



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H02K 1/20 (2017.08); H02K 3/24 (2017.08); H02K 9/22 (2017.08)

(21)(22) Заявка: 2015136221, 31.01.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.01.2014

Дата регистрации:  
06.04.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
31.01.2013 GB 1301758.7

(43) Дата публикации заявки: 07.03.2017 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 06.04.2018 Бюл. № 10

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 31.08.2015

(86) Заявка РСТ:  
GB 2014/050261 (31.01.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/118554 (07.08.2014)

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

(72) Автор(ы):

ВУЛМЕР Тимоти (GB),  
КУРТ Эндрю (GB),  
КИНГ Чарльз (GB),  
ИСТ Марк (GB),  
БАРКЕР Джон (GB)

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

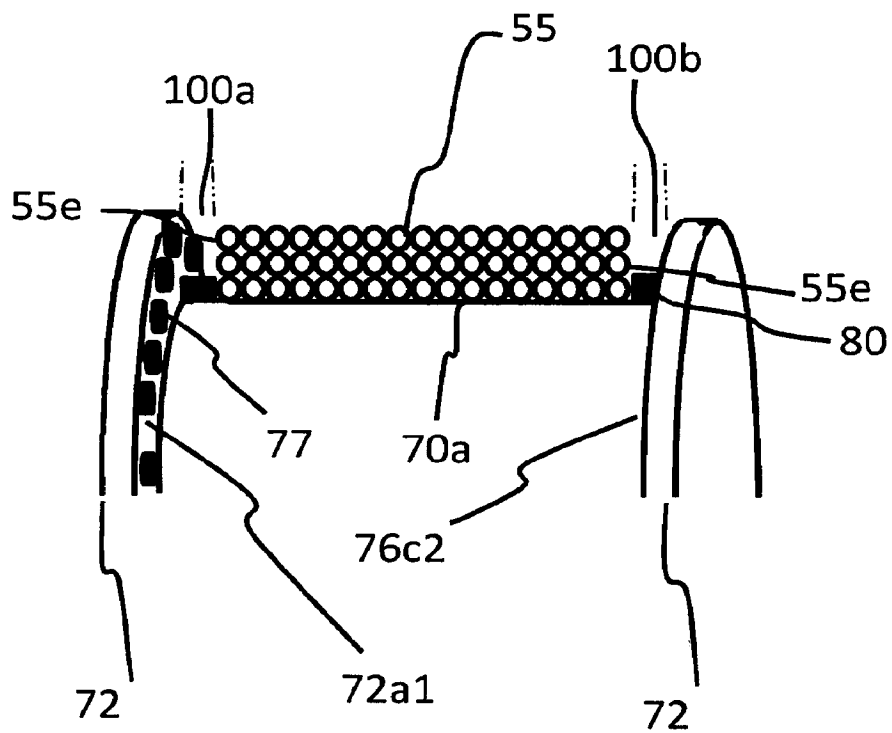
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: GB 2482928 A, 22.02.2012. US  
6707221 B2, 16.03.2004. US 2003151326 A1,  
14.08.2003. US 6707221 B2, 16.03.2004. RU  
2347311 C2, 20.02.2009. RU 2025869 C1,  
30.12.1994.

## (54) ОХЛАЖДАЮЩИЙ ЗАЗОР ПОЛЮСНОГО БАШМАКА ДЛЯ АКСИАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники. Технический результат – улучшение охлаждения полюсных башмаков. Двигатель с аксиальным потоком содержит один или более вращающихся дисков и статор, включающий полость, выполненную между стенками, и содержащий в ней более одного узла электромагнитных катушек. Каждый узел электромагнитных катушек содержит более одного полюсного элемента, каждый из которых имеет аксиально продолжающийся стержневой

участок, первый и второй радиально продолжающиеся концевые башмаки и одну или более соответствующих катушек. Каждая из указанных катушек намотана вокруг стержневого участка. Внешняя поверхность упомянутых концевых башмаков присоединена к одной или другой упомянутым стенкам. Указанные башмаки дополнительно содержат теплообменную поверхность, обращенную к катушке, намотанной вокруг стержня. 13 з.п. ф-лы, 10 ил.



ФИГ.3а



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*H02K 1/20* (2006.01)*H02K 3/24* (2006.01)*H02K 9/22* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H02K 1/20 (2017.08); H02K 3/24 (2017.08); H02K 9/22 (2017.08)*(21)(22) Application: **2015136221, 31.01.2014**(24) Effective date for property rights:  
**31.01.2014**Registration date:  
**06.04.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**31.01.2013 GB 1301758.7**(43) Application published: **07.03.2017** Bull. № 7(45) Date of publication: **06.04.2018** Bull. № 10(85) Commencement of national phase: **31.08.2015**(86) PCT application:  
**GB 2014/050261 (31.01.2014)**(87) PCT publication:  
**WO 2014/118554 (07.08.2014)**Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**VULMER Timoti (GB),  
KURT Endryu (GB),  
KING Charlz (GB),  
IST Mark (GB),  
BARKER Dzhon (GB)**

(73) Proprietor(s):

**YASA LIMITED (GB)**(54) **POLE SHOE COOLING GAP FOR AXIAL MOTOR**

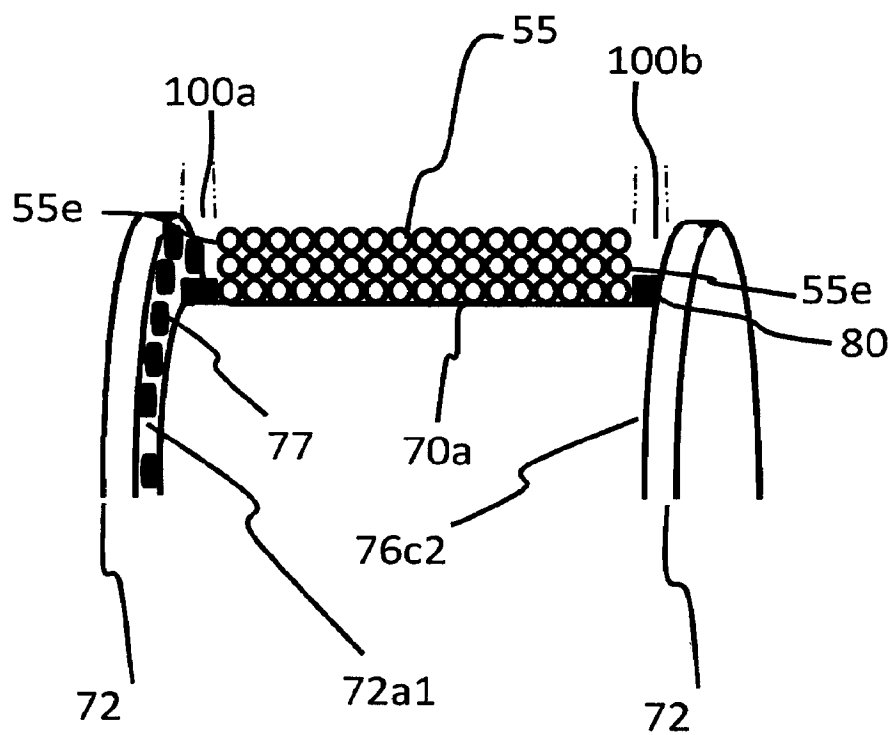
(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering. Axial flow motor comprises one or more rotating discs and a stator, including a cavity, formed between the walls, and containing more than one assembly of electromagnetic coils therein. Each electromagnetic coil assembly comprises more than one pole element, either of which has an axially extending

rod portion, a first and a second radially extending end shoe, and one or more corresponding coils. Each coil is wound around the core portion. Outer surface of said end shoes is attached to one or other of said walls. These shoes further comprise a heat exchange surface facing the coil wound around the rod.

EFFECT: improvement of the pole shoes cooling.  
14 cl, 10 dwg



ФИГ.3а

RU 2649972 C2

RU 2649972 C2

Настоящее изобретение относится к электрическим машинам и, в частности, но не исключительно, относится к электрическим двигателям или генераторам такого типа, который известен как Yokeless And Segmented Armature (YASA, безобмоточные и сегментированные якорные) двигатели или генераторы, в которых статор снабжен  
 5 электромагнитными катушками, намотанными на полюсные элементы, и ротор снабжен постоянными магнитами с возможностью взаимодействия с электромагнитными катушками через воздушный зазор между ротором и статором.

Электромагнитная катушка состоит из полюсного стержня и двух полюсных башмаков, которые установлены на каждом конце полюсного стержня. Полюсные  
 10 стержни удерживают соленоидные катушки, и полюсные башмаки служат двум целям: а) ограничивать соленоидные катушки на полюсном стержне, т.е. проволока намотана на полюсный стержень и содержится на нем с помощью полюсных башмаков, в которые упирается катушка проволоки, и б) для распределения магнитного потока от полюсного стержня через воздушный зазор между полюсным стержнем и магнитами на роторе и  
 15 тем самым понижения магнитного сопротивления через воздушный зазор. Композитная конструкция, состоящая из полюсного стержня, полюсных башмаков и соленоидной катушки, образует электромагнитную катушку.

В GB 2468018A, Oxford YASA Motors раскрывает машину, содержащую ряд катушек, намотанных вокруг полюсных элементов, разнесенных периферийно вокруг статора  
 20 и расположенных аксиально (т.е. параллельно оси вращения ротора). Ротор имеет две ступени, содержащие диски, снабженные постоянными магнитами, которые обращены к каждому концу каждой электромагнитной катушки статора.

В GB 2482928A, Oxford YASA Motors раскрывает конструкцию, подобную той, которая обсуждалась выше, но содержащую конструкцию с наформованным поверх корпусом,  
 25 которая выполнена с возможностью вмещения магнитов и катушек конструкции внутри формованного корпуса с возможностью удержания полюсных башмаков и, следовательно, электромагнитов, при этом участки корпуса продолжаются в зазор, который, в ином случае, может быть образован между катушками и концевыми поверхностями стержней статора, на которых установлены магниты.

В JP 2009142095 A, Sumitomo раскрывают конструкцию для охлаждения сердечника статора, на котором установлены магниты, которая содержит множество охлаждающих канавок, врезанных в поверхность концевых элементов стержней статора. Сами катушки  
 30 упираются в поверхности концевых элементов и между ними нет никакого зазора. Степень охлаждения, предусмотренная такой конструкцией, является ограниченной, поскольку будет недостаточно того, если имеет место какой-либо поток охлаждающей текучей среды через канавки и/или канавки размещены на ограниченных участках по периферии самих катушек.

Со ссылкой на фиг. 1, которая изображает схематичный чертеж сегментного якорного двигателя 1 с аксиальным потоком, электрический контур выполнен с возможностью  
 40 подачи электропитания на электромагнитные катушки 50 таким образом, чтобы их полярность была знакопеременной, тем самым заставляя катушки в разные времена выравниваться с разными магнитными парами, создавая крутящий момент, прикладываемый между ротором и статором. Роторы 10, в общем, соединены вместе (например, с помощью вала, не показан) и вращаются вместе вокруг оси X относительно  
 45 статора 20, который, в общем, фиксирован, например, в корпусе 20. Конструкция, изображенная на фиг. 1, показывает часть магнитного контура, размещенного смежно со стержнями статора и магнитными парами, при этом ротор 10 используется для соединения потока между задней частью каждого магнита 15, обращенной от

соответствующих катушек. Таким образом, путем надлежащего электропитания электромагнитных катушек ротор приводится во вращение вокруг оси X. Конечно, в случае генератора, вращение ротора включает в себя токи в катушке обмотки статора, в соответствии с изменением магнитного потока, индуцированного в стержнях статора по мере вращения роторов.

Электрические двигатели часто ограничены по мощности и крутящему моменту из-за температурных ограничений, наложенных на разные компоненты. Энергия теряется в обмотке проволоки в результате  $I^2R$  потерь, в полюсных стержнях и полюсных башмаках за счет вихревого тока и потерь на гистерезис. Для двухроторных, безобмоточных и сегментных якорных двигателей или генераторов с аксиальным потоком, электромагнитные катушки, как описано, установлены с распределением по часовой стрелке, удерживаются таким образом и прослоены посредством электрически изолирующих пластин статора, при этом пластины термически изолируют катушки и полюсные элементы от какого-либо существенного отвода теплоты.

Энергия, рассеянная в полюсных стержнях и полюсных башмаках из-за потерь на вихревые токи, снижается за счет использования мягкомагнитного композиционного материала, как описано в WO 2010/092403 A2, однако мягкомагнитный композиционный материал все еще подвержен потерям на гистерезис, допускающий примерно в 3 раза большие потери, чем слои кремнистой стали, и эти потери становятся значительными при высоких скоростях вращения и требованиях в отношении крутящего момента. Легкость формования полюсных стержней и башмаков в массовом производстве и почти нулевые потери на вихревые токи, что обеспечивает преимущество мягкомагнитного композиционного материала по сравнению с наслоениями кремнистой стали, несмотря на более высокие потери на гистерезис.

В силу вышесказанного, проблему с такими конструкциями составляет избыточное повышение температуры на полюсных элементах, обусловленное, в частности,

гистерезисом, и усугубленное кондуктивными  $I^2R$  потерями при работе двигателей с высокими скоростями вращения, и требованиями в отношении крутящего момента. Эти комбинированные потери способствуют выработке тепла на полюсных башмаках и, следовательно, повышению их температуры. Нормативы в отношении магнитной эффективности обычно требуют катушки с возможностью покрытия поверхности полюсных стержней и полюсных башмаков, и нет иной возможности отвода тепла с этих поверхностей, за исключением проводимости через слои проволоочной катушки. Для двухроторных, YASA двигателей или динамо машин с аксиальным магнитным потоком, внешние поверхности полюсных башмаков заключены в оболочку из полимера или смолы, которая используется для прикрепления полюсных элементов к статорным узлам. Из-за отсутствия воздушного охлаждения внешних поверхностей полюсных башмаков, как найдено для машин с вращающимися катушками с радиальным потоком, температура полюсных башмаков в YASA машинах может возрастать с возможностью нарушения теплопроводности через посредство катушек в отношении охлаждающей жидкости и, в результате, присоединение полюсных башмаков к статорным пластинам может быть термально нарушено и двигатели, сконструированные таким образом, являются ограниченными по мощности для удовлетворения этих тепловых ограничений.

Обычные методологии сфокусированы на охлаждении катушек, поскольку это основной источник генерации тепла в динамоэлектрических машинах. Для преодоления генерации тепла в катушках двигателя, GB 626823 описывает катушки больших внутренних размеров, чем полюс, к которому они применены, с кольцевым зазором, выполненным с возможностью позволения прохода воздуха над внутренним краем

катушки при использовании, причем воздух затем проходит через пазовые или канальные изолирующие элементы на концах катушки. Этот подход предусматривает охлаждение провода катушки, но при этом снижает генерацию магнитного потока на полюсах, создавая меньший крутящий момент и мощность, чем, если катушки намотаны 5 плотно на полюсных стержнях; признак, предложенный в настоящем изобретении. Изолирующие пазовые элементы или элементы с каналами, которые поддерживают катушки, предложенные согласно GB 626823, также предотвращают охлаждение полюсных концевых элементов (башмаков); основная цель настоящего изобретения.

GB 2468018 ссылается на YASA двигатель, в котором охлаждающая текучая среда 10 приводится в движение между статорными катушками, отклоняется таким образом с помощью блокирующих элементов, выполненных с возможностью инициирования протекания охлаждающей текучей среды поочередно назад и вперед между катушками, тем самым отводя тепло. Хотя значительно более эффективная, чем обычные технологии, эта идея направлена на отведение тепла от катушек, и полюсные башмаки 15 остаются термоизолированными, будучи покрытые, с одной стороны, полимерным или адгезивным соединением со статорными пластинами и, с другой стороны, катушками проволоки. Таким образом, полюсные башмаки могут обеспечивать повышение температуры до уровней, превышающих допустимые.

US 3633054 направлен на охлаждение полюсных башмаков и представляет 20 конструкцию для динамоэлектрической машины с полюсами, обеспеченными элементами в виде ножек, в которой бронзовые кольца с охлаждающими каналами размещены в непосредственном контакте с полюсными башмаками, тем самым отводящими тепло от башмаков. Этот подход не применим к синхронным машинам с аксиальным потоком, поскольку проводящие кольца генерируют потери на вихревые токи, которые мешают 25 работе двигателя. Настоящее изобретение предлагает жидкий хладагент в непосредственном контакте с внутренними поверхностями полюсных башмаков из мягкомагнитного композиционного материала, что является значительным улучшением в отношении отвода тепла, по сравнению с US 3633054, который обеспечивает промежуточный охлажденный металлический канал. Настоящее изобретение не требует 30 никаких дополнительно созданных компонентов, таким образом, сводя к минимуму затраты и объем двигателей, и значительно улучшает отвод тепла, при этом избегая потери на вихревые токи.

Следовательно, целью настоящего изобретения является охлаждение полюсных башмаков в двухроторных, безобмоточных и сегментных якорных двигателях или 35 генераторах с аксиальным потоком за счет создания зазоров между катушками и полюсными башмаками с тем, чтобы охлаждающая жидкость сталкивалась с полюсными башмаками и обеспечивала улучшенный перенос тепла от полюсных башмаков к хладагенту, в то же время позволяя катушкам быть плотно намотанными на полюсные стержни, таким образом, доводя до максимума генерацию магнитного потока.

Согласно аспекту настоящего изобретения, обеспечен двигатель с аксиальным 40 потоком, содержащий: один или более вращающихся дисков; статор, имеющий полость, выполненную между стенками и содержащий в ней более одного узла электромагнитных катушек, содержащего более одного полюсного элемента, каждый из которых имеет аксиально продолжающийся стержневой участок; первый и второй радиально 45 продолжающиеся концевые башмаки на концах упомянутых одного или более стержневых участков; и одну или более катушек, каждая из которых намотана вокруг стержневого участка, при этом упомянутые концевые башмаки включают в себя одну или более внешних поверхностей, одна или более из которых присоединены к одной

или другой упомянутым стенкам; один или оба из упомянутых первого или второго башмаков дополнительно содержат теплообменную поверхность, обращенную к катушке для образования одного или более первых охлаждающих каналов между одной или обеими из упомянутой теплообменной поверхностью и упомянутой катушкой; и  
5 двигатель дополнительно включает в себя второй потоковый канал, образованный промежутком между упомянутой катушкой и смежными катушками.

Предпочтительно, что каждая из упомянутых теплообменных поверхностей отделена промежутком от упомянутой катушки для образования первого и второго охлаждающих каналов между каждой теплообменной поверхностью и упомянутой катушкой.

10 Предпочтительно, что упомянутые катушки отделены промежутком от одной или более теплообменных поверхностей с помощью разделителя. Упомянутый разделитель предпочтительно имеет размер с возможностью обеспечения доступа к упомянутым теплообменным поверхностям, при этом доводя до максимума удельную мощность двигателя. Предпочтительно, что упомянутый разделитель содержит выступ на  
15 упомянутом стержневом участке или отдельное кольцо, расположенное вокруг стержневого участка. В качестве альтернативы, упомянутая катушка содержит конусную катушку, имеющую основание более широкое, чем ее верхняя часть, и в которой упомянутое основание продолжается вдоль большей длины упомянутого стержневого участка, чем упомянутая верхняя часть, для образования сужающегося охлаждающего  
20 канала. Более предпочтительно, что упомянутая конусная катушка будет открывать по меньшей мере около 75% от упомянутой теплообменной поверхности полюсного башмака с возможностью доведения до максимума доступа хладагента и магнитных свойств.

Поскольку теплообмен максимизирован за счет доведения до максимума  
25 поверхностей в контакте с турбулентным потоком хладагента, предпочтительно, что упомянутая теплообменная поверхность включает в себя один или более генераторов турбулентности внутри одного или более охлаждающих каналов. Предпочтительно, что упомянутые генераторы турбулентности содержат фиксаторы или выступы на одной или более из упомянутых одной или более теплообменных поверхностей.  
30 Упомянутые фиксаторы или выступы как увеличивают площадь поверхности упомянутой теплообменной поверхности, так и способствуют турбулентному потоку хладагента.

В особо предпочтительной конструкции, машина включает в себя бобину, и упомянутая катушка установлена на и вокруг упомянутой бобины.

35 Предпочтительно, что бобина может включать в себя одно или более разделителей с возможностью отделения промежутком упомянутой катушки от одной или другой или обеих теплообменных поверхностей.

Предпочтительно, что бобина дополнительно включает в себя одно или более дополнительных разделителей с возможностью отделения промежутком упомянутой  
40 катушки от самой бобины, образуя один или более внутренних охлаждающих путей между бобиной и концевой поверхностью или поверхностями катушки.

Предпочтительно, что упомянутая бобина является электрически изолирующей или выполнена или покрыта электрически изолирующим материалом.

Предпочтительно, что упомянутая бобина включает в себя внутренность,  
45 конфигурированную с возможностью установки вокруг полюсного элемента.

Предпочтительно, что упомянутый один или более первых охлаждающих каналов соединены со вторым охлаждающим каналом.

Предпочтительно, что двигатель с аксиальным потоком включает в себя средство



подачи жидкого хладагента для направления жидкого хладагента в один или более из одного или более охлаждающих каналов с возможностью охлаждения башмаков, связанных с ними, при этом предпочтительно, если скорость потока хладагента обеспечивает генерацию турбулентности в предусмотренных потоковых каналах.

5 Для сегментных якорных двигателей с аксиальным потоком настоящего изобретения, в которых упомянутые сегментные якоря являются теплоизолированными и соответствующие полюсные башмаки могут обеспечивать повышение температуры с возможностью нарушения приклеивания к статорным пластинам, решения, предложенные настоящим изобретением, обеспечивают отвод тепла от полюсных  
10 башмаков, тем самым понижая рост температуры на упомянутых полюсных башмаках для данной входной мощности, этим самым обеспечивая увеличенную выходную мощность, причем сохраняя целостность присоединения полюсных башмаков к статорным пластинам, при этом упомянутый улучшенный отвод тепла предусматривается за счет улучшенного теплообмена с охлаждающей текучей средой,  
15 достигаемый посредством образованных путей потока для охлаждающей текучей среды, конструктивных особенностей теплообменной поверхности на внутренних поверхностях полюсных башмаков для инициирования турбулентного потока и, таким образом, доведения до максимума передачи тепла от внутренних поверхностей полюсных башмаков к охлаждающей текучей среде.

20 Далее настоящее изобретение будет описано более подробно, только для примера, со ссылкой на сопроводительные чертежи, в которых:

Фиг. 1 представляет собой схематичный вид катушек, статора и магнитной конструкции в двигателе с аксиальным потоком.

Фиг. 2a представляет собой схематичный вид полюсного элемента, изображающий  
25 полюсный стержень и полюсные башмаки.

Фиг. 2b представляет собой схематичный вид полюсного элемента с катушкой проволоки, показывающий зазоры между полюсными башмаками и концами катушки и разделители, используемые для инициации зазоров.

Фиг. 3a представляет собой схематичный вид полюсного элемента с прямоугольной катушкой, показывающий внутреннюю поверхность полюсного башмака с разделителем  
30 и конструктивными особенностями для создания турбулентности в охлаждающей текучей среде.

Фиг. 3b представляет собой схематичный вид полюсного элемента с трапецевидной катушкой, показывающий внутреннюю поверхность полюсного башмака с разделителем  
35 и конструктивными особенностями для создания турбулентности в охлаждающей текучей среде.

Фиг. 4a представляет собой схематичный вид, показывающий распределение полюсных элементов на статорной пластине.

Фиг. 4b представляет собой схематичный вид сечения по двум электромагнитным катушкам, т.е. полюсные элементы с соответствующими прямоугольными катушками с проволокой, показывающий "Г"-траекторию перемещения для хладагента.

Фиг. 4c представляет собой схематичный вид сечения по двум электромагнитным трапецевидным катушкам, т.е. полюсные элементы с соответствующими катушками с проволокой, показывающий "Г"-траекторию перемещения для хладагента.

45 Фиг. 5a представляет собой схематичный разрез еще другой конструкции, включающей в себя бобину, на которую намотаны катушки и которая также может выполнять функцию разделителя.

Фиг. 5b представляет собой вид в местном разрезе бобины согласно фиг. 5a.

Со ссылкой на фиг. 1, статор в двухроторном, безобмоточном и секционированном  
 арматурном двигателе выполнен из нескольких электромагнитных катушек 50, каждая  
 из которых содержит полюсный элемент 60 и соответствующую катушку 55, которые  
 распределены по часовой стрелке внутри полости 30 со стенками 40a и 40b полости, и  
 катушки 55 скреплены вместе проволокой и питаются посредством внешнего источника  
 5 энергопитания (не показан) такого, в котором магнитное поле создается за счет  
 вращения вокруг катушек. Взаимодействие с каждым концом электромагнитных катушек  
 обеспечивают несколько постоянных магнитов 15, установленных с распределением  
 по часовой стрелке в роторах 10. Магниты и, следовательно, роторы приводятся в  
 10 движение от одного полюсного положения к другому посредством вращающегося  
 электромагнитного поля, при этом ротор 10 поворачивается вокруг оси X. Полость 30  
 статора содержит жидкий хладагент, который заставляют циркулировать между  
 электромагнитными катушками, тем самым отводя тепло и передавая его наружным  
 образом на двигатель и, таким образом, на радиатор (не показан). Средство 18  
 15 циркуляции, показанное схематично в виде стрелки 18 в чертежах, может быть  
 предусмотрено для этой цели.

Фиг. 2a представляет собой схематичный вид полюсного элемента 60, который  
 образует сердечник электромагнитной катушки в двигателях настоящего изобретения.  
 Полюсный элемент 60, отличающийся тем, что имеет полюсный стержень 70a и  
 20 полюсные башмаки 72a и 72b, которые размещены на каждом конце полюсного стержня  
 70a, при этом высота между краем полюсного башмака и полюсным стержнем является  
 H1. Следует понимать, что башмаки 72 могут быть выполнены цельно или отдельно в  
 отношении стержня 70a.

Со ссылкой на фиг. 2b, полюсные стержни 70a удерживают соленоидные катушки  
 25 55, которые могут быть изготовлены из проволоки 55a любого сечения, подходящего  
 для прохождения достаточного тока с возможностью передачи требуемой мощности,  
 при этом проволока 55a намотана плотно на полюсный стержень 70a, поэтому между  
 катушкой 55 проволоки и полюсным стержнем 70a нет воздушного зазора. Проволока  
 обычно будет иметь изолирующее покрытие (не показано) и может быть дополнительно  
 30 изолирована от полюсного стержня. На каждом конце катушки между концами 55e  
 катушки и внутренними поверхностями 76c1, 76c2 полюсных башмаков образован  
 воздушный зазор 100a, 100b. Зазор, иницируемый посредством одного или более  
 разделителей (дистанционирующих устройств) 80, выполненный в процессе изготовления  
 полюсных стержней, или они могут быть добавлены перед намоткой. Обычно,  
 35 разделители 80 направляют первый слой и, если добавляется второй слой проволоки,  
 он следует за первым, тем самым сохраняя воздушный зазор. Внешние поверхности 75  
 полюсных башмаков ограничены пластинами 40a и 40b статора. Показаны внутренние  
 и внешние периферийные стенки в отношении корпуса статора. Катушка 50 имеет  
 высоту H2. Для двигателя заданного размера специалисты в данной области техники  
 40 будут понимать, что имеется ограничение на размер полюсных башмаков, и,  
 следовательно, ограничение на высоту H1 полюсного стержня и высоту H2 катушки  
 для возможности достижения результата магнитного поля и все еще соответствия  
 распределению по часовой стрелке.

Фиг. 3a изображает часть полюсного элемента с полюсными башмаками 72a и 72b  
 45 и полюсным стержнем 70a. Разделители 80 использованы для инициации и поддержания  
 зазоров 100a и 100b между полюсными башмаками и прямоугольной катушкой 55 из  
 проволоки, намотанной на полюсный стержень 70a. Для улучшения переноса теплоты  
 на внутренних поверхностях 76c1 и 76c2 полюсных башмаков выполнены выступы или

выемки 77. Такие конструктивные особенности экономично выполняются во время изготовления полюсных элементов из мягкомагнитного композиционного материала.

Фиг. 3b изображает часть полюсного элемента с полюсными башмаками 72a и 72b и полюсным стержнем 70a. Разделители 80 использованы для инициации и поддержания трапецевидных зазоров 100a и 100b между полюсными башмаками и трапецевидной катушкой из проволоки, намотанной на полюсный стержень 70a. Для улучшения переноса теплоты на внутренних поверхностях 76c1 и 76c2 полюсных башмаков выполнены выступы или выемки 77. Такие конструктивные особенности экономично выполняются во время изготовления полюсных элементов из мягкомагнитного композиционного материала.

Фиг. 4a представляет собой схематичный вид, показывающий распределение по часовой стрелке полюсных элементов 60 на пластине 40a статора, каковая пластина образует часть полости, которая содержит охлаждающую текучую среду. Противоположная пластина статора, внутренняя и внешняя стенки (все не показаны) образуют остальные стеновые компоненты полости.

Фиг. 4b представляет собой сечение A-A' по двум полюсным элементам 60 и их соответствующим катушкам 55. Полюсные элементы 60 ограничены пластинами 40a,b статора посредством слоя, который не показан. Две смежные электромагнитные катушки, содержащие полюсные элементы 60, и катушки 55 образуют "Г" секционный путь потока текучей среды, содержащий примерно параллельную стеновую секцию 110 между катушками и зазоры 100 между внутренними поверхностями полюсных башмаков и концами катушек.

Фиг. 4c представляет собой сечение A-A' по двум полюсным элементам 60 и их соответствующим катушкам 55. Полюсные элементы 60 ограничены пластинами 40a, 40b статора посредством слоя, который не показан. Две смежные электромагнитные катушки, содержащие полюсные элементы 60, и катушки 55 образуют "Г" секционный путь потока текучей среды, содержащий примерно параллельную стеновую секцию 110 между катушками и трапецевидные зазоры 100 между внутренними поверхностями полюсных башмаков и концами катушек. Стеновая секция 110 эффективно обеспечивает второй или радиальный потоковый канал 100c для позволения прохода охлаждающей текучей среды между катушками 55. Зазоры 100a, 100b предпочтительно соединены для целей протекания в потоковый канал 100c с возможностью позволения усиленного потока охлаждающей текучей среды через сложные проходы, образованные зазорами 100a и 100b и траекторией 100c потока.

Фиг. 5a представляет собой вид в разрезе альтернативной конструкции разделителя 80 и катушечной конструкции, показанной в окрестности стержня 70a и поверхностей 72a1 и 72b1, обращенных внутрь. Изолирующее покрытие (не показано) на проволоках 55a может быть увеличено за счет дополнительного изолятора и это может принимать форму бобины 200, которая может быть выполнена из изолирующего материала и которая также может иметь встроенные разделительные элементы 210, и это разделяет промежутком бобину 200 от внутренних поверхностей 72a1 и 72b1, тем самым позволяет охлаждающей среде доступ к этим поверхностям способом, подобным обсуждаемому в отношении предыдущих чертежей. Предпочтительно, что бобина 200 включает в себя внутренний участок 202, конфигурированный с возможностью установки вокруг полюсного элемента 60 с тем, чтобы частично или полностью окружать его, такая конструкция будет позволять катушкам, подлежащим предварительной сборке на бобине 200 перед размещением в полюсном элементе, и может позволять бобине 200 становиться каркасом, вокруг которого наматывается проволока 55. Если требуется,

бобина 200 также может содержать другие разделительные элементы 230 для разделения промежутком катушки 55 от бобины, как таковой, и тем самым также обеспечивать один или более внутренних охлаждающих путь(ей) 100d, 100e в отношении концевых поверхностей 55e катушки. Бобина 200 может служить носителем катушки 55 и может в комбинации с катушкой образовывать подузел, который должен быть собран на стержне 70a во время процесса изготовления. Электрически изолирующий конструктивный элемент 220 может быть предусмотрен и действует с возможностью обеспечения изоляционного барьера в зависимости от используемого напряжения. Особое преимущество, обеспеченное каждым конструктивным элементом бобины, может быть принято индивидуально или в комбинации с каждым другим для содействия цели настоящего изобретения, которое обеспечивает доступ протекающей охлаждающей среды к поверхностям 72a1, 72b1 полюсного башмака и, таким образом, улучшения охлаждения всей конструкции. Разделительные элементы (разделители) 210 и 230 могут представлять собой периферийные или локально дискретные выступы и таким образом обеспечивать турбулентность для текучей среды, проходящей через полюсный башмак и смежные поверхности.

Следует понимать, что вышеизложенная конструкция обеспечивает значительный участок полной площади поверхности теплообменных поверхностей 72a1, 72b1 и внешней поверхности 55c катушки, которая должна подвергаться воздействию потока охлаждающей текучей среды, проходящей через охлаждающий канал или каналы 100a, 100b. Следует также понимать, что теплообменные поверхности могут быть в общем плоскими, а не желобчатыми, но также могут быть снабжены дискретными фиксаторами или выемками, показанными на 77, для создания потока какого-либо хладагента, проходящего выше, который должен быть распределен и стать более турбулентным, поскольку такое движение может больше усиливать эффект охлаждения. За счет разделения промежутком катушки 55 от разделителя 80 и образования вторичного охлаждающего канала 100d, 100e возможно усиление, еще больше, общего охлаждающего эффекта. Также следует понимать, что зазоры или каналы 100a, 100b и 100c будут продолжаться по всей периферии катушки 55, но в разных местах и, таким образом, будут обуславливать охлаждение катушки 55 и теплообменных поверхностей 72a1, 72b1 по большему периметру и по большей контактной площади, чем может быть достигнуто иным способом без разделителя или, чем имеет место в конструкциях известного уровня техники. Кроме того, следует понимать, что за счет связи одного или более первых охлаждающих каналов 100a, 100b с соответствующим радиальным охлаждающим каналом 100c между самими катушками 55, можно обеспечивать, чтобы охлаждающая текучая среда более легко циркулировала, и мертвые зоны или с отсутствием или уменьшенным потоком в относительно ограниченных площадях потока в каналах 100a, 100b были снижены или совсем избегались.

Настоящее изобретение предусматривает, что жидкий хладагент может находиться в непосредственном контакте с внутренними поверхностями полюсного башмака из мягкомагнитного композиционного материала, который представляет значительное улучшение отвода тела в отношении US 3633054, чем идеи о промежуточном охлажденном металлическом канале. Настоящее изобретение не требует дополнительно созданных компонентов, таким образом, сводя к минимуму затраты и объем двигателей и значительно улучшая отвод тепла, при этом избегая потери на вихревые токи.

Следует понимать, что индивидуальные элементы, описанные выше, могут быть использованы как таковые или в комбинации с другими элементами, показанными на чертежах или описанными в описании, и что элементы, упомянутые в таком же канале,

как в любом другом, или такой же чертеж, как любой другой, необязательно должен быть использован в комбинации с любым другим. Кроме того, выражение "средство" может быть заменено приводным средством или системой или приспособлением, которое может быть желательным. В дополнение, любая ссылка на термины "содержащий" или "состоящий" в любом случае не предназначена, никоим образом, для ограничения, и, следовательно, читатель должен интерпретировать описание и формулу изобретения. Кроме того, хотя настоящее изобретение описано в терминах предпочтительных вариантов осуществления, как изложено выше, следует понимать, что эти варианты осуществления являются лишь иллюстративными. Специалисты в данной области техники смогут выполнить модификации и альтернативы с учетом раскрытия, которые предполагаются, как входящие в объем приложенной формулы изобретения.

#### (57) Формула изобретения

1. Двигатель (1) с аксиальным потоком, содержащий:
  - один или более вращающихся дисков (10);
  - статор (20), имеющий полость (30), выполненную между стенками (40a, 40b), и содержащий в ней более одного узла (50) электромагнитных катушек, содержащего более одного полюсного элемента (60), каждый из которых имеет аксиально продолжающийся стержневой участок (70a);
  - первый и второй радиально продолжающиеся концевые башмаки (72) на концах упомянутого одного или более стержневых участков (70a); и
  - одну или более катушек (55), каждая из которых намотана вокруг стержневого участка (70a),
  - при этом: упомянутые концевые башмаки (72) включают в себя одну или более внешних поверхностей (75), одна или более из которых присоединены к одной или другой упомянутым стенкам (40a, 40b);
  - один или оба из упомянутых первого или второго башмаков (72) дополнительно содержат теплообменную поверхность (72a1, 72b1), обращенную к катушке (55), для образования одного или более первых охлаждающих каналов (100a, 100b) между одной или обеими из упомянутой теплообменной поверхности (72a1, 72b1) и упомянутой катушки (55); и
  - двигатель (1) дополнительно включает в себя второй охлаждающий канал (100c), образованный промежутком между упомянутой катушкой (55) и смежными катушками (55).
2. Двигатель с аксиальным потоком по п.1, в котором каждая из упомянутых теплообменных поверхностей (72a1, 72b1) отделена промежутком от упомянутой катушки (55) для образования упомянутых первого и второго охлаждающих каналов (100a, 200b) между каждой теплообменной поверхностью (72a1, 72b1) и упомянутой катушкой.
3. Двигатель с аксиальным потоком по п.1, в котором упомянутые катушки (55) отделены промежутком от одной или более упомянутых теплообменных поверхностей (72a1, 72b1) посредством разделителя (80).
4. Двигатель с аксиальным потоком по п.1, в котором упомянутая катушка содержит конусную катушку (55), имеющую основание шире, чем ее верхняя часть, при этом упомянутое основание продолжается вдоль большей длины упомянутого стержневого участка (70a), чем упомянутая верхняя часть (90), для образования сужающегося охлаждающего канала (100a, 100b).
5. Двигатель с аксиальным потоком по п.3, в котором упомянутый разделитель (80)

содержит выступ на упомянутом стержневом участке (70a).

6. Двигатель с аксиальным потоком по любому из пп.1-5, дополнительно включающий в себя один или более генераторов (77) турбулентности внутри одного или более охлаждающих каналов (100a, 100b).

5 7. Двигатель с аксиальным потоком по п.6, в котором упомянутые один или более генераторов (77) турбулентности содержат фиксаторы (77) на одной или более из упомянутой одной или более теплообменных поверхностей (72a1, 72b1).

8. Двигатель с аксиальным потоком по п.1, дополнительно включающий в себя бобину (200), при этом упомянутая катушка (55) установлена на упомянутой бобине  
10 (200) и вокруг нее.

9. Двигатель с аксиальным потоком по п.8, в котором упомянутая бобина (200) включает в себя один или более разделителей (210) для отделения промежутком упомянутой катушки (55) от одной или другой или обеих теплообменных поверхностей (72a1, 72b1).

15 10. Двигатель с аксиальным потоком по п.8 или 9, в котором упомянутая бобина (200) дополнительно включает в себя один или более дополнительных разделителей (230) для отделения промежутком упомянутой катушки (55) от самой бобины (200) и образования одного или более внутренних охлаждающих путей (100d, 100e) между бобиной (200) и концевой поверхностью или поверхностями (55e) катушки (55).

20 11. Двигатель (1) с аксиальным потоком по п.8, в котором упомянутая бобина (200) является электрически изолирующей.

12. Двигатель (1) с аксиальным потоком по п.8, в котором упомянутая бобина включает в себя внутреннюю часть (202), выполненную с возможностью установки  
вокруг полюсного элемента (60).

25 13. Двигатель (1) с аксиальным потоком по п.1, в котором упомянутые один или более первых охлаждающих каналов (100a, 100b) соединены со вторым охлаждающим каналом (100c).

14. Двигатель (1) с аксиальным потоком по п.1, дополнительно включающий в себя средство (18) подачи жидкого хладагента для направления жидкого хладагента в один  
30 или более из упомянутого одного или более охлаждающих каналов (100a, 100b).

35

40

45

