, включают в себя данные (27) условий полета упомянутого вертолета, и/или данные (28) условий окружающей среды вертолета, и/или данные (29) состояния упомянутого газотурбинного двигателя.

7. Способ управления по одному из пп. 1-3, отличающийся тем, что дополнительно содержит этап (11) выбора газотурбинного двигателя среди упомянутых газотурбинных двигателей упомянутого вертолета, для которого смена режима будет наиболее надлежащей.

8. Устройство автоматического управления режимом работы газотурбинного двигателя вертолета, который не находится в критической ситуации полета и который содержит по меньшей мере два газотурбинных двигателя, при этом упомянутое устройство содержит:

- модуль (20) приема данных, характеризующих полет вертолета,
- модуль (23) определения режима работы упомянутого газотурбинного двигателя, называемого выбранным режимом и выбираемого среди множества заранее определенных режимов работы в зависимости от упомянутых данных, характеризующих полет вертолета,

- модуль (24) управления упомянутым режимом работы упомянутого газотурбинного двигателя в упомянутом выбранном режиме,

причем упомянутое множество заранее определенных режимов работы газотурбинного двигателя, содержащего камеру сгорания и вал двигателя, включает в себя по меньшей мере следующие режимы:

- дежурный режим, называемый обычным режимом малого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 60 до 80% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый обычным режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый сопровождаемым режимом сверхмалого газа, в котором упомянутая камера сгорания включена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 20 до 60% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый переходным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора вращается с механическим сопровождением со скоростью, составляющей от 5 до 20% номинальной скорости,
- дежурный режим, называемый выключенным, в котором упомянутая камера сгорания выключена, и упомянутый вал газогенератора полностью остановлен,
- режим экстренного выхода из дежурного режима, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора приводится во вращение до скорости, составляющей от 80 до 105%, в течение времени менее 10 с после команды на выход из дежурного режима,
- режим штатного выхода из дежурного режима, в котором камера сгорания включена, и вал газогенератора приводится во вращение до скорости, составляющей от 80 до 105%, в течение времени от 10 с до 1 мин после команды на выход из дежурного режима,
- номинальный режим работы, в котором камера сгорания включена, и вал генератора вращается со скоростью, составляющей от 80 до 105%.

9. Устройство управления по п.8, отличающееся тем, что содержит модуль (22) назначения номера группе данных, полученных упомянутым приемным модулем (20), режима работы, выбранного среди множества режимов работы и называемого назначенным режимом, который зависит от значений упомянутой группы данных.

10. Устройство управления по п.9, отличающееся тем, что упомянутый модуль (23) определения выполнен с возможностью выбирать выбранный режим среди совокупности упомянутых назначенных режимов, полученных от упомянутого модуля (22) назначения, в соответствии с заранее определенным порядком приоритетности.

11. Устройство управления по одному из пп.8-10, отличающееся тем, что дополнительно содержит модуль (21) выбора газотурбинного двигателя среди упомянутых газотурбинных двигателей упомянутого вертолета, для которого смена режима будет наиболее надлежащей.

12. Вертолет, содержащий по меньшей мере два газотурбинных двигателя (40, 41, 42), при этом каждый газотурбинный двигатель содержит газовую турбину, управляемую устройством (50, 51, 52) регулирования, отличающийся тем, что содержит устройство (60) управления по одному из пп.8-11.

13. Вертолет по п.12, отличающийся тем, что упомянутое устройство (60) управления установлено внутри упомянутого устройства (50, 51, 52) регулирования каждого газотурбинного двигателя (40, 41, 42).

14. Вертолет по одному из пп.12 или 13, отличающийся тем, что упомянутое

устройство управления (60) сообщается при помощи беспроводной связи (53) с каждым устройством (50, 51, 52) регулирования каждого газотурбинного двигателя (40, 41, 42).

5

10

15

20

25

30

35

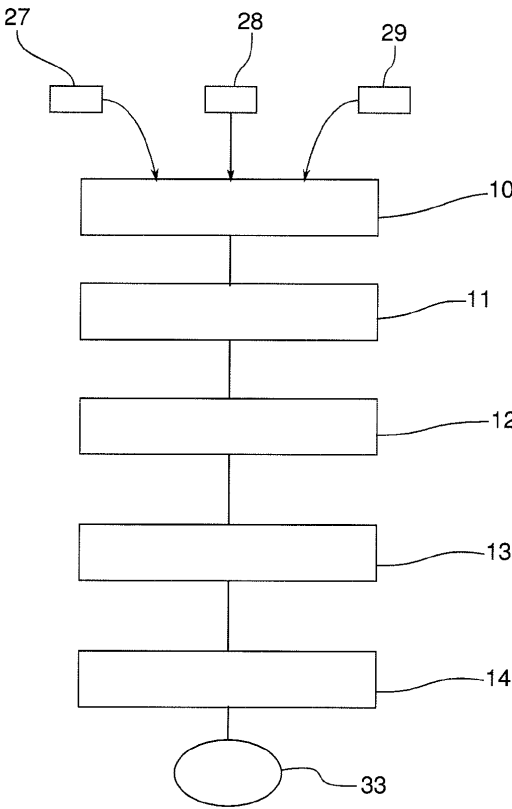
40

45



1

1/2



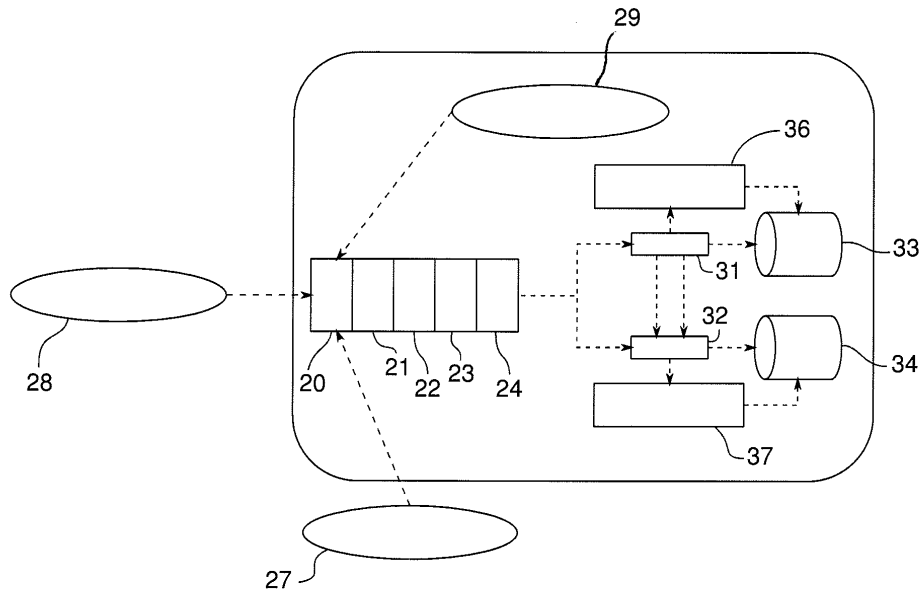
ФИГ. 1

Régime	1	2	3	4	5	6	7	8
A	[<A2]	[A2; A3]	[A3; A4]	[A4; A5]	[A5; A6]	[A6; A7]	[A7; A8]	[>A8]
B	[<B2]	[B2; B3]	[B3; B4]	[B4; B5]	[B5; B6]	[B6; B7]	[B7; B8]	[>B8]
C	[<C2]	[C2; C3]	[C3; C4]	[C4; C5]	[C5; C6]	[C6; C7]	[C7; C8]	[>C8]
D	[<D2]	[D2; D3]	[D3; D4]	[D4; D5]	[D5; D6]	[D6; D7]	[D7; D8]	[>D8]
E	[<E2]	[E2; E3]	[E3; E4]	[E4; E5]	[E5; E6]	[E6; E7]	[E7; E8]	[>E8]
...	...	...	...	...	...	...	...	...

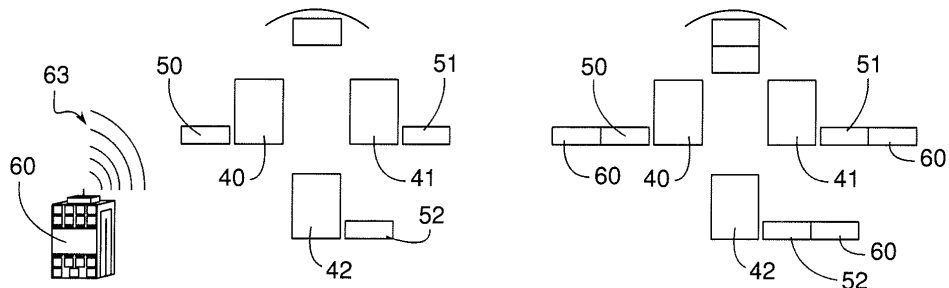
ФИГ. 2

2

2/2

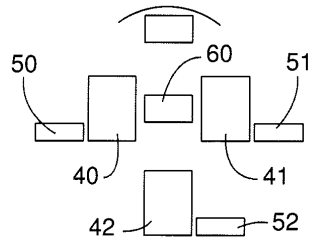


ФИГ. 3



ФИГ. 4

ФИГ. 5



ФИГ. 6