

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201800401 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2019.01.31

(51) Int. Cl. H02K 21/16 (2006.01)
H02K 21/22 (2006.01)
H02K 3/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2017.01.18

(54) ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА

(31) 10 2016 100 744.7

(32) 2016.01.18

(33) DE

(86) PCT/EP2017/050949

(87) WO 2017/125416 2017.07.27

(71) Заявитель:

ОТТО-ФОН-ГЕРИКЕ-
УНИВЕРСИТЕТ МАГДЕБУРГ (DE)

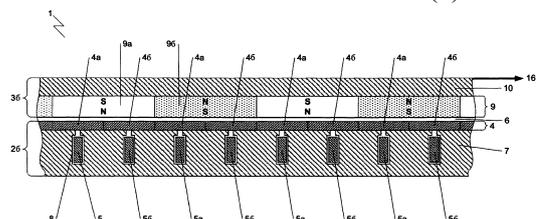
(72) Изобретатель:

Каспер Роланд, Борхардт Норман (DE)

(74) Представитель:

Пилишкина Л.С. (RU)

(57) Электрическая машина (1) состоит из первичной части (2), вторичной части (3) и находящегося между ними воздушного зазора (6), в котором размещена обмотка (4) воздушного зазора с двумя фазами (4а, 4б) на железном сердечнике (7) первичной части. Магнитные полюса (9) чередуются на железном сердечнике (10) вторичной части. Магнитный контур (11) проходит через два полюса (9а, 9б), железный сердечник (10) вторичной части, два раза через воздушный зазор (6) и через железный сердечник (7) первичной части. Для каждого полюса (9) и каждой фазы (4а, 4б) перпендикулярно к плотности магнитного потока (11а, 11б) в воздушном зазоре (6) расположены ветви (12а, 12б) обмотки. Соединительные элементы (12в, 12г) соединяют соседние ветви (12а, 12б) одной фазы обмотки (4) воздушного зазора с образованием проводника. Первичная часть (2) имеет пазовую обмотку (5) с двумя фазами (5а, 5б) в пазах (8) железного сердечника (7). Для каждого полюса (9) и для каждой фазы (5а, 5б) ветвь обмотки расположена параллельно ветви обмотки, относящейся к тому же полюсу обмотки (4) воздушного зазора. Чередующиеся соединительные элементы (14в, 14г) соединяют соседние ветви (14а, 14б) одной фазы (5а, 5б) пазовой обмотки с образованием проводника. Ветви (12а, 12б) первой фазы (4а) обмотки (4) воздушного зазора имеют по отношению к ветвям (14а, 14б) первой фазы (5а) пазовой обмотки смещение позиции (а), определяемый количеством фаз. Работа обмотки (4) воздушного зазора и пазовой обмотки (5) может управляться путем попеременной синхронизации с положением магнитного полюса (9).



A1

201800401

201800401

A1

Электрическая машина

Изобретение относится к электрической машине с первичной частью, с вторичной частью, с воздушным зазором между первичной частью и вторичной частью, с обмоткой воздушного зазора в воздушном зазоре, включающей не менее двух фаз и размещенной прямо на железном сердечнике первичной части, с магнитными полюсами, попеременно размещенными на железном сердечнике вторичной части, с локальным магнитным контуром, образованным соответственно парой магнитных полюсов, железным сердечником вторичной части, дважды воздушным зазором между обоими магнитами пары магнитных полюсов и железным сердечником первичной части, причем обмотка воздушного зазора размещена по отношению к магнитным полюсам таким образом, что для каждого магнитного полюса и для каждой фазы в воздушном зазоре пролегает ветвь обмотки, а именно перпендикулярно к магнитной плотности потока в воздушном зазоре и также перпендикулярно по направлению движения, причем проходящие параллельно друг к другу и непосредственно соседствующие ветви одной фазы обмотки воздушного зазора соединены в воздушном зазоре с образованием соответствующего проводника с помощью чередующихся соединительных элементов.

Электрические машины, например, в виде электромоторов, широко известны и используются во все большей степени в различных областях. Уже разработан целый ряд предложений по применению подобных электрических машин.

Уже в заявке DE 58011 A описывается расположение якорей для электрических машин. Ротор, обозначаемый как якорь, имеет пазы. Некоторые ветви обмотки размещены в пазах, в то время как другие ветви обмотки проложены по поверхности так называемого якоря. Тем самым создается *большее* пространство для размещения обмотки.

Далее в патенте DE 34 33 695 C2 раскрывается электромотор, имеющий статор и ротор. Статор в качестве первичной части снабжен обмоткой с двумя фазами. Ротор, как вторичная часть, оборудован магнитными полюсами, расположенными чередующимися.

Особенно эффективным и предпочтительным оказался описанный в заявке DE 10 2011 111 352 B4 электромотор. Он включает выполненное в виде статора первичную часть с блоком обмотки с не менее чем двумя фазами. Вторичная часть имеет четное число магнитных полюсов, расположенных на вторичной части попеременно. Блок обмотки установлен в воздушном зазоре между первичной частью и вторичной частью. Блок обмотки имеет не менее двух ветвей обмотки и, по меньшей мере, один электрический соединительный элемент. Ветви обмотки при помощи электрических соединительных элементов закреплены на первичной части.

На каждой фазе прохождения электротока в воздушном зазоре действует магнитное поле и

создает силу Лоренца.

Обмотка, находящаяся в воздушном зазоре, закрепленная непосредственно на статоре и имеющая, в частности, извилистую форму, создает целый ряд преимуществ.

Тем не менее имеется желание предложить дополнительные усовершенствования подобных электрических машин.

Задача изобретения заключается в том, чтобы предложить электрическую машину, которая обладает дополнительными возможностями по сравнению с электрической машиной, охарактеризованной в первой части пункта 1 формулы изобретения.

В случае электрической машины согласно первой части пункта 1 формулы изобретения, задача решается данным изобретением, которым предлагается электрическая машина, содержащая первичную часть с первым железным сердечником, вторичную часть со вторым железным сердечником, воздушный зазор между первичной и вторичной частями, обмотку воздушного зазора в воздушном зазоре, включающую, по меньшей мере, две фазы и размещенную непосредственно на первом железном сердечнике первичного звена, магнитные полюса, размещенные попеременно на втором железном сердечнике вторичной части с образованием соответствующего локального магнитного контура, проходящего через пары магнитных полюсов, железный сердечник вторичной части, дважды через воздушный зазор между двумя магнитами пары магнитных полюсов и железный сердечник первичной части, причем обмотка воздушного зазора расположена по отношению к магнитным полюсам таким образом, что в воздушном зазоре для каждого магнитного полюса и каждой фазы проложена соответствующая ветвь обмотки, а именно перпендикулярно к плотности магнитного потока в воздушном зазоре, а также перпендикулярно к направлению движения вторичной части, причем проходящие параллельно друг к другу, непосредственно соседствующие ветви одной фазы обмотки воздушного зазора соединяются в воздушном зазоре с помощью чередующихся головок в проводник, и, причем первичное звено дополнительно снабжено пазовой обмоткой таким образом, что пазовая обмотка включает, по меньшей мере, две фазы и размещена в пазах железного сердечника первичного звена, и, причем пазовая обмотка расположена по отношению к магнитным полюсам таким образом, что для пазовой обмотки каждого магнитного полюса и каждой фазы соответственно одна ветвь обмотки расположена в пазах, параллельно к ветви обмотки, относящейся к тому же магнитному полюсу обмотки воздушного зазора, что расположенные параллельно друг к другу соседние ветви одной фазы обмотки воздушного зазора соединены в воздушном зазоре с помощью чередующихся соединительных элементов с образованием соответствующего проводника, и что ветви первой фазы обмотки воздушного зазора и ветви первой фазы пазовой обмотки имеют по отношению друг к другу сдвиг позиции, определяемый числом фаз, а обмотка воздушного зазора и пазовая обмотка имеют возможность приведения в действие

путем активации, попеременно синхронизируемой с положением магнитного поля.

Такая концепция с самого начала демонстрирует все предпочтительные свойства, имеющие место уже при разработке концепции электрической машины с отвечающей смыслу настоящего изобретения только одной обмоткой воздушного зазора, имеющей форму меандра.

Под железным сердечником понимается блок, состоящий из высокопроницаемых материалов различной геометрии и расположения, служащий для замыкания магнитного потока. При этом железный сердечник не всегда выполняется в виде массивного железного тела. В первичной части для сокращения вихревых токов он исполняется, как правило, в виде слоистой структуры. Для сокращения веса электрической машины железный сердечник может быть исполнен, например, в виде конструкции из пластмассы, в которую включен железный порошок.

Таким образом, все магнитные полюса могут одновременно использоваться для формирования силы или крутящего момента, из-за чего возникает большой крутящий момент.

Для создания магнитного потока внутри конструкции требуется сравнительно немного железа, что можно использовать для изготовления облегченной конструкции машины.

Далее, вследствие числа витков равного 1 для обмотки воздушного зазора, имеющей форму меандра, требуется сравнительно немного меди, что сокращает расходы и приводит к облегченной конструкции машины.

Прямое применение обмотки воздушного зазора в статоре может быть использовано для отличного охлаждения обмотки воздушного зазора. Также это позволяет осуществлять передачу очень больших сил или крутящих моментов.

Пространство же, требуемое для установки частей, отвечающих за создание момента силы или крутящего момента, в отличие от этого относительно небольшое, из-за чего возможно создание компактных машин.

Конструкция согласно данному изобретению также делает возможной относительно простую геометрию электрической машины. За счет этого производственные расходы могут быть существенно снижены.

Так как не возникает заметной области ослабления магнитного поля, электрическая машина может эффективно использоваться при высоких оборотах.

Благодаря дополнительным мерам согласно данному изобретению, в дополнение к обмотке воздушного зазора в форме меандра делается вторая обмотка, интегрируемая в первичную часть, т.е. предпочтительно в статор. В первичной части, или статоре, могут быть выполнены пазы, которые затем могут быть использованы для размещения в них пазовой обмотки. Тем самым могут быть повышены мощность и крутящий момент.

Данная пазовая обмотка использует уже созданный магнитный контур, чтобы в наиболее эффективной форме образовать дополнительную силу и крутящий момент. Размещение пазовой обмотки и подача на нее тока выбирается при этом так, что максимальная выработка энергии в пазовой обмотке, по возможности, слабо воздействует на производительность обмотки воздушного зазора. Это позволяет, таким образом, увеличить силу и крутящий момент на 60 - 80 % по сравнению с конструкцией с только одной обмоткой воздушного зазора, что уже показали первые испытания.

Также можно эффективно использовать потенциал электрической машины, обусловленный ее облегченной конструкцией. По сравнению с конструкцией без пазовой обмотки вес всей установки увеличивается только на вес самой пазовой обмотки, другие агрегаты для электрической машины не требуются. Пазовая обмотка может предпочтительно исполняться с числом витков равным 1 и обходится поэтому очень маленьким количеством меди. В некоторых формах исполнения предусмотрено число витков >1 .

В целом за счет изобретения возникает электрическая машина с магнитным контуром, который использует для электромеханического преобразования две по-разному структурированные обмотки. Речь идет, во-первых, об обмотке воздушного зазора, имеющей форму меандра, которая находится на поверхности железного сердечника статора, а во-вторых, о пазовой обмотке, находящейся в пазах, нанесенных в железном сердечнике статора. Обе обмотки подключаются вместе и совместно преобразуют суммарную силу или суммарный крутящий момент. При этом реализуются два электромеханических принципа. В отношении обмотки воздушного зазора действует общий закон силы Лоренца для проводящих ток электрических проводников в магнитном поле, а в отношении пазовой обмотки действует магнитная сила между электромагнитами, образованными в статоре или неподвижной части, и полюсами в виде постоянных магнитов или возбуждаемых извне, образованными в якоре или роторе.

Электрические машины в соответствии с изобретением очень компактны, легки, эффективны, динамичны и, в частности, выдают сильный крутящий момент.

Модификация по сравнению с машиной, имеющей только одну обмотку воздушного зазора, ведет только к незначительному росту производственных расходов и поэтому, в любом случае, оправдана и эффективна. В отношении значительно возросшего крутящего

момента и значительно увеличенной мощности при одновременном незначительном увеличении веса данные производственные затраты в любом случае являются оправданными.

Преимуществом является также то, что в данной модификации также имеет место простая геометрия и компактная по объему конструкция.

Благодаря этим свойствам электрические машины согласно данному изобретению могут использоваться, в частности, во всех областях, где данные свойства приобретают особое значение.

Сюда, помимо прочего, относятся мобильные приводные системы как, например, электрические транспортные средства в целом, электрические автомобили промышленного назначения, электровелосипеды, электроскутеры, электролодки, электрокорабли или электросамолеты. При всех подобных вариантах использования легкие электрические машины имеют преимущество, а компактная конструкция очень востребована, поскольку имеется только ограниченное место для установки. Также используемые в таких системах электрические машины должны быть эффективными и динамичными.

Раскрываемые в изобретении электрические машины, помимо прочего, хорошо масштабируемы. Поэтому потребности других областей использования, где требуются другие мощности, могут быть удовлетворены машинами с соответствующим образом адаптированными габаритами.

Преимуществом, в частности, является также то, что охлаждение пазовой обмотки может производиться посредством уже используемой по умолчанию системы охлаждения без дополнительных аппаратных затрат.

Характерные преимущества обеих применяемых видов обмотки могут с выгодой комбинироваться в процессе эксплуатации. Речь в данном случае идет, в частности о том, что обмотка воздушного зазора вызывает только очень слабое ослабление поля, в то время как пазовая обмотка может привести к ослаблению поля. Путем комбинирования, в зависимости от пожелания, может быть произведена оптимизация работы, например, в отношении максимального вращательного момента, а также и в отношении максимального КПД.

Преимуществом является также то, что если число пазов для пазовой обмотки в первичной части и число магнитных полюсов во вторичной части находятся в любом соотношении - больше, меньше или равном единице и если величину смещения позиции ветвей обмотки в пазах можно будет адаптировать относительно позиции ветвей обмотки в воздушном зазоре, а также регулировать работу пазовой обмотки в соответствии с

избранным соотношением. Благодаря реализации данной концепции электрическая машина согласно данному изобретению сможет еще лучше быть адаптирована к различным требованиям.

Возможность практического использования электрической машины согласно данному изобретению состоит в том, что первичной частью является статор, вторичная часть выполнена в виде ротора и предусмотрена ось, являющаяся осью вращения, а вторичная часть расположена на первичной части параллельно оси.

Другая возможность практического использования возникает, если первичная часть является статором, вторичное звено выполнено в виде якоря, предусмотрена ось, являющаяся осью тяги, и вторичная часть расположена параллельно первичной части, и обе части размещены перпендикулярно к оси.

При этом возможно, что вторичная часть будет размещаться внутри первичной части в качестве внутреннего якоря или снаружи первичной части в качестве внешнего якоря.

Магнитные полюса могут быть постоянными магнитами или быть возбуждаемыми извне. Возможности применения определяются также тем, что электрическая машина согласно изобретению может быть выполнена в виде электрической машины постоянного тока, причем обмотка воздушного зазора и пазовая обмотка могут одновременно приводиться в действие импульсным постоянным напряжением или импульсным электрическим постоянным напряжением.

Другая возможность характеризуется тем, что электрическая машина выполнена в виде машины переменного тока, при этом обмотка воздушного зазора и пазовая обмотка регулируются переменным напряжением или электрическим переменным напряжением, причем каждое поданное соответствующее переменное напряжение сдвинуто по фазе по отношению друг к другу.

Также возможно, конечно, сконструировать электрическую машину таким образом, что одна из обмоток будет работать в режиме на постоянном токе, а другая из двух - в режиме на переменном токе.

Особенно практичным преимуществом будет получено в случае, если первичная часть выполнена в виде сплошного цилиндра с пазами или в виде пустотелого цилиндра с пазами. Первичная часть при этом может включать обе обмотки, которые, в свою очередь, могут иметь индивидуальную геометрию.

Альтернативно возможно, что первичная часть имеет, по меньшей мере, один снабженный пазами цилиндр или сегмент пустотелого цилиндра, а вторичное звено выполнено в виде

пустотелого цилиндра или сегмента пустотелого цилиндра.

Особо предпочтительный вариант исполнения изобретения состоит в том, что электрические соединительные элементы обмотки воздушного зазора и электрические соединительные элементы пазовой обмотки соединены с ветвями обмотки таким образом, что они размещены попеременно, предпочтительно в форме меандра. Форма меандра зарекомендовала себя как особенно надежная, эффективная и удобная для использования.

Кроме этого также возможно, что электрические соединительные элементы обмотки воздушного зазора и электрические соединительные элементы пазовой обмотки будут связаны с ветвями обмотки таким образом, что пространственно они будут размещаться или в плоскости ветви обмотки или под любым углом к плоскости направления движения.

Допустимо, что ветви обмотки воздушного зазора и/или ветви пазовой обмотки выполнены нераздельно, как одна часть, или состоящими из нескольких частей и имеют в поперечном сечении прямоугольник, или квадрат, или круг, или сегмент кольца.

Различные возможности имеются и в отношении размещения и ориентации ветвей обмотки воздушного зазора и ветвей пазовой обмотки.

Они могут при этом быть ориентированы параллельно оси вращения и/или перпендикулярно к оси сдвига. Возможно также закрепить ветви обмотки с помощью электрических соединительных элементов на первичной части и/или выполнить их как единое целое с электрическими соединительными элементами.

Также обмотка воздушного зазора и/или сама пазовая обмотка могут быть выполнены как единое целое с первичной частью.

В еще одном возможном варианте выполнения изобретения пазовая обмотка может быть выполнена с числом витков больше 1.

Дополнительные признаки и предпочтительные идеи изобретения приведены в дополнительных пунктах формулы изобретения и на нижеследующем описании рисунков.

Ниже с помощью рисунков будут подробнее разъяснены некоторые варианты исполнения изобретения:

Фиг. 1 показывает схематическое сечение первого варианта выполнения электрической машины согласно изобретению;

Фиг. 2 схематическое сечение второго варианта выполнения электрической

машины согласно изобретению;

- Фиг. 3** участок вариантов выполнения по Фиг. 1 или 2 в разрезе в области паза в увеличенном масштабе;
- Фиг. 4** участок вариантов выполнения по Фиг. 1 или 2 в разрезе с демонстрацией смещения позиций в области паза в увеличенном масштабе;
- Фиг. 5** схематическое изображение формы обмотки воздушного зазора в одном из вариантов выполнения по Фиг. 1 или 2;
- Фиг. 6** схематическое изображение пазовой обмотки в одном из вариантов выполнения по Фиг. 1 или 2;
- Фиг. 7** схематическое сечение еще одного варианта выполнения электрической машины согласно изобретению, здесь выполнение с внутренним якорем; и
- Рисунок 8** схематическое сечение четвертого варианта выполнения электрической машины согласно изобретению, здесь выполнение с внешним якорем.

На **Фиг. 1** схематично показана конструкция первого варианта исполнения электрической машины 1 согласно изобретению. Электрическая машина 1 включает первичную часть 2б и вторичную часть 3б. Первичная часть 2б и вторичная часть 3б отделены друг от друга воздушным зазором 6.

Далее предусмотрена обмотка 4 воздушного зазора и пазовая обмотка 5. В показанном варианте выполнения речь идет о комбинированной пазовой обмотке 5 и обмотке воздушного зазора 4 для линейного расположения. Первичная часть 2б включает железное ярмо в виде железного сердечника 7, пазовую обмотку 5 и обмотку 4 воздушного зазора. Железный сердечник 7 или ярмо электрической машины 1, в данном случае линейной электрической машины, представляет собой станину с пазами. Железный сердечник 7 имеет, таким образом, пазы 8. В пазы 8 железного сердечника 7 или ярма интегрирована/проложена, для примера, двухфазная пазовая обмотка 5а, 5б. На снабженную пазами поверхность железного сердечника 7 или ярма нанесена, для примера, двухфазная обмотка 4а, 4б воздушного зазора.

Вторичной частью 3б электрической машины 1 или, соответственно, линейной машины является якорь. Он имеет железный сердечник 10 или, соответственно, ярмо и магнитные полюса 9 в виде постоянных магнитов. Последние размещены на поверхности железного сердечника 10 или ярма с чередующейся поляризацией. Поляризация магнитных полюсов

9 в виде постоянных магнитов обозначена как N для северного полюса и S для южного полюса. Вторичная часть 3б может варьировать свою позицию вдоль оси, в данном случае оси 1б тяги.

На **Фиг. 2** схематически изображен в увеличенном виде один из вариантов электрической машины 1 согласно изобретению, в котором сочетаются две фазы 5а, 5б пазовой обмотки 5 и две фазы 4а, 4б обмотки 4 воздушного зазора.

При этом для наглядности выделен магнитный контур 11. Данный магнитный контур 11 проходит через ярмо или железный сердечник 7, две фазы 4а, 4б обмотки 4 воздушного зазора, первый магнитно активный воздушный зазор 6а, второй магнитно активный воздушный зазор 6б, которые находятся в дважды пересекаемом магнитным контуром 11 воздушном зазоре 6, через магнитные полюса 9а, 9б и ярмо или железный сердечник 10 вторичной части 3б.

Ориентация плотности магнитного потока внутри воздушного зазора 6 в отношении магнитного контура 11 изображается двумя участками 11а, 11б.

На **Фиг. 2** кроме этого показан вариант выполнения, в котором железный сердечник 7 или ярмо первичной части 2 снабжено пазами. В данные пазы 8 в качестве примера интегрирована или вложена пазовая обмотка 5 с двумя фазами 5а, 5б. На снабженной пазами поверхности ярма или железного сердечника 7 первичного звена 2 расположена, для примера, обмотка 4 воздушного зазора 4, имеющая две фазы 4а, 4б.

Вторичная часть 3 изображена в виде железного ярма или железного сердечника 10 и двух постоянных магнитов магнитных полюсов 9а, 9б. Магнитные полюса 9а, 9б размещены на поверхности железного сердечника 10 с чередующейся поляризацией. Поляризация постоянных магнитов магнитных полюсов 9 обозначена как N для северного полюса и S для южного полюса. Вторичная часть 3 может варьировать свою позицию вдоль оси 13 движения.

На **Фиг. 3** схематически изображен в увеличенном виде участок электрической машины 1, отвечающей, например, вариантам выполнения на **Фиг. 1** или **2**. Детальный вид показывает в частности паз 8 в железном сердечнике 7 или ярме первичной части 2б. Изображенная при этом конкретная геометрия паза является одной из многочисленных возможных форм выполнения. Кроме этого **Фиг. 3** изображает ветвь фазы 4а обмотки 4 воздушного зазора. Между магнитным полюсом 9 вторичной части 3б и первичной частью 2б хорошо виден воздушный зазор 6.

На **Фиг. 4**, на следующем детальном виде можно увидеть в увеличенном масштабе смещение «а» между позицией фазы 5а пазовой обмотки 5 в пазе 8 и позицией фазы 4а

обмотки 4 воздушного зазора, причем данное изображение может также относиться и к варианту выполнения, приведенному на Фиг. 1 или 2. Кроме этого Фиг. 4 демонстрирует первичную часть 2 и вторичную часть 3 электрической машины 1. В первичной части 2 показаны железный сердечник 7 или ярмо, паз 8, ветвь фазы 5а пазовой обмотки 5 и ветвь фазы 4а обмотки 4 воздушного зазора. Во вторичной части 3 показаны железный сердечник 10 или ярмо, и магнитный полюс 9а. Также и здесь между первичной частью 2 и вторичной частью 3 можно видеть воздушный зазор 6.

На Фиг. 5 схематично показано расположение обмотки 4 воздушного зазора на первичной части 2. Обмотка 4 воздушного зазора состоит из ветвей обмотки 12а, 12б и чередующихся соединительных элементов 12в, 12г. Ширина «b» обозначает ширину магнитного полюса 9. Элементы 12в, 12г находятся за пределами воздушного зазора 6 и с чередованием соединены с ветвями 12а, 12б обмотки 4 воздушного зазора, которые находятся внутри воздушного зазора 6.

На Фиг. 6 схематично показано расположение пазовой обмотки 5 на первичной части 2. Пазовая обмотка 5 состоит из ветвей 14а, 14б обмотки и чередующихся соединительных элементов 14в, 14г. Ширина «b» также обозначает ширину магнитного полюса 9. Элементы 14в, 14г с чередованием соединены с ветвями 14а, 14б пазовой обмотки 5, находящимися в пазах 8 первичной части 2.

На Фиг. 7 схематично показана конструкция еще одного варианта выполнения электрической машины 1 согласно изобретению. Электрическая машина 1 имеет первичную часть 2б и вторичную часть 3б. Первичная часть 2б и вторичная часть 3б отделены друг от друга воздушным зазором 6.

Кроме этого предусмотрены обмотка 4 воздушного зазора и пазовая обмотка 5. В изображенном варианте выполнения имеет место комбинированная пазовая обмотка 5 и обмотка 4 воздушного зазора для роторной электрической машины. Первичная часть 2а включает железный сердечник 7 в качестве ярма, пазовую обмотку 5 и обмотку 4 воздушного зазора. Железный сердечник 7 или ярмо электрической машины 1, в данном случае роторной электрической машины, представляет собой снабженный пазами статор. Железный сердечник 7 имеет, таким образом, пазы 8. В пазах 8 железного сердечника 7 или ярма интегрирована/проложена, для примера, двухфазная пазовая обмотка 5а, 5б. На снабженной пазами поверхности железного сердечника 7 или ярма расположена, для примера, двухфазная обмотка 4а, 4б воздушного зазора.

Вторичная часть 3а электрической машины 1 или роторной машины, является ротором. Он имеет железный сердечник 10 или ярмо и магнитные полюса 9 в виде постоянных магнитов. Последние размещены с чередующейся поляризацией на поверхности железного сердечника 10 или ярма. Поляризация в данном варианте выполнения

магнитных полюсов 9 в виде постоянных магнитов определяется как N для северного полюса и S для южного полюса. Вторичная часть 3 в виде ротора может вращаться вокруг оси, здесь ось 15 вращения. На Фиг. 7 изображен вариант выполнения с внутренним якорем.

На Фиг. 8 изображен четвертый вариант выполнения электрической машины 1. Выполнение большинства изображенных элементов соответствует варианту выполнения на Фиг. 7. Вариант выполнения на Фиг. 8 отличается от варианта выполнения на Фиг. 7 тем, что роторная электрическая машина изображена со статором в качестве первичной части 2а и с ротором в качестве вторичной части 3а, который образует внешний якорь.

Список обозначений

	1	Электрическая машина
5	2	Первичная часть
	2a	Статор
	2б	Статор
	3	Вторичная часть
	3a	Ротор
10	3б	Якорь
	4	Обмотка воздушного зазора
	4a, 4б	Фазы обмотки воздушного зазора
	5	Пазовая обмотка
	5a, 5б	Фазы пазовой обмотки
15	6	Воздушный зазор
	6a, 6б	Воздушный зазор магнитного контура
	7	Железный сердечник первичного звена 2
	8	Пазы
	9	Магнитные полюса
20	9a, 9б	Пара магнитных полюсов
	10	Железный сердечник вторичного звена 3
	11	Магнитный контур
	11a, 11б	Плотность магнитного потока в воздушном зазоре
	12a, 12б	Ветви обмотки воздушного зазора
25	12в, 12г	Чередующиеся соединительные элементы обмотки воздушного зазора
	13	Направление движения
	14a, 14б	Ветви пазовой обмотки
	14в, 14г	Чередующиеся соединительные элементы пазовой обмотки
	15	Ось вращения
30	16	Ось тяги
	a	Смещение позиции
	b	Ширина магнитного полюса 9
	N	Северный полюс
	S	Южный полюс

Формула изобретения

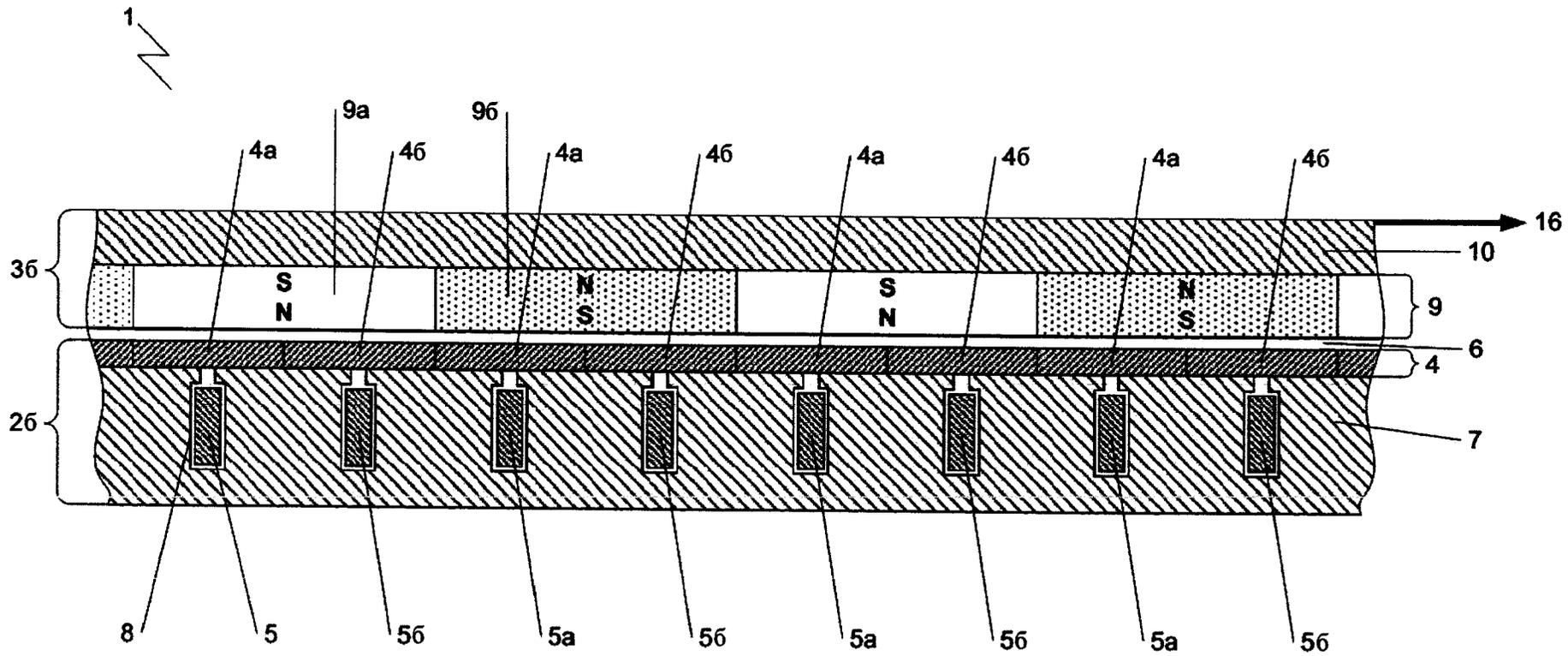
1. Электрическая машина (1), содержащая
первичную часть (2) с первым железным сердечником (7),
вторичную часть (3) со вторым железным сердечником (10),
воздушный зазор (6) между первичной частью (2) и вторичной частью (3),
обмотку (4) воздушного зазора в воздушном зазоре (6), которая включает, по меньшей мере, две фазы (4а, 4б) и размещена непосредственно на первом железном сердечнике (7) первичной части (2),
магнитные полюса (9), размещенные попеременно на втором железном сердечнике (10) вторичной части (3),
каждый из которых имеет локальный магнитный контур (11), образованный соответственно над парой магнитных полюсов (9а, 9б), железным сердечником вторичной части (3), дважды воздушным зазором (6) между обоими магнитами пары магнитных полюсов (9а, 9б) и железным сердечником (7) первичной части (2),
в которой обмотка (4) воздушного зазора размещена по отношению к магнитным полюсам (9) таким образом, что для каждого магнитного полюса и для каждой фазы (4а, 4б) в воздушном зазоре (6) пролегает ветвь (12а, 12б) обмотки, а именно перпендикулярно к плотности магнитной потока (11а, 11б) в воздушном зазоре (6) и также перпендикулярно к направлению (13) движения вторичной части (3),
причем расположенные параллельно друг к другу соседние ветви (12а, 12б) одной фазы (4а, 4б) обмотки (4) воздушного зазора соединены в воздушном зазоре (6) с помощью чередующихся соединительных элементов (12в, 12г) с образованием соответствующего проводника,
при этом первичная часть (2) дополнительно снабжена пазовой обмоткой (5),
причем пазовая обмотка (5) включает, по меньшей мере, две фазы (5а, 5б) и размещена в пазах (8) железного сердечника (7) первичной части (2),
при этом пазовая обмотка (5) расположена по отношению к магнитным полюсам (9) таким образом, что для пазовой обмотки (5) для каждого магнитного полюса (9а, 9б) и для каждой фазы (5а, 5б) в пазе (8) расположена соответствующая ветвь (14а, 14б) обмотки параллельно к ветви (12а, 12б) обмотки (4) воздушного зазора, относящейся к тому же магнитному полюсу (9а, 9б),
причем расположенные параллельно друг к другу соседние ветви (14а, 14б) обмотки одной фазы (5а, 5б) пазовой обмотки (5) соединены в пазе (8) с помощью чередующихся соединительных элементов (14в, 14г) с образованием соответствующего проводника, и
при этом ветви (12а, 12б) первой фазы (4а) обмотки воздушного зазора (4) и ветви (14а, 14б) первой фазы (5а) пазовой обмотки (5) имеют по отношению друг к другу сдвиг позиции (а), определяемый количеством фаз, а обмотка воздушного зазора (4) и пазовая обмотка (5) имеют возможность приведения в действие путем активации, попеременно синхронизируемой с положением магнитного поля (9).

2. Электрическая машина (1) по п. 1,
характеризующаяся тем, что
число пазов (8) пазовой обмотки (5) в первичной части (2) и число магнитных полюсов (9) во вторичной части (3) находятся в любом соотношении, которое больше, меньше или равно единице,
при этом величина (а) смещения позиции ветвей (14а, 14б) обмотки в пазах (8) относительно позиции ветвей (12а, 12б) обмотки (4) воздушного зазора, а также управление пазовой обмоткой (5) выбраны в соответствии с выбранным указанным соотношением.
3. Электрическая машина (1) по п. 1 или 2,
характеризующаяся тем, что
первичная часть (2) является статором (2а), а вторичная часть (3) выполнена в виде ротора (3а), при этом машина имеет ось (15), являющуюся осью вращения, и вторичная часть (3) расположена на первичной части (2) параллельно оси (15).
4. Электрическая машина (1) по п. 1 или 2,
характеризующаяся тем, что
первичная часть является статором (2б), а вторичная часть выполнена в виде якоря (3б), при этом машина имеет ось (16), являющуюся осью тяги, и вторичная часть (3) расположена параллельно первичной части (2бб) и обе части расположены перпендикулярно к оси (16).
5. Электрическая машина (1) по п. 4,
характеризующаяся тем, что
вторичная часть (3) размещена внутри первичной части (2) в качестве внутреннего якоря или снаружи первичной части (2) в качестве внешнего якоря.
6. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов,
характеризующаяся тем, что
магнитные полюса (9) являются постоянными магнитами или возбуждаемыми извне.
7. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов,
характеризующаяся тем, что
является электрической машиной постоянного тока, при этом обмотка (4) воздушного зазора и пазовая обмотка (5) выполнены с возможностью одновременного управления импульсным постоянным напряжением.
8. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов,
характеризующаяся тем, что

является электрической машиной переменного тока, при этом обмотка (4) воздушного зазора и пазовая обмотка (5) выполнены с возможностью управления импульсным переменным напряжением, причем каждое поданное соответствующее переменное напряжение сдвинуто по фазе по отношению друг к другу.

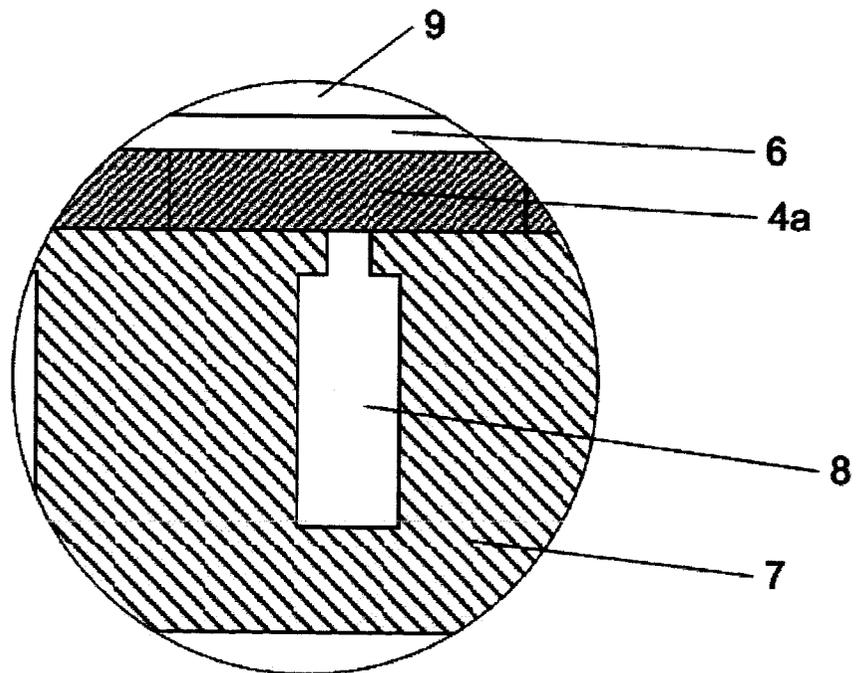
9. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** одна из двух обмоток (4 или 5) выполнена с возможностью управления в режиме на постоянном токе, а другая из двух обмоток (4 или 5) - в режиме на переменном токе.
10. Электрическая машина (1), по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** первичная часть (2) выполнена в виде сплошного цилиндра с пазами или в виде пустотелого цилиндра с пазами.
11. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** первичная часть (2) включает, по меньшей мере, один снабженный пазами сегмент сплошного цилиндра или сегмент пустотелого цилиндра, а вторичная часть (3) выполнена в виде пустотелого цилиндра или сегмента пустотелого цилиндра.
12. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** электрические соединительные элементы (12в, 12г) обмотки (4) воздушного зазора и электрические соединительные элементы (14в, 14г) пазовой обмотки (5) таким образом соединены с ветвями (12а, 12б; 14а, 14б) обмоток, что они размещены в переменном порядке, предпочтительно в форме меандра.
13. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** электрические соединительные элементы (12в, 12г) обмотки (4) воздушного зазора и электрические соединительные элементы (14в, 14г) пазовой обмотки (5) таким образом соединены с ветвями (12а, 12б; 14а, 14б) обмоток, что пространственно они размещены в плоскости ветвей обмотки или под углом к плоскости направления движения.
14. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** ветви (12а, 12б) обмотки (4) воздушного зазора и ветви (14а, 14б) пазовой обмотки (5) выполнены нераздельными или состоящими из нескольких частей и имеют в поперечном сечении прямоугольник, или квадрат, или круг, или кольцевой сегмент.

15. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** ветви (12а, 12б) обмотки (4) воздушного зазора и ветви (14а, 14б) пазовой обмотки (5) ориентированы параллельно к оси (15) вращения и/или перпендикулярно к оси (16) тяги и/или закреплены с помощью электрических соединительных элементов (12в, 12г, 14в, 14г) на первичной части (2) и/или выполнены как единое целое с электрическими соединительными элементами (12в, 12г, 14в, 14г).
16. Электрическая машина (1) по любому из предыдущих пунктов, **характеризующаяся тем, что** пазовая обмотка (5) выполнена с числом витков больше 1.

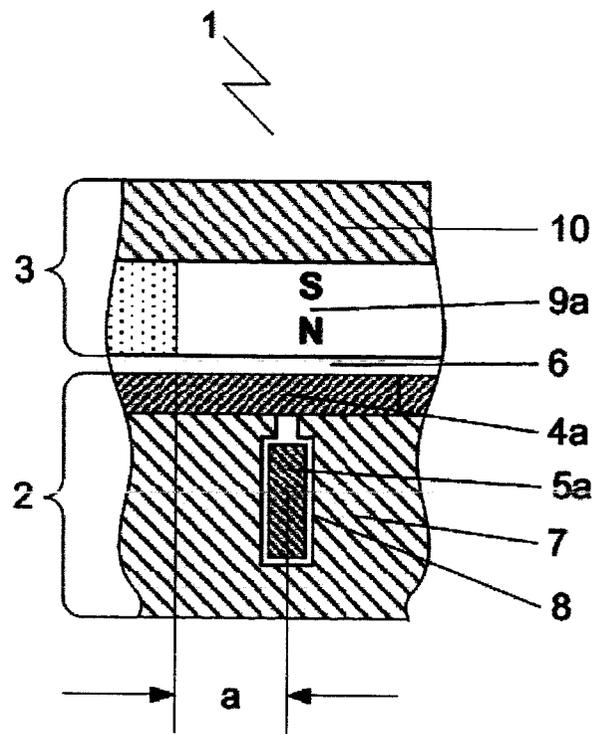


1/8

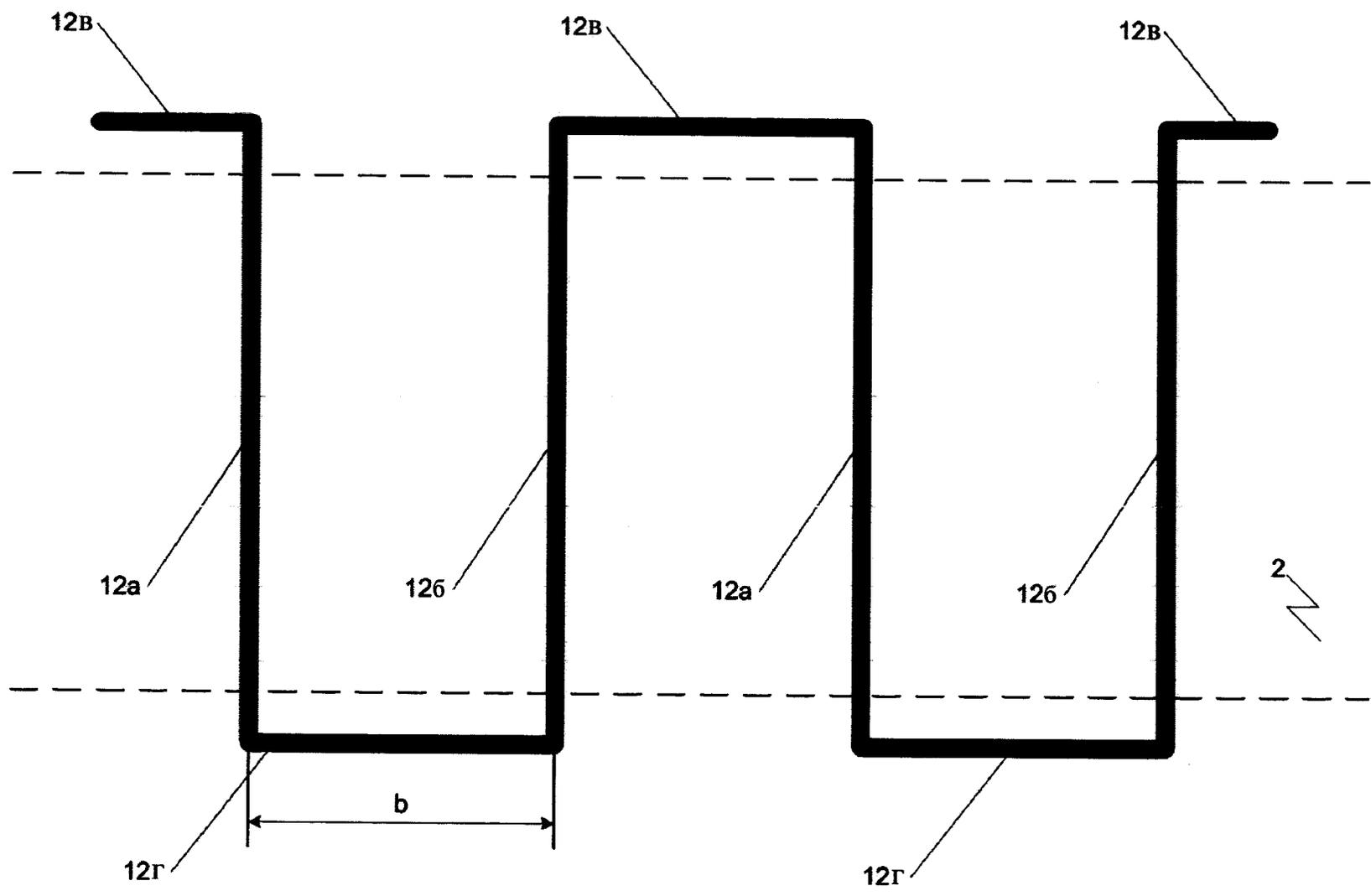
Фиг. 1



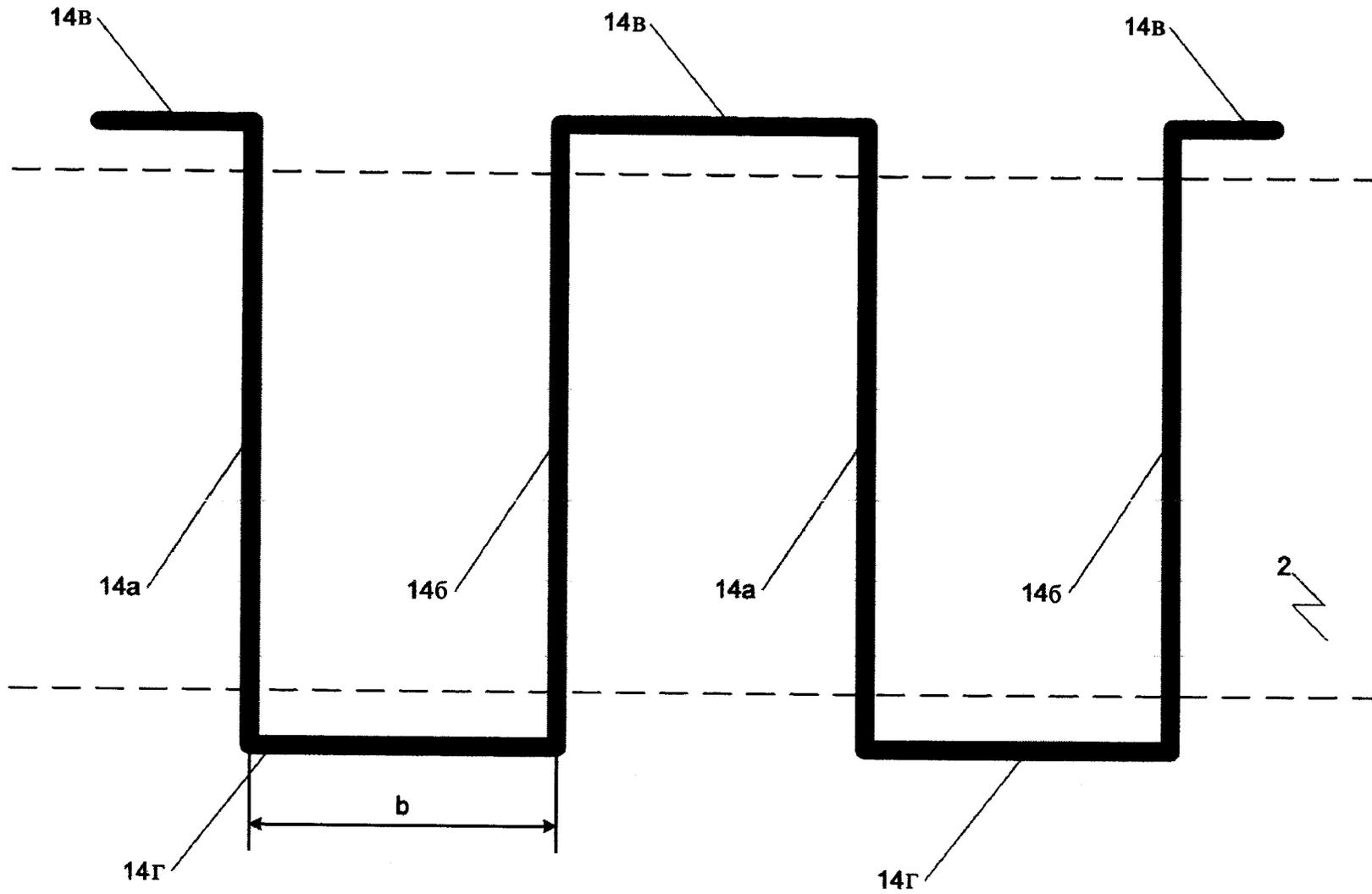
Фиг. 3



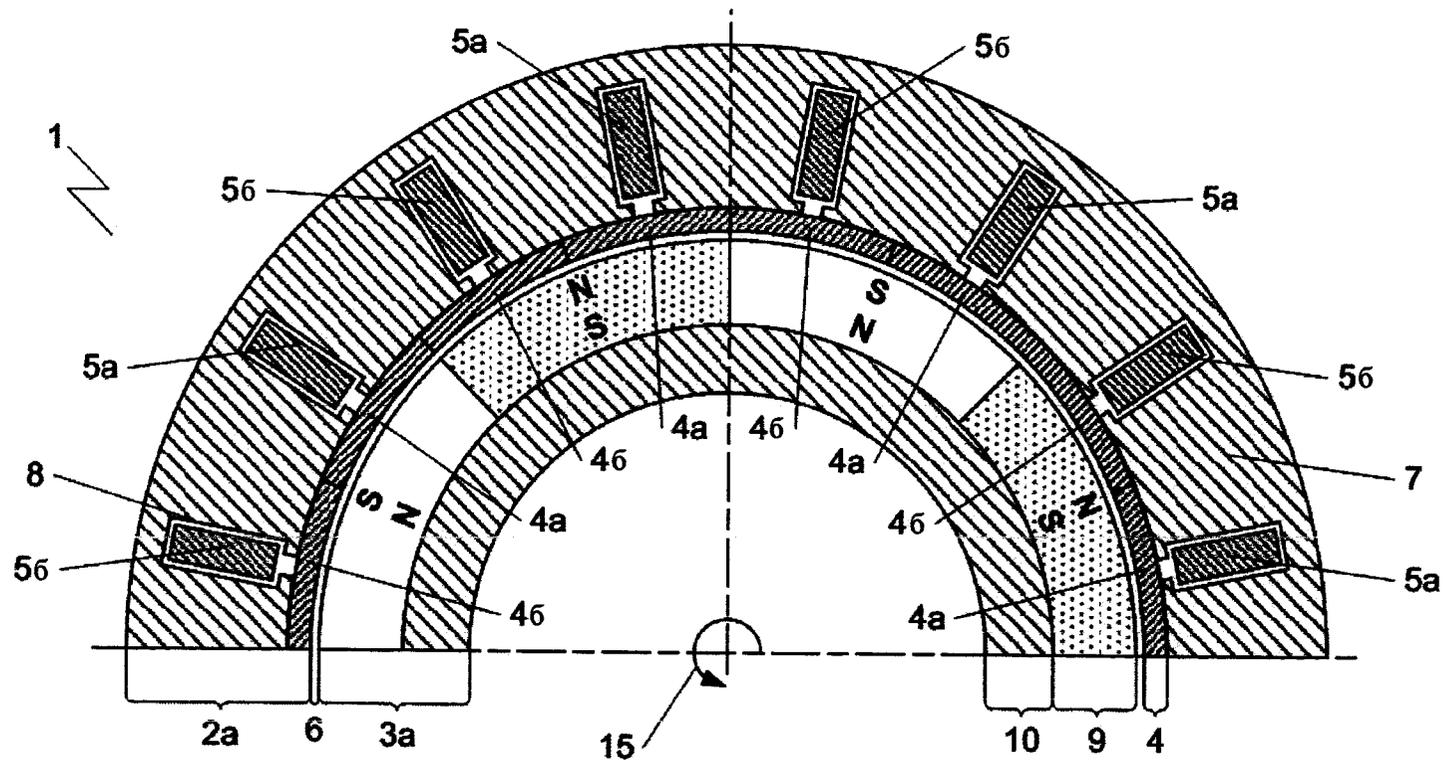
Фиг. 4



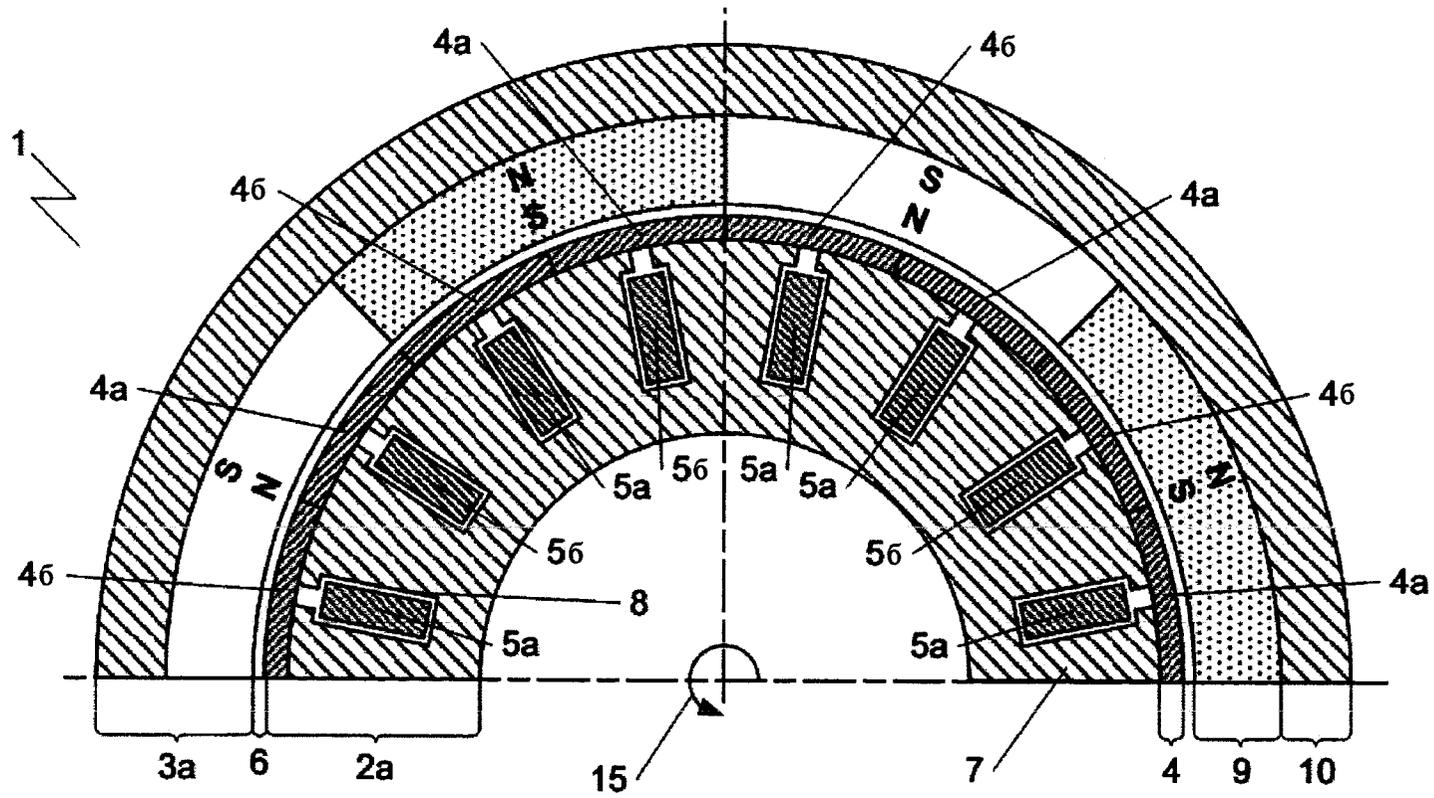
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8