



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005133650/09, 01.11.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.11.2005

(45) Опубликовано: 27.07.2007 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2236743 C2, 20.09.2004. RU 2129965 C1, 10.05.1999. RU 2074761 C1, 10.03.1997. US 5117142 A, 26.05.1992. US 5537025 A, 16.07.1996. DE 19802784 A1, 29.07.1999. EP 0926806 A1, 30.06.1999. US 2002153793 A1, 24.10.2002. US 2004021390 A1, 05.02.2004. US 2004212273 A1, 28.10.2004. US 2004155537 A1, 12.08.2004. WO 87/02525 A1, 23.04.1987.

Адрес для переписки:

121467, Москва, ул. Ельнинская, 3, кв.71,
О.В. Комардину

(72) Автор(ы):

Шкондин Василий Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

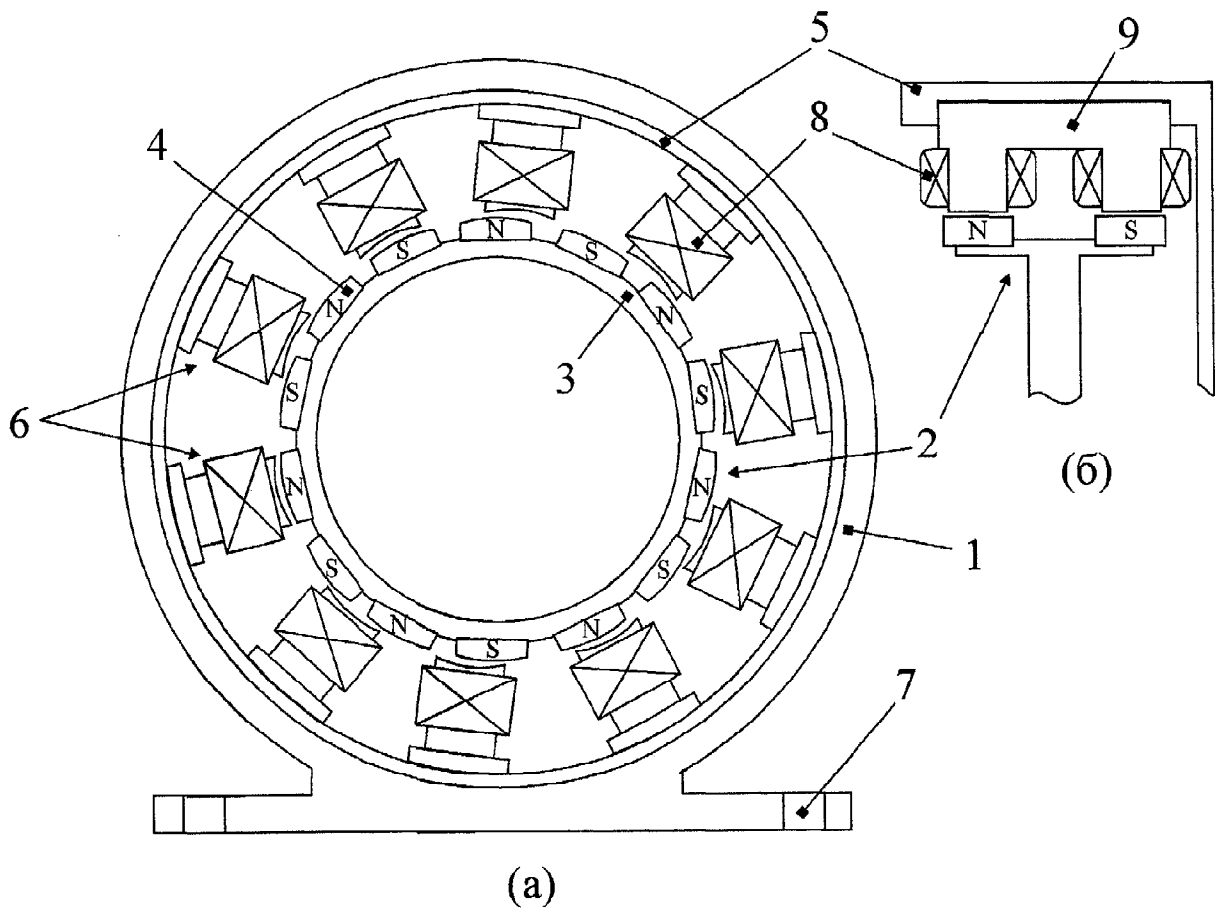
Шкондин Василий Васильевич (RU)

(54) БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЙ СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к области электротехники, а именно к бесколлекторным электрическим машинам, в частности электрогенераторам постоянного тока, и может быть использовано в любой области науки и техники, где требуются автономные источники питания. Технический результат - создание компактного высокоэффективного электрического генератора, который позволяет при сохранении относительно простой и надежной конструкции широко варьировать выходные параметры электрического тока в зависимости от условий эксплуатации. Сущность изобретения состоит в том, что бесколлекторный синхронный генератор с постоянными магнитами состоит из одной или нескольких секций, каждая из которых включает ротор с круговым магнитопроводом, на котором с одинаковым шагом закреплено четное количество

постоянных магнитов, статор, несущий четное число подковообразных электромагнитов, расположенных попарно напротив друг друга и имеющих по две катушки с последовательно встречным направлением обмотки, устройство для выпрямления электрического тока. Постоянные магниты закреплены на магнитопроводе таким образом, что образуют два параллельных ряда полюсов с продольно и поперечно чередующейся полярностью. Электромагниты сориентированы поперек названных рядов полюсов так, что каждая из катушек электромагнита расположена над одним из параллельных рядов полюсов ротора. Количество полюсов в одном ряду, равное n , удовлетворяет соотношению: $n=10+4k$, где k - целое число, принимающее значения 0, 1, 2, 3 и т.д. Количество электромагнитов в генераторе обычно не превышает число $(n-2)$. 12 з.п. ф-лы, 9 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

H02K 21/18 (2006.01)*H02K 21/14* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2005133650/09, 01.11.2005

(24) Effective date for property rights: 01.11.2005

(45) Date of publication: 27.07.2007 Bull. 21

Mail address:

121467, Moskva, ul. El'ninskaja, 3, kv.71,
O.V. Komardinu

(72) Inventor(s):

Shkondin Vasilij Vasil'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Shkondin Vasilij Vasil'evich (RU)(54) **COMMUTATORLESS PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR**

(57) Abstract:

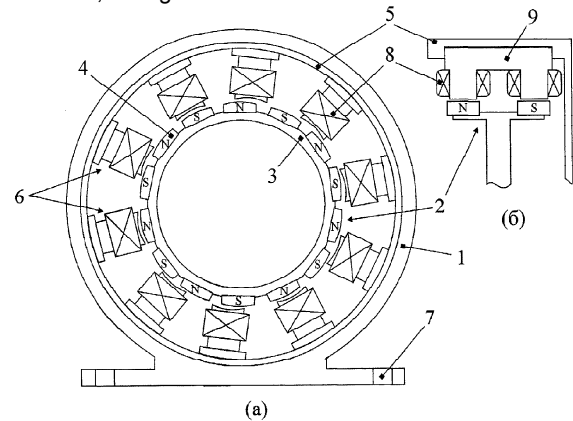
FIELD: electrical engineering; commutatorless electrical machines including direct-current generators for any field of science and technology using off-line power supplies.

SUBSTANCE: proposed commutatorless permanent-magnet synchronous generator has one or more sections, each incorporating circular-core rotor mounting even number of permanent magnets equally spaced apart; stator carrying even number of horseshoe electromagnets disposed in pairs opposite one another, each carrying two coils wound in series opposition; and electric current rectifying device. Permanent magnets are secured on magnetic core to form two parallel rows of poles of longitudinally and transversely alternating polarities. Electromagnets are positioned crosswise of mentioned pole rows so that each electromagnet coil is disposed above one of parallel rows of rotor poles. Pole number per row n satisfies following relationship: $n - 10 + 4k$, where k is integer number taking values

of 0, 1, 2, 3, etc. Number of generator electromagnets does not usually exceed $(n - 2)$.

EFFECT: reduced space requirement, enhanced efficiency and reliability, simplified design affording output current regulation within wide range depending on operating conditions.

13 cl, 9 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к бесколлекторным электрическим машинам, в частности электрогенераторам постоянного тока, и может быть использовано в любой области науки и техники, где требуются автономные источники питания.

5 Синхронные машины переменного тока получили самое широкое распространение как в сфере производства, так и в сфере потребления электрической энергии. Все синхронные машины обладают свойством обратимости, то есть каждая из них может работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

10 Синхронный генератор содержит статор, обычно это полый шихтованный цилиндр с продольными пазами на внутренней поверхности, в которых расположена обмотка статора, и ротор, представляющий собой постоянные магниты чередующейся полярности, расположенные на валу, который может приводиться в движение тем или иным способом. В промышленных генераторах большой мощности для получения возбуждающего магнитного поля применяют обмотку возбуждения, расположенную на роторе. В синхронных генераторах относительно небольшой мощности применяют постоянные
15 магниты, расположенные на роторе.

При неизменной частоте вращения форма кривой ЭДС, вырабатываемой генератором, определяется только законом распределения магнитной индукции в зазоре между ротором и статором. Поэтому для получения напряжения на выходе генератора определенной формы и для эффективного преобразования механической энергии в электрическую
20 используют различную геометрию ротора и статора, а также подбирают оптимальное количество постоянных магнитных полюсов и число витков обмотки статора (US 5117142, US 5537025, DE 19802784, EP 0926806, WO 02/003527, US 2002153793, US 2004021390, US 2004212273, US 2004155537). Перечисленные параметры не являются универсальными, а выбираются в зависимости от условий эксплуатации, что зачастую ведет к ухудшению
25 других характеристик электрогенератора. Кроме того, сложная форма ротора или статора усложняет изготовление и сборку генератора и, как следствие, увеличивает себестоимость изделия. Ротор синхронного магнитоэлектрического генератора может иметь различную форму, например, при малой мощности ротор обычно выполняют в виде «звездочки», при средней мощности - с когтеобразными полюсами и цилиндрическими
30 постоянными магнитами. Ротор с когтеобразными полюсами дает возможность получить генератор с рассеянием полюсов, ограничивающим ударный ток при внезапном коротком замыкании генератора.

В генераторе с постоянными магнитами затруднена стабилизация напряжения при изменении нагрузки (поскольку отсутствует обратная магнитная связь, как, например, в
35 генераторах с обмоткой возбуждения). Для стабилизации выходного напряжения и выпрямления тока используют различные электрические схемы (GB 1146033).

Настоящее изобретение направлено на создание компактного высокоэффективного электрического генератора, который позволяет при сохранении относительно простой и надежной конструкции широко варьировать выходные параметры электрического тока в
40 зависимости от условий эксплуатации.

Электрогенератор, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, является бесколлекторным синхронным генератором с постоянными магнитами. Он состоит из одной или нескольких секций, каждая из которых включает:

- 45 - ротор с круговым магнитопроводом, на котором с одинаковым шагом закреплено четное количество постоянных магнитов,
- статор, несущий четное число подковообразных (П-образных) электромагнитов, расположенных попарно напротив друг друга и имеющих по две катушки с последовательно встречным направлением обмотки,
- устройство для выпрямления электрического тока.

50 Постоянные магниты закреплены на магнитопроводе таким образом, что образуют два параллельных ряда полюсов с продольно и поперечно чередующейся полярностью. Электромагниты сориентированы поперек названных рядов полюсов так, что каждая из катушек электромагнита расположена над одним из параллельных рядов полюсов ротора.

Количество полюсов в одном ряду, равное n , удовлетворяет соотношению: $n=10+4k$, где k - целое число, принимающее значения 0, 1, 2, 3 и т.д. Количество электромагнитов в генераторе обычно не превышает число $n-2$.

5 Устройство для выпрямления тока обычно представляет собой одну из стандартных выпрямительных схем, выполненных на диодах: двухполупериодную со средней точкой или мостовую, соединенную с обмотками каждого электромагнита. В случае необходимости может быть также использована иная схема выпрямления тока.

В зависимости от особенностей эксплуатации электрогенератора ротор может располагаться как с внешней стороны статора, так и внутри статора.

10 Электрогенератор, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, может включать несколько идентичных секций. Количество таких секций зависит от мощности источника механической энергии (приводного двигателя) и требуемых параметров электрогенератора. Предпочтительно, чтобы секции были сдвинуты по фазе относительно друг друга. Это может достигаться, например, начальным сдвигом ротора в соседних
15 секциях на угол α , лежащий в диапазоне от 0° до $360^\circ/n$; или угловым сдвигом электромагнитов статора в соседних секциях относительно друг друга. Предпочтительно, чтобы электрогенератор также включал блок регулятора напряжений.

Сущность изобретения поясняется следующими чертежами:

на Фиг.1(а) и (б) изображена схема электрогенератора, выполненного в соответствии с
20 настоящим изобретением, у которого ротор расположен внутри статора;
на Фиг.2 представлено изображение одной секции электрогенератора;
на Фиг.3 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора с двухполупериодной со средней точкой схемой выпрямления тока;
на Фиг.4 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора с одной
25 из мостовых схем выпрямления тока;
на Фиг.5 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора с другой мостовой схемой выпрямления тока;
на Фиг.6 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора с другой мостовой схемой выпрямления тока;
30 на Фиг.7 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора с другой мостовой схемой выпрямления тока;
на Фиг.8 изображена схема электрогенератора с наружным исполнением ротора;
на Фиг.9 представлено изображение многосекционного генератора, выполненного в соответствии с настоящим изобретением.

35 На Фиг.1(а) и (б) представлен электрогенератор, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, который содержит корпус 1; ротор 2 с круговым магнитопроводом 3, на котором с одинаковым шагом закреплено четное число постоянных магнитов 4; статор 5, несущий четное число подковообразных электромагнитов 6, расположенных попарно напротив друг друга, и средство для выпрямления тока (не
40 показано).

Корпус 1 электрогенератора обычно отливают из алюминиевого сплава или чугуна либо делают сварным. Монтаж электрогенератора в месте его установки осуществляют посредством лап 7 или посредством фланца. Статор 5 имеет цилиндрическую внутреннюю поверхность, на которой с одинаковым шагом крепятся идентичные электромагниты 6. В
45 данном случае десять. Каждый из указанных электромагнитов имеет по две катушки 8 с последовательно встречным направлением обмотки, расположенных на П-образном сердечнике 9. Пакет сердечника 9 собирается из нарубленных пластин электротехнической стали на клею или склепывается. Выводы обмоток электромагнитов через одну из выпрямительных схем (не показано) подключаются к выходу электрогенератора.

50 Ротор 3 отделен от статора воздушным промежутком и несет четное число постоянных магнитов 4, расположенных таким образом, что образуются два параллельных ряда полюсов, равноудаленных от оси генератора и чередующихся по полярности в продольном и поперечном направлениях (Фиг.2). Количество полюсов в одном ряду удовлетворяет

соотношению: $n=10+4k$, где k - целое число, принимающее значения 0, 1, 2, 3 и т.д. В данном случае (Фиг.1) $n=14$ ($k=1$) и соответственно общее число постоянных магнитных полюсов равно 28. При вращении электрогенератора каждая из катушек электромагнитов проходит над соответствующим рядом чередующихся полюсов. Постоянные магниты и сердечники электромагнитов имеют форму такую, чтобы минимизировать потери и добиться однородности (насколько это возможно) магнитного поля в воздушном зазоре при работе электрогенератора.

Принцип действия электрогенератора, выполненного в соответствии с настоящим изобретением, аналогичен принципу действия традиционного синхронного генератора. Вал ротора механически связан с приводным двигателем (источником механической энергии). Под действием вращающего момента приводного двигателя ротор генератора вращается с некоторой частотой. При этом в обмотке катушек электромагнитов в соответствии с явлением электромагнитной индукции наводится ЭДС. Поскольку катушки отдельного электромагнита имеют разное направление обмотки и находятся в любой момент времени в зоне действия различных магнитных полюсов, то наводимая ЭДС в каждой из обмоток складывается.

В процессе вращения ротора магнитное поле постоянного магнита вращается с некоторой частотой, поэтому каждая из обмоток электромагнитов попеременно оказывается то в зоне северного (N) магнитного полюса, то в зоне южного (S) магнитного полюса. При этом смена полюсов сопровождается изменением направления ЭДС в обмотках электромагнитов.

Обмотки каждого электромагнита соединены с устройством для выпрямления тока, которое обычно представляет собой одну из стандартных выпрямительных схем, выполненных на диодах: двухполупериодную со средней точкой или одну из мостовых схем.

На Фиг.3 представлена принципиальная электрическая схема двухполупериодного выпрямителя со средней точкой, для электрогенератора с тремя парами электромагнитов 10. На Фиг.3 электромагниты пронумерованы от I до VI. Один из выводов обмотки каждого электромагнита и разноименный с ним вывод обмотки противоположного электромагнита подключены к одному выходу 12 генератора; другие выводы обмоток названных электромагнитов подключены через диоды 11 к другому выходу 13 генератора (при данном включении диодов выход 12 будет отрицательным, а выход - 13 положительным). То есть если для электромагнита I начало обмотки (B) подключается к отрицательной шине, то для противоположного ему электромагнита IV к отрицательной шине подключается конец обмотки (E). Аналогично и для других электромагнитов.

На Фиг.4-7 представлены различные мостовые схемы выпрямления тока. Соединение мостов, выпрямляющих ток от каждого из электромагнитов, может быть параллельное, последовательное или смешанное. Вообще различные схемы используют для перераспределения выходных токовых и потенциальных характеристик электрогенератора. Один и тот же электрогенератор, в зависимости от режимов эксплуатации, может иметь ту или иную схему выпрямления. Предпочтительно, чтобы электрогенератор содержал дополнительный переключатель, позволяющий выбирать требуемый режим работы (схему соединения мостов).

На Фиг.4 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора с одной из мостовых схем выпрямления тока. Каждый из электромагнитов I-VI подключен к отдельному мосту 15, которые в свою очередь соединены параллельно. Общие шины подключены соответственно к отрицательному выходу 12 электрогенератора или к положительному 13.

На Фиг.5 представлена электрическая схема с последовательным соединением всех мостов.

На Фиг.6 представлена электрическая схема со смешанным соединением. Мосты, выпрямляющие ток от электромагнитов: I и II; III и IV; V и VI, соединены попарно последовательно. А пары в свою очередь соединены параллельно через общие шины.

На Фиг.7 представлена принципиальная электрическая схема электрогенератора, в которой отдельный мост выпрямляет ток от пары диаметрально противоположных электромагнитов. Для каждой пары диаметрально противоположных электромагнитов одноименные выводы (в данном случае «В») электрически соединены между собой, а оставшиеся выводы подсоединены к выпрямляющему мосту 15. Общее количество мостов равно $m/2$. Между собой мосты могут быть соединены параллельно и/или последовательно. На Фиг.7 изображено параллельное соединение мостов.

В зависимости от особенностей эксплуатации электрогенератора ротор может располагаться как с внешней стороны статора, так и внутри статора. На Фиг.8 изображена схема электрогенератора с наружным исполнением ротора (10 электромагнитов; $36=18+18$ постоянных магнитов ($k=2$)). Конструкция и принцип действия такого электрогенератора аналогичны описанному выше.

Электрогенератор, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, может включать несколько секций А, В и С (Фиг.9). Количество таких секций зависит от мощности источника механической энергии (приводного двигателя) и требуемых параметров электрогенератора. Каждая из секций соответствует одной из конструкций, описанных выше. Электрогенератор может включать как идентичные секции, так и секции, отличающиеся друг от друга числом постоянных магнитов и/или электромагнитов или схемой выпрямления.

Предпочтительно, чтобы идентичные секции были сдвинуты по фазе относительно друг друга. Это может достигаться, например, начальным сдвигом ротора в соседних секциях и угловым сдвигом электромагнитов статора в соседних секциях относительно друг друга.

Примеры реализации:

Пример 1. В соответствии с настоящим изобретением был изготовлен электрогенератор для питания электроприборов напряжением до 36 В. Электрогенератор выполнен с вращающимся внешним ротором, на котором размещено 36 постоянных магнитов (по 18 в каждом ряду, $k=2$), изготовленных из сплава Fe-Nd-B. Статор несет 8 пар электромагнитов, каждый из которых имеет по две катушки, содержащие по 100 витков провода ПЭТВ диаметром 0,9 мм. Схема включения - мостовая, с соединением одноименных выводов диаметрально противоположных электромагнитов (Фиг.7).

Электрогенератор обладает следующими параметрами:

внешний диаметр - 167 мм;
напряжение на выходе - 36 В;
максимальный ток - 43 А;
мощность - 1,5 кВт.

Пример 2. В соответствии с настоящим изобретением был изготовлен электрогенератор для подзарядки блоков питания (пара батарей на 24 В) для электромобилей городского типа. Электрогенератор выполнен с вращающимся внутренним ротором, на котором размещено 28 постоянных магнитов (по 14 в каждом ряду, $k=1$), изготовленных из сплава Fe-Nd-B. Статор несет 6 пар электромагнитов, каждый из которых имеет по две катушки, содержащие по 150 витков, намотанных проводом ПЭТВ диаметром 1,0 мм. Схема включения - двухполупериодная со средней точкой (Фиг.3).

Электрогенератор обладает следующими параметрами:

внешний диаметр - 177 мм;
напряжение на выходе - 31 В (для зарядки 24 В блока аккумуляторов);
максимальный ток - 35А,
максимальная мощность - 1,1 кВт.

Дополнительно электрогенератор содержит автоматический регулятор напряжения на 29,2 В.

Формула изобретения

1. Электрогенератор, содержащий, по крайней мере, одну круговую секцию, включающую ротор с круговым магнитопроводом, на котором с одинаковым шагом

закреплено четное количество постоянных магнитов, образующих два параллельных ряда полюсов с продольно и поперечно чередующейся полярностью, статор, несущий четное число подковообразных электромагнитов, расположенных попарно напротив друг друга, устройство для выпрямления электрического тока, где каждый из электромагнитов имеет

5 по две катушки с последовательно встречным направлением обмотки, при этом каждая из катушек электромагнитов расположена над одним из параллельных рядов полюсов ротора и количество полюсов в одном ряду равно n удовлетворяет соотношению $n=10+4k$, где k - целое число, принимающее значения 0, 1, 2, 3 и т.д.

2. Электрогенератор по п.1, отличающийся тем, что количество электромагнитов

10 статора m удовлетворяет соотношению $m \leq n-2$.

3. Электрогенератор по п.1, отличающийся тем, что устройство для выпрямления электрического тока содержит диоды, подключенные k , по крайней мере, одному из выводов обмоток электромагнитов.

4. Электрогенератор по п.3, отличающийся тем, что диоды подключены по

15 двухполупериодной со средней точкой схеме.

5. Электрогенератор по п.3, отличающийся тем, что диоды подключены по мостовой схеме.

6. Электрогенератор по п.5, отличающийся тем, что количество мостов равно m , и они соединены между собой последовательно, или параллельно, или последовательно-

20 параллельно.

7. Электрогенератор по п.5, отличающийся тем, что количество мостов равно $m/2$ и одни из одноименных выходов каждой пары диаметрально противоположных электромагнитов соединены между собой, а другие подключены к одному мосту.

8. Электрогенератор по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что ротор расположен с

25 внешней стороны статора.

9. Электрогенератор по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что ротор расположен внутри статора.

10. Электрогенератор по п.1, отличающийся тем, что содержит, по крайней мере, две идентичные секции.

11. Электрогенератор по п.10, отличающийся тем, что, по крайней мере, две секции сдвинуты по фазе относительно друг друга.

12. Электрогенератор по п.1, отличающийся тем, что содержит, по крайней мере, две секции, различающиеся числом электромагнитов.

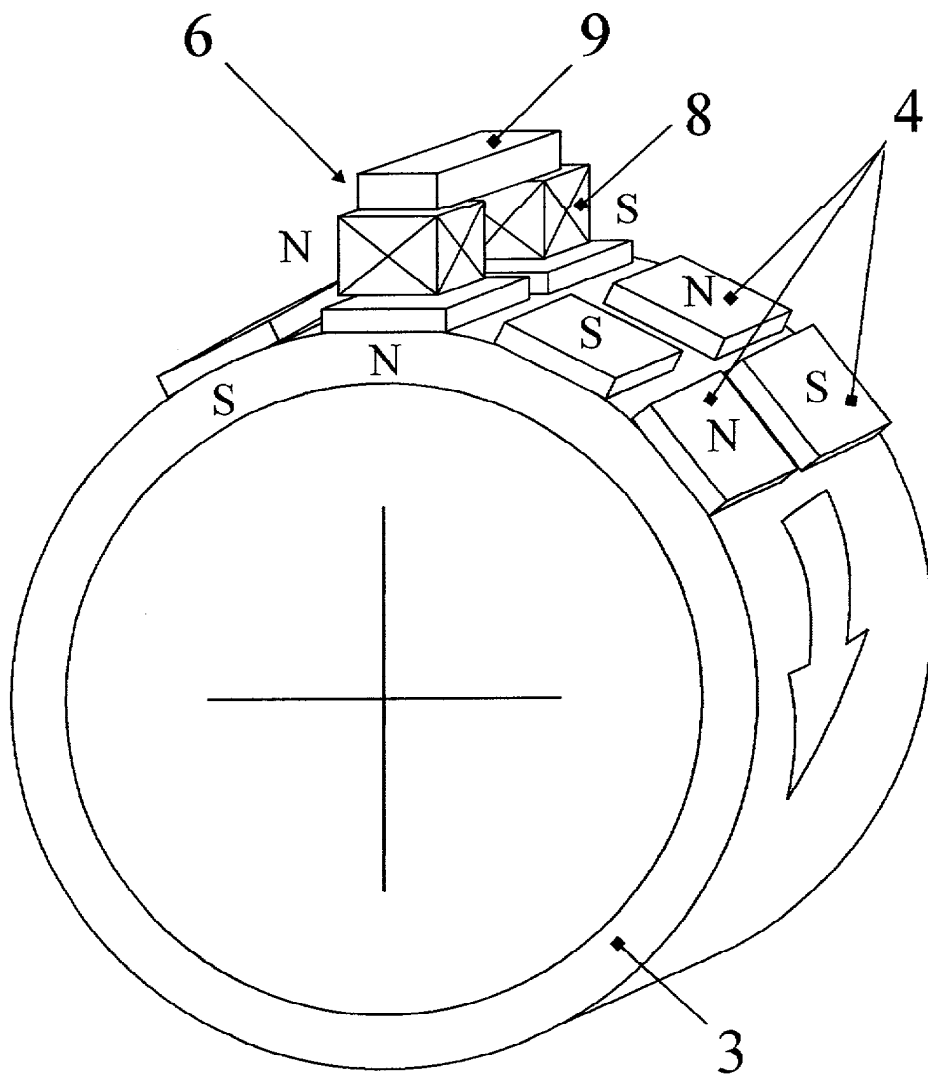
13. Электрогенератор по п.1, отличающийся тем, что дополнительно содержит блок

35 регулятора напряжений.

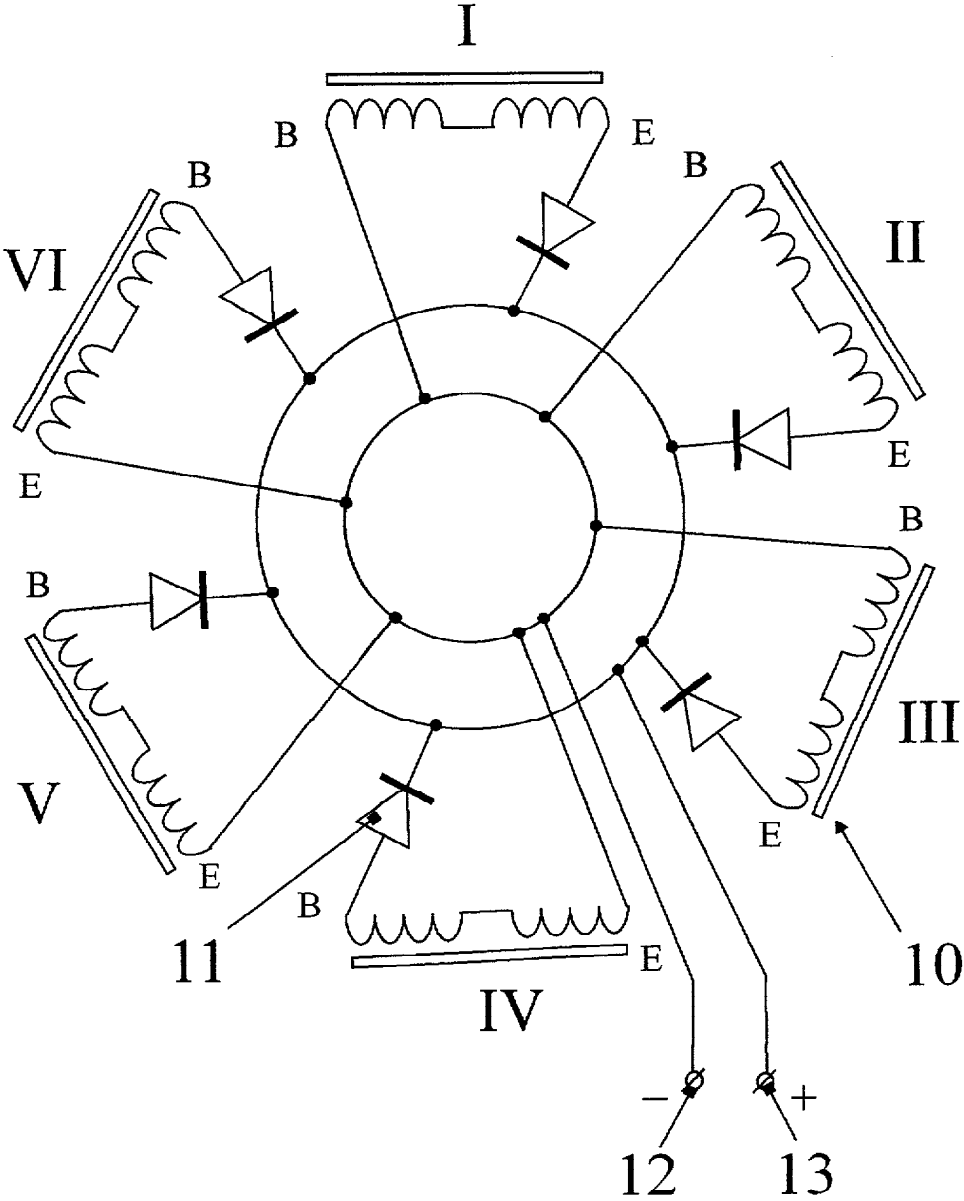
40

45

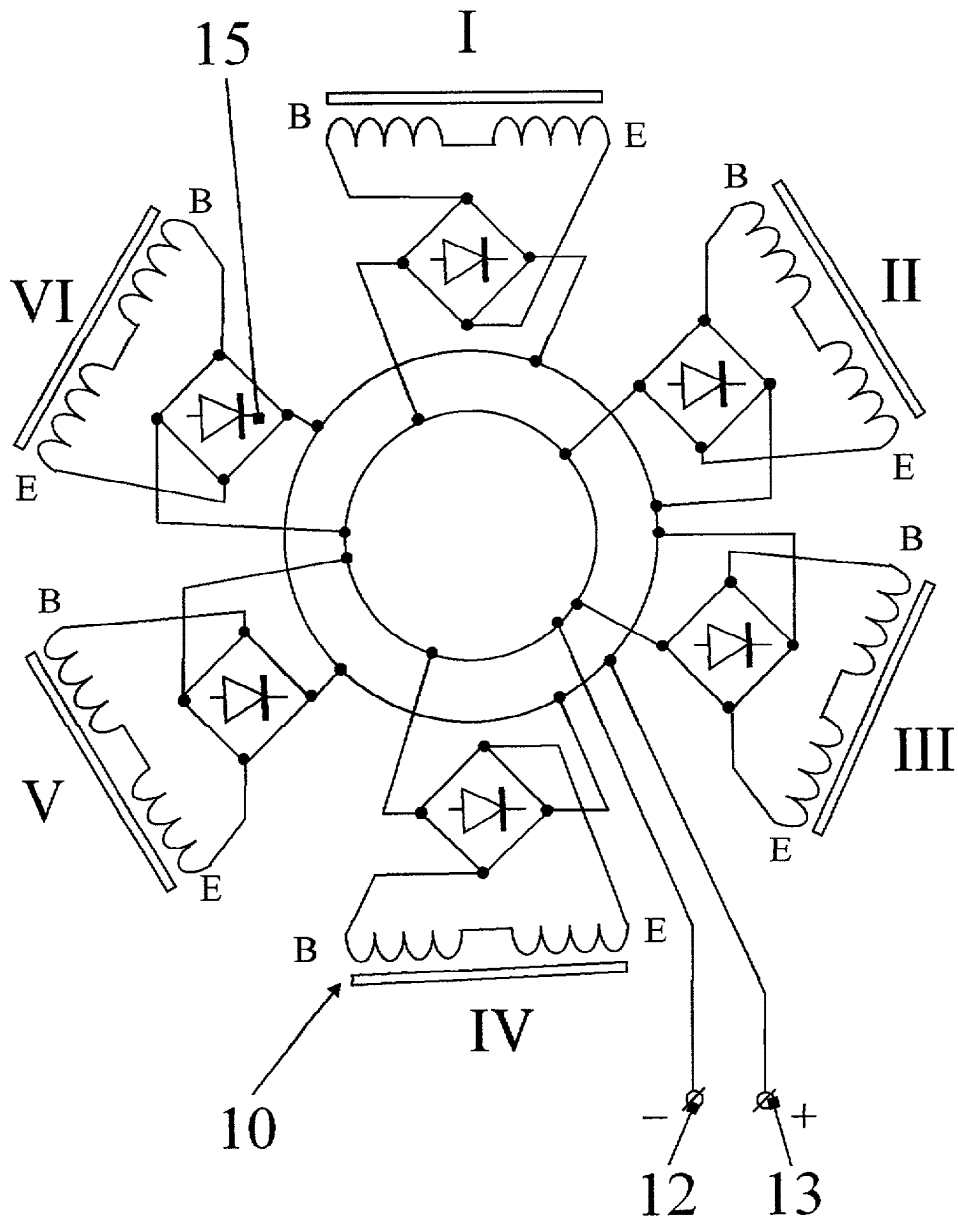
50



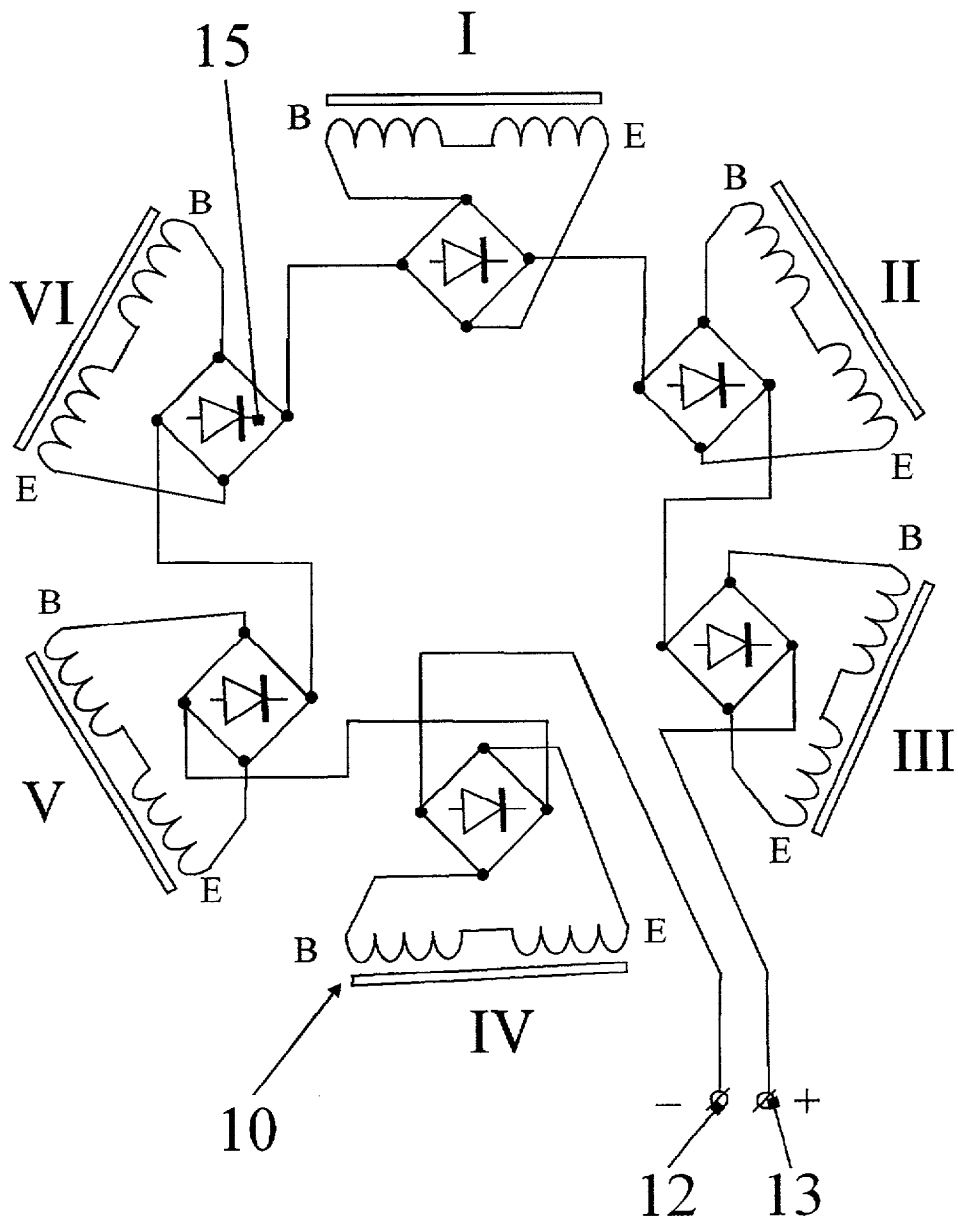
Фиг. 2



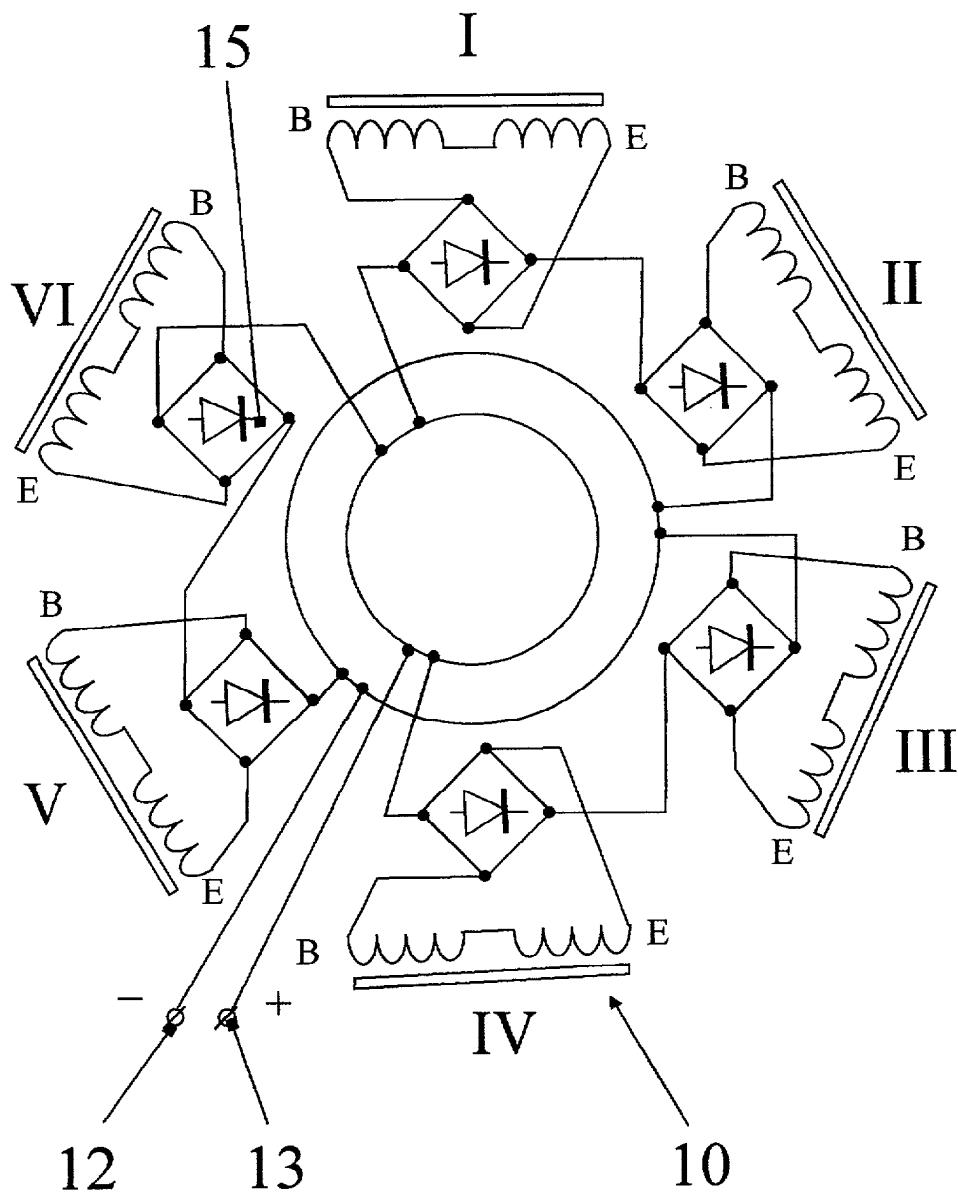
Фиг. 3



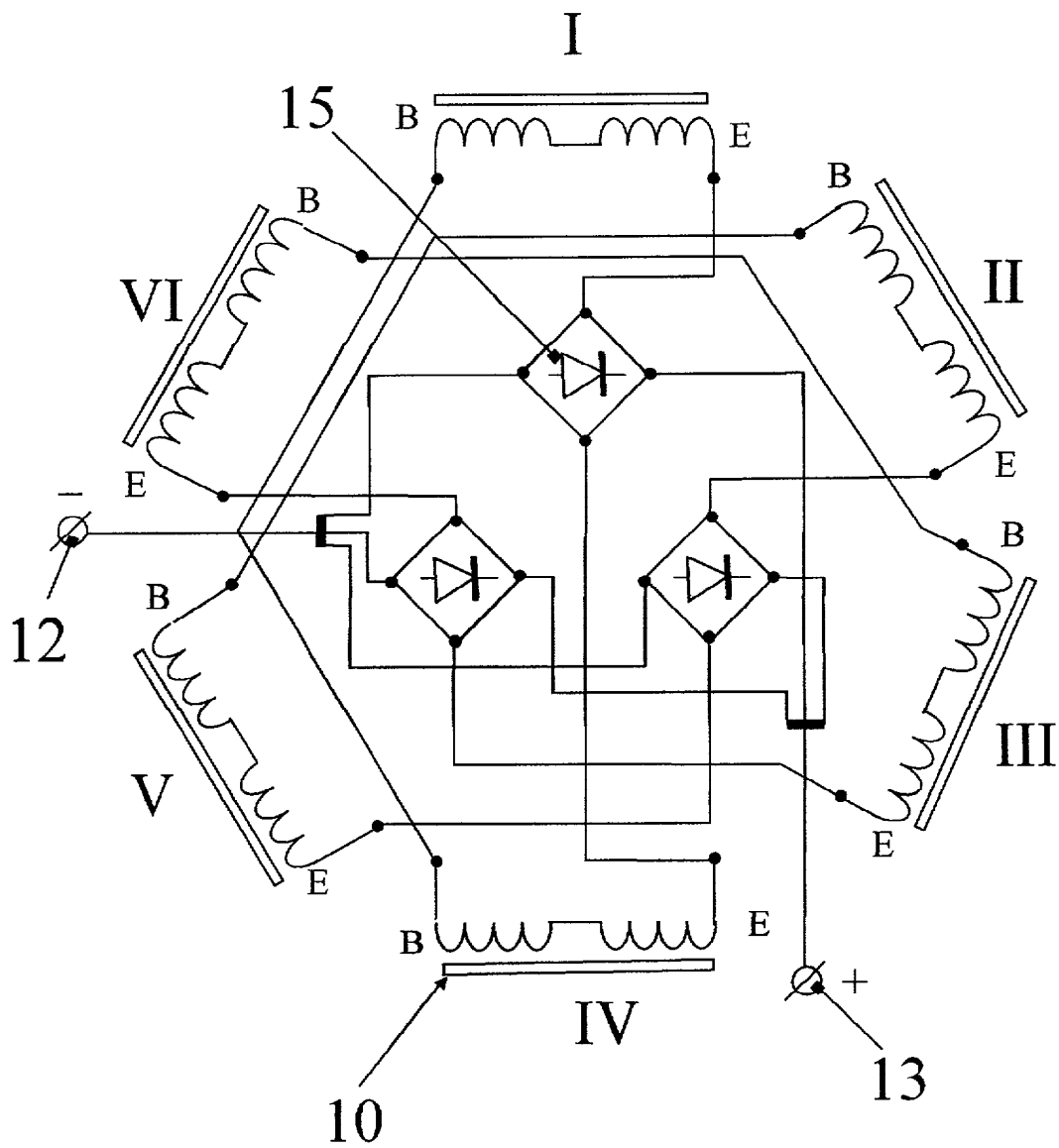
ФИГ. 4



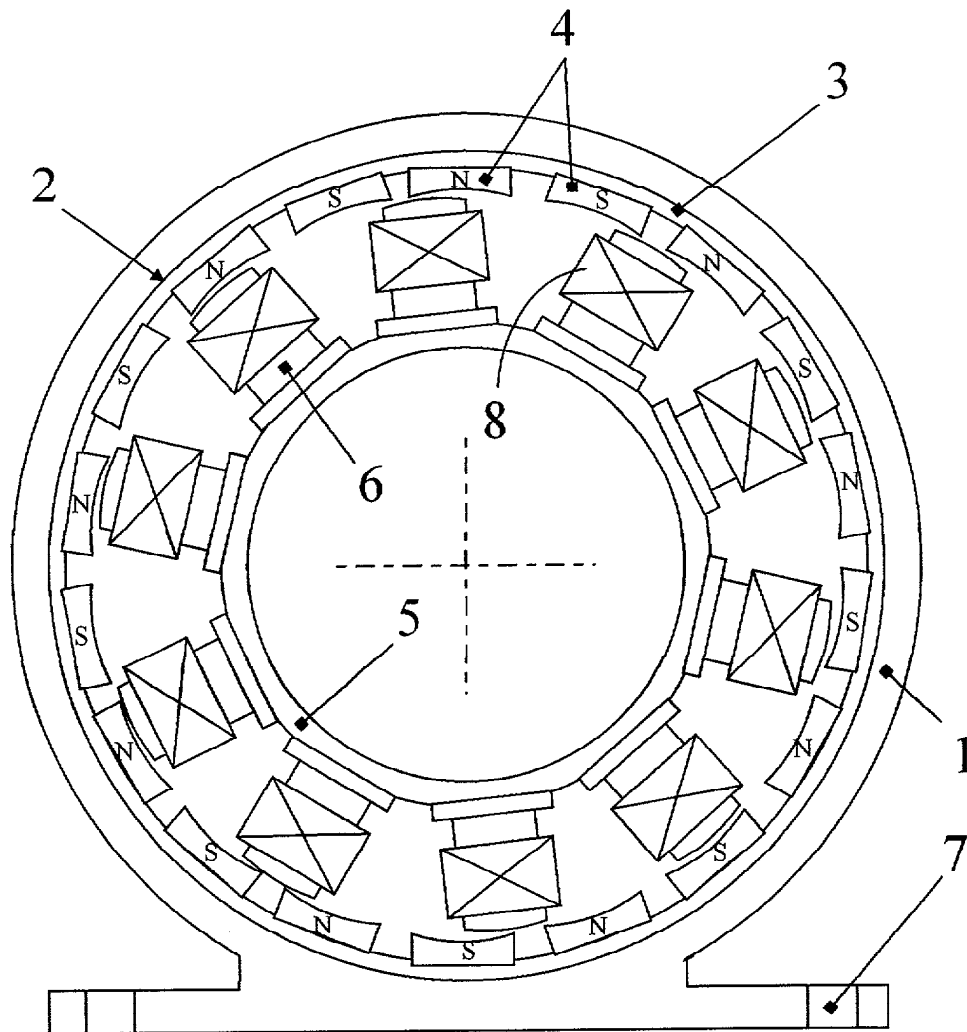
ФИГ. 5



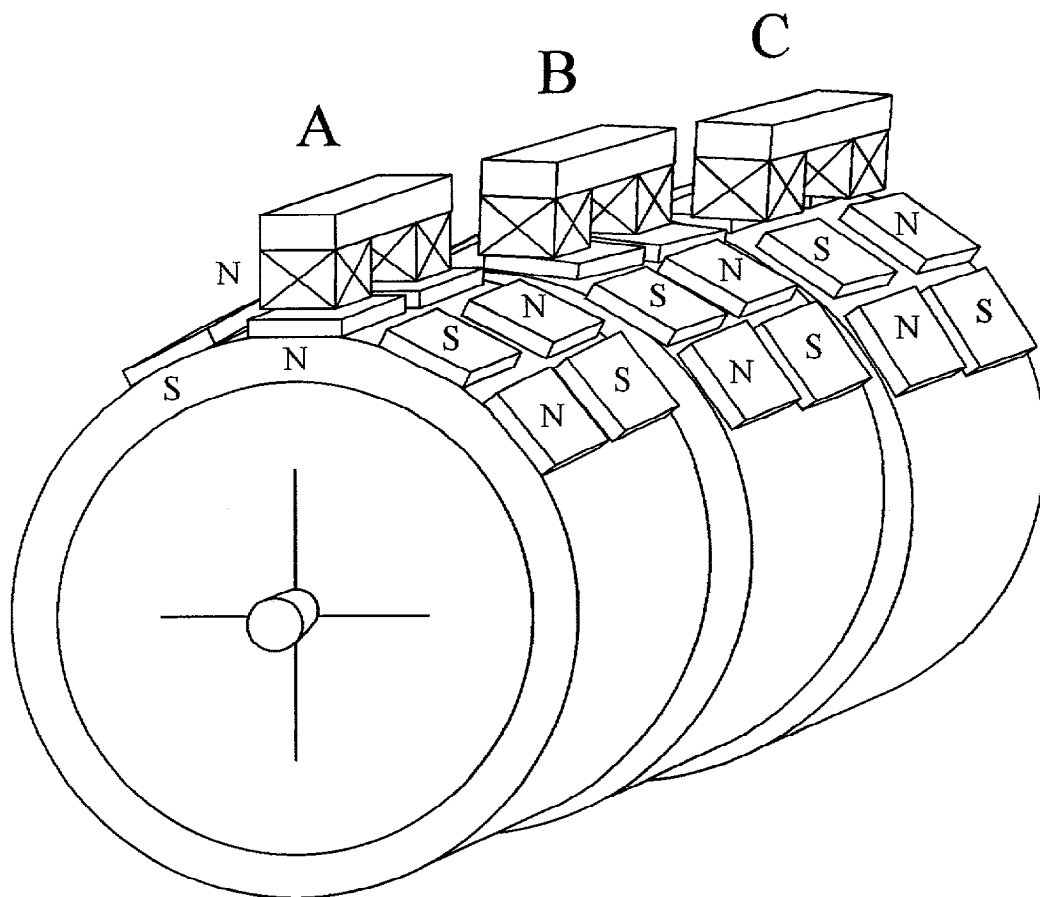
Фиг. 6



ФИГ. 7



Фиг. 8



Фиг. 9