



(51) МПК
H02K 1/27 (2006.01)
H02K 1/18 (2006.01)
H02K 16/02 (2006.01)
H02K 21/24 (2006.01)
H02K 7/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H02K 1/27 (2019.02); *H02K 1/182* (2019.02); *H02K 16/02* (2019.02); *H02K 21/24* (2019.02); *H02K 7/085* (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2017128923, 14.01.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.01.2016

Дата регистрации:
30.05.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
16.01.2015 GB 1500745.3

(43) Дата публикации заявки: 18.02.2019 Бюл. № 5

(45) Опубликовано: 30.05.2019 Бюл. № 16

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 16.08.2017

(86) Заявка РСТ:
GB 2016/050085 (14.01.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2016/113567 (21.07.2016)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ВУЛМЕР Тимоти (GB),
МИЛЛЕР Кристофер Эдвард (GB)**

(73) Патентообладатель(и):
ЯСА ЛИМИТЕД (GB)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 6195226 B1, 27.02.2001. GB
2482928 A, 22.02.2012. JP 3384180 B2,
10.03.2003. US 3189770 A, 15.06.1965. RU
2400006 C1, 20.09.2010.

(54) МАШИНА С ОСЕВЫМ МАГНИТНЫМ ПОТОКОМ

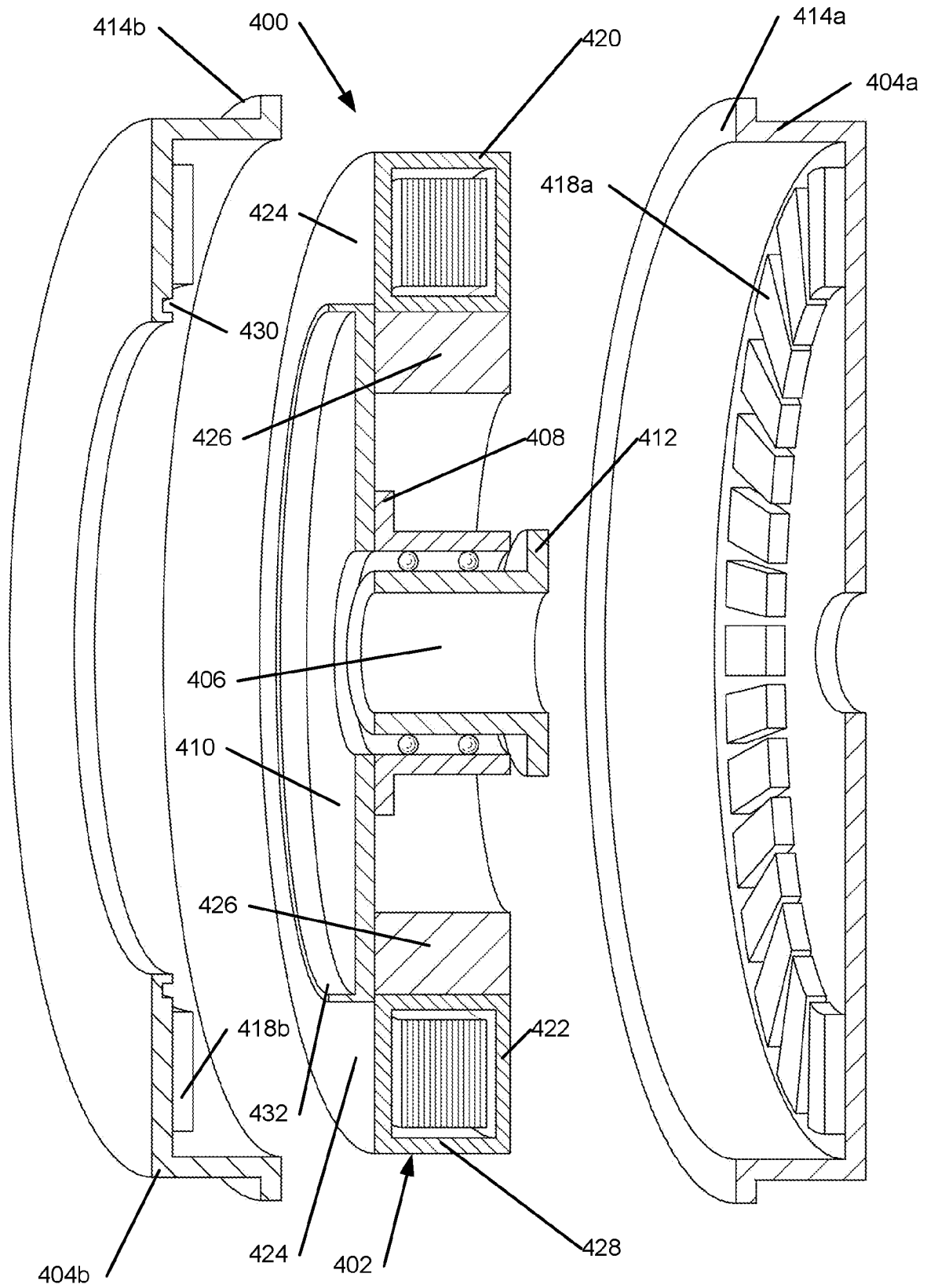
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, в частности к конструкции ротора с постоянными магнитами. Технический результат – повышение жесткости ротора, обеспечение защиты от попадания в электродвигатель частиц и жидкости. Электрическая машина имеет статор, содержащий корпус статора, вмещающий в себя множество стержней, и ротор, содержащий постоянные магниты. Машина также содержит узел ступицы, включающий вращающуюся ступицу и

установочное приспособление, разделенное подшипником так, чтобы позволить ступице вращаться относительно установочного приспособления. Ступица содержит фланец ступицы, а установочное приспособление содержит фланец установочного приспособления, расположенные на расстоянии друг от друга. Машина дополнительно содержит перегородку для установки узла ступицы и статора, установленную на фланце установочного приспособления узла ступицы. Корпус статора

установлен на перегородке. Ротор содержит первый и второй роторы, расположенные с обеих сторон статора, причем первый ротор установлен на фланце ступицы, второй ротор установлен только на первом роторе, а вместе они образуют

U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон статора и способный вращаться относительно статора вокруг оси машины. 3 н. и 27 з.п. ф-лы, 12 ил.



ФИГ. 4



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02K 1/27 (2006.01)
H02K 1/18 (2006.01)
H02K 16/02 (2006.01)
H02K 21/24 (2006.01)
H02K 7/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

H02K 1/27 (2019.02); *H02K 1/182* (2019.02); *H02K 16/02* (2019.02); *H02K 21/24* (2019.02); *H02K 7/085* (2019.02)

(21)(22) Application: **2017128923, 14.01.2016**(24) Effective date for property rights:
14.01.2016Registration date:
30.05.2019

Priority:

(30) Convention priority:
16.01.2015 GB 1500745.3(43) Application published: **18.02.2019 Bull. № 5**(45) Date of publication: **30.05.2019 Bull. № 16**(85) Commencement of national phase: **16.08.2017**(86) PCT application:
GB 2016/050085 (14.01.2016)(87) PCT publication:
WO 2016/113567 (21.07.2016)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**VULMER Timoti (GB),
MILLER Kristofer Edvard (GB)**

(73) Proprietor(s):

YASA LIMITED (GB)**(54) MACHINE WITH AXIAL MAGNETIC FLOW**

(57) Abstract:

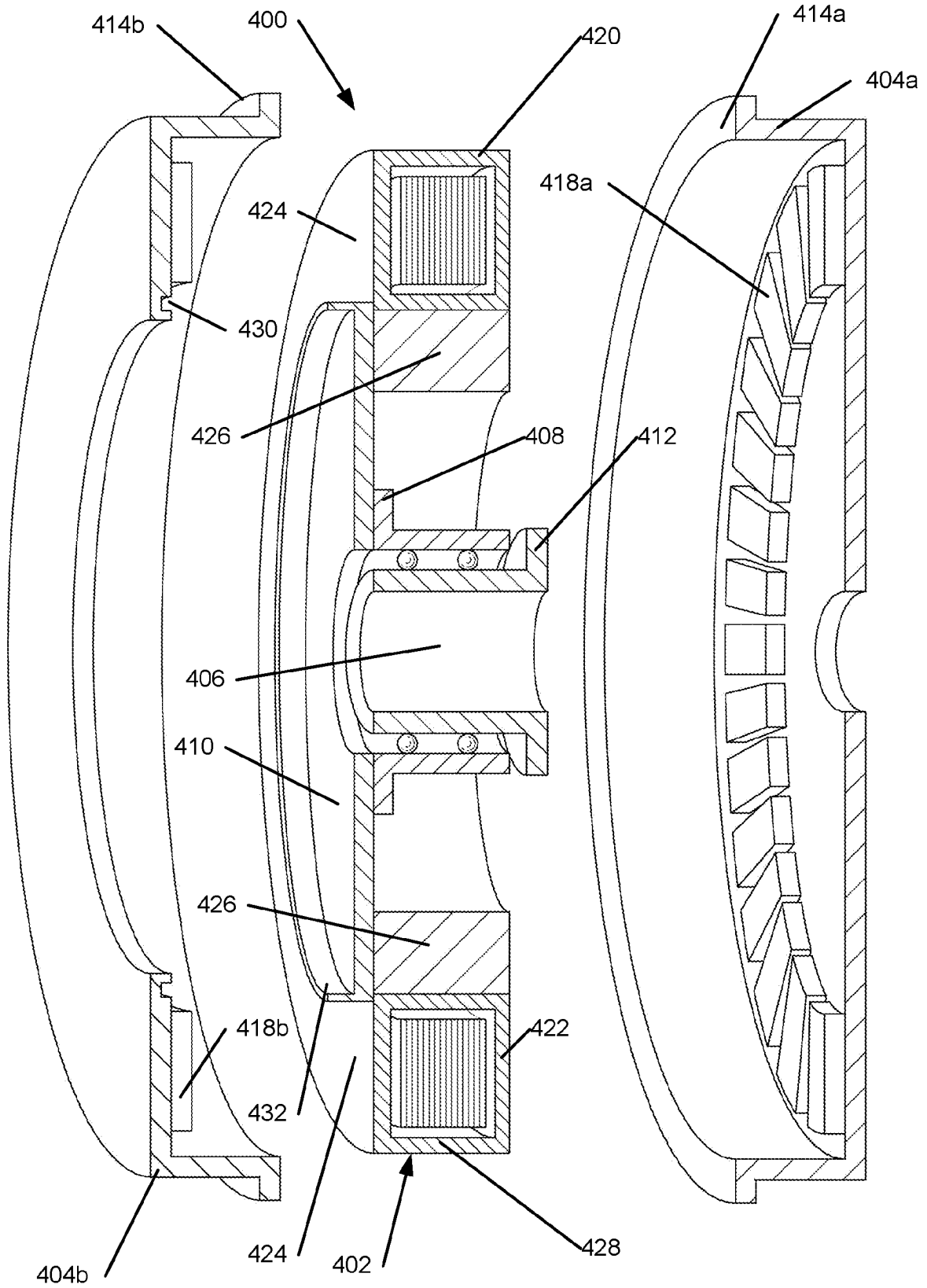
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering, in particular to the rotor design with permanent magnets. Electric machine has a stator containing a stator case accommodating multiple rods, and a rotor containing permanent magnets. Machine also includes hub assembly including rotating hub and mounting device separated by bearing so that to allow hub to rotate relative to adjusting device. Hub comprises hub flange, and mounting fixture comprises flange locating device, located at a distance from each other. Machine additionally comprises partition for installation

of hub and stator assembly installed on flange of mounting device of hub assembly. Stator case is installed on partition. Rotor comprises first and second rotors arranged on both sides of stator, wherein first rotor is mounted on hub flange, second rotor is installed only on first rotor, and together they form a U-shaped rotor extending across and on both sides of the stator and capable of rotating relative to the stator around the axis of the machine.

EFFECT: increased rigidity of the rotor, protection against particles and liquid ingress into the motor.

30 cl, 12 dwg



ФИГ. 4

Область техники

Настоящее изобретение относится к машинам с осевым магнитным потоком.

Уровень техники

В настоящем изобретении рассматриваются машины с постоянными магнитами и осевым магнитным потоком. В общем, они имеют дискообразные или кольцеобразные конструкции ротора и статора, расположенные вокруг оси. Обычно статор содержит ряд обмоток, каждая из которых параллельна оси, и ротор несет на себе ряд постоянных магнитов и установлен на подшипнике таким образом, чтобы он мог вращаться вокруг оси и приводился в движение за счет полей, создаваемых обмотками статора. На фиг. 1a показана общая конфигурация машины с осевым магнитным потоком настоящего изобретения с парой роторов R1, R2 с обеих сторон статора S, хотя в упроченной конструкции настоящего изобретения может быть опущен один из роторов. Как можно видеть, между ротором и статором имеется воздушный зазор G, и в машине с осевым магнитным потоком направление через воздушный зазор является по существу осевым.

Существуют различные конфигурации машины с постоянными магнитами и осевым магнитным потоком в зависимости от размещения северных и южных полюсов на роторах. На фиг. 1b показаны основные конфигурации машины Torus NS и машины Torus NN (которая имеет более толстое ярмо, так как размещение полюса NN требует протекания потока сквозь толщину ярма) и топология YASA (с сегментированным якорем без ярма). На иллюстрации топологии YASA показано поперечное сечение через две катушки, и заштрихованная область показывает обмотки вокруг каждой катушки. Как можно понять, отсутствие ярма статора обеспечивает существенную экономию в весе и потерям в железе, но одним из недостатков является утрата жесткости конструкции, в которой подшипник можно установить на опорные роторы. Таким образом, предпочтительно для топологии YASA двухроторного, одностаторного электродвигателя с осевым магнитным потоком подшипник устанавливается в пределах статора, и магнитные силы, создаваемые роторами с обеих стороны от статора, сбалансированы в осевом направлении. Роторы предназначены для противодействия изгибу в направлении статора.

Ранее в документе GB 2468017 была описана модульная компоновка, в которой подшипник заключен в пределах статора, причем упомянутый подшипник поддерживают сдвоенные роторы, где вся нагрузка между выходом и кольцевым корпусом передается через подшипник, установленный между статором и ротором, в результате чего не предусмотрена другая установка ротора или не предусмотрен его выход по отношению к корпусу статора, и где каждый каскад ротора содержит кольцеобразную чашу, как схематично показано на фиг. 1a.

Для электродвигателей с осевым магнитным потоком между ротором и статором действуют большие магнитные силы, которые заставляют ротор(ы) изгибаться по направлению к статору. Сочетание этих магнитных сил приводит к вибрации и прецессионным силам, которые возникают в некоторых приложениях машины.

Разработчики электродвигателей, обладающих высоким крутящим моментом и высокой плотностью мощности, стремятся минимизировать физические воздушные зазоры между постоянными магнитами ротора и якорями статора и, следовательно, стремятся минимизировать магнитное сопротивление. Физические воздушные зазоры составляют обычно порядка 1 мм и требуются для того, чтобы избежать касания ротора (ов), статора, жесткого подшипника и диска(ов) ротора(ов).

Один способ увеличения жесткости ротора электродвигателя с осевым магнитным потоком состоит в добавлении радиальных ребер к дискам ротора. Однако радиальные

ребра являются дорогостоящими для машины и увеличивают длину до осевого размера электродвигателя. Другой подход состоит в использовании материалов с высокой собственной жесткостью. Однако для ротора с постоянными магнитами требуется обратный путь для магнитного потока для соединения сегментированных полюсов, расположенных по окружности на роторе. Обычно используются роторы на основе железа, и их масса значительно увеличивается с увеличением толщины, тем самым снижая крутящий момент и плотность мощности для машины.

Из-за этих трудностей в обеспечении достаточной жесткости роторов без ущерба для крутящего момента и плотности мощности, разработчики электродвигателей сосредоточены, как правило, на машинах с радиальным магнитным потоком.

В документе GB 2486932 описан электродвигатель с радиальным магнитным потоком, в котором U-образное ярмо, показанное на фиг.4, передает магнитное поле на каждую сторону H-образного статора. В этой конфигурации жесткость обеспечивается посредством U-образного ярма, удерживающего постоянные магниты. Эта конструкция не обладает жесткостью, внутреннее кольцо ротора не имеет признака жесткости, и роторы состоят из многочисленных частей, что ведет к увеличению погрешности допуска. Функция уплотнения не используется, поэтому требуется окружающий кожух, чтобы предотвратить попадание частиц в воздушные зазоры между ротором и статором.

На фиг.1 и фиг.2 (US 4731554) показан аналогичный электродвигатель с внешним ротором, в котором длина короткой оси обеспечена в радиальной топологии с использованием U-образного ротора, достигающего любой стороны якоря статора.

Большинство ссылок на уровень техники указывает на роторы с радиальным магнитным потоком, в которых U-образные магнитные ярма представляют собой открытые чаши, внутри которых установлены якоря статора. Эти форматы противодействуют магнитным силам сжатия благодаря исключительно прочности материалов магнитного ярма и не оптимизированы для плотности мощности или интенсивности крутящего момента.

В документе US 2009/0322165, который относится к электродвигателю с осевым магнитным потоком и внешним ротором, описан(ы) ротор(ы), окруженные U-образным (и) статором(ами) (фиг.3). Противодействие перемещению статора по направлению к ротору обеспечивается многочисленными механически жесткими ярмами. Жесткость ротора достигается за счет внешнего корпуса, установленного на отделенных подшипниках, или в более коммерчески приемлемом варианте (US 2009/0322165) за счет механического соединения трехфазных статора-роторов вместе с подшипниками, расположенными на большом расстоянии друг от друга (фиг.1а).

Во всех примерах уровня техники роторы и статоры нуждаются в дополнительной защите от окружающей среды посредством отдельных корпусов, чтобы предотвратить попадание частиц в каскады ротора. Достаточная жесткость ротора для того, чтобы избежать изгиба при магнитной или механической нагрузке, достигается за счет дополнительной массы ярма, и сборка является более сложной, чем в настоящем изобретении.

В дополнение к этому, общий уровень техники можно найти в документах: US 2009322165 A1; GB 992800A; JP H03150054A; KR 100663641 B1; US 5854526 A; US 6762525 B1 и US 2007228860 A1.

Таким образом, принимается во внимание потребность в улучшенной машине с осевым магнитным потоком.

Сущность изобретения

Для этого в настоящем изобретении выполнена машина с осевым магнитным потоком

содержащая: статор, содержащий корпус статора, вмещающий в себя множество стержней статора, расположенных по окружности с промежутками вокруг оси машины, причем каждый из стержней статора имеет ряд обмоток, намотанных вокруг них для создания магнитного поля; ротор, содержащий ряд постоянных магнитов и

5 установленный с возможностью вращения вокруг оси машины, причем ротор располагается на расстоянии от статора вдоль оси машины для ограничения зазора между статором и ротором, и где магнитный поток, создаваемый в машине, как правило, проходит в осевом направлении; узел ступицы, содержащий вращающуюся ступицу и установочное приспособление, разделенное подшипником, чтобы позволить ступице

10 вращаться относительно установочного приспособления, причем вращающаяся ступица содержит фланец ступицы, и установочное приспособление содержит установочный фланец (или фланец установочного приспособления), при этом каждый из фланцев расположен на расстоянии друг от друга в осевом направлении; и перегородку для

15 установки узла ступицы и статора, причем перегородка установлена на установочном фланце узла ступицы, и корпус статора установлен на перегородке, и где ротор содержит первый и второй роторы, расположенные с обеих сторон статора, причем первый ротор установлен на фланце ступицы, и второй ротор установлен только на первом роторе, при этом первый и второй роторы образуют вместе U-образный ротор, проходящий

20 поперек и с обеих сторон статора и способный вращаться относительно статора вокруг оси машины.

Используя U-образную конструкцию ротора и используя узел ступицы, можно выполнить машину, которая имеет достаточную жесткость, при этом только один ротор необходимо устанавливать на вращающуюся ступицу. Таким образом, можно

25 выполнить компактную машину с осевым магнитным потоком.

Второй ротор можно установить только на первый ротор вдоль своего внешнего осевого обода, образуя U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон

30 внешней радиальной периферии статора.

В этом варианте второй ротор может представлять собой L-образное кольцо, при этом внутренняя поверхность второго ротора, обращенного к корпусу статора,

30 взаимодействует с наружной поверхностью перегородки, обращенной в сторону от статора, для создания уплотнения между перегородкой и вторым ротором для того, чтобы закрыть корпус статора.

Обеспечивая уплотнение между вторым ротором и статором, можно предотвратить попадание частиц и жидкости в электродвигатель.

35 Внутренняя поверхность второго ротора может содержать кольцевую канавку вокруг внутреннего периметра второго ротора, причем отверстие кольцевой канавки обращено к корпусу статора, и в котором перегородка содержит круговой выступ, обращенный

40 ко второму ротору, причем круговой выступ выполнен с возможностью размещения внутри кольцевой канавки второго ротора для образования лабиринтового уплотнения с кольцевой канавкой.

Такое размещение, также обеспечивающее лабиринтовое уплотнение между статором и ротором, также обеспечивает дополнительную жесткость конструкции ротора.

В качестве альтернативного варианта, указанного выше, второй ротор можно установить только на первый ротор вдоль внутреннего участка, расположенного

45 радиально внутрь от его внешнего осевого обода. В этом случае первый и второй роторы образуют вместе U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внутренней радиальной периферии статора. Преимущественно, это позволяет выполнить машину, где магнитные части могут располагаться отдельно от конструктивных

опорных элементов и подшипника. Таким образом, магнитопровод ротора может состоять из двух частей с внутренним периферийным конструктивным элементом, который легко модифицируется, например, для изменения диаметра подшипника ступицы без изменения магнитных частей.

5 В этом варианте машины, где второй ротор представляет собой кольцо, содержащее установочный участок, проходящий от кольца, второй ротор устанавливается на первом роторе через установочный участок, и установочный участок разделяет первый и второй роторы в осевом направлении в машине.

Этот вариант машины может также содержать крышку для закрытия первого ротора.
10 Эта крышка будет защищать первый ротор электродвигателя от брызг, пыли и других материалов. Крышку можно прикрепить к статору. Кроме того, установка между корпусом статора и установочным фланцем узла ступицы позволяет закрыть второй ротор, таким образом обеспечивая защиту машины от воздействий внешней среды.

Предпочтительно, статор располагается на одинаковом расстоянии от первого и
15 второго роторов.

Корпус статора может содержать первую и вторую радиальные стенки и внутреннюю и внешнюю, как правило, цилиндрические стенки. Одна или обе из радиальных стенок и, как правило, цилиндрические стенки могут содержать полимер. Одна или обе из
20 радиальных стенок и, как правило, цилиндрические стенки могут содержать термопластический полимер, в частности высокотемпературный термопластический полимер, предпочтительно PPA.

В вариантах осуществления машина представляет собой машину с осевым магнитным потоком с сегментированным якорем и без ярма.

Так как машина содержит перегородку, перегородка позволяет обеспечить
25 дополнительную жесткость машине. Кроме того, машина имеет возможность установки на конструкцию через установочный фланец узла ступицы или перегородки.

Для того чтобы передать крутящий момент на входе или выходе машины, машина может содержать ось или вал, который проходит от и присоединен к вращающейся ступице. Вал или ось можно присоединить к колесу или крыльчатке (пропеллеру).

30 Машина может представлять собой электродвигатель или генератор.

Настоящее изобретение также обеспечивает способ сборки машины с осевым магнитным потоком, такой как машина, описанная выше, причем способ содержит: установку статора на перегородку; установку перегородки на установочный фланец узла ступицы; установку первого ротора на фланец узла ступицы; и установку второго
35 ротора на первый ротор вдоль своего внешнего осевого обода, в котором первый и второй роторы образуют вместе U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон статора, причем роторы способны вращаться относительно статора вокруг оси машины.

В вышеупомянутом способе второй ротор устанавливается только на первый ротор
40 вдоль своего внешнего осевого обода, образуя U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внешней радиальной периферии статора.

Второй ротор может представлять собой L-образное кольцо, при этом внутренняя поверхность второго ротора, обращенного к корпусу статора, взаимодействует с
45 наружной поверхностью перегородки, обращенной в сторону от статора, для создания уплотнения между перегородкой и вторым ротором для того, чтобы закрыть корпус статора. Внутренняя поверхность второго ротора может содержать кольцевую канавку вокруг внутреннего периметра второго ротора, причем отверстие кольцевой канавки обращено к корпусу статора, и перегородка содержит круговой выступ, обращенный

ко второму ротору, при этом круговой выступ выполнен с возможностью размещения внутри кольцевой канавки второго ротора для образования лабиринтового уплотнения с кольцевой канавкой.

5 В качестве альтернативы вышеупомянутому способу, второй ротор можно установить только на первый ротор вдоль внутреннего участка, расположенного радиально внутрь от его внешнего осевого обода, причем первый и второй роторы образуют вместе U-образный кожух ротора, проходящий поперек и с обеих сторон внутренней радиальной периферии статора.

10 В этом альтернативном способе, в котором второй ротор представляет собой кольцо, содержащее установочный участок, проходящий от кольца, причем второй ротор устанавливается на первый ротор через установочный участок, и установочный участок разделяет первый и второй роторы в осевом направлении в машине.

15 Этот альтернативный способ может также содержать установку крышки для закрытия первого ротора. Крышку можно прикрепить к статору. Кроме того, перегородка между корпусом статора и установочным фланцем узла ступицы позволяет закрыть второй ротор.

Когда статор и первый и второй роторы установлены, статор предпочтительно располагается на одинаковом расстоянии от первого и второго роторов для обеспечения усилий между статором и соответствующим ротором для балансировки.

20 Способ может также содержать установку машины в конструкцию через установочный фланец или перегородку. Кроме того, способ может содержать установку осей или вала на вращающуюся ступицу или первый ротор, что позволяет подводить мощность к или извлекать мощность из машины.

Краткое описание чертежей

25 Настоящее изобретение будет теперь описано посредством примера и со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

на фиг.1а-1с показана, соответственно, общая конфигурация двухроторной машины с осевым магнитным потоком, примерные топологии для машин с постоянными магнитами и осевым магнитным потоком и схематичный вид сбоку машины с сегментированным якорем и без ярма (YASA);

на фиг.2 показан вид в перспективе машины YASA (фиг.1с);

на фиг.3 показан покомпонентный вид в перспективе статора и корпус статора для машины YASA;

на фиг.4 показан покомпонентный вид машины с постоянными магнитами, осевым магнитным потоком и чашеобразным ротором согласно варианту осуществления изобретения;

на фиг.5 показан вид в продольном разрезе машины (фиг.4) после сборки;

на фиг.6 показан вид в увеличенном масштабе участка машины (фиг.5);

на фиг.7 показан вид в перспективе машины, показанной на фиг.5;

40 на фиг.8 показан покомпонентный вид в продольном разрезе машины (фиг.4);

на фиг.9 показан вид в продольном разрезе участка альтернативного варианта машины; и

на фиг.10 показан вид в продольном разрезе машины (фиг.9).

Подробное описание изобретения

45 Обратимся сначала к фиг.1с, 2 и 3, которые взяты из нашей публикации заявки WO 2012/022974: на фиг.1с показана схематичная иллюстрация машины 10 с сегментированным якорем и без ярма.

Машина 10 содержит статор 12 и два ротора 14а,в. Статор 12 представляет собой

набор отдельных стержней 16 статора, расположенных по окружности вокруг оси 20 вращения роторов 14a,b. Каждый стержень 16 имеет свою собственную ось (не показана), которая предпочтительно, но не существенно, расположена параллельно оси 20 вращения. Каждый конец каждого стержня статора снабжен с башмаком 18a,b, который физически служит для ограничения стопы 22 обмоток, причем стопа 22 предпочтительно имеет изолированный провод квадратного/прямоугольного сечения с тем, чтобы можно было достичь высокого коэффициента заполнения. Обмотки 22 соединены с электрической цепью (не показана), которая, в случае электродвигателя, возбуждает обмотки таким образом, чтобы полюса результирующих магнитных полей, создаваемых током, протекающим в обмотках, были противоположными в смежных обмотках 22 статора.

Эти два ротора 14a,b несут на себе постоянные магниты 24a,b, которые обращены друг к другу, с обмоткой 22 статора между ними (когда стержни статора наклонены (не показано), магниты наклонены аналогичным образом). Два воздушных зазора 26a,b расположены между соответствующим башмаком и парами 18a/24a, 18b/24b магнитов. Имеется четное число обмоток и магнитов, расположенных на расстоянии от оси 20 вращения, и, предпочтительно, имеется различное число обмоток и магнитов с тем, чтобы все обмотки не были одновременно совмещены с соответствующей парой магнитов и не находились в одном и том же угловом положении ротора по отношению к статору. Это обеспечивает снижение зубцовых гармоник ЭДС.

Обмотки 22 электродвигателя возбуждаются таким образом, чтобы их полярность чередовалась, обеспечивая в различные моменты времени выравнивание обмоток с различными парами магнитов, в результате чего между ротором и статором создается крутящий момент. Роторы 14a,b, как правило, соединены вместе (например, с помощью вала, не показан) и вращаются вместе вокруг оси 20 относительно статора 12. Магнитная цепь 30 обеспечивается двумя смежными стержнями 16 статора, и две пары 24a,b магнитов и магнитопровода 32a,b для каждого ротора создают связь по магнитному потоку между задней частью каждого магнита 24a,b, обращенного в сторону от соответствующих обмоток 22. Обмотки 16 статора заключены в корпус, который проходит через воздушный зазор 26a,b и который ограничивает камеру, в которую подается охлаждающее вещество.

Возвращаясь к фиг.3, показан статор 12a, в котором обмотки статора расположены между двумя крышками 42a,b из пластикового материала. Эти крышки имеют внешние цилиндрические стенки 44, внутренние цилиндрические стенки 46 и кольцевые радиально расположенные стенки 48. В примере уровня техники, показанном на фиг.3, радиальные стенки 48 включают в себя внутренние карманы 50 для приема башмаков 18a,b стержней 16 статора и служат для размещения узлов 16, 22, 18a,b, когда две крышки 42a,b статора 12a собираются вместе. Корпус 42a,b статора ограничивает промежутки 52 внутри обмоток 22 и снаружи в промежутках 54 вокруг внешней стороны обмоток 22, и между обмотками имеются промежутки 56. Промежутки 52,54,56 связаны между собой, образуя охлаждающую камеру. Хотя это и не показано на фиг.3, при сборке корпус 42a,b статора снабжается проходами, которые позволяют охлаждающему веществу, такому как масло, закачиваться в промежутки 52,54,56, чтобы циркулировать вокруг обмоток и охлаждать их.

Сердечники катушек можно покрыть слоями межслоевой изоляцией параллельно желаемому направлению магнитного потока. Однако сердечники катушек можно также выполнить из частиц мягкого железа, покрытых электрической изоляцией, и сформовать желаемой формы (мягкие магнитные составные компоненты (SMC)), при этом они

связаны вместе изоляционной матрицей. Примерный SMC может содержать частицы железа со стеклянной связкой, тонкий слой (как правило < 10 мкм) тоже со стеклянной связкой и взаимно электрически изолирующие частицы железа, оставляя при этом некоторую остаточную пористость. Процесс прессования при высокой температуре и высоком давлении используется для формирования компонента сложной формы с возможностью получения трехмерных конфигураций магнитного потока с превосходным форм-фактором и с возможностью использования обмотки с высоким коэффициентом заполнения, намотанной прямо на зубья SMC. В целях удобства башмаки и стержень статора можно сформировать по отдельности и затем собрать: башмак может иметь центральную область в осевом направлении с минимальным удельным магнитным сопротивлением и внешнюю область в радиальном направлении с минимальным удельным магнитным сопротивлением (смотри WO2012/022974).

Обратимся теперь к фиг.4-8, на которых показаны различные виды (в собранном виде, вид в продольном разрезе и покомпонентный вид) машины 400 YASA, содержащей статор 402 и ротор 404 a,b. Ротор имеет U-образную конструкцию, то есть роторы 404a,b образуют вместе U-образный ротор, который проходит и с обеих сторон статора 402.

Узел 406 ступицы предназначен для установки статора и ротора относительно друг друга. Узел 406 ступицы содержит вращающуюся ступицу и установочное приспособление, разделенное подшипником 416 таким образом, чтобы ступица могла вращаться относительно установочного приспособления. Вращающаяся ступица снабжена фланцем 412 ступицы, и установочное приспособление содержит установочный фланец 408, причем каждый из фланцев расположен на расстоянии друг от друга в осевом направлении.

Статор 402 устанавливается на узел 406 ступицы через установочный фланец 408. В показанных вариантах осуществления статор 402 устанавливается на установочный фланец 408 узла ступицы через перегородку 410. Перегородку 410 или установочный фланец 408 можно использовать для установки машины на другие конструкции.

Первый ротор 404a устанавливается на узел ступицы через фланец 412 ступицы, как правило, с использованием болтов (не показаны). Второй ротор 404b устанавливается только на первый ротор 404a через ряд фланцев 414a,b ротора вдоль внешнего осевого обода первого ротора 404a. Эти два ротора 404a,b образуют U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон статора 402 и вращающийся относительно статора вокруг оси машины. Как можно видеть, второй ротор представляет собой кольцо, которое не устанавливается на его внутреннюю периферию. Вместо этого, его внутренняя периферия вращается вокруг и относительно статора и перегородки на стороне машины.

Роторы 404a,b имеют радиальные стенки для установки ряда постоянных магнитов 418a. Ротор 404a обеспечивает вход/выход привода в случае генератора/электродвигателя соответственно, но для простоты это не показано на фигурах.

Таким образом, данная машина представляет собой двухроторную машину, где только один из роторов 404a устанавливается на узел 406 ступицы внутри статора (упрощенно показан на фиг.4), и второй ротор 404b устанавливается только на первый ротор 404a.

Статор 402 имеет корпус 420, содержащий первую и вторую радиальные стенки 422, 424 и, как правило, цилиндрические внутреннюю и внешнюю стенки 426, 428, ограничивающие камеру, в пределах которой может циркулировать хладагент. Корпус вмещает в себя ряд обмоток статора, при этом они и их электрические соединения не показаны для простоты. Обмотки намотаны вокруг полюсных башмаков (не показаны).

Внутренняя поверхность второго ротора 404b (то есть поверхность, обращенная к статору 402) снабжена кольцевой канавкой 430. Эта U-образная кольцевая канавка 430 взаимодействует с соответствующим образом сформированным элементом 432 на перегородке 410, для создания лабиринтного уплотнения между ротором 404b и статором 402. На фигурах перегородка 410 содержит круговой выступ 432, проходящий от перегородки и обращенный к ротору 404b. Круговой выступ находится внутри кольцевой канавки 430 для обеспечения лабиринтного уплотнения. Такое уплотнение защищает магнитный воздушный зазор от попадания твердых частиц и жидкости.

Типично двухроторные, одностаторные электродвигатели с осевым магнитным потоком, которые по причинам выходного крутящего момента имеют маленькие магнитные и физические воздушные зазоры, основаны на массивных магнитопроводах ротора для обеспечения жесткости ротора, чтобы преодолеть значительные силы притяжения, существующие между постоянными магнитами, распределенными по часовой стрелке, которые несут на себе якоря полюсных башмаков ротора и статора. Подшипники также должны быть жесткими, т.е. с нулевым осевым перемещением, которое позволяло бы роторам перемещаться к статору, и тем самым создавая риск для касания ротора к статору.

Массивные железные конструкции способны обеспечить жесткость, но при этом также увеличивается масса электродвигателей для того, чтобы уменьшить крутящий момент и плотность мощности. В то время как для стационарных наземных применений сравнительно высокая масса массивных роторов является допустимой, перемещаемые наземные и воздушные электродвигатели чувствительны к повышенной массе, и поэтому усилие по ее снижению обеспечивает значительную экономию топлива и энергии.

Использование узла ступицы колеса, как описано выше, обеспечивает преимущество жесткости подшипника.

В то время как узел ступицы колеса имеет жесткую несущую конструкцию, обычно имеется только один фланец для поддержки колеса, а другой для прикрепления к подвеске/шасси автомобиля. Таким образом, узел ступицы колеса и фланцевая компоновка, которые описаны выше, не являются типичными для сборки двухроторных, одностаторных электродвигателей с осевым магнитным потоком, поскольку для обеспечения жесткости конструкции оба ротора обычно устанавливаются по отдельности на подшипник с обеих сторон статора.

Тем не менее, узел 406 ступицы колеса только с одним вращающимся фланцем 412 ступицы был преимущественно использован в настоящем изобретении в сочетании с ротором 404а, который прикреплен к вращающемуся фланцу 412 ступицы, причем ротор 404а частично закрывает статор 402.

При использовании U-образного ротора 404а,в настоящего изобретения, хотя магнитные силы притяжения являются высокими, они также уравниваются с обеих сторон статора 402. Неуравновешенная сила притяжения сохраняется на низком уровне за счет поддержания равномерных воздушных зазоров между статором 402 и роторами 404а,в, и поэтому неуравновешенные силы не создают чрезмерного напряжения для конструкции узла ступицы (в частности, подшипников) и особенно для опорного диска ротора.

U-образный ротор 404а,в настоящего изобретения имеет по существу жесткую конструкцию. Жесткость ротора важна при противодействии магнитному притяжению любого ротора к статору, притяжение которого обычно создает конусность для других плоских, свободно расположенных роторов. Повышенная жесткость особенно актуальна для стороны 404а ротора, поддерживаемой узлом 406 ступицы, которая поддерживается

узлом 406 ступицы по его внутреннему диаметру и осевым окружающим кольцом по его внешнему диаметру, причем окружающее кольцо механически связано со вторым ротором 404b и обеспечивает по существу жесткость U-образной конструкции.

5 Второй ротор 404b не получает такого противодействия конусности, поскольку он поддерживается только на своей внешней периферии.

Вторая структура 430 (кольцевая канавка), расположенная по внутреннему диаметру второго ротора 404b, неожиданным образом и преимущественно обеспечивает повышенную жесткость второму ротору 404b, которая противодействует конусности внутреннего периферийного обода по направлению к статору 402 и приводит к
10 зацеплению с осевым выступающим выступом 432, тем самым приводя к лабиринту, который эффективно уплотняет полость ротора с помощью узких воздушных зазоров от попадания твердых частиц и брызг.

Весь ротор 404, так как он является наружным и эффективно загерметизирован от случайного попадания частиц и брызг жидкости, может оставаться открытым в
15 атмосфере, не требуя никакой другой защиты, и поэтому может получить преимущество в воздушном охлаждении вследствие его вращения.

Понятно, что существуют значительные магнитные силы притяжения между роторами и статором для двухроторных, одностаторных электродвигателей с осевым магнитным потоком, и необходимо немало уделять внимания предотвращению "посадки" роторов
20 на статор во время сборки. Следует иметь в виду, что можно использовать простое приспособление для сборки, которое соединяет роторы и статор вместе, чтобы минимизировать магнитные неуравновешенные магнитные силы, после сборки ротор находится примерно в нейтральном состоянии в отношении потенциальной энергии. Во время сборки машины на вращающейся стороне узла ступицы можно разместить
25 одну или несколько прокладок для того, чтобы правильно разместить роторы в осевом направлении, чтобы обеспечить равные воздушные зазоры между роторами и статором.

На фиг.9 и 10 показан альтернативный вариант машины, имеющей другую конструкцию, чем машина, показанная на фиг.4-8, но с общими компонентами.

Подобные компоненты пронумерованы аналогичным образом, как и выше.

30 В альтернативной машине, показанной на фиг.9 и 10, вместо второго ротора 404b, который устанавливается только на первый ротор 404a вдоль своего внешнего осевого обода, второй ротор 404b устанавливается только на первый ротор 404a вдоль внутреннего участка, расположенного радиально внутрь от его внешнего осевого обода. В альтернативном варианте машины первый и второй роторы образуют U-
35 образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внутренней радиальной периферии статора (вместо внешней радиальной периферии статора, как в случае фиг.4-8).

Как описано выше, узел 406 ступицы предназначен для установки статора и ротора относительно друг друга. Узел 406 ступицы содержит вращающуюся ступицу и
40 установочное приспособление, разделенное подшипником 416 таким образом, чтобы ступица могла вращаться относительно установочного приспособления. Вращающаяся ступица снабжена фланцем 412 ступицы и установочным приспособлением, содержащим установочный фланец 408, при этом каждый из фланцев расположен на расстоянии друг от друга в осевом направлении.

45 Статор 402 устанавливается на узел 406 ступицы через установочный фланец 408. В показанных вариантах осуществления статор 402 устанавливается на установочный фланец 408 узла ступицы через перегородку 410. Перегородку 410 или установочный фланец 408 можно использовать для установки машины на другие конструкции. В

данном альтернативном варианте машины дополнительный установочный участок 442 используется между статором и перегородкой 410 для того, чтобы обеспечить достаточное пространство между перегородкой и статором для того, чтобы разместить второй ротор 404b.

5 Первый ротор 404а устанавливается на узел ступицы через фланец 412 ступицы, как правило, с использованием болтов (не показаны). В этом случае первый ротор 404а показан в виде плоского диска, хотя возможны и другие конструкции, например, структура чашеобразного ротора. Вторым ротором 404b устанавливается только на первый ротор 404а через установочный участок 440 вдоль внутреннего участка, расположенного радиально внутрь от своего внешнего осевого обода первого ротора 404а. Эти два ротора 404а,b образуют вместе U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон статора 402 и вращающийся относительно статора вокруг оси машины. В этом альтернативном варианте машине U-образный ротор проходит поперек и с обеих сторон внутренней радиальной периферии статора 402.

15 Второй ротор 404b может представлять собой кольцо, которое устанавливается на его внутренней периферии через установочный участок 440. В качестве альтернативы, вторым ротором 404b может представлять собой L-образный ротор (то есть установочный участок выполнен как единое целое с кольцом, описанным выше). Таким образом, его внешняя периферия вращается вокруг и относительно статора между статором и перегородкой на этой стороне машины.

20 Роторы 404а,b имеют радиальные стенки для установки ряда постоянных магнитов 418а. Ротор 404а обеспечивает ввод/вывод привода в случае генератора/электродвигателя соответственно, но для простоты это не показано на фигурах.

25 Таким образом, снова машина представляет собой по существу двухроторную машину, где только один из роторов 404а устанавливается на узел 406 ступицы внутри статора, и вторым ротором 404b устанавливается только на первый ротор 404а.

30 Имеется много преимуществ этой альтернативной машины. Например, магнитные части отделены от конструктивных опорных элементов и подшипника, поэтому конструкция 404а ротора может состоять из двух частей, каждая из которых может содержать ферромагнитный магнитопровод и ряд постоянных магнитов, при этом внутренний периферийный конструктивный элемент легко модифицируется, например, для изменения диаметра ступицы подшипника без изменения магнитных частей.

Таким образом, установочная пластина 410 может быть также изменена без воздействия на статор 402.

35 На фиг.9 машина подвергается воздействию окружающей среды на стороне первого ротора 404а машины. На фиг.9 конструктивный монтаж статора 402 на установочном фланце 408 узла ступицы закрывает вторую сторону ротора машины.

40 На фиг.10 показан пример машины, содержащей крышку 444, которая устанавливается на статор 402 и закрывает сторону первого ротора 404а машины. В качестве альтернативы, крышка 444 может быть прикреплена к радиально наружной поверхности корпуса статора.

45 Крышка, показанная на фиг.10, содержит осевое отверстие. То, что не показано, представляет собой манжетное уплотнение, которое может использоваться при наличии оси. Однако крышка 444 также может иметь осевое отверстие со входом/выходом из машины, которое проходит через перегородку 410.

В дополнение к вышеуказанным преимуществам этой альтернативной конструкции физический воздушный зазор между статором и ротором может регулироваться прокладкой(ами) на вращающемся фланце 412 или неподвижном фланце 408. Общий

физический воздушный зазор может оставаться постоянным, но его баланс можно регулировать с помощью прокладок между фланцем 412 ступицы и первым ротором 404а или между установочным фланцем 408 и установочной пластиной 410.

5 Хотя выше было приведено описание машины со ссылкой на машину, которая является электродвигателем, предполагается также, что машина может работать как генератор для выработки электроэнергии в результате вращения ротора 404 относительно статора 402.

10 Для того чтобы передать крутящий момент на входе или выходе машины, приводной вал или ось могут быть соединены с первым ротором 404а или вращающейся ступицей узла 406 ступицы. Хотя на фигурах не показана внутренняя поверхность, узел ступицы может иметь поверхность с многочисленными пазами. Это позволяет использовать передачу мощности на входе или выходе машины через вал. Однако поверхность с многочисленными пазами не является обязательной, так как вал можно присоединить к фланцу ступицы или подходящей поверхности ротора 404а.

15 Несомненно, многие другие эффективные альтернативные варианты могут быть созданы специалистом в данной области техники. Должно быть понятно, что изобретение не ограничено описанными вариантами осуществления и охватывает модификации, очевидные специалистам в данной области, которые находятся в пределах объема прилагаемой формулы изобретения.

20

(57) Формула изобретения

1. Машина с осевым магнитным потоком, содержащая статор, содержащий корпус статора, вмещающий в себя множество стержней статора, расположенных по окружности с промежутками вокруг оси машины, причем каждый из стержней статора имеет ряд обмоток, намотанных вокруг них для создания магнитного поля;

25 ротор, содержащий ряд постоянных магнитов и установленный с возможностью вращения вокруг оси машины, при этом ротор отстоит от статора вдоль оси машины для ограничения зазора между статором и ротором, причем магнитный поток, создаваемый в машине, в основном проходит в осевом направлении;

30 узел ступицы, содержащий вращающуюся ступицу и установочное приспособление, разделенные подшипником для обеспечения вращения ступицы относительно установочного приспособления, при этом вращающаяся ступица имеет фланец ступицы, а установочное приспособление имеет фланец установочного приспособления, причем каждый из фланцев отстоит друг от друга в осевом направлении; и

35 перегородку для установки узла ступицы и статора, при этом перегородка установлена на фланце установочного приспособления узла ступицы, а корпус статора установлен на перегородке;

40 причем ротор содержит первый и второй роторы, расположенные с обеих сторон статора, при этом первый ротор установлен на фланце ступицы, а второй ротор установлен только на первом роторе, причем первый и второй роторы образуют вместе U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон статора и выполненный с возможностью вращения относительно статора вокруг оси машины.

45 2. Машина с осевым магнитным потоком по п.1, в которой второй ротор установлен только на первый ротор вдоль своего внешнего осевого обода, образуя U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внешней радиальной периферии статора.

3. Машина с осевым магнитным потоком по п.2, в которой второй ротор представляет собой L-образное кольцо, причем внутренняя поверхность второго ротора, обращенного

к корпусу статора, взаимодействует с наружной поверхностью перегородки, обращенной в сторону от статора, для создания уплотнения между перегородкой и вторым ротором для закрытия корпуса статора.

5 4. Машина с осевым магнитным потоком по п.3, в которой внутренняя поверхность второго ротора содержит кольцевую канавку вокруг внутреннего периметра второго ротора, причем отверстие кольцевой канавки обращено к корпусу статора, при этом перегородка содержит круговой выступ, обращенный ко второму ротору и выполненный с возможностью размещения внутри кольцевой канавки второго ротора для образования лабиринтного уплотнения с кольцевой канавкой.

10 5. Машина с осевым магнитным потоком по п.1, в которой второй ротор установлен только на первый ротор вдоль внутреннего участка, расположенного радиально внутрь от его внешнего осевого обода, причем первый и второй роторы образуют вместе U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внутренней радиальной периферии статора.

15 6. Машина с осевым магнитным потоком по п.5, в которой второй ротор представляет собой кольцо, содержащее установочный участок, проходящий от кольца, причем второй ротор установлен на первый ротор через установочный участок, и установочный участок разделяет первый и второй роторы в осевом направлении в машине.

20 7. Машина с осевым магнитным потоком по п.5 или 6, содержащая крышку для закрытия первого ротора.

8. Машина с осевым магнитным потоком по п.7, в которой крышка прикреплена к статору.

25 9. Машина с осевым магнитным потоком по любому из пп.5-8, в которой перегородка между корпусом статора и фланцем установочного приспособления узла ступицы закрывает второй ротор.

10. Машина с осевым магнитным потоком по любому из пп.1-9, в которой статор расположен на одинаковом расстоянии от первого и второго роторов.

30 11. Машина с осевым магнитным потоком по любому из пп.1-10, в которой корпус статора содержит первую и вторую радиальные стенки и внутреннюю и внешнюю в основном цилиндрические стенки.

12. Машина с осевым магнитным потоком по п.11, в которой, по меньшей мере, одна из радиальных стенок и в основном цилиндрических стенок содержит полимер.

35 13. Машина с осевым магнитным потоком по п.11 или 12, в которой, по меньшей мере, одна из радиальных стенок и в основном цилиндрических стенок содержит термопластический полимер, высокотемпературный термопластический полимер или PPA.

14. Машина с осевым магнитным потоком, представляющая собой машину с осевым магнитным потоком с сегментированным якорем и без ярма.

40 15. Машина с осевым магнитным потоком по любому из пп.1-14, устанавливаемая на конструкции посредством фланца установочного приспособления или перегородки.

16. Машина с осевым магнитным потоком по любому из пп.1-15, в которой ось проходит от вращающейся ступицы и присоединена к ней.

17. Машина с осевым магнитным потоком по п.16, в которой ось присоединена к колесу или крыльчатке.

45 18. Машина с осевым магнитным потоком по любому из пп.1-17, представляющая собой электродвигатель или генератор.

19. Способ сборки машины с осевым магнитным потоком по п.1, включающий: установку статора на перегородку,

установку перегородки на фланец установочного приспособления узла ступицы, установку первого ротора на фланец узла ступицы и установку второго ротора на первый ротор,

при этом первый и второй роторы образуют U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон статора, причем роторы выполняют с возможностью вращения относительно статора вокруг оси машины.

20. Способ по п.19, при котором второй ротор устанавливают только на первый ротор вдоль своего внешнего осевого обода, образуя U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внешней радиальной периферии статора.

21. Способ по п.20, при котором второй ротор представляет собой L-образное кольцо, причем внутренняя поверхность второго ротора, обращенного к корпусу статора, взаимодействует с наружной поверхностью перегородки, обращенной в сторону от статора, для создания уплотнения между перегородкой и вторым ротором для закрытия корпуса статора.

22. Способ по п.21, при котором внутренняя поверхность второго ротора содержит кольцевую канавку вокруг внутреннего периметра второго ротора, причем отверстие кольцевой канавки обращено к корпусу статора, при этом перегородка содержит круговой выступ, обращенный ко второму ротору, причем круговой выступ выполнен с возможностью размещения внутри кольцевой канавки второго ротора для образования лабиринтного уплотнения с кольцевой канавкой.

23. Способ по п.19, при котором второй ротор устанавливают только на первый ротор вдоль внутреннего участка, расположенного радиально внутрь от его внешнего осевого обода, причем первый и второй роторы образуют U-образный ротор, проходящий поперек и с обеих сторон внутренней радиальной периферии статора.

24. Способ по п.23, при котором второй ротор представляет собой кольцо, содержащее установочный участок, проходящий от кольца, причем второй ротор устанавливают на первый ротор через установочный участок и установочный участок разделяет первый и второй роторы в осевом направлении в машине.

25. Способ по п.23 или 24, включающий установку крышки для закрытия первого ротора.

26. Способ по п.25, при котором крышку прикрепляют к статору.

27. Способ по любому из пп.23-26, при котором перегородка между корпусом статора и фланцем установочного приспособления узла ступицы закрывает второй ротор.

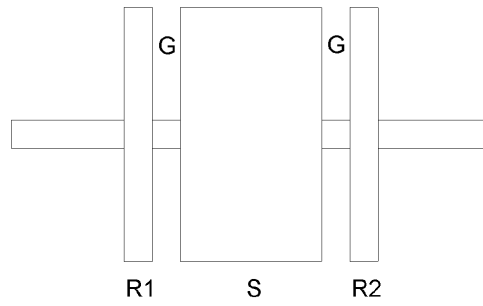
28. Способ по любому из пп.19-27, при котором, когда статор и первый и второй роторы установлены, статор располагается на одинаковом расстоянии от первого и второго роторов.

29. Способ по любому из пп.19-28, включающий установку машины на конструкции посредством фланца установочного приспособления.

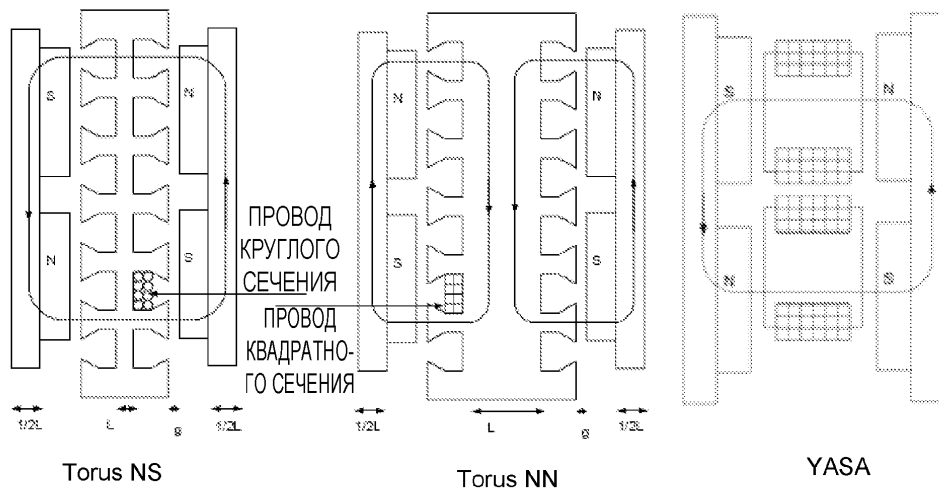
30. Способ по любому из пп.19-29, включающий установку оси или вала на вращающуюся ступицу или первый ротор.

1

1/9

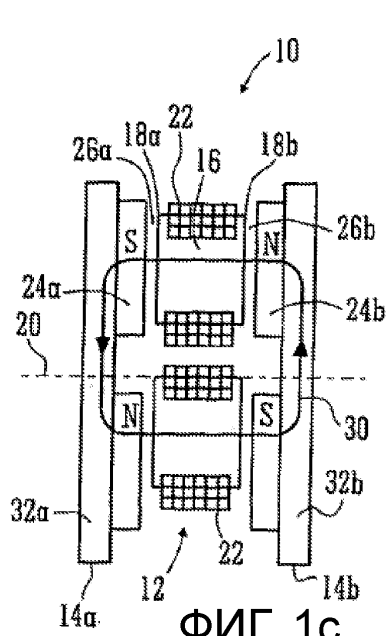


ФИГ. 1а

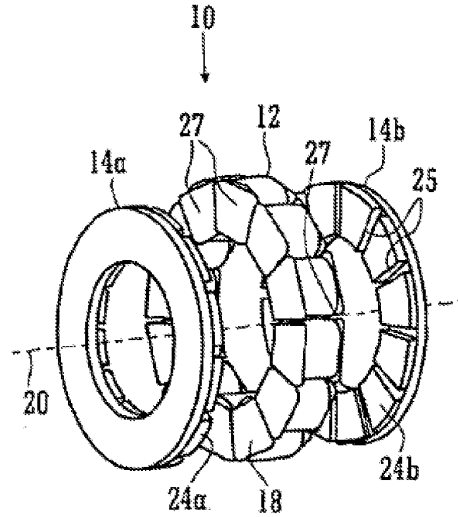


ФИГ. 1b

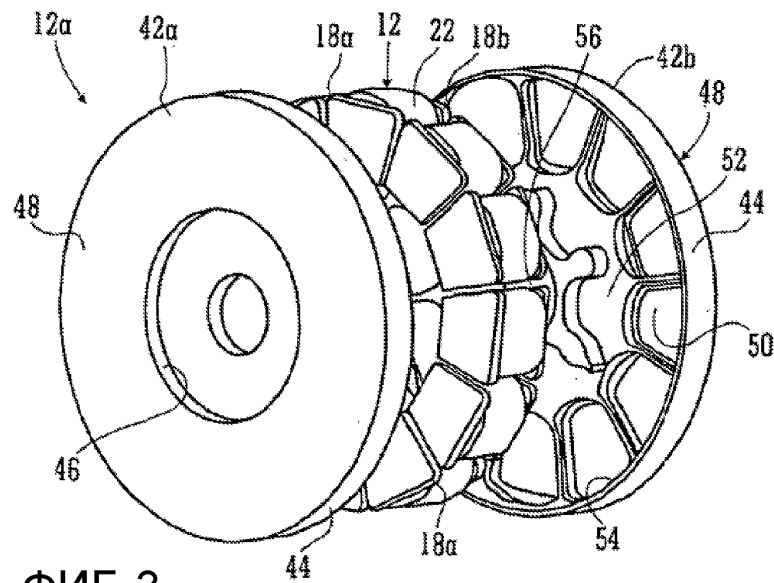
2



ФИГ. 1с
(УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ)

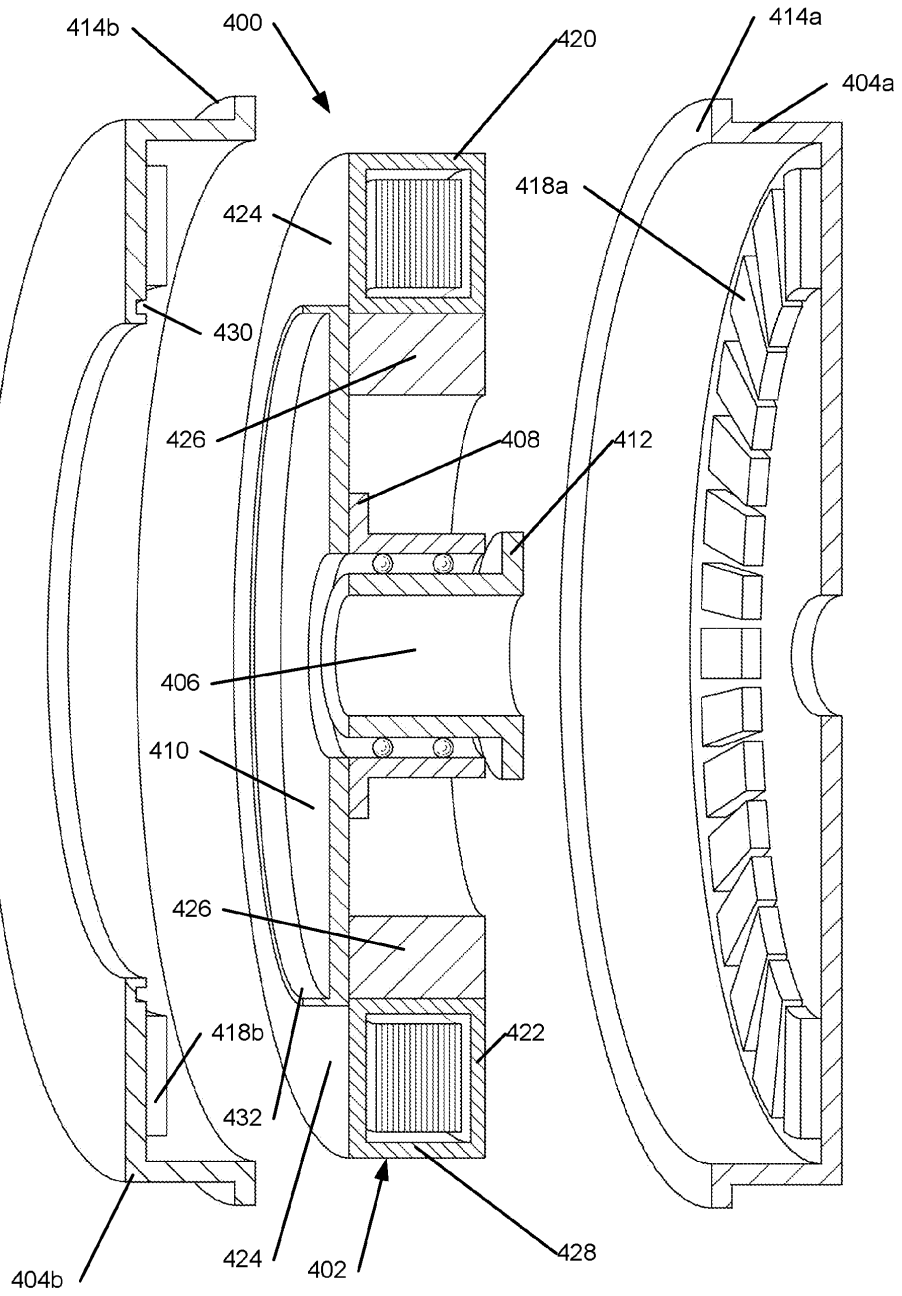


ФИГ. 2
(УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ)



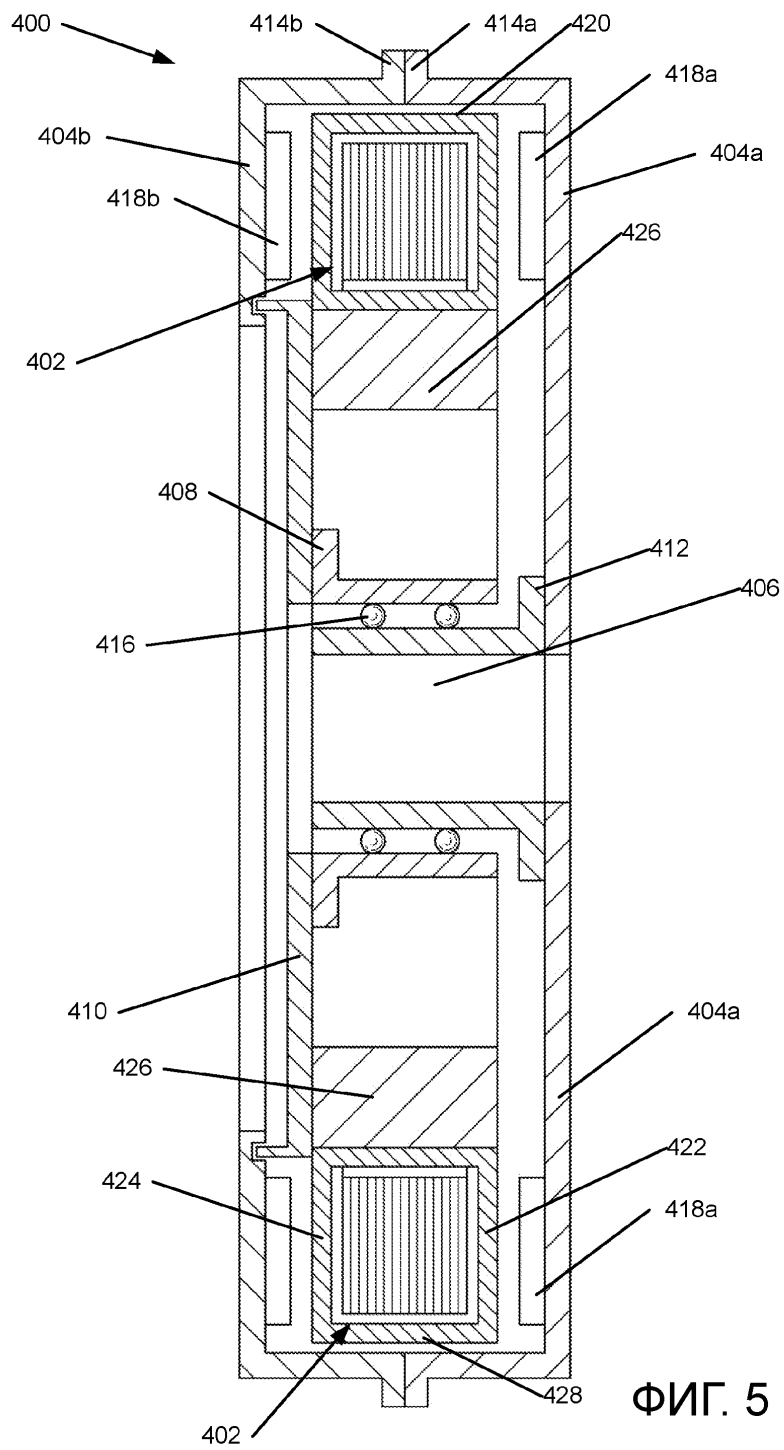
ФИГ. 3
(УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ)

3/9



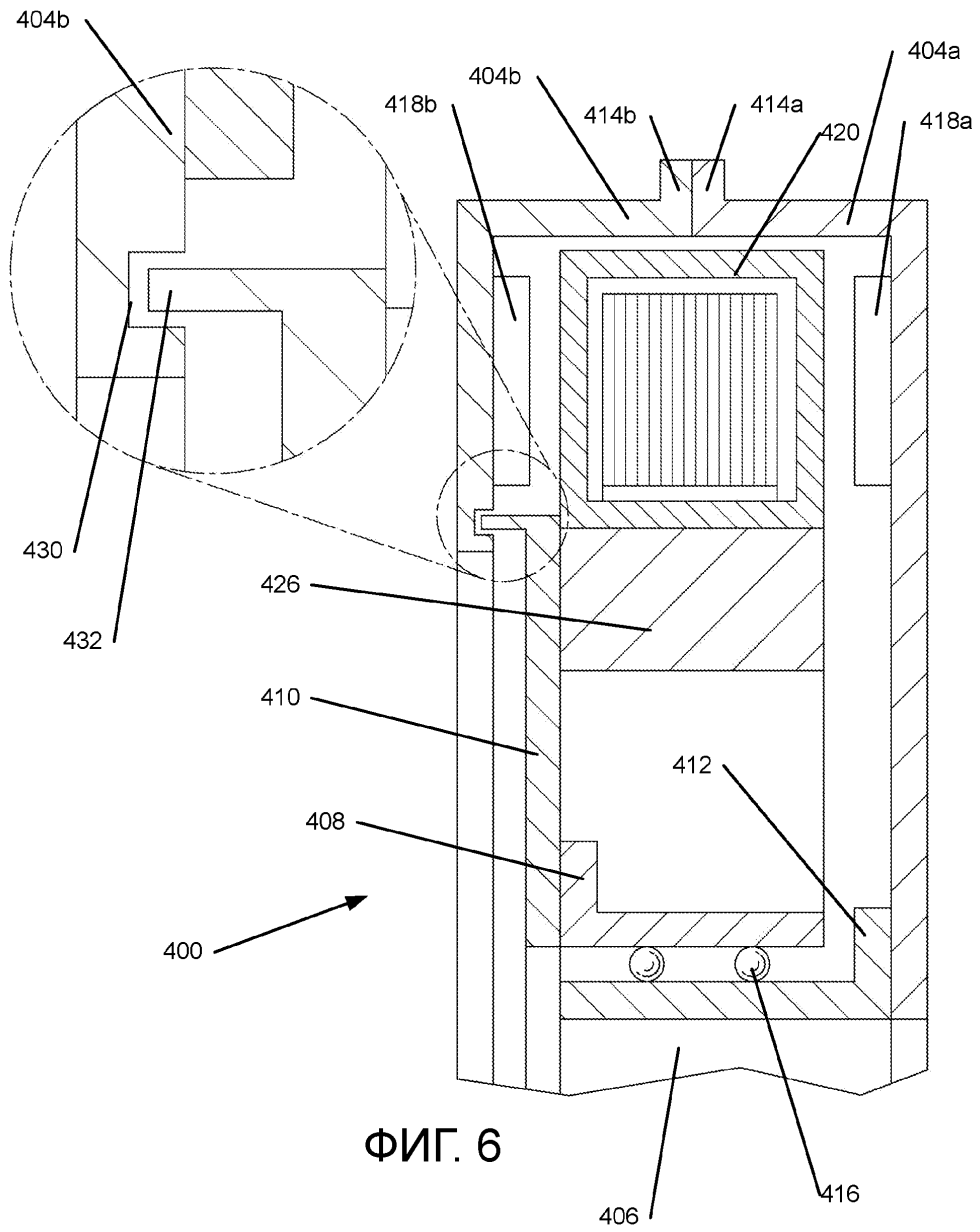
ФИГ. 4

4/9



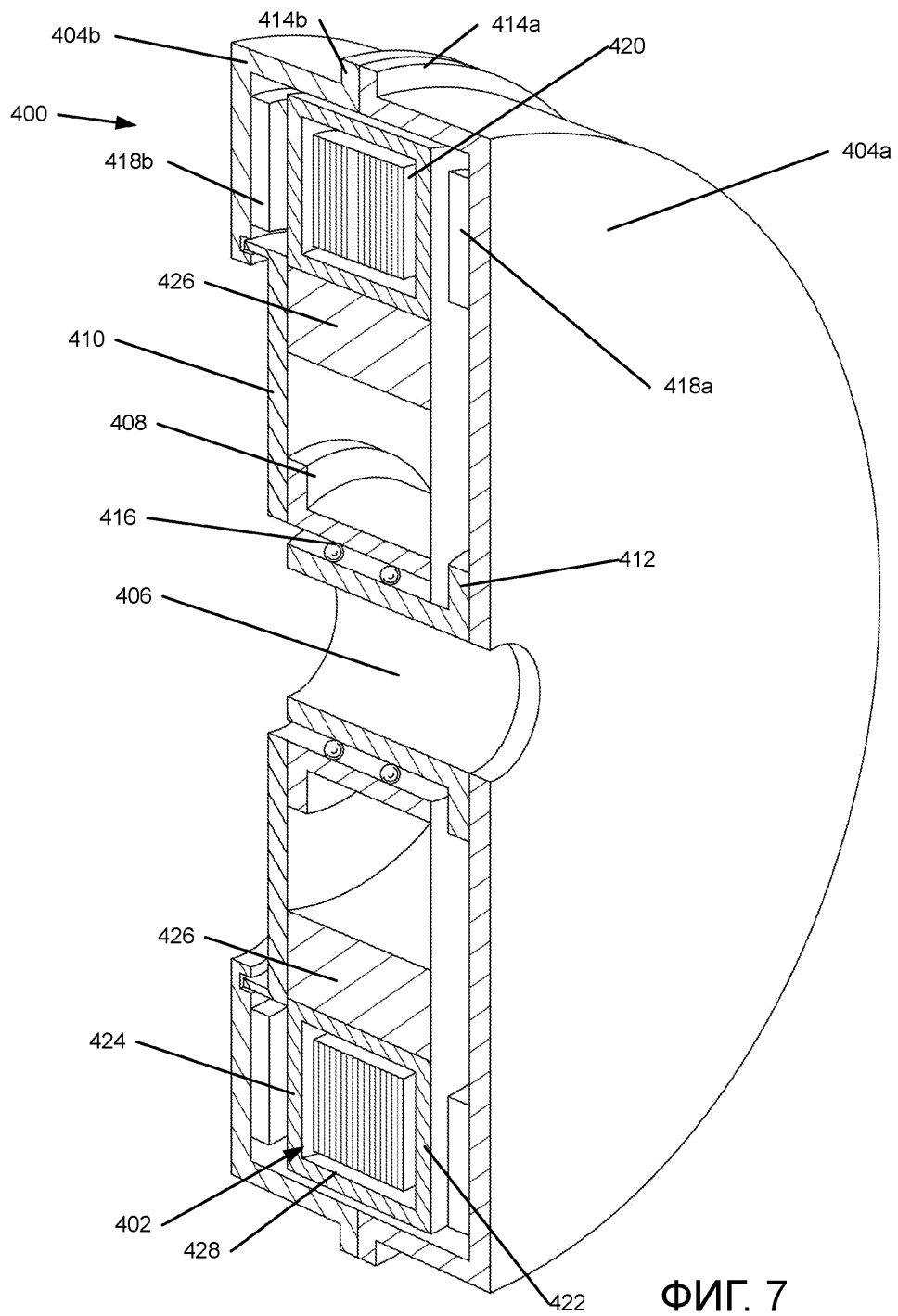
ФИГ. 5

5/9

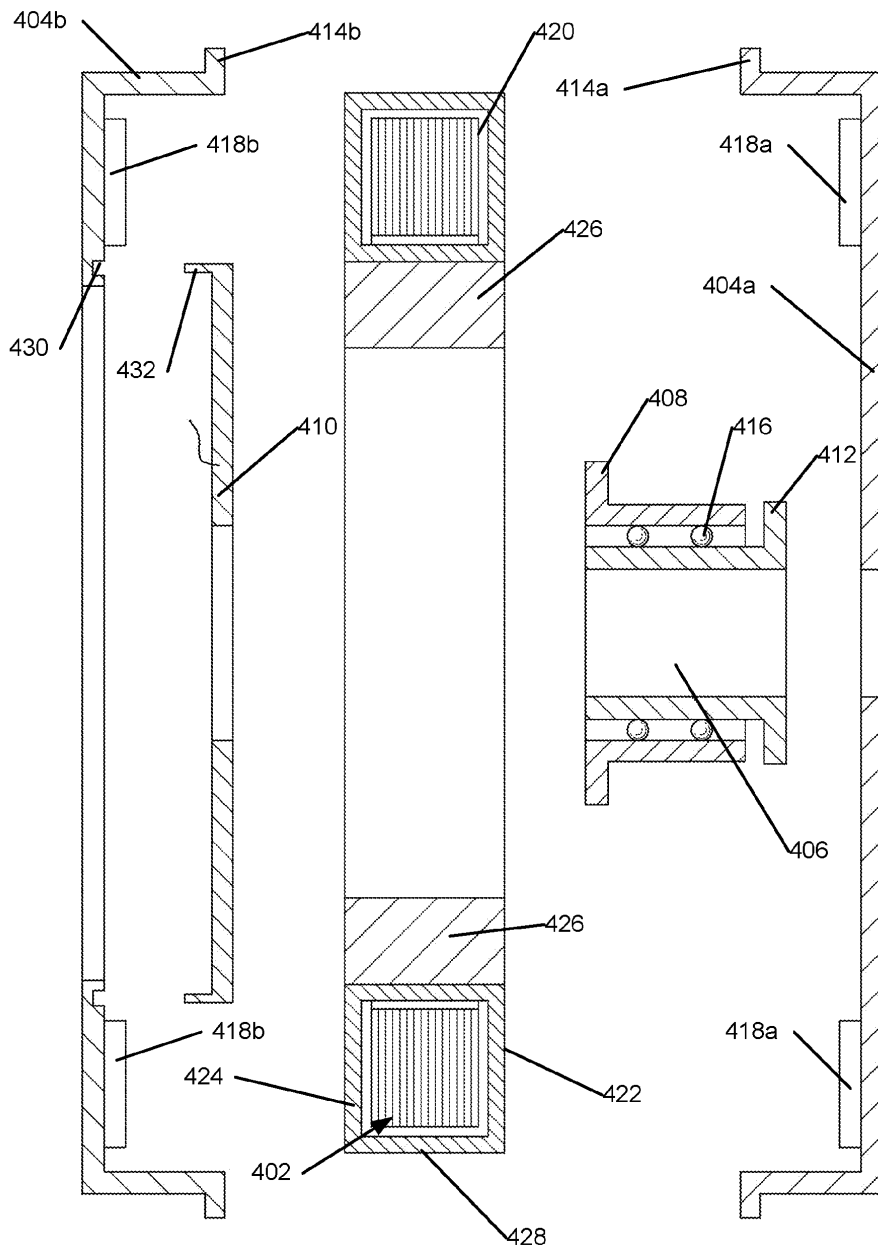


ФИГ. 6

6/9

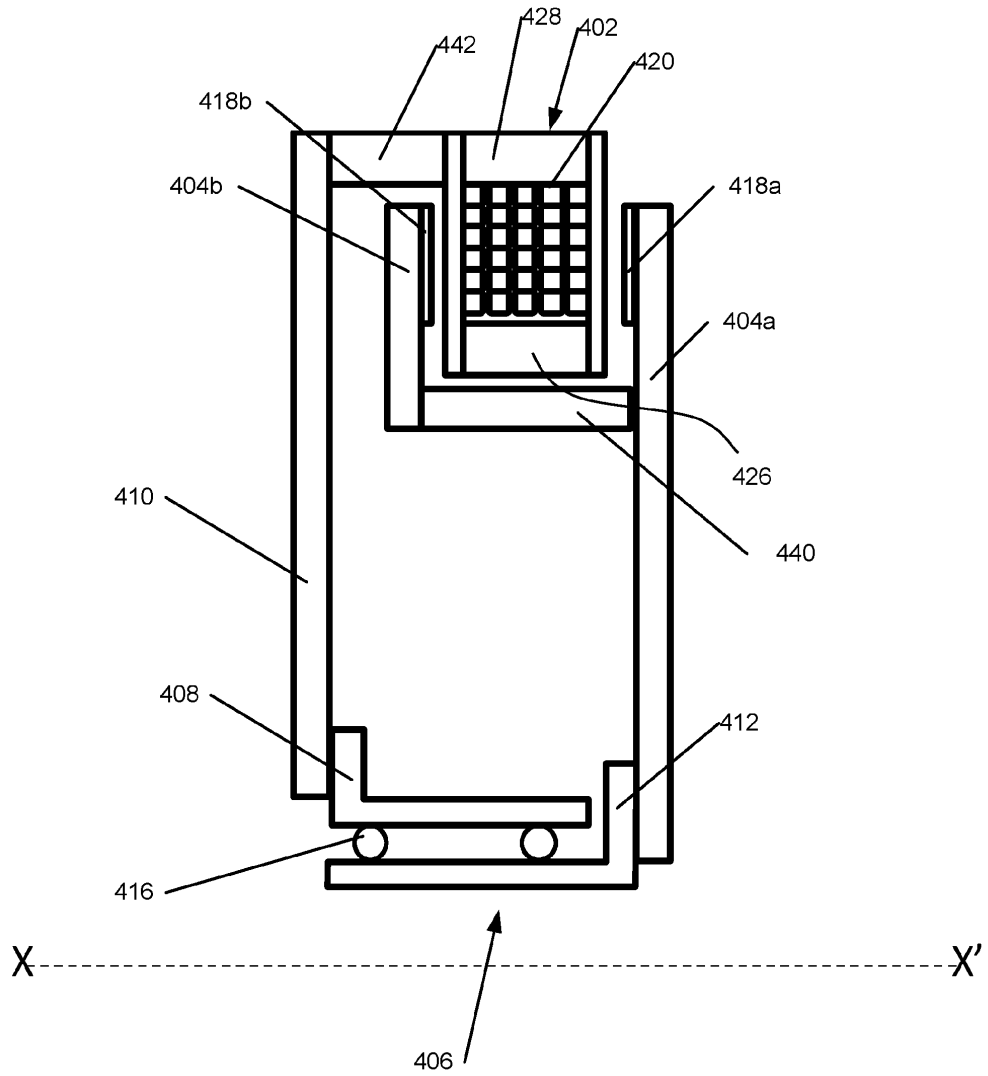


7/9



ФИГ. 8

8/9



ФИГ. 9

9/9

