



(51) МПК  
*H02K 19/06* (2006.01)  
*H02K 19/20* (2006.01)  
*H02K 1/17* (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012124209/07, 09.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 09.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.06.2012

(43) Дата публикации заявки: 20.12.2013 Бюл. № 35

(45) Опубликовано: 27.08.2014 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
 поиске: (см. прод.)

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
 Центр Интеллектуальной собственности, Т-401,  
 Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

**Дмитриевский Владимир Александрович**  
 (RU),  
**Прахт Владимир Алексеевич** (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего  
 профессионального образования "Уральский  
 федеральный университет имени первого  
 Президента России Б.Н. Ельцина" (RU),  
 ООО "Элтехно" (RU)**

**(54) БЕСЩЕТОЧНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА**

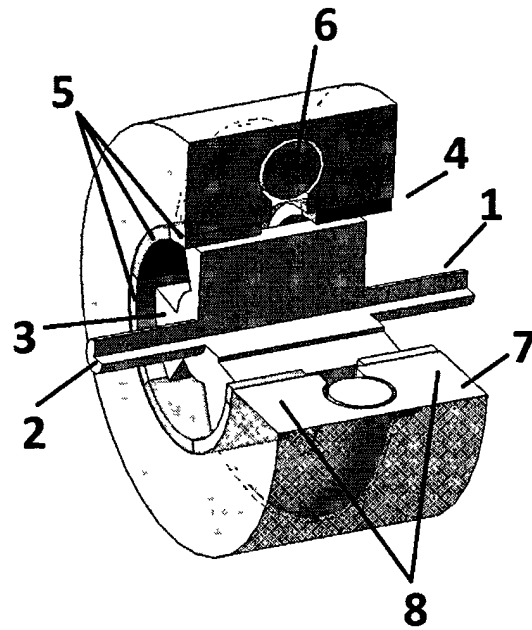
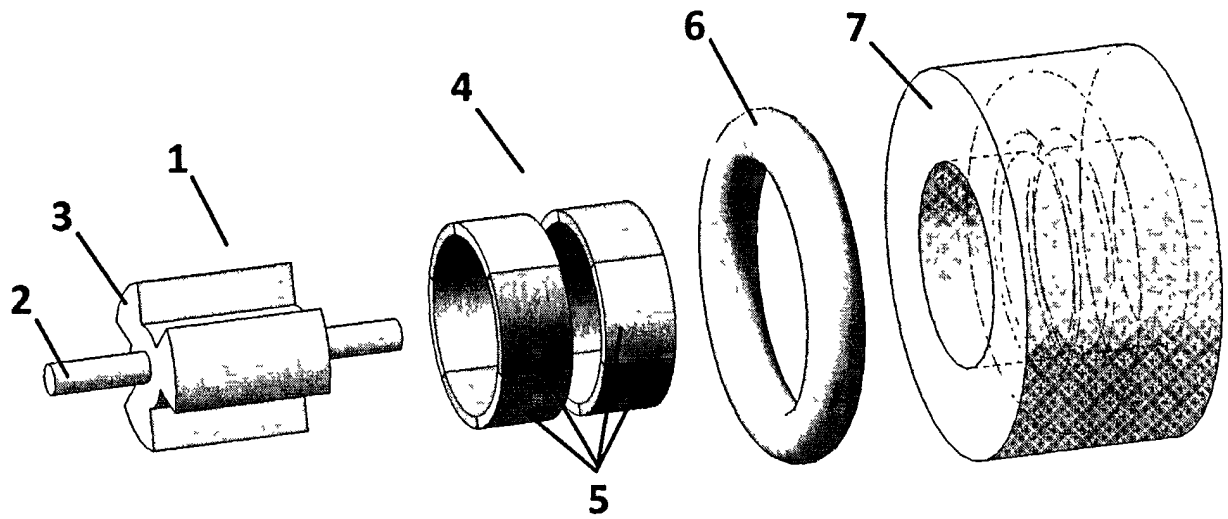
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники к электрическим машинам с магнитами на статоре и может быть использовано в электрических приводах машин и механизмов, а также в генераторах электрической энергии. Бесщеточная машина содержит ротор, включающий вал и не менее одного зубчатого венца на нем с зубцами, расположенными вдоль окружности зазора. Статор включает зубчатый магнитопровод, обмотку, катушки которой уложены в пазы магнитопровода статора. Многополюсная магнитная система выполнена из магнитотвердого материала, расположена между ротором и магнитопроводом статора, зафиксирована на статоре и намагничена таким образом, что на поверхностях зубцов статора,

обращенных к зазору, вдоль направления вращения ротора размещено одинаковое количество чередующихся разноименных полюсов. Статор выполнен в виде тела вращения с несколькими зубцами, расположенными вдоль оси вращения ротора. Каждая катушка обмотки уложена в один паз статора. Над каждым зубцом статора расположены только зубцы одного зубчатого фрагмента ротора. Число зубцов на каждом из зубчатых венцов равно половине полюсов, находящихся на одном зубце статора. Технический результат состоит в увеличении удельной мощности электрической машины и уменьшении массы активных материалов. 17 з.п. ф-лы, 13 ил.

**RU 2 526 846 C2**

**RU 2 526 846 C2**



Фиг. 1

(56) (продолжение):

US 1700840 A, 05.02.1929 US 5184675 A, 09.02.1993 US 927702 A, 13.07.1909 US 3801843 A, 02.04.1974  
 SU 1719866 A1, 15.03.1992 SU 600383 A, 05.10.1979 US 5603377 A, 18.02.1997 US 6943467 A, 13.09.2005  
 US 6293333 B1, 25.09.2001

RU 2 5 2 6 8 4 6 C 2

RU 2 5 2 6 8 4 6 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02K 19/06* (2006.01)  
*H02K 19/20* (2006.01)  
*H02K 1/17* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012124209/07, 09.06.2012  
(24) Effective date for property rights:  
09.06.2012  
Priority:  
(22) Date of filing: 09.06.2012  
(43) Application published: 20.12.2013 Bull. № 35  
(45) Date of publication: 27.08.2014 Bull. № 24  
Mail address:  
620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr  
Intellektual'noj sobstvennosti, T-401, T.V. Marks

(72) Inventor(s):  
Dmitrievskij Vladimir Aleksandrovich (RU),  
Prakht Vladimir Alekseevich (RU)  
(73) Proprietor(s):  
Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (RU),  
OOO "Ehltekhno" (RU)

(54) **BRUSHLESS ELECTRIC MACHINE**

(57) Abstract:

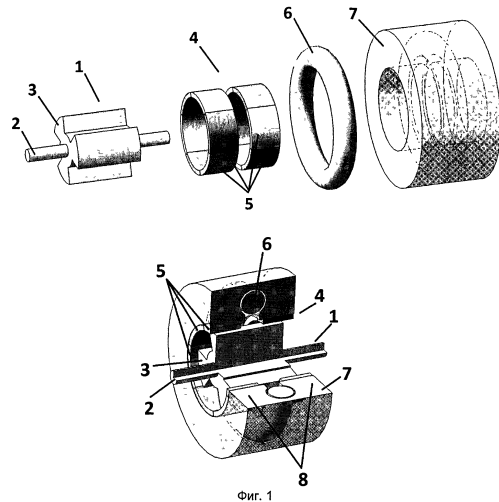
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to the sphere of electric engineering, to electrical machines with magnets on a stator, and can be used in electrical drives of machines and mechanisms, as well as in electrical power generators. The brushless machine comprises a rotor with a shaft and at least one gear ring on it with teeth placed around the gap circle. The stator comprises a toothed magnet core, a winding, which coils are placed to grooves of the stator magnet core. The multipole magnet system is made of hard-magnetic material and placed between the rotor and stator magnet core, fixed at the stator and magnetised so that at surfaces of the stator teeth faced towards the gap there is an equal quantity of alternating opposite poles along rotation direction of the rotor. The stator is made as a body of rotation with several teeth placed along the rotor axis of rotation. Each coil of the winding is placed to one stator groove. Over each stator tooth there are only teeth of one toothed fragment of the rotor. The number of

teeth at each gear ring is equal to a half of poles placed at one stator tooth.

EFFECT: increase of the electric machine specific power and reduction of active material weight.

18 cl, 13 dwg



Фиг. 1

RU 2 526 846 C2

RU 2 526 846 C2

Изобретение относится к электромеханике, а точнее к электрическим машинам с магнитами на статоре, и может быть использовано в электрических приводах машин и механизмов, а также в генераторах электрической энергии.

Известна бесщеточная электрическая машина, имеющая зубчатый статор, зубчатый ротор, обмотку, уложенную в пазы статора, и магниты, расположенные в ярмах статора [Wei Hua; Xiaoyong Zhu; Xiangxin Kong; Jianzhong Zhang; Wenxiang Zhao. Stator-permanent magnet brushless machines: Concepts, developments and applications. Electrical Machines and Systems, 2008. ICEMS 2008. International Conference on 17-20 Oct. 2008. Pages: 2802-2807]. При этом значительная часть магнитного потока, создаваемого магнитами, замыкается вне двигателя, что понижает удельную мощность и снижает энергетические показатели машины.

Аналогичные недостатки имеет машина с магнитами в зубцах статора, имеющая зубчатый ротор, статор, составленный из С-образных фрагментов, и магниты, в зубцах статора [там же].

Прототипом является однофазная электрическая машина с магнитами на зубцах статора [Rajesh P. Deodhar, Svante Andersson, Ion Boldea, and Timothy J. E. Miller. The Flux-Reversal Machine: A New Brushless Doubly-Salient Permanent-Magnet Machine. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL.33, NO. 4, JULY/AUGUST 1997], имеющая ротор с тремя зубцами и статор с двумя зубцами, двухслойную обмотку на статоре, а также магнитную систему, расположенную на поверхности зубцов статора, имеющую по два магнита на каждом зубце статора и создающую на каждом зубце статора два магнитных полюса. Соседние полюса, расположенные на соседних зубцах, являются разноименными. В такой машине используется только  $2/3$  поверхности воздушного зазора машины, что понижает удельную мощность, увеличивает массу активных материалов и ведет к увеличению стоимости машины. Кроме того, наличие лобовых частей обмотки, не участвующих в создании магнитного поля, уменьшает удельную мощность электрической машины и увеличивает массу активных материалов

Задачей изобретения является увеличение удельной мощности электрической машины и уменьшение массы активных материалов.

Поставленная задача решается за счет того, что в бесщеточной электрической машине, содержащей ротор, включающий вал и не менее одного зубчатого элемента на нем с зубцами, расположенными вдоль окружности зазора, статор, включающий зубчатый магнитопровод, обмотку, катушки которой уложены в пазы магнитопровода статора, и многополюсную магнитную систему, выполненную из магнитотвердого материала, расположенную между ротором и магнитопроводом статора, зафиксированную на статоре и намагниченную таким образом, что на поверхностях зубцов статора, обращенных к зазору, вдоль направления вращения ротора размещено одинаковое количество чередующихся разноименных полюсов, статор выполнен в виде тела вращения с несколькими зубцами, расположенными вдоль оси вращения ротора, каждая катушка обмотки уложена в один паз статора, над каждым зубцом статора расположены только зубцы одного зубчатого элемента ротора, число зубцов на каждом из зубчатых элементов равно половине полюсов, находящихся на одном зубце статора.

Статор представляет собой часть электрической машины и состоит из магнитопровода, катушек обмотки, уложенной в пазы магнитопровода, и магнитной системы, расположенной на поверхности магнитопровода, обращенной к ротору, при этом, по меньшей мере, одна катушка статора выполнена в виде кольца.

В бесщеточной электрической машине обмотка может быть выполнена однофазной,

и при наличии более одного паза условное направление тока в соседних пазах противоположно, при этом ротор и магнитная система выполнены так, что когда над северными полюсами некоторого зубца статора находятся зубцы ротора, зубцы ротора оказываются над южными полюсами соседнего зубца статора.

5 В бесщеточной электрической машине обмотка может быть выполнена многофазной, при этом ротор и магнитная система выполнены так, что когда над северными полюсами некоторого зубца статора находятся зубцы зубчатого элемента ротора, зубцы зубчатого элемента ротора, находящегося над соседним зубцом, смещены относительно северных полюсов последнего, чтобы обеспечить требуемый сдвиг фаз.

10 В бесщеточной электрической машине ротор может быть выполнен таким образом, что сечения его зубчатых элементов, перпендикулярные оси вращения, имеют линию зеркальной симметрии.

В бесщеточной электрической машине ротор может быть выполнен таким образом, что сечения его зубчатых элементов, перпендикулярные оси вращения, не имеют линию

15 зеркальной симметрии.

В бесщеточной электрической машине магнитная система может быть выполнена монолитной формы.

В бесщеточной электрической машине магнитная система может быть выполнена из отдельных магнитов.

20 В бесщеточной электрической машине вдоль оси вращения ротора могут быть размещены несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

В бесщеточной электрической машине вдоль направления вращения ротора могут быть размещены несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

В бесщеточной электрической машине магнитная система может быть выполнена

25 из магнитов, остаточная намагниченность которых направлена от оси вращения ротора и к оси вращения ротора. При этом между магнитами, расположенными на одном зубце и/или на соседних зубцах, имеющими противоположные остаточные намагниченности, может быть расположена немагнитная область.

В бесщеточной электрической машине магнитная система может быть выполнена

30 таким образом, что между соседними разноименными полюсами магнитной системы остаточная намагниченность имеет направление вдоль или против направления вращения ротора и способствует формированию полюсов магнитной системы.

В бесщеточной электрической машине ротор может быть расположен внутри статора или статор внутри ротора.

35 В бесщеточной электрической машине зубцы статора и магнитная система на статоре могут быть выполнены со скосом относительно зубцов ротора.

В бесщеточной электрической машине могут быть использованы магниты прямоугольного сечения.

В бесщеточной электрической машине магнитопровод статора может быть выполнен

40 сборным.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется чертежами, на которых изображены:

фиг.1 - принципиальная схема однофазной электрической машины с двумя зубцами на статоре и одним зубчатым элементом на роторе.

45 фиг.2. - принципиальная схема однофазной электрической машины с тремя зубцами на статоре и двумя катушками в обмотке, с одним зубчатым элементом на роторе, содержащем 3 зубца.

фиг.3 - принципиальная схема зубчатого фрагмента ротора, сечение которого,

перпендикулярное оси вращения, имеет линию зеркальной симметрии;

фиг.4 - принципиальная схема зубчатого элемента ротора, обеспечивающего неравномерный воздушный зазор;

5 фиг.5 - принципиальная схема зубчатого элемента ротора с фаской с одной стороны зубца;

фиг.6 - принципиальная схема зубчатого элемента ротора, в котором стороны зубца выполнены под разными углами к зазору между ротором и статором;

10 фиг.7. - принципиальная схема двухфазной электрической машины с тремя зубцами на статоре и двумя катушками в обмотке, также отдельно показаны более крупным планом магнитная система и ротор.

фиг.8 - принципиальная схема однофазной электрической машины с двумя зубцами на статоре и двумя зубчатыми элементами на роторе.

15 фиг.9 - принципиальная схема однофазной электрической машины с двумя зубцами на статоре, в которой вдоль оси вращения ротора содержится несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

фиг.10 - поперечное сечение бесщеточной электрической машины с несколькими электроизолированными магнитами, расположенными вдоль направления вращения ротора.

20 фиг.11 - поперечное сечение бесщеточной электрической машины с немагнитными областями между магнитами вдоль направления вращения ротора.

фиг.12 - поперечное сечение бесщеточной электрической машины с областями намагничивания вдоль или против направления вращения ротора.

фиг.13. - принципиальная схема однофазной электрической машины с разборным статором.

25 Заявляемая бесщеточная электрическая машина (фиг.1) в однофазном исполнении имеет ротор 1, содержащий вал 2 с зубчатым элементом 3 на нем, и статор, содержащий магнитную систему 4, состоящую из отдельных магнитов 5 или выполненную монолитно из магнитопласта, катушку 6 и магнитопровод статора 7.

30 Катушка 6 в виде кольца укладывается в паз магнитопровода статора. Паз расположен посередине внутренней поверхности магнитопровода статора. На зубцах статора 8 расположена магнитная система 4, выполненная из отдельных магнитов 5, намагниченных в радиальном направлении, чередующейся намагниченности, как показано на рисунке, или в виде сплошного многополюсного магнитоласта. Магниты, у которых остаточная намагниченность имеет направление от оси вращения, показаны  
35 более темным тоном, чем магниты, у которых остаточная намагниченность имеет направление к оси вращения.

Среди положений ротора заявленной бесщеточной электрической машины есть два положения, которые далее будем называть выделенными, характеризующиеся тем, что зубцы ротора оказываются только над магнитами одинаковой намагниченности,  
40 расположенными на одном и том же зубце, причем для соседних зубцов эта намагниченность противоположна.

Принцип действия заявленной бесщеточной электрической машины в однофазном исполнении в генераторном режиме состоит в следующем.

45 В выделенных положениях магнитный поток через ярмо ротора принимает противоположное по знаку и максимальное по модулю положение. Именно этот магнитный поток составляет основную часть потока через катушку. Таким образом, при движении ротора между двумя выделенными положениями магнитный поток через катушку постоянно меняется. По закону электромагнитной индукции в катушке наводится

электродвижущая сила (ЭДС). При протекании тока по катушке в направлении, противоположном ЭДС, машина потребляет электрическую энергию, которая преобразуется в механическую энергию вращения ротора. Если направления ЭДС и тока совпадают, то машина вырабатывает электрическую энергию, преобразуя механическую энергию вращения ротора.

Если статор бесщеточной электрической машины в однофазном исполнении имеет несколько пазов (фиг.2), направление токов в сечениях катушек, уложенных в соседние пазы, противоположно.

При использовании заявленной электрической машины в однофазном исполнении в качестве генератора может применяться ротор 1, сечение зубчатого фрагмента 3 которого, перпендикулярное оси вращения, имеет линию зеркальной симметрии. На фиг.3 показан пример такого ротора, причем некоторые линии зеркальной симметрии показаны штрихпунктиром.

При использовании заявленной бесщеточной электрической машины в однофазном исполнении в качестве двигателя необходимо обеспечить возможность старта. Для этого ротор 1 выполняют несимметричным так, чтобы при отсутствии электропитания его равновесное положение было отклонено от положения, в котором зубцы ротора 1 находятся строго напротив полюсов, что позволяет при подаче питания создавать пусковой момент. Несимметричность ротора может состоять в несимметричности воздушного зазора между зубчатыми элементами ротора 3 и магнитопроводом статора (фиг.4), в выполнении зубцов зубчатого ротора 3 таким образом, что примыкающие к зазору стороны зубцов образуют с нормалью к зазору разный угол, например, как это показано на фиг.5 или фиг.6. Также ротор может иметь несимметрию в виде несимметричной прорези.

В многофазном исполнении обмотки заявляемой бесщеточной электрической машины, как правило, образуют многофазную систему с отсутствием симметрии фаз. Однако заявляемая бесщеточная электрическая машина в многофазном исполнении при любом положении может создавать момент усилия в любом направлении вращения ротора. Таким образом, в многофазном исполнении заявляемая электрическая машина может применяться в устройствах, в которых требуется обеспечить вращение в двух направлениях.

В бесщеточной электрической машине в многофазном исполнении (как и в однофазном исполнении) для каждого зубца статора среди положений ротора есть два положения, которые далее будем называть выделенными, характеризующиеся тем, что зубцы ротора оказываются только над магнитами одинаковой намагниченности, расположенными на данном зубце.

Бесщеточная машина в многофазном исполнении отличается от бесщеточной машины в однофазном исполнении тем, что выделенные позиции ротора для некоторых зубцов статора не совпадают. Это приводит к тому, что между ЭДС катушек статора имеется фазовый сдвиг, отличный от  $0^\circ$  или  $180^\circ$ , что позволяет сформировать из катушек многофазную обмотку. Двухфазная бесщеточная электрическая машина изображена на фиг.7.

Ротор заявляемой бесщеточной электрической машины может иметь несколько зубчатых элементов, сдвинутых друг относительно друга на некоторый угол. В частности это может приводить к требуемым фазовым сдвигам между ЭДС катушек статора даже при условии, что ближайшие полюса, принадлежащие соседним зубцам оказываются одноименными, что позволяет выполнить магнитную систему из однородно намагниченных магнитов, проходящих через всю активную зону электрической машины

вдоль оси вращения ротора (фиг.8).

Для снижения электрических потерь в магнитной системе 4 несколько магнитов 5 располагают вдоль оси вращения ротора 1 (фиг.9).

Также для снижения электрических потерь в магнитной системе 4 уменьшают угловой размер магнитов 5, в частности, на один полюс может приходиться несколько магнитов 5 (фиг.10). Магниты 5 малого углового размера могут иметь прямоугольное сечение, что упрощает изготовление магнитов и снижает их цену.

С целью экономии магнитов 5, соприкасающиеся части магнитов 5 разной намагниченности могут быть заменены немагнитной областью 9 между ними (фиг.11), представляющей собой зазор или немагнитную и неэлектропроводную вставку, что практически не снижает технических характеристик электрической машины, поскольку в местах соприкосновения магнитов 5 с противоположной намагниченностью их потоки замыкаются сами на себя и фактически не участвуют в создании потока в воздушном зазоре. Другими словами, между соседними магнитами 5, формирующими противоположные полюса и имеющими противоположные остаточные намагниченности, направленные вдоль или против направления вращения ротора, может располагаться немагнитная область, выполненная в виде зазора между магнитами или в виде немагнитной и неэлектропроводной вставки.

Между соседними магнитами 5, расположенными на соседних зубцах 8 магнитопровода статора 7, также целесообразно выполнять немагнитную область, поскольку магниты 6, расположенные вдали от магнитопровода статора, в меньшей степени участвуют в формировании полезного магнитного потока.

Для увеличения полезного магнитного потока между соседними разноименными полюсами магнитной системы может быть расположен магнитотвердый материал 10 магнитной системы 4 с намагниченностью, направленной в угловом направлении (фиг.12) так, чтобы способствовать формированию полюсов магнитной системы 4.

Для упрощения укладки обмотки и снижения себестоимости бесщеточной электрической машины, магнитопровод статора может быть выполнен сборным. Один из вариантов сборного статора показан на фиг.13.

В заявляемой бесщеточной электрической машине в отличие от прототипа отсутствуют лобовые части обмотки, в результате вся обмотка создает полезное магнитное поле. В результате увеличивается удельная мощность электрической машины и уменьшается масса активных материалов.

Кроме того, пути замыкания магнитного потока выполнены значительно более короткими, чем в прототипе, что также приводит к уменьшению потерь МДС в магнитопроводе и уменьшает массу машины.

Кроме того, выполнение магнитной системы из достаточного числа отдельных электроизолированных магнитов позволяет снизить электрические потери в магнитах.

Кроме того, расположение магнитов таким образом, что между соседними магнитами, формирующими противоположные полюса и имеющими противоположные остаточные намагниченности, коллинеарные радиус-вектору, имеется немагнитная область, позволяет уменьшить массу магнитов, а значит и себестоимость электрической машины.

#### Формула изобретения

1. Бесщеточная электрическая машина, содержащая ротор, включающий вал и не менее одного зубчатого элемента на нем с зубцами, расположенными вдоль окружности зазора, статор, включающий зубчатый магнитопровод, обмотку, катушки которой уложены в пазы магнитопровода статора, и многополюсную магнитную систему,



выполненную из магнитотвердого материала, расположенную между ротором и магнитопроводом статора, зафиксированную на статоре и намагниченную таким образом, что на поверхностях зубцов статора, обращенных к зазору вдоль направления вращения ротора размещено одинаковое количество чередующихся разноименных полюсов, отличающаяся тем, что статор выполнен в виде тела вращения с несколькими зубцами, расположенными вдоль оси вращения ротора, по меньшей мере, одна катушка статора выполнена в виде кольца, расположенного в пазу его магнитопровода, над каждым зубцом статора расположен только один зубчатый элемент ротора, число зубцов каждого зубчатого элемента ротора равно половине полюсов, находящихся на одном зубце статора.

2. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что обмотка выполнена однофазной и при наличии более одного паза условное направление тока в соседних пазах противоположно, при этом ротор и магнитная система выполнены так, что когда над северными полюсами некоторого зубца статора находятся зубцы ротора, зубцы ротора оказываются над южными полюсами соседнего зубца статора.

3. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что обмотка выполнена многофазной, при этом ротор и магнитная система выполнены так, что когда над северными полюсами некоторого зубца статора находятся зубцы зубчатого элемента ротора, зубцы зубчатого элемента ротора, находящегося над соседним зубцом, смещены относительно северных полюсов последнего, чтобы обеспечить требуемый сдвиг фаз.

4. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что ротор выполнен таким образом, что сечения его зубчатых элементов, перпендикулярные оси вращения, имеют линию зеркальной симметрии.

5. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что ротор выполнен таким образом, что сечения его зубчатых элементов, перпендикулярные оси вращения, не имеют линию зеркальной симметрии.

6. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена монолитной формы.

7. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена из отдельных магнитов.

8. Бесщеточная электрическая машина по п.7, отличающаяся тем, что вдоль оси вращения ротора размещены несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

9. Бесщеточная электрическая машина по п.7, отличающаяся тем, что вдоль направления вращения ротора размещено несколько электроизолированных друг от друга магнитов.

10. Бесщеточная электрическая машина по п.7, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена из магнитов, остаточная намагниченность которых направлена от оси вращения ротора и к оси вращения ротора.

11. Бесщеточная электрическая машина по п.10, отличающаяся тем, что между магнитами, расположенными на одном зубце и имеющими противоположные остаточные намагниченности, расположена немагнитная область.

12. Бесщеточная электрическая машина по п.7, отличающаяся тем, что между магнитами, расположенными на соседних зубцах, имеется немагнитная область.

13. Бесщеточная электрическая машина по п.7, отличающаяся тем, что магнитная система выполнена таким образом, что между соседними разноименными полюсами магнитной системы остаточная намагниченность имеет направление вдоль или против направления вращения ротора и способствует формированию полюсов магнитной

системы.

14. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что ротор расположен внутри статора.

5 15. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что статор расположен внутри ротора.

16. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что зубцы статора и магнитная система на статоре выполнены со скосом относительно зубцов ротора.

17. Бесщеточная электрическая машина по п.7, отличающаяся тем, что использованы магниты прямоугольного сечения.

10 18. Бесщеточная электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что магнитопровод статора выполнен сборным.

15

20

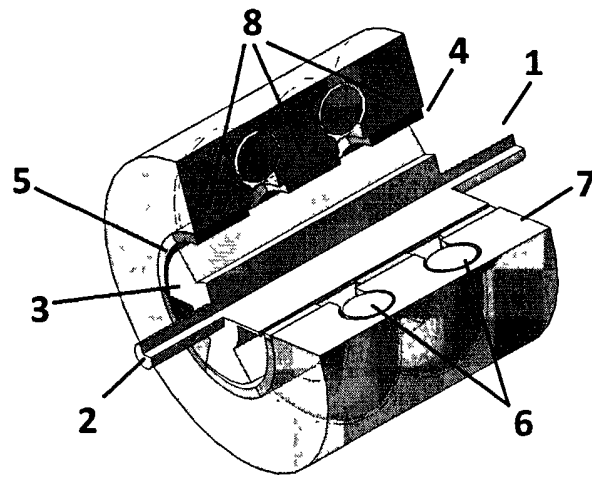
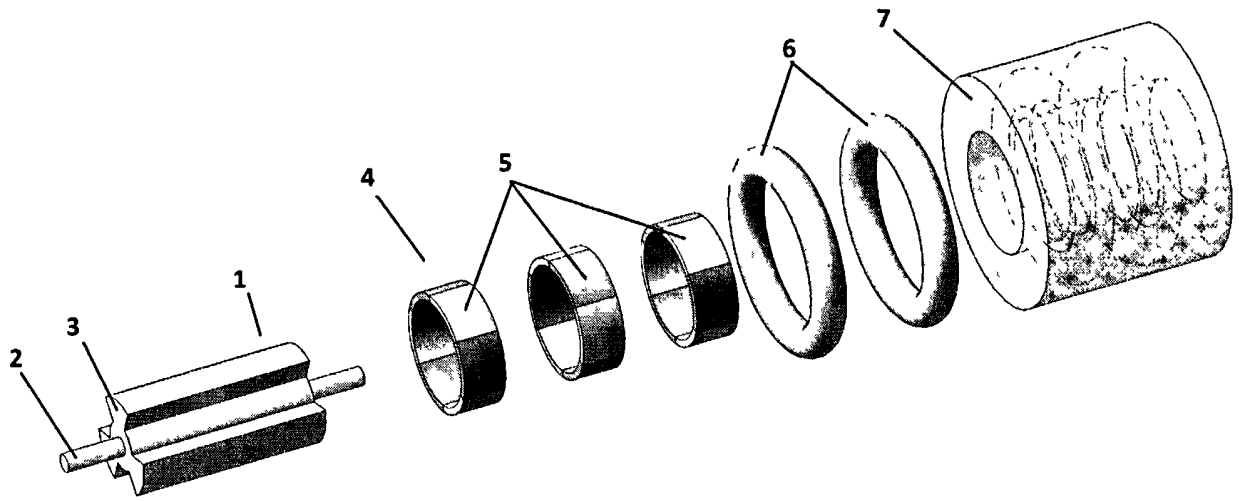
25

30

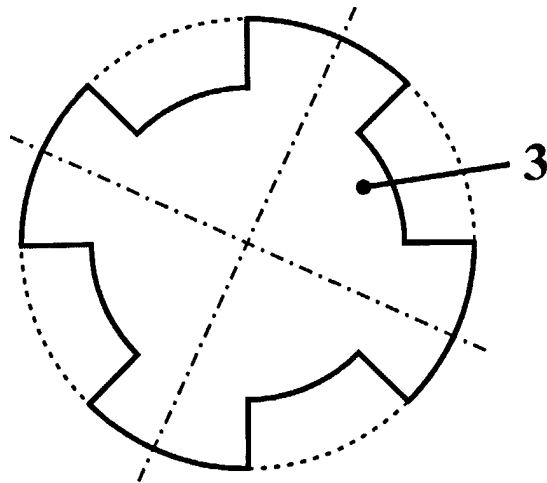
35

40

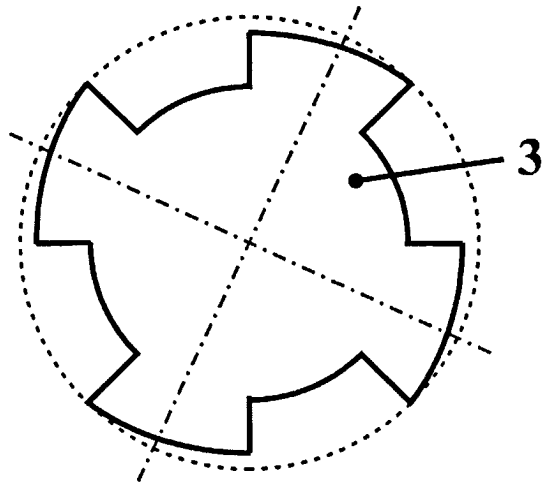
45



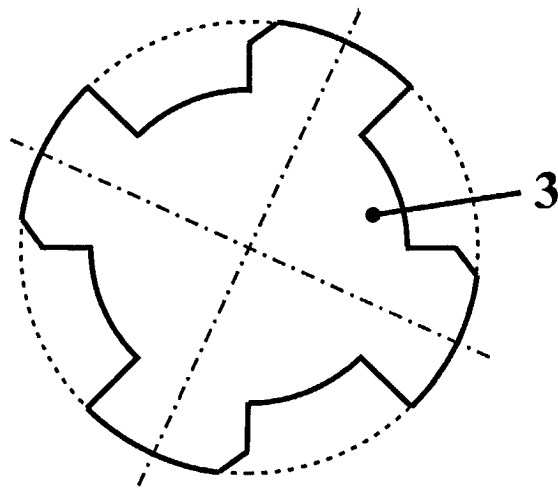
Фиг. 2



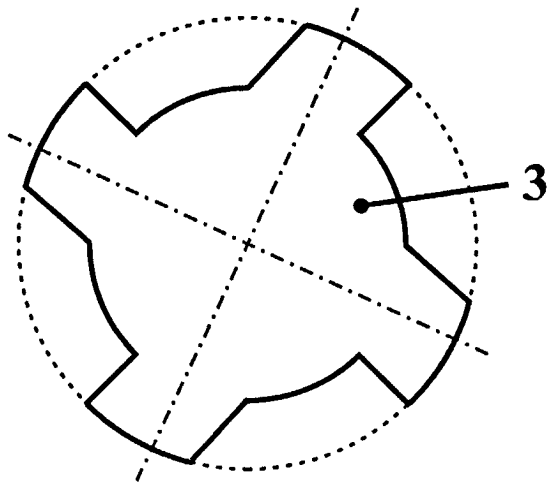
Фиг.3



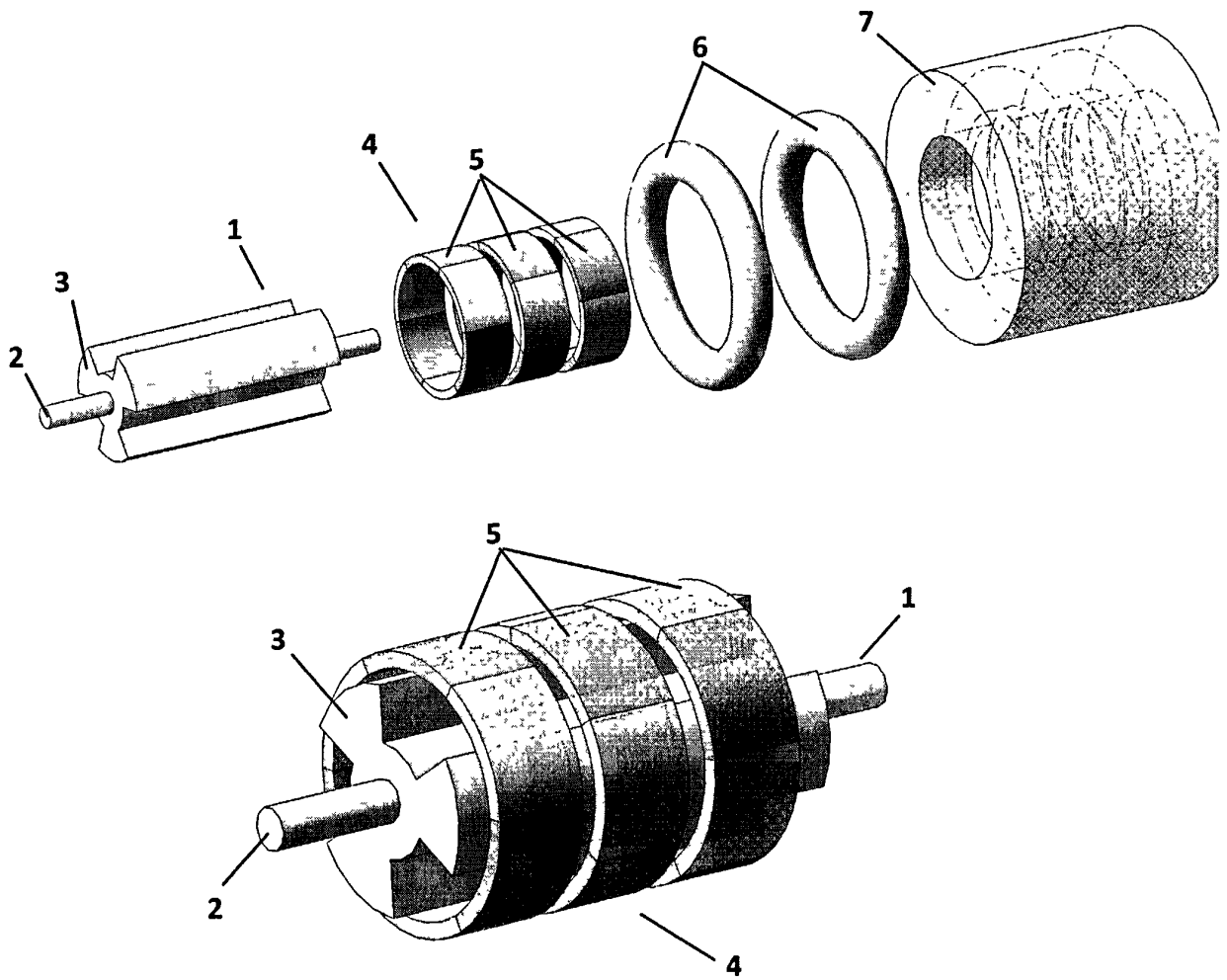
Фиг.4



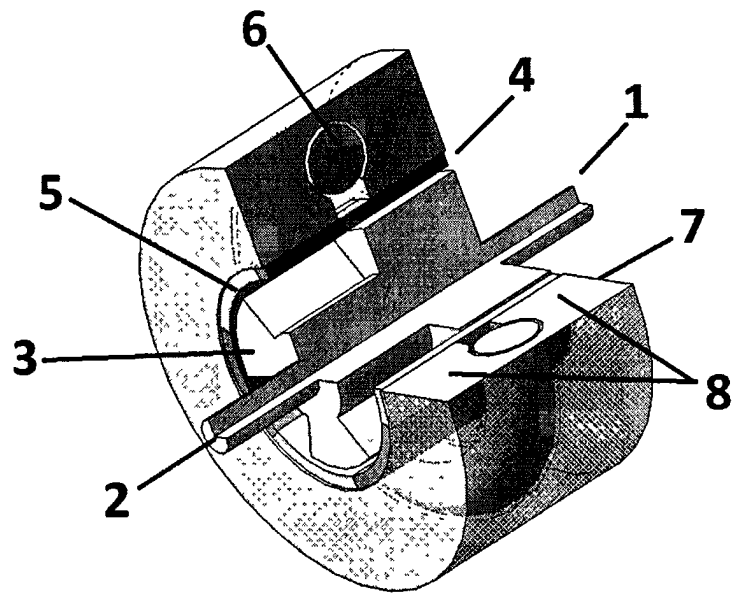
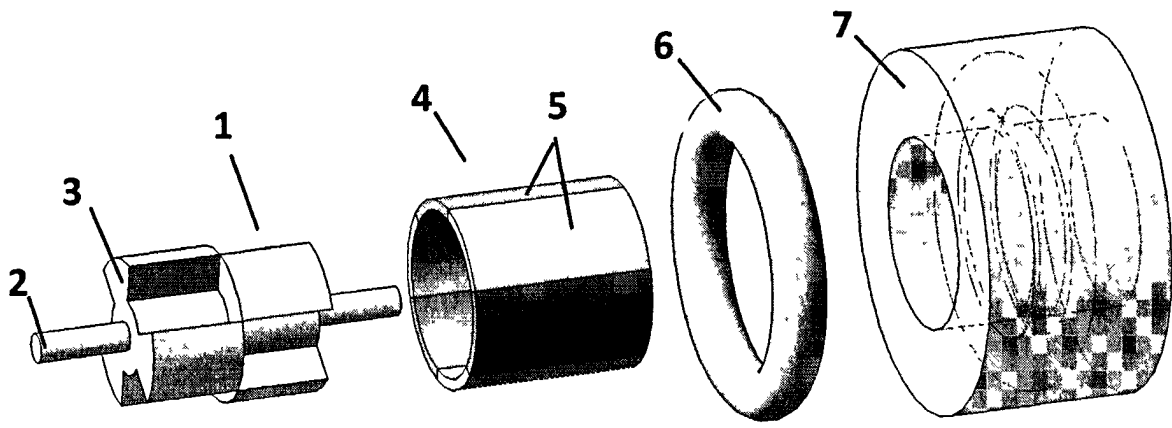
Фиг.5



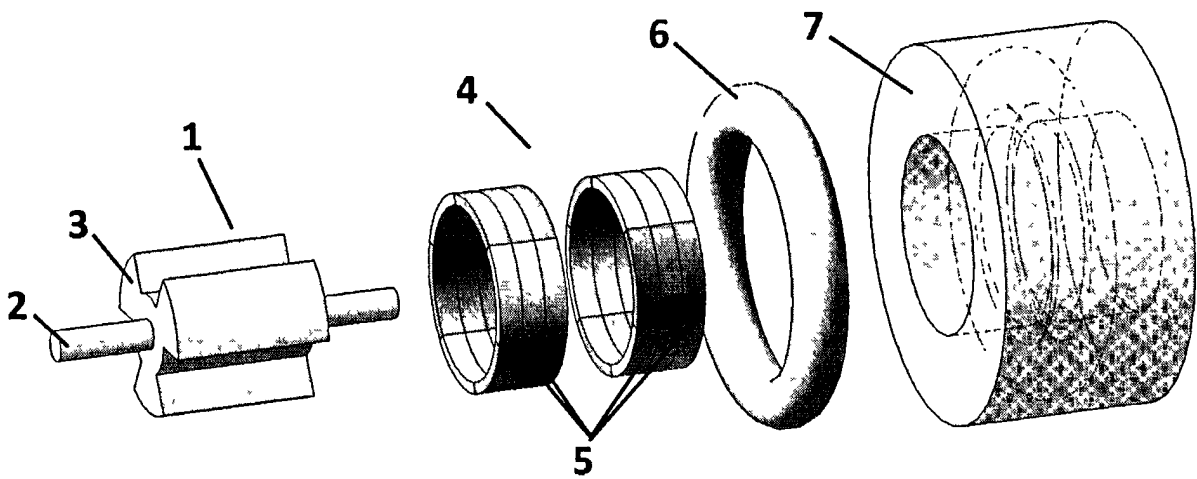
Фиг.6



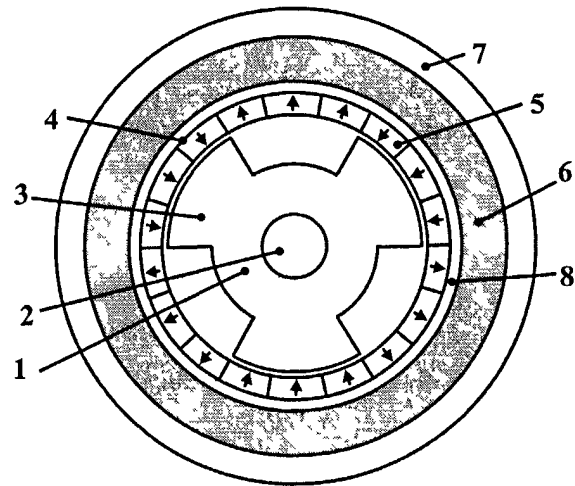
Фиг. 7



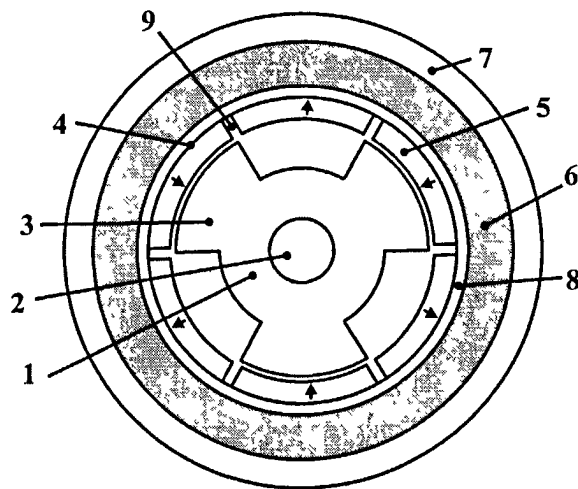
Фиг. 8



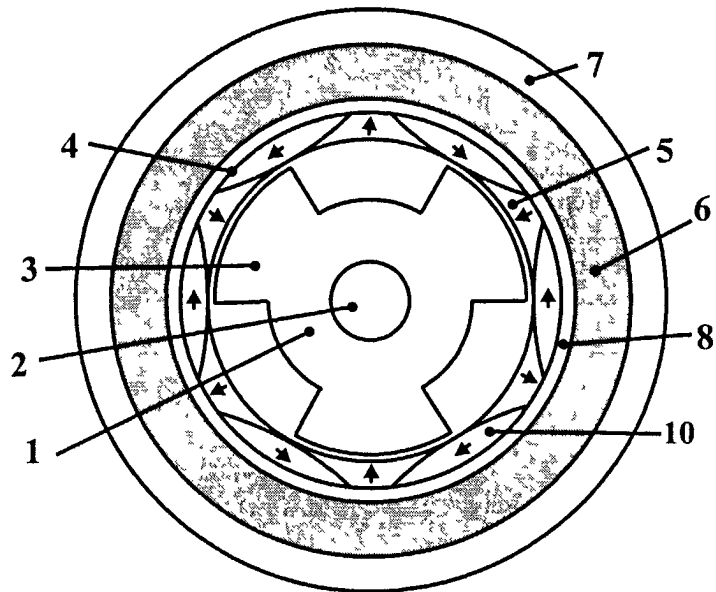
Фиг. 9



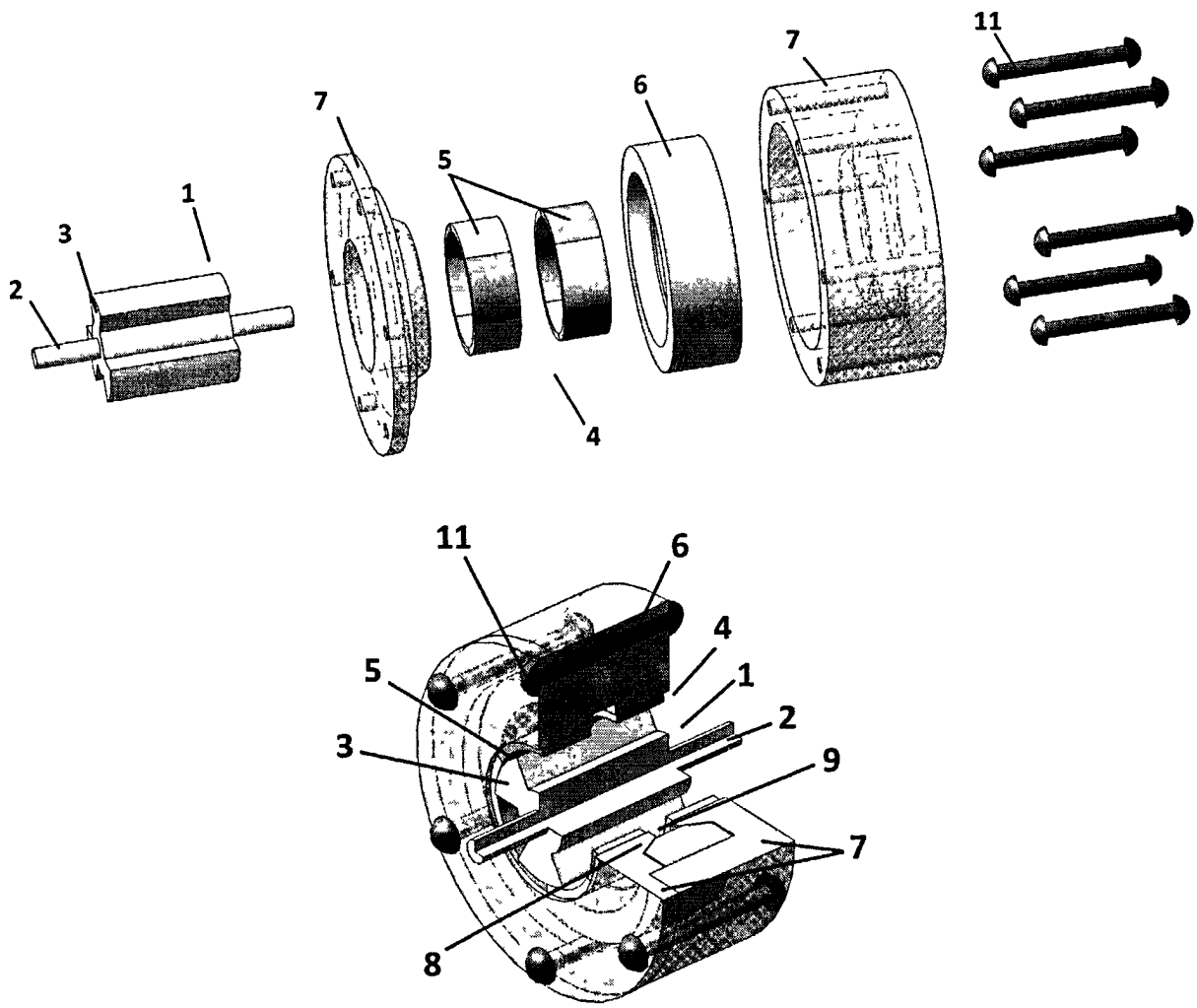
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13