



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02K 1/27 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2020133981, 15.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.10.2020

Дата регистрации:
16.05.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.10.2020

(43) Дата публикации заявки: 15.04.2022 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 16.05.2022 Бюл. № 14

Адрес для переписки:

141005, Московская обл., Мытищи-5, а/я 80,
Романову В.Ф.

(72) Автор(ы):

Дашко Олег Григорьевич (RU),
Захаренко Андрей Борисович (RU),
Зенин Сергей Борисович (RU),
Литвинов Владимир Никонович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Дашко Олег Григорьевич (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2720233 C1, 28.04.2020. RU
2015144966 A, 25.04.2017. WO 2006118219 A1,
09.11.2006. WO 2019115632 A1, 20.06.2019. CN
111541326 A, 14.08.2020.

(54) Электрическая машина с ротором, созданным по схеме Хальбаха

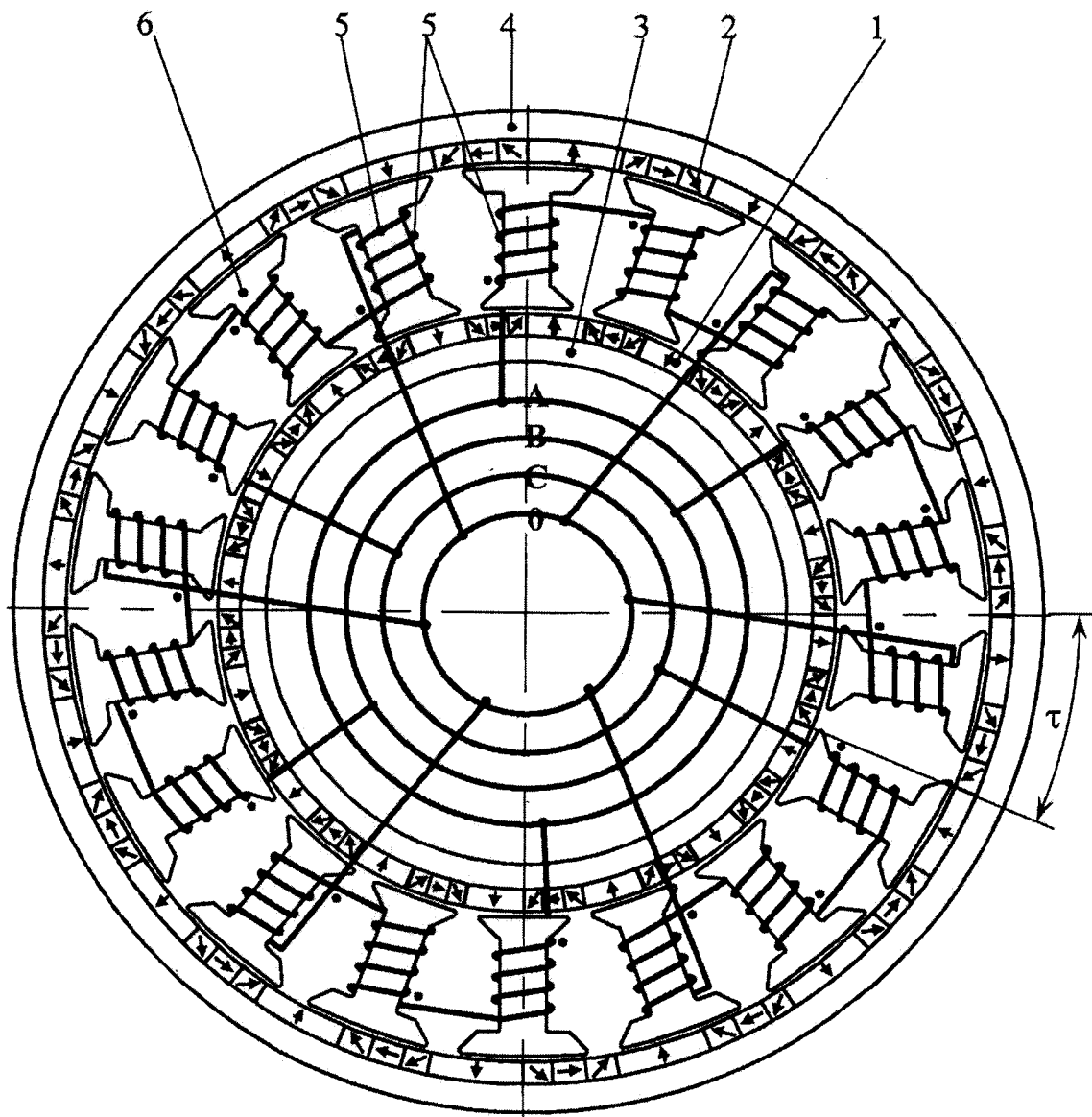
(57) Реферат:

Изобретение относится к электрической машине с ротором, созданным по схеме Хальбаха. Электрическая машина содержит узел обмотки статора и ротор. Узел обмотки статора состоит из множества катушек. Ротор включает в себя множество внешних магнитов, выполненных в виде внешнего кольца Хальбаха. Корпус внешних магнитов соединен с множеством внешних магнитов и окружает их. Множество внутренних магнитов выполнены в виде внутреннего кольца Хальбаха. Обмотка расположена между множеством внутренних и внешних магнитов. Корпус внутренних магнитов соединен с множеством внутренних магнитов. Выходной вал соединен с внутренним корпусом магнитов.

Направление намагниченности на внутреннем и внешнем кольцах Хальбаха согласованы так, чтобы магнитные потоки складывались. С внешней стороны внешнего кольца Хальбаха и с внутренней стороны внутреннего кольца Хальбаха расположены ярма из ферромагнитного материала. Магниты закреплены на ярмах. Внешнее и внутреннее кольца Хальбаха собраны из магнитов с циклическим повторением последовательности направления векторов намагниченности постоянных магнитов. Обмотка статора расположена на ферромагнитных зубцах, между которыми размещены датчики положения ротора. Достигается повышение КПД электрической машины. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 771 993 C2

RU 2 771 993 C2



Фиг. 1

RU 2771993 C2

RU 2771993 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02K 1/27 (2022.02)

(21)(22) Application: **2020133981, 15.10.2020**

(24) Effective date for property rights:
15.10.2020

Registration date:
16.05.2022

Priority:

(22) Date of filing: **15.10.2020**

(43) Application published: **15.04.2022** Bull. № 11

(45) Date of publication: **16.05.2022** Bull. № 14

Mail address:

**141005, Moskovskaya obl., Mytishchi-5, a/ya 80,
Romanovu V.F.**

(72) Inventor(s):

**Dashko Oleg Grigorevich (RU),
Zakharenko Andrej Borisovich (RU),
Zenin Sergej Borisovich (RU),
Litvinov Vladimir Nikonovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Dashko Oleg Grigorevich (RU)

(54) **ELECTRIC MACHINE WITH ROTOR CREATED ACCORDING TO HALBACH SCHEME**

(57) Abstract:

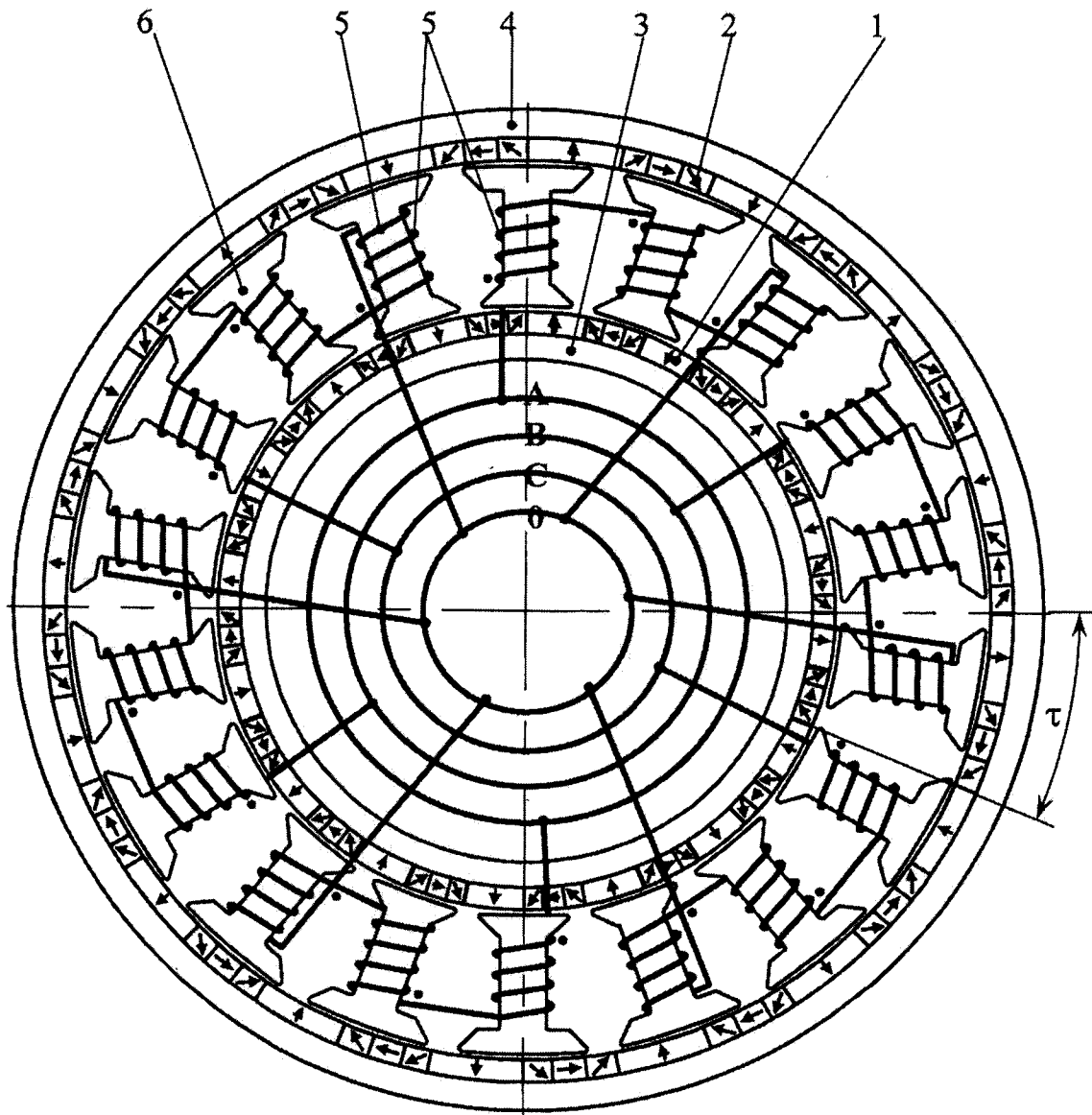
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to an electric machine with a rotor created according to the Halbach scheme. The electric machine contains a stator winding assembly and a rotor. The stator winding assembly consists of a set of coils. The rotor includes a set of external magnets made in the form of an outer Halbach ring. A case of external magnets is connected to and surrounds the set of external magnets. A set of internal magnets is made in the form of an inner Halbach ring. The winding is located between the set of internal and external magnets. A case of internal magnets is connected to the set of internal magnets. An output shaft is connected to an inner case of magnets. The direction

of magnetization on inner and outer Halbach rings is coordinated so that magnetic fluxes are add up. On the outer side of the outer Halbach ring and on the inner side of the inner Halbach ring, there are yoke made of ferromagnetic material. Magnets are fixed on the yoke. Outer and inner Halbach rings are assembled from magnets with a cyclic repetition of a direction sequence of magnetization vectors of permanent magnets. The stator winding is located on ferromagnetic gears, between which rotor position sensors are placed.

EFFECT: increase in the efficiency of an electric machine is achieved.

2 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2771993 C2

RU 2771993 C2

Изобретение относится к электротехнике, в частности к синхронным электрическим машинам с мультинаправленным вектором намагниченности постоянных магнитов, и может быть использовано для двигателей и генераторов с ротором, созданным по схеме Хальбаха.

5 Известен Электромеханический преобразователь (патент на изобретение РФ №2302692, МГЖ Н02К 19/10), содержащий, по меньшей мере, одну статорно-роторную пару, в которой статор состоит из сердечников из материала с высокой магнитной
10 проницаемостью, торцами прикрепленных к опорному статорному кольцу и ориентированных параллельно основному магнитному потоку, и между которыми расположены проводники многофазной обмотки, ротор выполнен в виде двух коаксиально расположенных наружного и внутреннего индукторов - магнитопроводов из материала с высокой магнитной проницаемостью в форме полых цилиндров, закрепленных с возможностью вращения относительно статора, несущих расположенные по окружностям полюса с чередующейся полярностью, обращенные через рабочие
15 зазоры к статору и охватывающие его, при этом полярность полюсов, расположенных на внутреннем и наружном индукторах друг напротив друга, согласная, отличающийся тем, что число полюсов $2 \cdot p$, число пар полюсов p , число сердечников статора z и число катушечных групп в фазе d связаны соотношениями:

$$20 \quad p / d = k, \quad (1)$$

где: $k=1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5 \dots$ - целое положительное число, или число, отличающееся от него на $0,5$, при этом, если k - целое число, обмотки катушечных групп в каждой фазе соединены согласно, а при k - отличном от целого числа на $0,5$ и d равно четному
25 числу ($2, 4, 6 \dots$) обмотки катушечных групп в каждой фазе соединены встречно и

$$25 \quad 0,5 < z / (2 \cdot p) < 2, \quad (2)$$

и при этом
 $z / (2 \cdot p) \neq 1$.

30 Характеристики патента-аналога нуждаются в улучшении за счет использования схемы Хальбаха расположения векторов намагниченности постоянных магнитов его индукторов. Необходимо также обеспечить правильный момент включения фаз якоря за счет использования датчиков положения ротора.

Известна принятая в качестве прототипа Электромашинa с ротором, созданным по
35 схеме Хальбаха (патент на изобретение РФ №2720233, МПК Н02К 21/12), содержащая узел обмотки, состоящий из множества катушек, причем множество катушек расположены в форме кольца, и ротор, включающий в себя множество внешних магнитов, выполненных в виде внешнего кольца Хальбаха, окружающий обмотку в
40 сборе; корпус внешних магнитов, соединенный с множеством внешних магнитов, причем корпус внешних магнитов окружает множество внешних магнитов; множество внутренних магнитов, выполненных в виде внутреннего кольца Хальбаха, причем, обмотка расположена между множеством внутренних магнитов и множеством внешних магнитов; корпус внутренних магнитов, соединенный с множеством внутренних магнитов; выходной вал, соединенный с внутренним корпусом магнитов, отличающаяся
45 тем, что внешнее кольцо Хальбаха ротора собрано из магнитов с циклическим повторением следующей последовательности направления вектора намагниченности постоянных магнитов (на их торцевой поверхности): тангенциально, против часовой стрелки; радиально от центра; тангенциально, по часовой стрелке; радиально к центру; во внутреннем кольце Хальбаха циклично повторяются следующие направления вектора

намагниченности: тангенциально, по часовой стрелке; радиально от центра; тангенциально, против часовой стрелки; радиально к центру, а направление намагниченности на внутреннем и внешнем кольцах Хальбаха согласованы так, чтобы магнитный поток, созданный постоянными магнитами внутреннего и внешнего колец, складывался; с внешней стороны внешнего кольца Хальбаха расположено ярмо из ферромагнитного материала, с внутренней стороны внутреннего кольца Хальбаха расположено ярмо из ферромагнитного материала, магниты закреплены на ярмах, в обмотке отсутствуют ферромагнитные элементы.

Недостатком прототипа является то, что в нем невозможно достичь высокой плотности тока якоря из-за того, что катушки обмотки якоря расположены в форме кольца. В результате, электромагнитный и вращающий моменты такой машины в режиме двигателя - невелики, удельная мощность в режиме генератора также невелика. Кроме того, распределение магнитной индукции в воздушных зазорах - несинусоидально, что приводит к снижению КПД и росту добавочных потерь.

Объектом изобретения является синхронная электрическая машина, включающая в свой состав статор из отдельных ферромагнитных зубцов, зубцовой обмотки, укомплектованный датчиками положения ротора, а также ротор, имеющий два индуктора с постоянными магнитами, намагниченными по специальной схеме Хальбаха.

Технической задачей, решаемой изобретением, является максимизация КПД (во всех режимах), а также электромагнитного момента (в двигательном режиме) и удельной мощности (в генераторном режиме).

На фигуре 1 показано поперечное сечение активной части электрической машины с ротором, созданным по схеме Хальбаха, на фигуре 2 - распределение магнитной индукции в прототипе и в электрической машине, выполненной в соответствии с изобретением.

Решение технической задачи обусловлено созданием статора (якоря), позволяющего увеличить плотность тока в якоре за счет размещения обмотки на зубцах, наличием ротора, охватывающего статор с внешней и внутренней стороны, в котором вектора намагниченности постоянных магнитов расположены по специальной схеме Хальбаха.

Техническая задача решается, согласно изобретению, совокупностью существенных признаков, представленных в п. 1 формулы.

Техническим результатом предложенного изобретения является электрическая машина, состоящая из ротора и статора (фиг. 1). Ротор, состоит из двух колец Хальбаха (внутреннего 1 и внешнего 2), в которых четко определены направления векторов намагниченности постоянных магнитов (показаны стрелками), а также включающий в свой состав внутреннее 3 и внешнее 4 ярма, на которых крепятся постоянные магниты внутреннего 1 и внешнего 2 колец Хальбаха. Схема Хальбаха определяет циклическое повторение следующей последовательности направления вектора намагниченности постоянных магнитов (на их торцевой поверхности) на внешнем кольце:

- под 45° во внешнем направлении по часовой стрелке по отношению к касательной;
- тангенциально, по часовой стрелке;
- под 45° в направлении во внутрь по часовой стрелке по отношению к касательной;
- радиально к центру;
- под 45° в направлении во внутрь против часовой стрелки по отношению к касательной;
- тангенциально, против часовой стрелки;
- под 45° во внешнем направлении против часовой стрелки по отношению к касательной;

- радиально от центра;
на внутреннем кольце Хальбаха циклично повторяются следующие направления вектора намагниченности:

- 5 - под 45° во внешнем направлении против часовой стрелки по отношению к касательной;
- тангенциально, против часовой стрелки;
- под 45° в направлении во внутрь против часовой стрелки по отношению к касательной;
- радиально к центру;
- 10 - под 45° в направлении во внутрь по часовой стрелке по отношению к касательной;
- тангенциально, по часовой стрелке;
- под 45° во внешнем направлении по часовой стрелке по отношению к касательной;
- радиально от центра;

а направление намагниченности на внутреннем и внешнем кольцах Хальбаха
15 согласованы так, чтобы магнитный поток, созданный постоянными магнитами внутреннего и внешнего колец, складывался. Кроме того, ширина постоянного магнита b_{m-rad} с радиальным направлением намагниченности должна составлять половину полюсного деления τ :

$$b_{m-rad} = \tau/2,$$

20 а ширина каждого постоянного магнита $b_{m-\tau}$ с нерадиальным направлением намагниченности должна составлять:

$$b_{m-\tau} = \tau/6.$$

25 Описанные направления векторов намагниченности постоянных магнитов в сочетании с их согласованным расположением на внутреннем и внешнем кольцах Хальбаха позволяют получить суммирование магнитного потока от постоянных магнитов внутреннего 1 и внешнего 2 колец Хальбаха, а ярма - концентрацию магнитного потока в зоне обмотки 5 якоря, намотанной на зубцах 6 для достижения
30 максимального электромагнитного момента (в двигательном режиме) и максимальной удельной мощности (в генераторном режиме) электрической машины при обеспечении
35 необходимой плотности тока в обмотке 5. Обмотка 5 образует фазы А, В, С. На фиг. 1 обмотка соединена в звезду с нулевой шиной 0. Точками на фиг. 1 отмечены начала катушек обмотки 5. Поскольку под обмотку 5 отводится больше места, чем в прототипе, возможно обеспечение более высокой плотности тока, и таким образом, решение
35 технической задачи.

Кроме того, описанные направления векторов намагниченности постоянных магнитов в сочетании с шириной постоянных магнитов на внутреннем и внешнем кольцах Хальбаха позволяют получить близкое к синусоиде распределение магнитной индукции
40 7 в любом из воздушных зазоров по сравнению с прототипом 8 (фиг. 2). Это приводит к увеличению КПД и снижению добавочных потерь по сравнению с прототипом. Следует отметить, что на фиг. 2 по оси ординат отмечены относительные значения индукции, где максимальное значение принято за единицу.

Для решения технической задачи в части обеспечения максимизации электромагнитного момента, между зубцами якоря расположены датчики положения
45 ротора. Наиболее надежными являются датчики положения ротора, построенные с использованием эффекта Холла.

Принцип действия электромашин с ротором, созданным по схеме Хальбаха в целом соответствует принципу работы синхронных электрических машин переменного тока

в двигательном и генераторном режимах.

(57) Формула изобретения

1. Электрическая машина с ротором, созданным по схеме Хальбаха, содержащая
 5 узел обмотки статора, состоящий из множества катушек, и ротор, включающий в себя
 множество внешних магнитов, выполненных в виде внешнего кольца Хальбаха,
 окружающий обмотку в сборе; корпус внешних магнитов, соединенный с множеством
 внешних магнитов, причем корпус внешних магнитов окружает множество внешних
 10 магнитов; множество внутренних магнитов, выполненных в виде внутреннего кольца
 Хальбаха, причем обмотка расположена между множеством внутренних магнитов и
 множеством внешних магнитов; корпус внутренних магнитов, соединенный с
 множеством внутренних магнитов; выходной вал, соединенный с внутренним корпусом
 15 магнитов, направление намагниченности на внутреннем и внешнем кольцах Хальбаха
 согласованы так, чтобы магнитный поток, созданный постоянными магнитами
 внутреннего и внешнего колец, складывался; с внешней стороны внешнего кольца
 Хальбаха расположено ярмо из ферромагнитного материала, с внутренней стороны
 внутреннего кольца Хальбаха расположено ярмо из ферромагнитного материала,
 магниты закреплены на ярмах, отличающаяся тем, что внешнее кольцо Хальбаха
 ротора собрано из магнитов с циклическим повторением следующей последовательности
 20 направления вектора намагниченности постоянных магнитов (на их торцевой
 поверхности): под 45° во внешнем направлении по часовой стрелке по отношению к
 касательной; тангенциально, по часовой стрелке; под 45° в направлении во внутрь по
 часовой стрелке по отношению к касательной; радиально к центру; под 45° в
 направлении во внутрь против часовой стрелки по отношению к касательной;
 25 тангенциально, против часовой стрелки; под 45° во внешнем направлении против
 часовой стрелки по отношению к касательной; радиально от центра; во внутреннем
 кольце Хальбаха циклично повторяются следующие направления вектора
 намагниченности: под 45° во внешнем направлении против часовой стрелки по
 отношению к касательной; тангенциально, против часовой стрелки; под 45° в
 30 направлении во внутрь против часовой стрелки по отношению к касательной; радиально
 к центру; под 45° в направлении во внутрь по часовой стрелке по отношению к
 касательной; тангенциально, по часовой стрелке; под 45° во внешнем направлении по
 часовой стрелке по отношению к касательной; радиально от центра, ширина
 постоянного магнита b_{m-rad} с радиальным направлением намагниченности должна
 35 составлять половину полюсного деления τ :

$$b_{m-rad} = \tau/2,$$

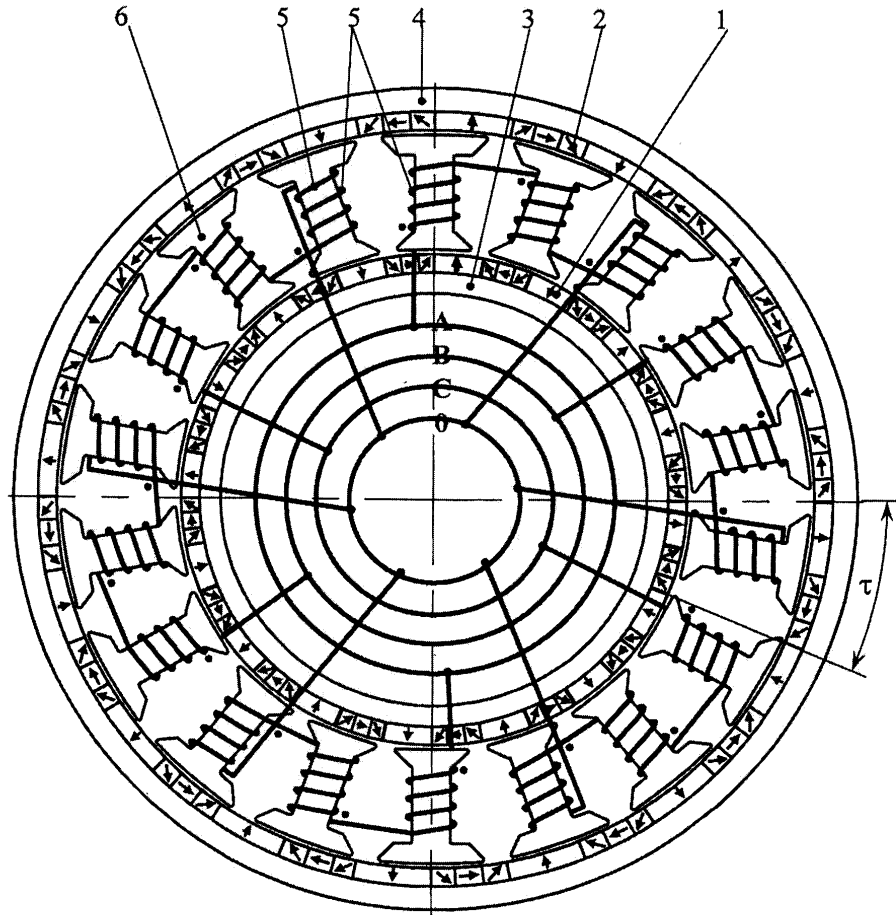
а ширина постоянного магнита $b_{m-\tau}$ с нерадиальным направлением намагниченности
 должна составлять:

$$b_{m-\tau} = \tau/6,$$

40 обмотка статора расположена на ферромагнитных зубцах, между которыми
 размещены датчики положения ротора.

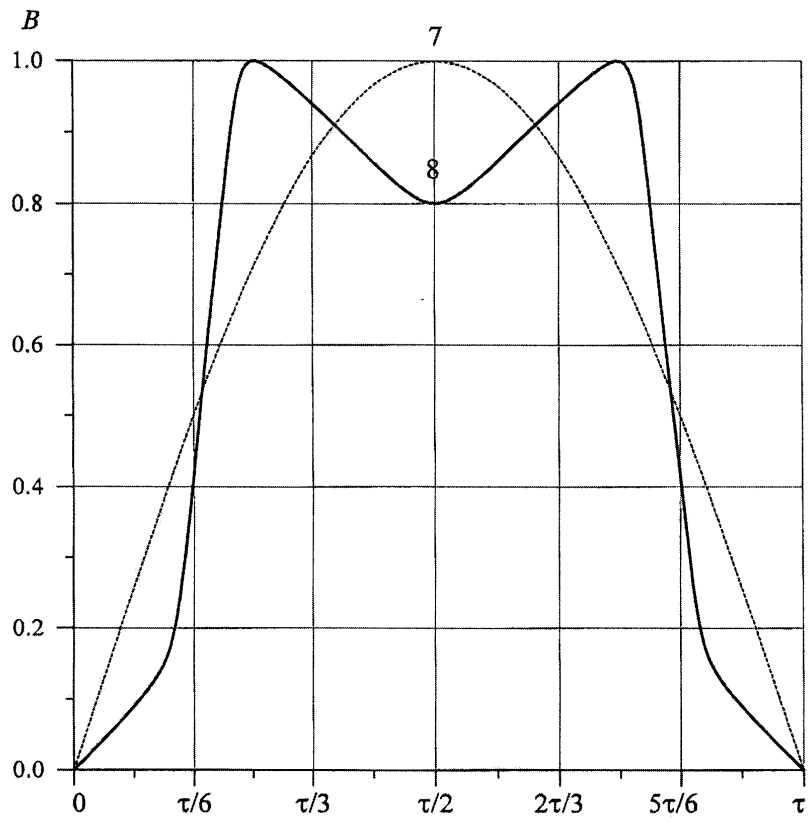
2. Электрическая машина с ротором, созданным по схеме Хальбаха, по п. 1,
 отличающаяся тем, что датчики положения ротора созданы с использованием эффекта
 45 Холла.

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2