



(51) МПК

H02K 1/18 (2006.01)*H02K 21/14* (2006.01)*H02K 7/09* (2006.01)*H02K 3/42* (2006.01)*H02K 9/08* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011144885/07, 08.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.11.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
09.11.2010 US 12/942,204

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2013 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 20070200438 A1, 30.08.2007. US
3368087 A, 06.02.1968. US 6777841 A1, 02.10.2003.
US 20080218015 A1, 11.09.2008. SU 1185497 A1,
15.10.1985.

Адрес для переписки:

191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

СТИВЕНС Чарльз Майкл (US)

(73) Патентообладатель(и):

Дженерал Электрик Компани (US)

(54) ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЙ УЗЕЛ СТАТОРА И ДВИГАТЕЛЬ (ВАРИАНТЫ)

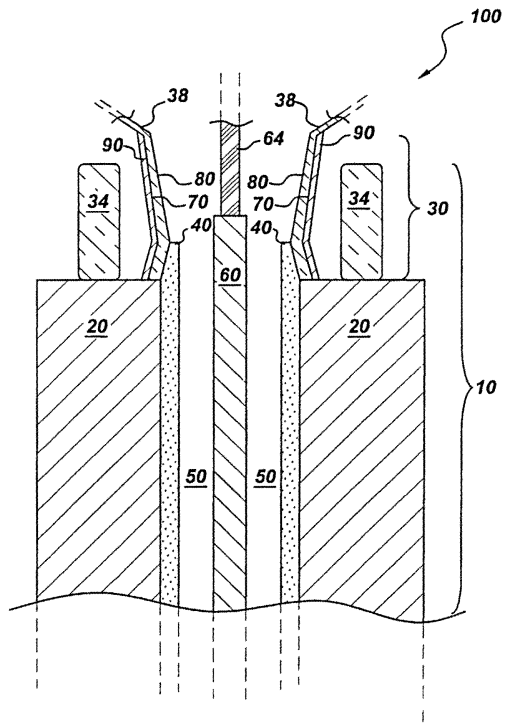
(57) Реферат:

Изобретение относится к герметизированным узлам статора, предназначенным для применения в двигателях с электрическим приводом, таких как двигатель компрессора с электроприводом. Технический результат - снижение потерь на вихревые токи. Герметизированный узел статора включает статор, содержащий сердечник и концевую зону, и керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора. Концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора. При этом в концевой зоне статора расположена ограничительная стенка статора. Керамический

цилиндр и ограничительная стенка статора ограничивают внутреннее пространство, предназначенное для установки ротора, причем указанная стенка статора имеет внутреннюю поверхность, обращенную к зоне расположения лобовых частей обмотки статора, и наружную поверхность, обращенную к внутреннему пространству, ограниченному указанной стенкой статора и указанным керамическим цилиндром. При этом по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой, содержащий проводящий металл, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл. 3 н. и 20 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2 580 948 С2

RU 2 580 948 С2



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02K 1/18 (2006.01)
H02K 21/14 (2006.01)
H02K 7/09 (2006.01)
H02K 3/42 (2006.01)
H02K 9/08 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011144885/07, 08.11.2011

(24) Effective date for property rights:
08.11.2011

Priority:

(30) Convention priority:
09.11.2010 US 12/942,204

(43) Application published: 20.05.2013 Bull. № 14

(45) Date of publication: 10.04.2016 Bull. № 10

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

STEPHENS Charles Michael (US)

(73) Proprietor(s):

General Electric Company (US)

(54) **SEALED STATOR ASSEMBLY AND ENGINE (VERSIONS)**

(57) Abstract:

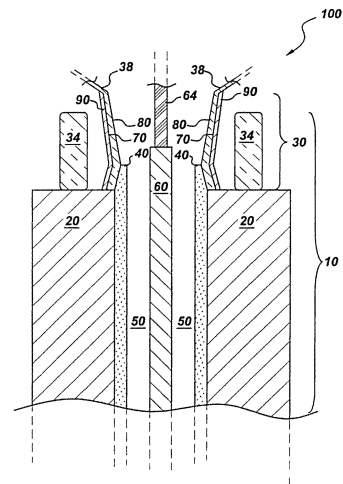
FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: claimed invention relates to sealed stator assembly to be used in electrically-drive engines such as the compressor drive with electric drive. Said sealed stator assembly comprises the stator including the armature and end zone and ceramic barrel to confine the stator armature surface. The stator end zone adjoins the stator armature and comprises the stator winding outhangs. Note here that the stator end zone accommodates the stator limiting wall. The ceramic barrel and the stator limiting wall confine the space meant for housing the rotor. Note here that said stator inner wall has the inner surface facing the area of stator winging overhang location and outer surface facing the inner surface confined by said stator wall and said ceramic barrel. Note also, at least, a part of said inner surface has the protective ply containing the conducting metal while said stator wall contains the rust-proof

metal.

EFFECT: decreased losses for eddy currents.

23 cl, 6 dwg



Фиг.1

RU 2 580 948 C2

RU 2 580 948 C2

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0001] Данное изобретение относится к узлам статора, применяемым в оборудовании с электрическим приводом. Более конкретно, данное изобретение относится к герметизированным узлам статора, предназначенным для применения в двигателях с электрическим приводом, таких как двигатель компрессора с электроприводом.

[0002] В компрессорах, содержащих интегральный электродвигатель (компрессоры с интегральными электродвигателями), охлаждение двигателя, приводимого в действие электроприводом, как правило, обеспечено технологическим газом, протекающим через части двигателя. В тех случаях, когда технологический газ нельзя применять в качестве охлаждающего газа, например, если технологический газ является коррозионным газом, таким как «сернистый» природный газ, двигатель должен быть соответствующим образом изолирован от технологического газа, а для охлаждения двигателя должны использоваться другие средства.

[0003] Для защиты чувствительных элементов двигателя, например статора двигателя, можно использовать коррозионно-стойкие элементы, изготовленные из керамики и/или коррозионно-стойких металлических сплавов, таких как ИНКОНЕЛЬ. Тем не менее, в процессе эксплуатации канал статора двигателя и его концевые зоны подвержены влиянию интенсивного, высокочастотного переменного магнитного поля, которое может вызвать неприемлемо высокие потери на вихревые токи в металлических компонентах сердечника статора и концевой зоне статора. Потери на вихревые токи могут быть особенно высокими в металлических материалах, применяемых для защиты от коррозии. Таким образом, герметизация коррозионно-чувствительных компонентов двигателя может повысить риск отказа двигателя по причине нарушения термического режима, вследствие нагревания металлических компонентов, имеющих повышенный уровень потерь на вихревые токи. Были изучены разные способы снижения потерь на вихревые токи, но для того чтобы создать более эффективные устройства с электроприводом, требуется выполнить дополнительные усовершенствования.

[0004] В настоящем изобретении предложено одно или более решений давно назревших проблем терморегулирования в герметизированных узлах статора.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

[0005] Согласно одному из аспектов, в данном изобретении предложен герметизированный узел статора, содержащий: а) статор, содержащий сердечник и концевую зону; и б) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора; причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена обращенная внутрь стенка статора, причем керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство для установки ротора, при этом указанная стенка статора имеет внутреннюю и наружную поверхность, причем по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из проводящего металла, выбранного из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, а указанная обращенная внутрь стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл.

[0006] Согласно другому аспекту данного изобретения, предложен двигатель, содержащий: а) ротор с магнитным приводом, б) один или более подшипников, выполненных с обеспечением опоры ротора, и с) герметизированный узел статора, содержащий: 1) статор, содержащий сердечник и концевую зону, и 2) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена обращенная внутрь стенка

статора, причем керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство для установки ротора, при этом указанная стенка статора имеет внутреннюю и наружную поверхность, причем по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из проводящего металла, выбранного из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл.

[0007] Согласно еще одному аспекту, в данном изобретении предложен двигатель, содержащий: а) ротор, содержащий по меньшей мере один постоянный магнит, б) магнитные подшипники, выполненные с обеспечением опоры ротора, и с) герметизированный узел статора, содержащий: 1) статор, содержащий сердечник и концевую зону, и 2) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена обращенная внутрь стенка статора, причем керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство для установки ротора, при этом указанная стенка статора имеет внутреннюю и наружную поверхность, причем по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из медесодержащего металла, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий никель-хромовый суперсплав.

[0008] Другие варианты выполнения, аспекты, характерные особенности и преимущества изобретения станут более понятными для специалистов в данной области техники из приведенного ниже подробного описания, сопроводительных чертежей и прилагаемой формулы изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0009] Настоящее изобретение станет более понятным после прочтения приведенного ниже подробного описания со ссылкой на сопроводительные чертежи, на всем протяжении которых подобными номерами позиций обозначены подобные элементы, и на которых:

[0010] Фиг.1 изображает часть герметизированного узла статора, выполненного согласно одному или более вариантам выполнения данного изобретения;

[0011] Фиг.2 изображает часть герметизированного узла статора, выполненного согласно одному или более вариантам выполнения данного изобретения;

[0012] Фиг.3 изображает герметизированный узел статора, выполненный согласно одному или более вариантам выполнения данного изобретения;

[0013] Фиг.4 изображает герметизированный узел статора, выполненный согласно одному или более вариантам выполнения данного изобретения;

[0014] Фиг.5 изображает компонент герметизированного узла статора, выполненного согласно одному или более вариантам выполнения данного изобретения; и

[0015] Фиг.6 изображает часть герметизированного узла статора, выполненного согласно одному или более вариантам выполнения данного изобретения.

[0016] Специалистам понятно, что чертежи не всегда могут быть выполнены в точном соответствии масштабу. Тем не менее, любые указанные отклонения от точных размеров будут, по существу, понятны и не будут ограничивать данное описание изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0017] Как уже отмечено, в одном варианте выполнения изобретения предложен герметизированный узел статора, содержащий: а) статор, содержащий сердечник и концевую зону; и б) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и

содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена, обращенная внутрь, стенка статора, причем керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство для установки ротора, при этом указанная стенка статора имеет внутреннюю поверхность и наружную

5 поверхность, причем по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из проводящего металла, выбранного из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл.

[0018] Герметизированный узел статора, выполненный согласно данному изобретению, целесообразно применять в разнообразном оборудовании, приводимом

10 в движение электроприводом, например, компрессорах, применяемых для сжатия коррозионных газов и/или смесей газов, таких как сернистый природный газ.

[0019] Статор, применяемый в различных вариантах выполнения данного изобретения, может представлять собой любой из известных статоров. В одном варианте выполнения статор содержит пластинчатый цилиндрический сердечник и концевую

15 зону, ограниченную сердечником статора и лобовыми частями обмотки статора. Такие пластинчатые статоры поставяет компания GE Energy, Питерборо, Онтарио. Обычный статор содержит канал, который представляет собой цилиндрический проход, расположенный по центру сердечника статора. Для защиты чувствительных к коррозии компонентов сердечника статора от коррозионного охлаждающего газа, проходящего

20 по каналу статора, канал статора может иметь внутреннюю защитную облицовку, например керамический цилиндр, который может служить в качестве внутренней поверхности сердечника статора. Внутренняя поверхность сердечника статора является той частью сердечника статора, которая прилегает непосредственно к каналу статора. В устройствах с электроприводом, в которых магниточувствительный ротор расположен

25 внутри канала статора, внутренняя поверхность сердечника статора вместе с самим ротором ограничивает зазор между ротором и сердечником статора. Керамические цилиндры поставляют разные фирмы-поставщики, например, Morgan Advanced Ceramics и Coors Tek Inc. В одном варианте выполнения керамический цилиндр представляет собой цилиндрическую трубу, содержащую оксид алюминия и имеющую равномерную

30 толщину стенки примерно 0,4 дюйма (6,3 мм). Другие керамические материалы, которые могут использоваться для изготовления керамического цилиндра, представляют собой стекло и смеси, содержащие оксид алюминия и диоксид кремния.

[0020] Керамический цилиндр выполняет несколько функций. Как уже отмечено, он защищает сердечник статора от коррозионных технологических газов, которые могут

35 использоваться для охлаждения двигателя, содержащего герметизированный узел статора. Кроме того, керамический цилиндр, по существу, проницаем для магнитного поля и не подвержен образованию вихревых токов внутри керамического материала цилиндра под влиянием интенсивных, высокочастотных переменных магнитных полей, которые характерны для статоров, применяемых в двигателях с магнитоприводом.

[0021] Керамический цилиндр может быть установлен в канале статора с плотной посадкой. Как правило, керамический цилиндр выходит за границы сердечника статора в концевые зоны статора, где соединяется с одной или более стенками кожуха статора, окружающими концевую зону статора, которая примыкает к сердечнику статора. Соединение керамического цилиндра с одной или более стенками кожуха статора,

45 окружающими концевую зону статора, представляет технические трудности, связанные с сильным отличием свойств стенок кожуха статора, которые обычно выполнены из коррозионно-стойкого металла, и керамического материала, из которого изготовлен керамический цилиндр.

[0022] Кроме того, существуют значительные конструктивные ограничения для керамического цилиндра, которые ограничивают его форму более или менее простыми цилиндрическими формами. Керамический цилиндр должен быть прикреплен к остальной части герметизированного узла статора при помощи металлических крепежных компонентов, которые в разных вариантах выполнения тоже должны быть устойчивыми к воздействию коррозионных технологических газов. В одном варианте выполнения керамический цилиндр соединен со стенкой кожуха статора, которая окружает концевую зону статора с помощью фланцевого соединения керамики с металлом. В альтернативном варианте выполнения керамический цилиндр соединен со стенкой кожуха статора, которая окружает концевую зону статора с помощью сильфонного соединения керамики с металлом. В еще одном варианте выполнения керамический цилиндр соединен со стенкой кожуха статора, которая окружает концевую зону статора с помощью соединения керамики с металлом, имеющего кольцевое уплотнение. Специалистам известны другие разнообразные средства соединения керамического цилиндра с кожухом статора. Практикам будет понятно, что в тех вариантах выполнения данного изобретения, в которых герметизированный узел статора является частью устройства, частично охлаждаемого потоком коррозионного технологического газа, соединение между кожухом статора и керамическим цилиндром должно являться, по существу, герметичным уплотнением, которое предотвращает доступ технологических газов к концевым зонам и сердечнику статора.

[0023] В одном варианте выполнения стенка кожуха статора, к которой присоединен керамический цилиндр, представляет собой обращенную внутрь стенку статора, содержащую коррозионно-стойкий металл. Для лучшего понимания разницы между обращенной внутрь стенкой статора и стенкой статора, которая не обращена внутрь, целесообразно рассмотреть герметизированный узел статора, содержащий кожух статора, состоящий из главной цилиндрической стенки кожуха статора, окружающей сердечник статора и его концевые зоны, и коническую торцевую крышку (также иногда в данном документе называемую конической деталью кожуха статора), выполненную с отверстием, размер которого обеспечивает размещение в нем торцов керамического цилиндра, выходящего за пределы сердечника статора, и соединение с указанными торцами (см., например, фиг.5). Пара конических торцевых крышек может быть соединена с концами главной цилиндрической стенки кожуха статора для окружения концевой зоны статора и сердечника статора. В только что представленном варианте выполнения коническая деталь кожуха статора представляет собой обращенную внутрь стенку статора, а главная цилиндрическая стенка кожуха статора не является обращенной внутрь стенкой статора, как сформулировано в данном документе.

[0024] Керамический цилиндр и обращенная внутрь стенка статора ограничивают внутреннее пространство герметизированного узла статора, предназначенное для установки в нем ротора, который может представлять собой магниточувствительный ротор. Кроме того, в одном варианте выполнения внутреннее пространство, ограниченное обращенной внутрь стенкой статора и керамическим цилиндром, также может быть предназначено для установки в нем одного или более магнитных подшипников.

[0025] Внутренняя поверхность обращенной внутрь стенки статора обращена к внутренней поверхности концевой зоны статора, а противоположная ей наружная поверхность обращена к внутреннему пространству, ограниченному указанной стенкой статора и керамическим цилиндром. В разных вариантах выполнения данного изобретения внутренняя поверхность обращенной внутрь стенки статора имеет

защитный слой из проводящего металла, выбранного из группы, в состав которой входит медь, серебро и алюминий. Таким образом, в одном варианте выполнения, на внутренней поверхности указанной стенки расположен по меньшей мере один слой металла, являющегося либо медью, либо серебром, либо алюминием, который покрывает по меньшей мере часть внутренней поверхности указанной стенки статора.

[0026] В одном варианте выполнения защитный слой, расположенный на внутренней поверхности обращенной внутрь стенки статора, содержит медесодержащий металл, а сама указанная стенка содержит нержавеющую сталь. В альтернативном варианте выполнения защитный слой, расположенный на внутренней поверхности обращенной внутрь стенки статора, состоит, по существу, из медесодержащего металла, а сама указанная стенка статора выполнена, по существу, из нержавеющей стали. В еще одном варианте выполнения защитный слой, расположенный на внутренней поверхности обращенной внутрь стенки статора, содержит медесодержащий металл, а сама указанная стенка статора содержит по меньшей мере один суперсплав. В альтернативном варианте выполнения защитный слой, расположенный на внутренней поверхности обращенной внутрь стенки статора, состоит, по существу, из медесодержащего металла, а сама указанная стенка статора состоит, по существу, из суперсплава. Материалы, подходящие для использования в обращенной внутрь стенке статора включают марки коррозионно-стойкой немагнитной стали, например ИНКОНЕЛЬ.

[0027] Задачей защитного слоя является уменьшение магнитных потерь, обусловленных вихревыми токами, возникающими в обращенной внутрь стенке статора, под воздействием интенсивного, высокочастотного переменного магнитного поля, создаваемого статором. Несмотря на то, что интенсивность магнитного поля в концевых зонах статора меньше интенсивности магнитного поля в сердечнике статора и внутреннем пространстве, ограниченном керамическим цилиндром, значительные магнитные потери, обусловленные вихревыми токами, могут возникать в обращенной внутрь стенке статора. Как уже отмечено, в силу своей химической структуры, керамический цилиндр не подвержен образованию вихревых токов и не имеет магнитных потерь, вызываемых указанными токами в металлических структурах. Установлено, что путем нанесения металла, обладающего высокой проводимостью, такого как медь, серебро или алюминий, на внутреннюю поверхность обращенной внутрь стенки статора, можно уменьшить общие потери на вихревые токи в герметизированных узлах статора, выполненных согласно данному изобретению. Хотя магнитное поле, создаваемое статором, приводит к образованию вихревых токов в защитном слое, высокая проводимость защитного слоя по сравнению с обращенной внутрь стенкой статора (например, стенкой, выполненной из материала ИНКОНЕЛЬ), уменьшает тепловое влияние указанных вихревых токов. К тому же полагают, что протекание вихревых токов в защитном слое приводит к образованию вторичного магнитного поля, которое подавляет магнитное поле, наведенное лобовыми частями обмоток статора в элементах крепления, соединяющих обращенную внутрь стенку статора и керамический цилиндр.

[0028] Как будет понятно специалистам в данной области техники, размеры защитного слоя и обращенной внутрь стенки статора могут влиять как на общие характеристики герметизированного узла статора, так и на эффективность защитного слоя при предотвращении магнитных потерь, обусловленных вихревыми токами в указанной стенке статора. В одном варианте выполнения толщина защитного слоя составляет примерно от 0,05 до 0,5 дюйма (от 1,3 до 12,7 мм). В альтернативном варианте выполнения толщина защитного слоя составляет примерно от 0,1 до 0,25 дюйма (от 2,5 до 6,4 мм). В еще одном варианте выполнения толщина защитного слоя составляет

примерно от 0,1 до 0,2 дюйма (от 2,5 до 5 мм).

[0029] Как отмечено выше, размеры обращенной внутрь стенки статора будут зависеть от различных конструктивных решений. В одном варианте выполнения обращенная внутрь стенка статора имеет сравнительно равномерную толщину. В альтернативном варианте выполнения указанная стенка статора имеет неравномерную толщину. В одном варианте выполнения толщина обращенной внутрь стенки статора составляет примерно от 0,1 до 1 дюйма (от 2,5 до 25,4 мм). В альтернативном варианте выполнения толщина обращенной внутрь стенки статора составляет примерно от 0,2 до 0,5 дюйма (от 5 до 12,7 мм).

[0030] Как было указано, в одном варианте выполнения данного изобретения предложен двигатель, содержащий: а) ротор, выполненный с возможностью магнитного привода (иногда называемый в данном документе магниточувствительным ротором), б) один или более подшипников, выполненных с обеспечением опоры ротора, и с) герметизированный узел статора, содержащий: 1) статор, содержащий сердечник и концевую зону,- и 2) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена обращенная внутрь стенка статора, причем керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство для установки ротора, при этом указанная стенка статора имеет внутреннюю поверхность и наружную поверхность, и по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из проводящего металла, выбранного из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл.

[0031] В одном варианте выполнения двигатель, предложенный в данном изобретении, содержит по меньшей мере один магнитный подшипник, расположенный во внутреннем пространстве, ограниченном указанным керамическим цилиндром и обращенной внутрь стенкой статора. Как правило, подшипники, применяемые для опоры ротора, будь то магнитные или немагнитные подшипники, располагают в той части внутреннего пространства, которая прилегает к концевой зоне статора, а не внутри канала статора.

[0032] В одном варианте выполнения двигатель согласно данному изобретению содержит магниточувствительный ротор, содержащий по меньшей мере один постоянный магнит. В альтернативном варианте выполнения двигатель, предложенный в данном изобретении, содержит магниточувствительный ротор, содержащий по меньшей мере один электромагнит. Специалистам известны принятые в данной области техники способы создания магниточувствительных роторов, содержащих элементы с постоянным магнитом и/или электромагнитные элементы, и указанные магниточувствительные роторы имеются на рынке продаж.

[0033] В одном варианте выполнения двигатель согласно данному изобретению выполнен с обеспечением воздушного зазора, ограниченного ротором и внутренней поверхностью керамического цилиндра, указанный зазор выполнен с возможностью приема и передачи охлаждающей текучей среды. В одном варианте выполнения охлаждающая текучая среда представляет собой охлаждающий газ, который протекает в осевом направлении через цилиндр и через воздушный зазор между ротором и керамическим цилиндром. Двигатель может быть выполнен с возможностью использования не технологического, а другого охлаждающего газа, или технологического газа, для отведения тепла от двигателя в процессе эксплуатации. К соответствующим охлаждающим газам относятся двуокись углерода и гексафторид серы, которые можно охлаждать снаружи и при необходимости рециркулировать через

двигатель. К соответствующим технологическим газам относится метан и смеси, содержащие метан сульфид водорода и воду (высокосернистый газ).

[0034] Согласно другому варианту выполнения, в данном изобретении предложен двигатель, содержащий: а) ротор, содержащий по меньшей мере один постоянный магнит, б) магнитные подшипники, выполненные с возможностью опоры ротора, и с) герметизированный узел статора, содержащий: 1) статор, содержащий сердечник и концевую зону, и 2) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора распложена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена обращенная внутрь стенка статора, причем керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство для установки ротора, и указанная стенка имеет внутреннюю поверхность и наружную поверхность, причем по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из медесодержащего металла, а указанная обращенная внутрь стенка статора содержит коррозионно-стойкий суперсплав на основе никель-хрома.

[0035] В одном варианте выполнения по меньшей мере один из магнитных подшипников расположен во внутреннем пространстве, ограниченном указанной стенкой статора и керамическим цилиндром. В таких случаях иногда было бы преимущественным расположить магнитный подшипник в той части внутреннего пространства, которая прилегает к концевой зоне статора с экранированием с помощью защитного слоя от магнитного поля, наведенного лобовыми частями обмотки статора. Такая конфигурация изображена на фиг.2.

[0036] Как отмечено выше, коррозионно-устойчивые элементы герметизированного узла статора, выполненного согласно изобретению, как правило, изготовлены либо из керамики (керамический цилиндр), либо из коррозионно-устойчивой немагнитной стали, например марки ИНКОНЕЛЬ. К соответствующим материалам, применяемым при изготовлении обращенной внутрь стенки статора и главной стенки кожуха статора, которая окружает сердечник и концевые зоны статора, относятся нержавеющие стали и никель-хромовые суперсплавы марки ИНКОНЕЛЬ (например, ИНКОНЕЛЬ 600, ИНКОНЕЛЬ 617, ИНКОНЕЛЬ 625, ИНКОНЕЛЬ 718). Кроме того, для указанного применения могут подходить некоторые суперсплавы на основе кобальта, к которым относятся стальные суперсплавы, поставляемые Haynes International Corp., известные под торговым названием ULTIMET и HAYNES 6B. Сплавы ULTIMET и HAYNES 6B содержат, главным образом, кобальт, хром и никель. Кроме того, данные материалы могут быть применены в составе других элементов устройств, содержащих герметизированные узлы статора, выполненные согласно изобретению, таких как валы ротора, магнитные подшипники и элементы, соединяющие опорные подшипники и вал ротора.

[0037] Обратимся к фиг.1, где изображен в разрезе герметизированный узел статора, выполненный согласно изобретению. Герметизированный узел статора содержит статор 10, содержащий сердечник 20 и концевую зону 30. Концевая зона 30 статора расположена смежно с сердечником 20 статора и содержит лобовые части 34 обмотки статора. По меньшей мере часть концевой зоны статора окружена обращенной внутрь стенкой 38.

[0038] Герметизированный узел статора, изображенный на фиг.1, содержит керамический цилиндр 40, который ограничивает поверхность сердечника статора. Керамический цилиндр 40 и обращенная внутрь стенка 38 статора ограничивают внутреннее пространство 50 для установки в нем ротора 60. Ротор 60 может быть

укреплен на валу 64, который в свою очередь может опираться на один или более подшипников. Как отмечено в данном документе, керамический цилиндр может выходить за границы сердечника 20 статора и соединяться со стенкой 38 для герметичного уплотнения концевой зоны статора и, тем самым, предотвращения
5 контакта газов, находящихся во внутреннем пространстве 50, с лобовыми частями обмотки статора и открытыми частями сердечника статора, прилегающими к концевой зоне статора.

[0039] Стенка 38 статора имеет внутреннюю поверхность 70 и наружную поверхность 80. Внутренняя поверхность 70 может образовывать, но не обязательно, по меньшей
10 мере часть внутренней поверхности закрытой концевой зоны статора, в которой расположены лобовые части обмотки якоря статора. Наружная поверхность 80 ограничивает внутреннее пространство 50, примыкающее к концевой зоне 30 статора.

[0040] На внутренней поверхности 70 стенки 38 расположен защитный слой 90, который может покрывать всю или часть указанной поверхности указанной стенки. В
15 варианте выполнения, изображенном на фиг.1, защитный слой 90 закрывает только часть внутренней поверхности 70. Как было отмечено, защитный слой содержит проводящий металл, выбранный из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, и служит для уменьшения потерь, вызванных вихревыми токами, и тепла, образованного из-за потерь на вихревые токи в стенке 38.

[0041] Обратимся к фиг.2, где изображен герметизированный узел 200 статора, выполненный согласно изобретению и содержащий магнитный подшипник,
20 расположенный в той части внутреннего пространства 50, которая прилегает к концевой зоне 30 статора. Защитный слой 90 предназначен для экранирования различных элементов магнитного подшипника, а именно, части 210 статора и магнитного
25 дополнения 220 части статора, от магнитного поля, создаваемого статором. Таким образом, защитный слой 90 может обеспечивать преимущества, касающиеся работы магнитного подшипника, а также преимущества, связанные с уменьшением магнитных потерь в обращенной внутрь стенке статора и, следовательно, с нагреванием двигателя.

[0042] В герметизированном узле 200 статора стрелкой 230 отмечен охлаждающий
30 газ, который может быть применен для отведения тепла от устройства в процессе протекания указанного газа по воздушному промежутку между внутренней поверхностью керамического цилиндра и ротором.

[0043] Обратимся к фиг.3, где в разрезе представлен герметизированный узел 300 статора согласно изобретению, в разобранном виде. Герметизированный узел 300
35 статора содержит статор 10, имеющий сердечник 20, образующий канал статора, в котором устанавливается керамический цилиндр 40. К сердечнику 20 статора примыкает концевая зона 30 статора. В концевой зоне 30 статора расположены лобовые части 34 обмотки статора. Герметичное уплотнение всего статора обеспечивает стенка 305 кожуха и конические детали 310 кожуха статора.

[0044] В варианте выполнения, изображенном на фиг.3, верхняя коническая деталь
40 310 кожуха статора уплотняет верхнюю концевую зону 30 статора, тогда как нижняя коническая деталь 310 кожуха статора уплотняет нижнюю концевую зону 30 статора. Конические детали кожуха статора могут быть соединены со стенкой 305 кожуха статора с помощью крепежных средств, вставляемых в гнезда 320 крепежа. В одном
45 варианте выполнения используются крепежные средства, представляющие собой резьбовые болты, вставляемые в резьбовые гнезда крепежа.

[0045] В одном варианте выполнения конические детали 310 кожуха статора выполнены с обеспечением плотной посадки по наружной поверхности керамического

цилиндра 40, выходящей за пределы области, ограниченной сердечником 20 статора. В альтернативном варианте выполнения конические детали кожуха статора выполнены с возможностью посадки в часть керамического цилиндра, выходящую за пределы зоны, образованной сердечником статора.

5 [0046] В варианте выполнения, изображенном на фиг.3, конические детали кожуха статора имеют защитный слой 90, который уменьшает образование вихревых токов и
возникающий в результате этого нагрев стенки 38. Специалистам понятно, что указанная
стенка 38 статора представляет собой неотъемлемую часть конической детали 310
10 кожуха статора. Соответствующие конические детали 310 кожуха статора, на внутренней
поверхности которых расположен защитный слой 90 из проводящего металла, могут
быть выполнены разными способами. Так, например, защитный слой может быть
осажден способами нанесения гальванического покрытия, нанесения покрытия
напылением при высокой температуре, нанесения металлического покрытия холодным
15 распылением и с использованием других технологий, известных специалистам в данной
области техники. В одном варианте выполнения кольцо соответствующего размера,
выполненное из проводящего металла, способом горячепрессованной посадки
установлено на часть конической детали кожуха статора, образуя коническую деталь
кожуха статора с защитным слоем 90, соприкасающимся с внутренней поверхностью
20 обращенной внутрь стенки статора. Кроме того, указанные способы могут быть
применены для нанесения защитного слоя на обращенные внутрь стенки статора,
конфигурация которых отличается от конических деталей кожуха статора.

[0047] Обратимся к фиг.4, где представлен герметизированный узел 400 статора
согласно данному изобретению, изображенный в частично разобранном виде в
аксонометрии. Герметизированный узел 400 статора содержит статор 10, содержащий
25 сердечник 20 и прилегающую к нему концевую зону 30. Статор 10 герметизирован
внутри кожуха, образованного соединением стенки 305 кожуха статора (в данном
варианте выполнения это цилиндр, внутри которого расположен статор 10) с верхней
и нижней коническими деталями 310 кожуха статора с помощью крепежных средств
(не показаны), вставляемых в гнезда 320 крепежа. Конические детали 310 кожуха статора
30 выполнены с возможностью соединения с керамическим цилиндром 40 и занимают
часть полости 434, образованной лобовыми частями обмотки якоря статора. Как уже
отмечено, конические детали кожуха статора могут быть соединены с керамическим
цилиндром с помощью различных соединительных устройств, например, соединения
керамики с металлом с кольцевым уплотнением, фланцевого соединения керамики с
35 металлом или сифонного соединения керамики с металлом.

[0048] Обратимся к фиг.5, где изображен вид 500 в аксонометрии конической детали
310 кожуха статора согласно одному варианту выполнения данного изобретения.
Коническая деталь 310 кожуха статора выполнена с возможностью соединения с
цилиндрической стенкой 305 кожуха статора (см. фиг.4) с помощью крепежных средств
40 (не показаны), вставляемых в гнезда 320 для крепежа. Коническая деталь 310 кожуха
статора содержит обращенную внутрь стенку 38 статора, имеющую внутреннюю
поверхность 70 и наружную поверхность 80. Защитный слой 90 расположен на части
внутренней поверхности 70 указанной стенки 38 статора и выполнен с обеспечением
экранирования части указанной стенки от магнитного поля, наведенного лобовыми
45 частями 34 обмотки якоря статора (см. фиг.4). В варианте выполнения, изображенном
на фиг.5, защитный слой 90 представляет собой коническую медную полосу,
расположенную на внутренней поверхности 70. Коническая деталь кожуха статора
выполнена с возможностью соединения с концевой частью керамического цилиндра,

при этом внутренняя поверхность указанной детали соединена с наружной поверхностью керамического цилиндра.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

[0049] Для того чтобы проанализировать эффект от использования проводящего защитного слоя, покрывающего по меньшей мере часть внутренней поверхности обращенной внутрь стенки статора в концевой зоне статора, была разработана система моделирования и проведены вычисления с использованием специальной программы для аксипериодического моделирования электромагнитного поля, выполняемого для оценки магнитных потерь вблизи концевой зоны статора. Рассматриваемая система 600 моделирования (фиг.6), содержала часть герметизированного узла статора, содержащую концевую зону статора, в которой расположены лобовые части 34 обмотки статора, отделенные от внутреннего пространства 50 стенкой 38 статора и защитным слоем 90. Предполагается, что в системе моделирования указанная стенка 38 статора содержит материал ИНКОНЕЛЬ, а защитный слой выполнен из медесодержащего металла. В целях анализа стенка 38 статора была разделена на 6 секций, а именно, секцию, в которой расположено уплотнение, с указанными размерами, соединяющую обращенную внутрь стенку статора с керамическим цилиндром 40, а также секции, обозначенные как Cone_Inc_3 - Cone_Inc_7 (см. фиг.6). Внутренняя поверхность обращенной внутрь стенки статора была облицована медесодержащим металлом, имеющим равномерную толщину примерно 0,11 дюйма (2,8 мм), и была концептуально разделена на 6 секций, изображенных на фиг.6 (Cone_Cu_1 - Cone_Cu_6). Кроме того, система моделирования содержала два дополнительных признака, которые представлены в некоторых вариантах выполнения данного изобретения, а именно, держатель подшипника и корпус подшипника, выполненные с возможностью использования в магнитном подшипнике (не показан).

[0050] Вычисления были выполнены с использованием программы для аксипериодического анализа электромагнитного поля методом конечных элементов (МКЭ) и по результатам работы модели при скорости ротора 17000 об/мин и заданной выходной мощности, составляющей 5 МВт.

Узкая радиальная канавка под уплотнение

Название	Объем, дюйм ³ (см ³)	Потери, Вт	Плотность потерь, Вт/дюйм ³ (Вт/см ³)
Зона уплотнения	25,54(418,5)	441,6	17,29(1,06)
Cone_Inc_3	10,8(177,0)	6,6	0,61 (0,04)
Cone_Inc_4	11,36(186,2)	2,4	0,21 (0,01)
Cone_Inc_5	11,93(195,5)	2,5	0,21 (0,01)
Cone_Inc_6	12,49 (204,7)	7,8	0,62 (0,04)
Cone_Inc_7	13,05(213,9)	67,6	5,18(0,32)
Cone_Cu_1	3,31 (54,2)	858,3	259,31 (15,8)
Cone_Cu_2	3,486(57,1)	65,4	18,76(1,1)
Cone_Cu_3	3,662 (60,0)	59	16,11(1,0)
Cone_Cu_4	3,838 (62,9)	61,2	15,95(1,0)
Cone_Cu_5	4,0414 (66,2)	63,7	15,87(1,0)
Cone_Cu_6	4,19(68,7)	203,8	48,64 (3,0)
Держатель подшипника	1587(26006)	96,9	0,06 (0,004)
Корпус подшипника	17,38(284,8)	26,1	1,5(0,1)
ВСЕГО:		1963	

Были записаны магнитные потери и плотность потерь для каждой секции обращенной внутрь стенки статора, держателя подшипника и корпуса подшипника. Результаты для

системы, содержащей медный защитный слой, приведены в таблице, озаглавленной «Узкая радиальная канавка под уплотнение». Понятие «узкая радиальная канавка под уплотнение» относится к одной из нескольких оцениваемых систем моделирования, при этом все из них дают похожие результаты, касающиеся уменьшения магнитных потерь и плотности потерь.

[0051] Также была смоделирована другая аналогичная система, в которой отсутствовал защитный слой. Результаты для системы, в которой не применялся медный защитный слой, приведены в таблице, озаглавленной «Узкая радиальная канавка под уплотнение, не имеющая медного армирования»

Узкая радиальная канавка под уплотнение, не имеющая медного армирования

Название	Объем, Дюйм ³ (см ³)	Потери, Вт	Плотность потерь, Вт/дюйм ³ (Вт/см ³)
Зона уплотнения	25,54(418,5)	2225	87,12 (5,32)
Cone_Inc_3	10,8(177,0)	388	35,93 (2,2)
Cone_Inc_4	11,36(186,2)	395,2	34,79 (2,1)
Cone_Inc_5	11,93(195,5)	450,8	37,79 (2,3)
Cone_Inc_6	12,49 (204,7)	472,5	37,83 (2,3)
Cone_Inc_7	13,05(213,9)	471	36,09 (2,2)
Cone_Cu_1	3,31 (54,2)		0
Cone_Cu_2	3,486(57,1)		0
Cone_Cu_3	3,662 (60,0)		0
Cone_Cu_4	3,838 (62,9)		0
Cone_Cu_5	4,0414 (66,2)		0
Cone_Cu_6	4,19(68,7)		0
Держатель подшипника	1587(26006)	262,3	0,17(0,01)
Корпус подшипника	17,38 (284,8)	123	7,08 (0,4)
ВСЕГО:		4788	

[0052] Данные указывают на гораздо более низкие общие потери в системе, армированной медью. Уменьшение потерь особенно выражено в разных секциях обращенной внутрь стенки статора, но значительное защитное действие также распространяется на держатель и корпус подшипника.

[0053] Данное изобретение раскрыто на примерах, включающих наиболее предпочтительный вариант выполнения, а также позволяющих любому специалисту в данной области техники реализовать изобретение на практике, включая создание и применение любых устройств или систем и использование любых предусмотренных способов. Патентоспособный объем изобретения определен формулой изобретения и может включать другие варианты, полученные специалистами в данной области техники. Данные другие варианты не выходят за рамки объема формулы изобретения, если они содержат конструктивные элементы, которые не отличаются от точной формулировки формулы изобретения, или если в их состав входят эквивалентные конструктивные элементы, имеющие несущественные отличия от точных формулировок формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Герметизированный узел статора, содержащий:

а) статор, содержащий сердечник и концевую зону, и

б) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена ограничительная стенка статора,

при этом керамический цилиндр и ограничительная стенка статора ограничивают

внутреннее пространство, предназначенное для установки ротора, причем указанная стенка статора имеет внутреннюю поверхность, обращенную к зоне расположения лобовых частей обмотки статора, и наружную поверхность, обращенную к внутреннему пространству, ограниченному указанной стенкой статора и указанным керамическим цилиндром, при этом по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой, содержащий проводящий металл, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл.

2. Герметизированный узел статора по п. 1, в котором керамический цилиндр соединен с ограничительной стенкой статора с помощью соединения керамики с металлом с кольцевым уплотнением.

3. Герметизированный узел статора по п. 1, в котором керамический цилиндр соединен с указанной стенкой статора с помощью фланцевого соединения керамики с металлом.

4. Герметизированный узел статора по п. 1, в котором указанный защитный слой содержит проводящий металл, выбранный из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, а указанная ограничительная стенка статора содержит нержавеющую сталь.

5. Герметизированный узел статора по п. 1, в котором указанный защитный слой состоит, по существу, из меди, а указанная ограничительная стенка статора состоит, по существу, из нержавеющей стали.

6. Герметизированный узел статора по п. 1, в котором толщина защитного слоя составляет примерно от 0,05 до 0,5 дюйма (от 1,3 до 12,7 мм).

7. Герметизированный узел статора по п. 1, в котором толщина указанной ограничительной стенки статора составляет примерно от 0,1 до 1 дюйма (от 2,5 до 25,4 мм).

8. Двигатель, содержащий:

- а) ротор, выполненный приводимым в движение магнитным полем,
- б) один или более подшипников, выполненных с обеспечением опоры ротора, и
- с) герметизированный узел статора, содержащий:

- i) статор, содержащий сердечник и концевую зону, и

- ii) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора,

причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена ограничительная стенка статора,

при этом керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство, предназначенное для установки ротора, причем указанная стенка статора имеет внутреннюю поверхность, обращенную к зоне расположения лобовых частей обмотки статора, и наружную поверхность, обращенную к внутреннему пространству, ограниченному указанной стенкой статора и указанным керамическим цилиндром, при этом по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой, содержащий проводящий металл, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий металл.

9. Двигатель по п. 8, в котором керамический цилиндр соединен с ограничительной стенкой статора с помощью соединения керамики с металлом с кольцевым уплотнением.

10. Двигатель по п. 8, в котором керамический цилиндр соединен с ограничительной стенкой статора с помощью фланцевого соединения керамики с металлом.

11. Двигатель по п. 8, в котором указанный защитный слой содержит проводящий металл, выбранный из группы, состоящей из меди, серебра и алюминия, а указанная стенка статора содержит нержавеющую сталь.

12. Двигатель по п. 8, в котором указанный защитный слой состоит, по существу, из

меди, а указанная стенка статора состоит, по существу, из нержавеющей стали.

13. Двигатель по п. 8, содержащий по меньшей мере один магнитный подшипник.

14. Двигатель по п. 8, в котором ротор содержит по меньшей мере один постоянный магнит.

5 15. Двигатель по п. 8, в котором ротор содержит по меньшей мере один электромагнит.

16. Двигатель по п. 8, в котором указанная стенка статора содержит по меньшей мере один суперсплав.

10 17. Двигатель по п. 8, в котором ротор и внутренняя поверхность керамического цилиндра ограничивают воздушный зазор, выполненный с обеспечением приема и передачи охлаждающей текучей среды.

18. Двигатель по п. 17, в котором охлаждающая текучая среда представляет собой охлаждающий газ.

15 19. Двигатель по п. 18, в котором охлаждающий газ представляет собой технологический газ.

20. Двигатель, содержащий:

- а) ротор, содержащий по меньшей мере один постоянный магнит,
- б) магнитные подшипники, выполненные с обеспечением опоры ротора, и
- с) герметизированный узел статора, содержащий:

20 i) статор, содержащий сердечник и концевую зону, и

ii) керамический цилиндр, ограничивающий поверхность сердечника статора, причем концевая зона статора расположена смежно с сердечником статора и содержит лобовые части обмотки статора, при этом в концевой зоне статора расположена ограничительная стенка статора,

25 при этом керамический цилиндр и указанная стенка статора ограничивают внутреннее пространство, предназначенное для установки ротора, причем указанная стенка статора имеет внутреннюю поверхность, обращенную к зоне расположения лобовых частей обмотки статора, и наружную поверхность, обращенную к внутреннему пространству, ограниченному указанной стенкой статора и указанным керамическим
30 цилиндром, при этом по меньшей мере часть указанной внутренней поверхности имеет защитный слой из медесодержащего металла, а указанная стенка статора содержит коррозионно-стойкий никель-хромовый суперсплав.

21. Двигатель по п. 20, в котором керамический цилиндр содержит оксид алюминия.

35 22. Двигатель по п. 21, в котором толщина защитного слоя составляет примерно от 0,05 до 0,5 дюйма (от 1,3 до 12,7 мм).

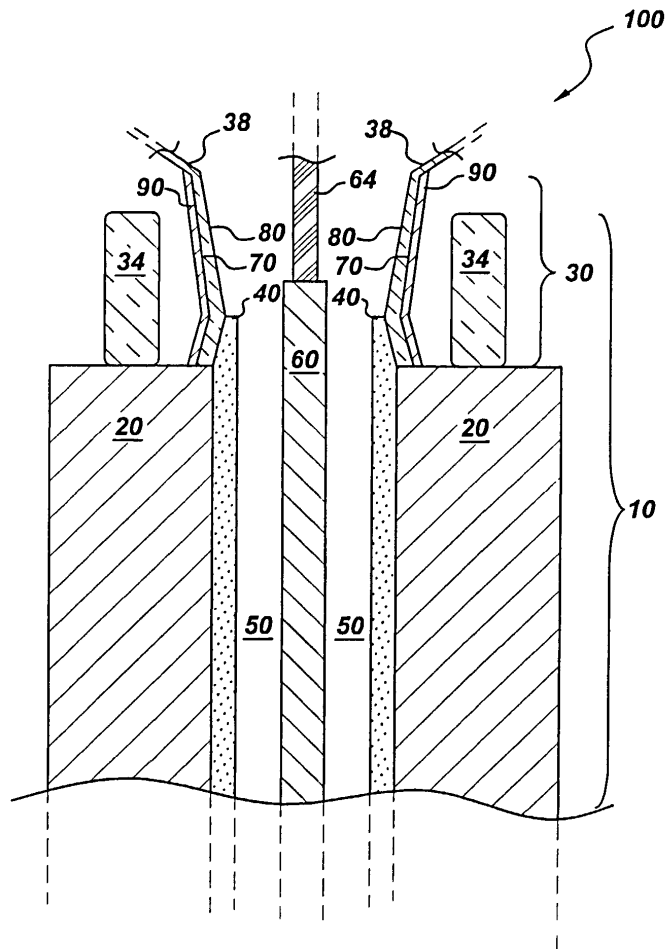
23. Двигатель по п. 21, в котором толщина ограничительной стенки статора составляет примерно от 0,1 до 1 дюйма (от 2,5 до 25,4 мм).

40

45

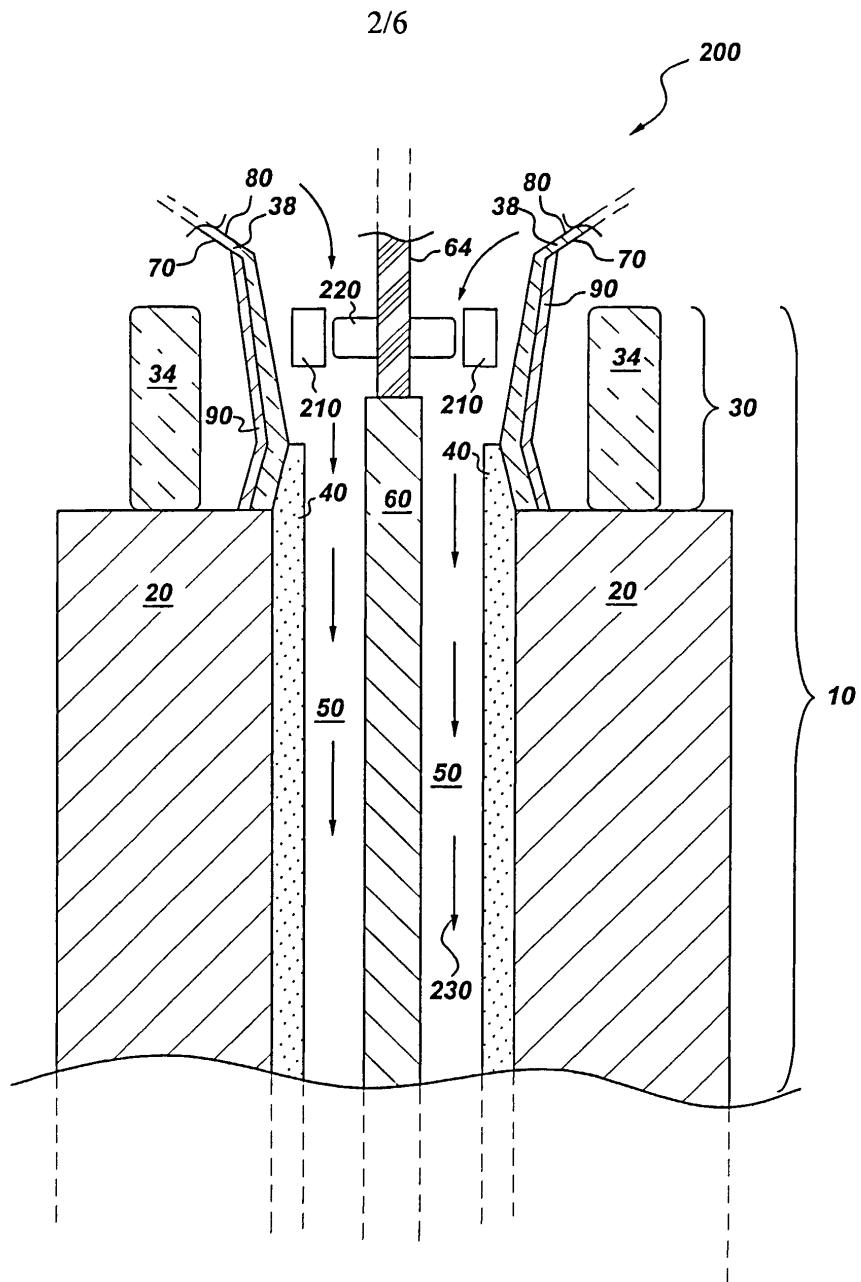
Герметизированный узел статора и двигатель (варианты)

1/6



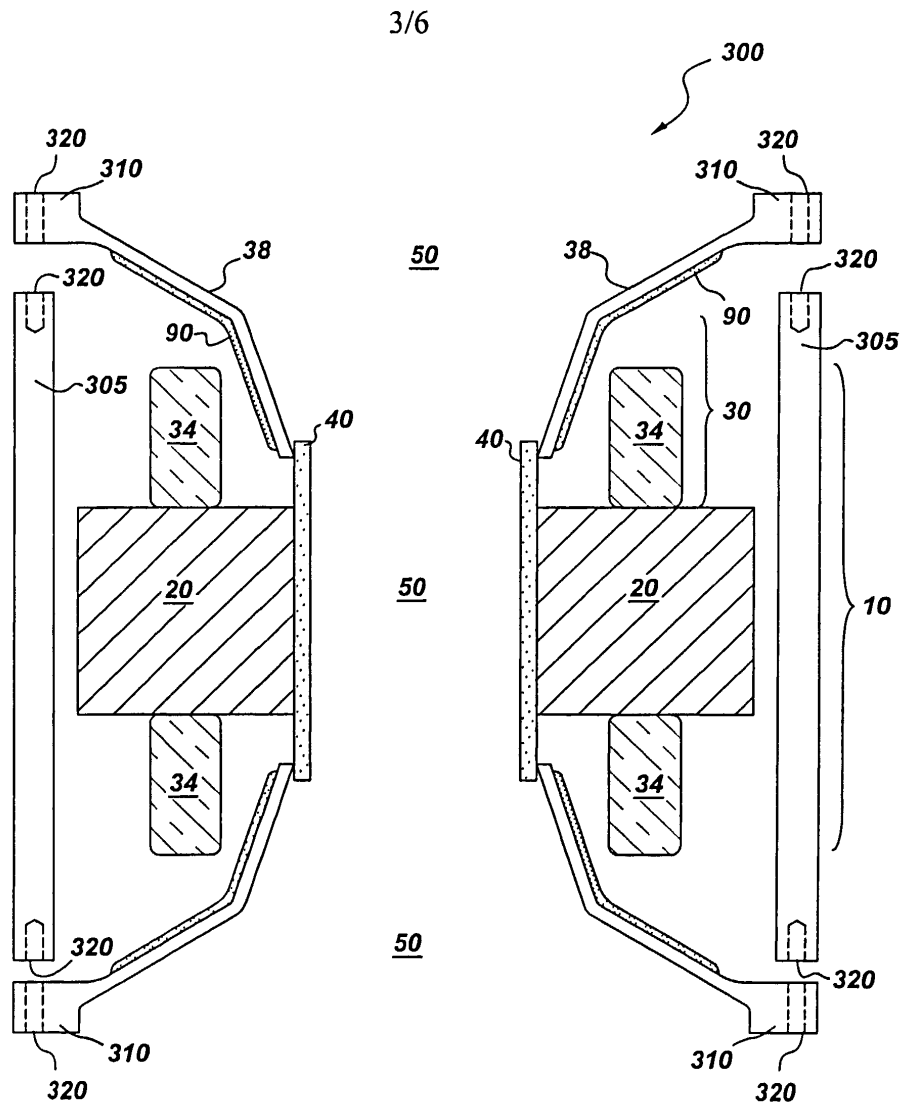
Фиг.1

Герметизированный узел статора и двигатель (варианты)



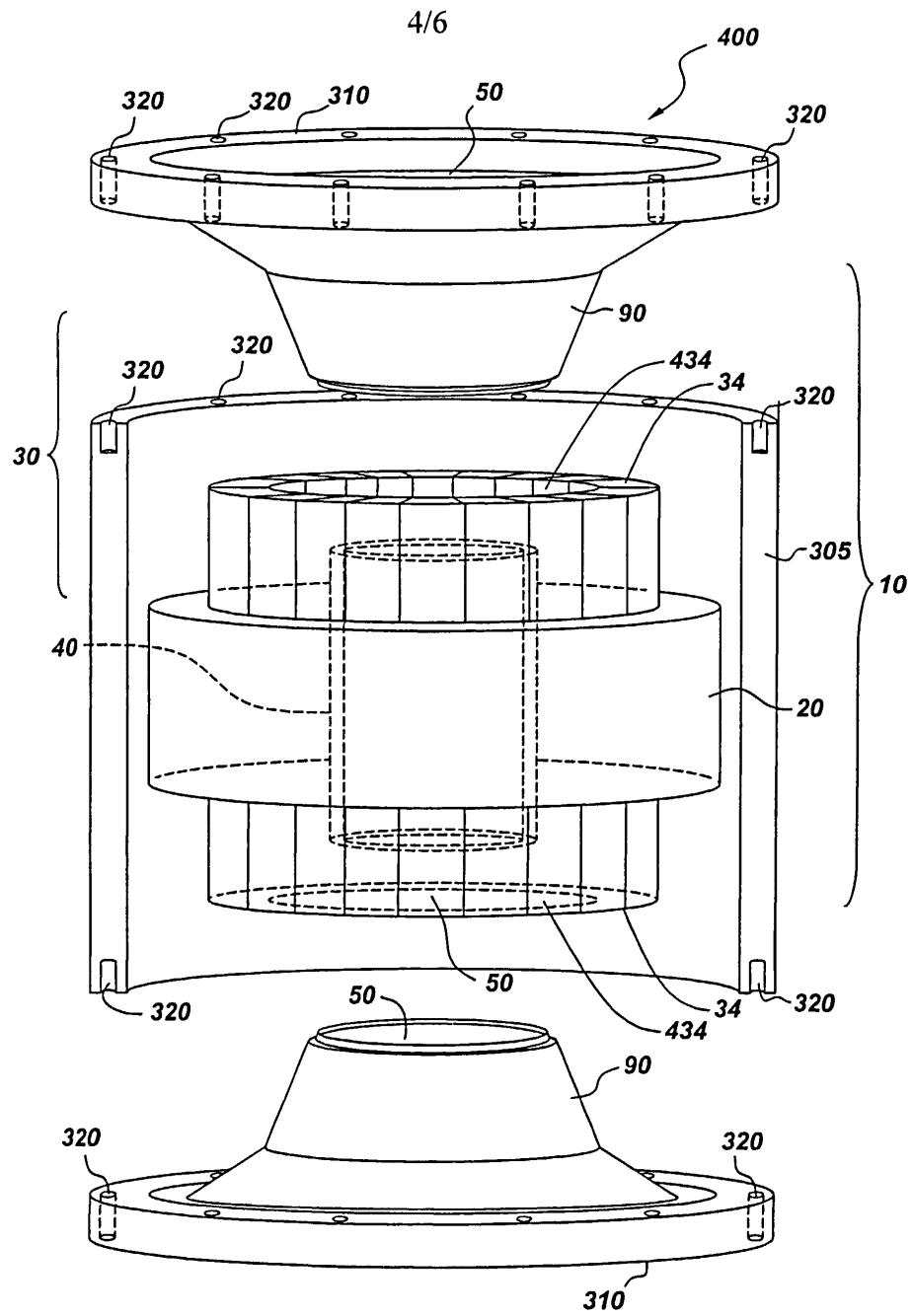
Фиг.2

Герметизированный узел статора и двигатель (варианты)



Фиг.3

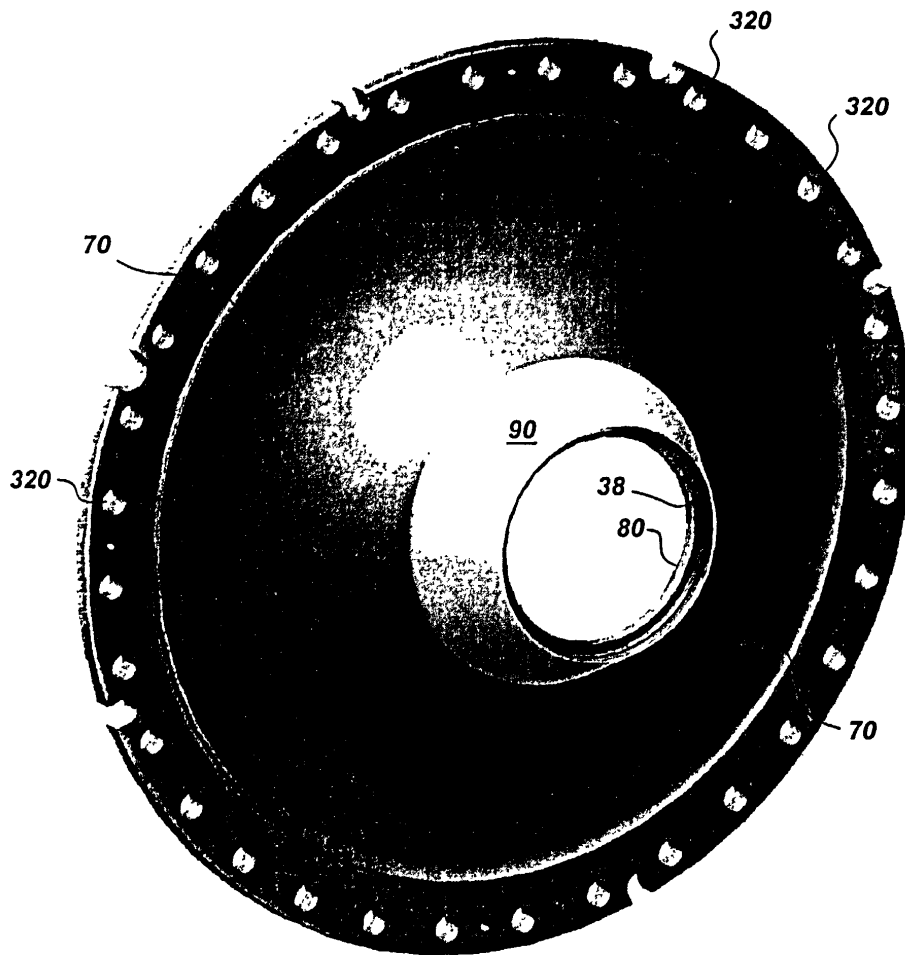
Герметизированный узел статора и двигатель (варианты)



Фиг.4

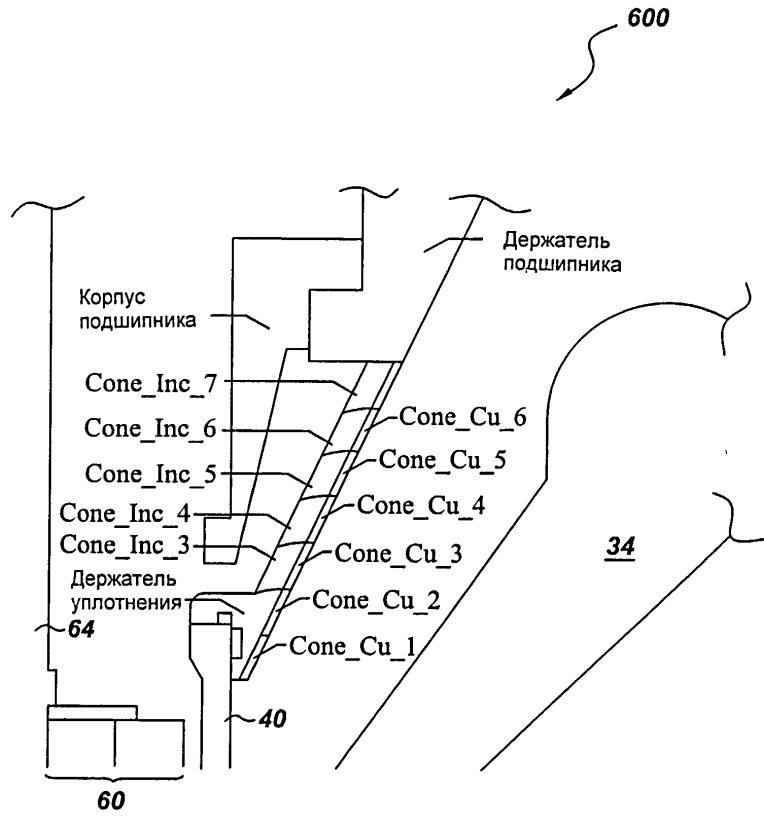
Герметизированный узел статора и
двигатель (варианты)

5/6



Фиг.5

6/6



Фиг.6