

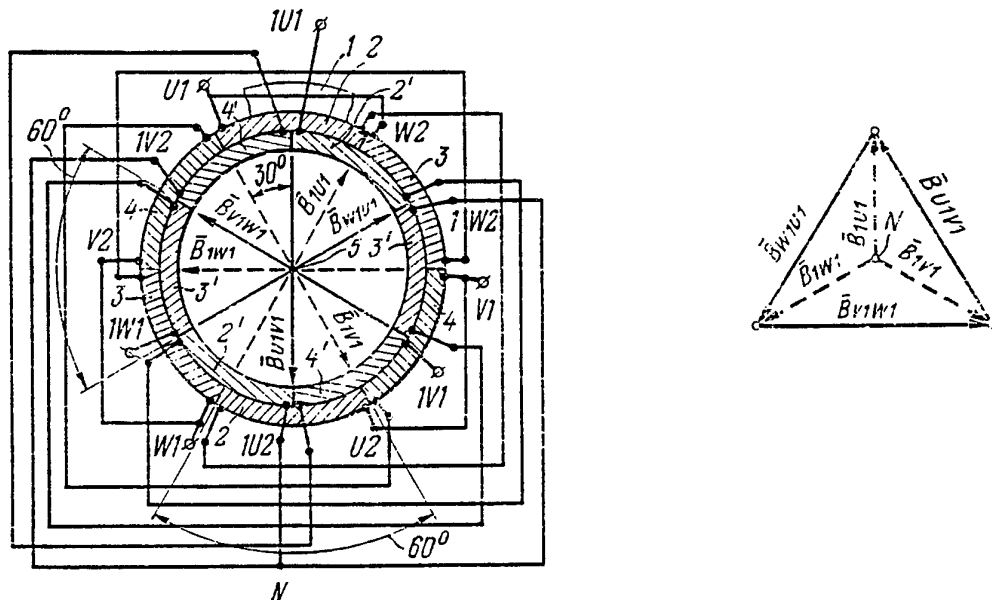


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ  
С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (PCT)

<p>(51) Международная классификация изобретения<sup>5</sup>: H02K 3/28</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Номер международной публикации: WO 94/24757 (43) Дата международной публикации: 27 октября 1994 (27.10.94)</p>
<p>(21) Номер международной заявки: PCT/RU93/00145 (22) Дата международной подачи: 29 июня 1993 (29.06.93) (30) Данные о приоритете: 93019814 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019474 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019473 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019818 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019495 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019817 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019472 14 апреля 1993 (14.04.93) RU 93019815 14 апреля 1993 (14.04.93) RU (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): МАЛОЕ НАУЧНО-ВНЕДРЕНЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «КОПЭН» [RU/RU]; Москва 103681, Зеленоград, ул. 1 Мая, д. 5, кв. 6 (RU) [MALOE NAUCHNO-VNEDRENCHESKOE PREDPRIYATIE «KOPEN», Moscow (RU)].</p>	<p>(75) Изобретатели / Заявители (только для US): ЯЛОВЕГА Николай Васильевич [RU/RU]; Москва 103536, Зеленоград, корп. 520, кв. 59 (RU) [YALOVEGA, Nikolai Vasilievich, Moscow (RU)]. ЯЛОВЕГА Сергей Николаевич [RU/RU]; Москва 103536, Зеленоград, корп. 1445, кв. 180 (RU) [YALOVEGA, Sergei Nikolaevich, Moscow (RU)]. БЕЛАНОВ Константин Александрович [RU/RU]; Москва 109462, Волгоградский пр., д. 50, корп. 2, кв. 14 (RU) [BELANOV, Konstantin Alexandrovich, Moscow (RU)]. (74) Агент: ВСЕСОЮЗНЫЙ ЦЕНТР ПАТЕНТНЫХ УСЛУГ «ПАТИС»; 117279 Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 55а (RU) [ALL-UNION CENTRE OF PATENT SERVICES «PATIS», Moscow (RU)]. (81) Указанные государства: CA, US, европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Опубликована С отчетом о международном поиске.</p>	

(54) Title: STATOR FOR AN ELECTRICAL DEVICE USING ALTERNATING CURRENT

(54) Название изобретения: СТАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



(57) Abstract

The stator comprises a coil flux guide (1) in some grooves of which are arranged coil groups (2, 3, 4, 2', 3', 4') of two three-phase windings connected in delta and star configuration. The magnetic induction vectors ( $B_{U1V1}$ ,  $B_{V1W1}$ ,  $B_{W1U1}$ ;  $B_{1U1}$ ,  $B_{1V1}$ ,  $B_{1W1}$ ) of each of the coil groups (2, 3, 4, 2', 3', 4') intersect the axis (5) of the coil flux guide (1). The coil groups (2-2', 3-3', 4-4') of like phase in the transverse section of the stator overlap and are offset by 30 electrical degrees, while the three-phase windings are of comparable power. The combination of features ensures chronological and geometrical orthogonality of pairs of magnetic induction vectors ( $B_{U1V1}$ - $B_{1W1}$ ;  $B_{W1U1}$ - $B_{1V1}$ ;  $B_{V1W1}$ - $B_{1U1}$ ) of the coil groups (2, 3, 4) in one phase of one three-phase winding and of the coil groups (3', 4', 2') in the next phase of the other three-phase winding.

Статор содержит магнитопровод (I), в отдельных пазах которого расположены катушечные группы (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ) двух трехфазных обмоток, соединенных в треугольник и звезду. При этом векторы ( $\bar{E}_{U1V1}, \bar{E}_{V1W1}, \bar{E}_{W1U1}; \bar{E}_{1U1}, \bar{E}_{1V1}, \bar{E}_{1W1}$ ) магнитной индукции каждой катушечной группы (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ) пересекают ось (5) магнитопровода (I). Катушечные группы ( $2-2^I; 3-3^I; 4-4^I$ ) одноименных фаз в поперечном сечении статора перекрывают друг друга и смещены на 30 электрических градусов, а трехфазные обмотки выполнены близкими по мощности. В совокупности это обеспечивает по существу временную и геометрическую ортогональность между парами векторов ( $\bar{E}_{U1V1} - \bar{E}_{1W1}; \bar{E}_{W1U1} - \bar{E}_{1V1}; \bar{E}_{V1W1} - \bar{E}_{1U1}$ ) магнитной индукции катушечных групп (2,3,4) одной фазы одной трехфазной обмотки и катушечных групп ( $3^I, 4^I, 2^I$ ) следующей фазы другой трехфазной обмотки.

#### ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демо- кратическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Мадагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

## СТАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

## Область техники

Настоящее изобретение относится к электрическим машинам переменного тока, а более точно - к статору электрической машины переменного тока.

## Предшествующий уровень техники

В настоящее время широко известен статор электрической машины переменного тока (EP 0271604 A1), содержащий цилиндрический магнитопровод, в пазах которого, занимая установленную фазную зону, расположены катушечные группы двух трехфазных обмоток, соединенных в звезду и треугольник и имеющих три вывода, предназначенных для подключения к внешней цепи.

В известном статоре трехфазная обмотка, включенная по схеме звезда, является главной, а трехфазная обмотка, включенная по схеме треугольник, является вспомогательной и существенно меньшей по мощности (до 2-х порядков). Обе обмотки подключены к источнику питания параллельно и размещены в общих пазах магнитопровода. При этом катушечные группы одноименных фаз трехфазных обмоток в поперечном сечении статора смещены одни относительно других на 90 электрических градусов, а их одноименные выводы подключены к разным шинам трехфазной сети, то есть временное смещение по фазе составляет 120 градусов.

Описанное выполнение и расположение трехфазных обмоток в основном предназначено для компенсации нечетных гармоник электромагнитного поля статора электрической машины. В этом смысле характеристики электромагнитного поля статора улучшаются, однако на процесс преобразования электрической энергии в механическую (режим электродвигателя) и наоборот (режим электрогенератора) известное конструктивное решение влияния не оказывает, также, как и на такие функциональные свойства электрической машины, как механическая характеристика, кратность моментов, кратность токов и другие.

Известно, что электромагнитная сила  $\vec{F}$  в электрической машине переменного тока, приложенная к шинам ротора, зависит от величины вектора тока  $\vec{I}$ , протекающего в шине ротора, наведенного по закону электромагнитной индукции магнитным потоком одной фазы статора, и величины вектора ма-

- 2 -

гнитной индукции  $\bar{B}$  магнитного поля другой фазы статора, а также - геометрического угла между указанными векторами, что следует из формулы Ампера

$$\bar{F} = \bar{B} \cdot \bar{I} \cdot l \sin(\widehat{\bar{B}\bar{I}}),$$

5 где  $l$  - активная длина шины ротора.

Таким образом, оптимальные условия преобразования электрической энергии в механическую и наоборот будут иметь место при геометрической ортогональности и совпадении по фазе взаимодействующих векторов тока ротора и магнитной индукции статора.

В то же время известно, что по закону электромагнитной индукции ток в роторе отстает от вызвавшего его магнитного потока на фазовый угол  $\pi/2$ . Из этого следует, что применительно к статору электрической машины оптимальное преобразование энергии, о котором было сказано выше, будет иметь место в случае достижения геометрического и фазового угла между векторами магнитной индукции соседних фаз статора, равного  $\pi/2$ , иными словами, в случае геометрической и фазовой ортогональности.

В известном статоре геометрический и фазовый углы между указанными векторами магнитной индукции составляют 90 и 120°, соответственно. Благодаря такой взаимной ориентации векторов магнитной индукции в общем случае они не пересекают ось магнитопровода. Это приводит к тому, что оптимальные условия преобразования электрической энергии в механическую и наоборот обеспечиваются только в узком скоростном диапазоне (вблизи синхронной скорости или при работе с малым скольжением).

Кроме того, применение в электрической машине, в частности в электродвигателе, описанного статора не позволяет осуществлять параметрическое регулирование двигателя без изменения частоты питающего тока или напряжения.

Как правило, электродвигатели рассчитываются на номинальный режим работы, в котором имеют высокий КПД - от 80 до 90%. Практически такой режим встречается достаточно редко, а при частых пусках двигателя, колебаниях напряжения в сети, периодической работе на холостом ходу, фактический средний КПД электродвигателя оказывается низким и состав-

- 3 -

ляет 6-17%.

5 Следует отметить, что электродвигатель с известным статором имеет статически неустойчивую механическую характеристику на 80% скоростного диапазона и как обычный асинхронный двигатель - кратность моментов, близкую к единице, и кратность токов от 6 до 7,5.

10 Известный статор характеризуется невысокой технологичностью, так как в одни и те же пазы магнитопровода необходимо укладывать катушки обеих обмоток, имеющих разный диаметр проводников. Такой процесс достаточно трудоемок и практически исключает возможность автоматизации процесса сборки.

#### Раскрытие изобретения

15 В основу изобретения положена задача создания статора электрической машины переменного тока с таким размещением катушечных групп трехфазных обмоток в пазах магнитопровода, таким взаимным расположением катушечных групп одноименных фаз трехфазных обмоток и таким выбором их мощности, что  
20 позволяло бы осуществлять преобразование электрической энергии в механическую и наоборот в режиме, близком к оптимальному, в широком скоростном диапазоне, что, в свою очередь, приводило бы к повышению энергетических показателей электрической машины переменного тока с предлагаемым статором, обеспечивало бы возможность параметрического регулирования частоты вращения ротора в широком скоростном  
25 диапазоне без изменения частоты тока и повышало бы технологичность его изготовления.

30 Поставленная задача решается тем, что в статоре электрической машины переменного тока, содержащей цилиндрический магнитопровод, в пазах которого, занимая установленную фазную зону, расположены катушечные группы двух трехфазных обмоток, соединенных в треугольник и звезду и имеющих три вывода, предназначенных для подключения к внешней цепи, согласно изобретению, катушечные группы каждой трех-  
35 фазной обмотки расположены в отдельных пазах магнитопровода так, что вектор магнитной индукции магнитного поля, создаваемого током, протекающим по каждой из катушечных групп трехфазных обмоток, пересекает ось магнитопровода, при этом

- 4 -

катушечные группы одноименных фаз трехфазных обмоток в поперечном сечении статора перекрывают друг друга и смещены по существу на 30 электрических градусов, а трехфазные обмотки выполнены близкими по мощности, что в совокупности  
5 обеспечивает по существу временную и геометрическую ортогональность между парами векторов магнитной индукции магнитных полей, создаваемых током, протекающим по катушечным группам одной фазы трехфазной обмотки, соединенной в треугольник, и катушечным группам следующей фазы трехфазной обмотки, соединенной в звезду.  
10

Для обеспечения возможности независимого подключения трехфазных обмоток удобно, чтобы трехфазные обмотки были снабжены тремя дополнительными выводами, при этом чтобы каждая трехфазная обмотка имела отдельные выводы.

15 Конструктивно целесообразно, чтобы катушечные группы трехфазных обмоток были расположены в отдельных пазах магнитопровода так, что в поперечном сечении статора фазная зона, занимаемая каждой катушечной группой, была кратна 30 и лежала в пределах от 60 до 180 электрических градусов, за исключением 150 электрических градусов.  
20

Предлагаемый статор электрической машины позволяет осуществлять преобразование электрической энергии в механическую и наоборот в режиме, максимально приближенном к оптимальному, благодаря выполнению необходимых для этого условий.  
25

Электродвигатель с наиболее широко применяемым короткозамкнутым ротором, в котором используется предлагаемый статор, становится управляемым по амплитуде напряжения при неизменной частоте питающего тока. Так, глубина регулирования по напряжению составляет 1:1000; 1:500; 1:200 в зависимости от синхронной частоты вращения. Механическая характеристика такого электродвигателя приобретает статическую устойчивость во всем скоростном диапазоне и может иметь форму "мягкой" или "экскаваторной".  
30

35 Кроме того, мощность электродвигателя с предлагаемым статором повышается на 30-40% по сравнению с известным при такой же массе и таких же тепловых нагрузках. Одновременно кратность моментов повышается в 2,5-3 раза, то есть пуско-

- 5 -

вой момент возрастает в 2,5-3 раза по сравнению с известным электродвигателем, а кратность токов снижается до 2,9-3,2 раз, что повышает надежность работы электродвигателя в 2-3 раза.

5           Использование независимых выводов трехфазных обмоток позволяет управлять каждой трехфазной обмоткой индивидуально, что для ряда электрических машин специального назначения позволяет адаптировать механическую характеристику по отношению к сопряженной машине в процессе работы в соответствии с изменяющейся характеристикой сопряженной машины.

10           Следует также отметить высокую технологичность производства предлагаемых статоров, позволяющую автоматизировать процесс их сборки, что особенно важно для электрических машин с числом пар полюсов  $2p = 2$ .

15           Очень важным достоинством электрической машины с предлагаемым статором является выход на режим, близкий по току холостого хода к номинальному, при напряжении, составляющем около 30% от номинального (известные электрические машины выходят на номинальный режим при напряжении, отличающемся от номинального не более, чем на 5%). Это обстоятельство приводит к повышению среднего значения КПД с учетом частых пусков, колебаний напряжения в сети, работы на холостом ходу и других факторов.

20           Следует отметить, что все вышеперечисленные преимущества, отмеченные для электродвигателей, так же характерны и для электрогенераторов с использованием предлагаемого статора.

#### Краткое описание чертежей

25           В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных вариантов его выполнения и прилагаемыми чертежами, на которых:

          фиг. 1 изображает схему соединения катушечных групп трехфазных обмоток статора электрической машины переменного тока, согласно изобретению;

35           фиг. 2 - векторную диаграмму магнитных индукций катушечных групп трехфазных обмоток, соединенных согласно фиг. 1;

- 6 -

фиг. 3 - фрагмент схемы укладки катушечных групп трехфазных обмоток в пазах магнитопровода, согласно изобретению;

фиг. 4 - временные диаграммы токов в трехфазных обмотках статора электрической машины.

Лучший вариант осуществления изобретения

Статор электрической машины переменного тока содержит цилиндрический магнитопровод I (фиг. I), в пазах которого (на чертеже не показаны, а магнитопровод изображен условно) равномерно по окружности размещены катушечные группы 2, 3, 4 трехфазной обмотки, соединенной в треугольник, и катушечные группы  $2^I, 3^I, 4^I$  трехфазной обмотки, соединенной в звезду. На фиг. I трехфазные обмотки изображены условно в поперечном сечении статора, причем в описываемом варианте катушечные группы 2, 3, 4 охватывают катушечные группы  $2^I, 3^I, 4^I$ , однако возможно и другое их взаимное расположение.

Каждая катушечная группа 2, 3, 4;  $2^I, 3^I, 4^I$  в описываемом варианте состоит из двух частей (катушек), симметрично расположенных по окружности.

Обозначения U<sub>1</sub>, V<sub>1</sub>, W<sub>1</sub> соответствуют началам фаз трехфазной обмотки, соединенной в треугольник, а U<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>, W<sub>2</sub> - их концам.

Аналогичные обозначения использованы для определения начал и концов трехфазной обмотки, соединенной по схеме звезда - 1U<sub>1</sub>, 1V<sub>1</sub>, 1W<sub>1</sub> - начала, 1U<sub>2</sub>, 1V<sub>2</sub>, 1W<sub>2</sub> - концы, соответственно, а N - точка нейтрали (нуль).

На фиг. I сплошными линиями изображены векторы магнитной индукции  $\vec{B}_{U_1V_1}, \vec{B}_{W_1U_1}, \vec{B}_{V_1W_1}$  магнитных полей, созданных токами, протекающими по катушечным группам 2, 3, 4, соответственно.

Аналогично, только пунктирными линиями, изображены векторы магнитной индукции  $\vec{B}_{1U_1}, \vec{B}_{1W_1}, \vec{B}_{1V_1}$  магнитных полей, созданных токами, протекающими по катушечным группам  $2^I, 3^I, 4^I$  трехфазной обмотки, соединенной в звезду.

Катушечные группы 2, 3, 4;  $2^I, 3^I, 4^I$  расположены в пазах магнитопровода I так, что все указанные векторы магнитной индукции пересекают ось B магнитопровода I, что является од-



- 7 -

ним из определенных выше условий оптимального режима работы электрической машины.

5 Катущечные группы  $2-2^I$ ;  $3-3^I$ ;  $4-4^I$  одноименных фаз трехфазных обмоток перекрывают друг друга и смещены по существу на  $30^\circ$  электрических градусов (на чертеже в качестве примера отмечен угол  $30^\circ$  между началами катушечных групп  $2-2^I$ , что справедливо и очевидно и для других катушечных групп  $3-3^I$ ;  $4-4^I$ ).

10 Необходимость смещения между катушечными группами  $2-2^I$ ;  $3-3^I$ ;  $4-4^I$  одноименных фаз трехфазных обмоток на  $30^\circ$  электрических градусов вытекает из вышеприведенного анализа условий оптимального преобразования электрической энергии в механическую и наоборот: так как угол между катушечными группами  $2,3,4$ ;  $2^I,3^I,4^I$  одной фазы в каждой обмотке составляет  $120^\circ$ , а угол между векторами магнитной индукции катушечных групп  $3,4,2$ ;  $3^I,4^I,2^I$  следующих фаз должен составлять  $90^\circ$  электрических градусов, то для выполнения этого условия катушечные группы  $2-2^I$ ;  $3-3^I$ ;  $4-4^I$  одноименных фаз должны быть смещены на  $30^\circ$  электрических градусов.

20 Одновременно необходимо принимать во внимание известный факт, состоящий в том, что обеспечение высоких энергетических параметров электрической машины возможно лишь при величине фазной зоны, занимаемой одной катушечной группой  $2,3,4$ ;  $2^I,3^I,4^I$ , более  $30^\circ$  электрических градусов; таким образом катушечные группы  $2-2^I$ ;  $3-3^I$ ;  $4-4^I$  одноименных фаз обмоток с учетом их смещения на  $30^\circ$  электрических градусов обязательно должны перекрывать друг друга.

30 Такое размещение трехфазных обмоток в пазах магнитопровода I позволяет достичь по существу геометрическую ортогональность между парами векторов магнитной индукции магнитных полей, создаваемых токами, протекающими по катушечным группам  $2,3,4$  одной фазы трехфазной обмотки, соединенной в треугольник, и катушечным группам  $3^I,4^I,2^I$  следующей фазы трехфазной обмотки, соединенной в звезду. Так, в описываемом варианте соблюдается ортогональность между следующими пара-  
 35 ми векторов магнитной индукции:  $\vec{B}_{U^I V^I}$  (катушечная группа 2) и  $\vec{B}_{1W^I}$  (катушечная группа  $3^I$ );  $\vec{B}_{W^I U^I}$  (катушечная группа 3) и  $\vec{B}_{1V^I}$  (катушечная группа  $4^I$ );  $\vec{B}_{V^I W^I}$  (катушечная группа 4)

- 8 -

и  $V_{1U1}$  (катушечная группа  $2^I$ ).

В описываемом варианте выполнения изобретения каждая трехфазная обмотка имеет самостоятельные выводы, обеспечивающие возможность параллельного или независимого подключения к внешней цепи (источнику питания или нагрузке). Так, выводами обмотки, соединенной в треугольник, и выводами обмотки, соединенной в звезду, служат начала  $U1, V1, W1, 1U1, 1V1, 1W1$  соответствующих фаз обмоток.

Несомненным достоинством описываемой конструкции является то, что к каждой из трехфазных обмоток может быть подключен самостоятельный трехфазный источник (нагрузка) и параметрическое регулирование может осуществляться как их совместным (связанным) управлением, так и отдельным, что позволяет управлять видом механической характеристики. При этом механическая характеристика имеет вид "мягкой" или "экскаваторной", статически устойчивой во всем скоростном диапазоне. Ввиду того, что названные механические характеристики широко известны, они на чертеже не приводятся.

Фиг.2 иллюстрирует векторную диаграмму магнитных индукций катушечных групп  $2,3,4; 2^I,3^I,4^I$  трехфазных обмоток, соединенных так, как было описано выше. При этом трехфазные обмотки выполнены близкими по мощности (проектной), что позволяет достичь фазового угла, близкого к  $\pi/2$ , иными словами, временной ортогональности между указанными выше парами векторов магнитной индукции:  $\vec{B}_{U1V1}$  и  $\vec{B}_{1W1}$ ;  $\vec{B}_{W1U1}$  и  $\vec{B}_{1V1}$ ;  $\vec{B}_{V1W1}$  и  $\vec{B}_{1V1}$ .

Достижение геометрической и временной ортогональности между векторами магнитной индукции, о которых было сказано выше, обеспечивает необходимые условия оптимального преобразования электрической энергии в механическую и наоборот.

Следует отметить, что все пространственные соотношения могут выполняться с погрешностью, зависящей от конструктивных и технологических причин.

Следует подчеркнуть также, что поскольку между направлением вектора магнитной индукции катушечной группы  $2,3,4; 2^I,3^I,4^I$  фазной обмотки или статора в целом, а также

- 9 -

направлением тока ротора или ЭДС, с одной стороны, и расположением катушечных групп 2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$  и фазовыми соотношениями токов в них, с другой стороны, существует взаимно однозначное соответствие, расположение катушечных групп 2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$  может быть задано направлением вектора индукции и наоборот. Иными словами, катушечные группы 2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$  располагают и подключают к внешней цепи так, что соблюдаются вышеуказанные фазовые и пространственные соотношения.

10 В описываемом варианте выполнения изобретения фазная зона, занимаемая каждой катушечной группой 2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ , составляет 60 электрических градусов (на чертеже в качестве примера фазная зона отмечена для катушечной группы  $3^I$ ).

15 В других вариантах выполнения изобретения величина фазной зоны может составлять 90, 120 или 180 электрических градусов. Выбор величины фазной зоны всецело определяется требованиями, предъявляемыми к электрическим машинам: при значениях фазной зоны 60 или 90 электрических градусов представляется возможным снизить вес машины и расход меди на обмотки, а для электрических машин с числом пар полюсов  $2p = 2$  (3000 об/мин) также и автоматизировать процесс укладки обмоток; при значениях фазной зоны 120 или 180 электрических градусов повышаются энергетические показатели электрической машины.

25 Фрагмент схемы укладки катушечных групп 2- $2^I$ ; 3- $3^I$  трехфазных обмоток в пазы 6 (фиг.3) магнитопровода I показывает, что проводники катушечных групп 2- $2^I$ ; 3- $3^I$  расположены в отдельных пазах 6. Для удобства на чертеже проводники катушечных групп 2,3 обмотки, соединенной по схеме треугольник, изображены сплошными линиями, а проводники катушечных групп  $2^I, 3^I$  обмотки, соединенной по схеме звезда, - пунктирными. Цифровые обозначения на участке магнитопровода I от I до I5 соответствуют принятой нумерации пазов 6 магнитопровода I статора электрических машин.

35 В качестве примера изображена обмотка электрической машины, число пазов 6 в которой равно 36, при этом каждый паз 6 занимает 10 электрических градусов. Из этого следует,

- 10 -

что фазная зона, занимаемая каждой катушечной группой  $2,2^I$ ;  $3,3^I$ , составляет 90 электрических градусов. Такая электрическая машина имеет число пар полюсов  $2p = 2$ .

5 На приведенной фигуре 3 изображен пример выполнения двуслойной обмотки, однако в других вариантах обмотка может быть однослойной или полутораслойной в зависимости от требований, предъявляемым к электрическим машинам.

10 На фиг.4 представлены временные диаграммы токов, соответствующие магнитным потокам в трехфазных обмотках статора, при этом кривая а соответствует току статора в известной электрической машине, кривые б, с - токам в трехфазных обмотках предлагаемого статора, кривая д - результирующей кривых б, с.

15 Предлагаемый статор электрической машины переменного тока в режиме двигателя функционирует следующим образом. При приложении к выводам  $U_1, V_1, W_1, 1U_1, 1V_1, 1W_1$  (фиг.1,3) обмоток напряжение трехфазной сети в шинах ротора двигателя (на чертеже не показан) индуцируются токи, взаимодействующие с магнитными полями, образованными токами, протекающими по катушечным группам  $2,3,4; 2^I,3^I,4^I$  соответствующих фаз трехфазных обмоток, размещенных в лазах 6 магнитопровода I.

25 В результате возникает электромагнитная сила, приложенная к шинам ротора и направленная по касательной к его поверхности, создающая вращающий момент двигателя. При использовании предлагаемого статора величина электромагнитной силы будет иметь величину, близкую к максимальной, благодаря описанным выше конструктивным особенностям выполнения и расположения трехфазных обмоток, вследствие чего  
30 в электрическом двигателе создаются условия для преобразования электрической энергии в механическую, близкие к оптимальным.

Преимущества предлагаемого статора иллюстрирует  
фиг.4, где представлены временные диаграммы токов для известного и предлагаемого статоров. В известном статоре амплитуда магнитной индукции, соответствующая амплитуде тока  $I_{na}$  (кривая а) ограничена индукцией насыщения электротехнической стали, из которой выполнен магнитопровод. В пред-

## - II -

лагаемом статоре вращающий момент двигателя обусловлен суммарным значением тока  $I_{m\Sigma}$  (кривая d), полученным в результате сложения кривых тока в трехфазных обмотках, смещенных по фазе на  $\pi/2$  (кривая b, c). Из графика видно, что амплитуда  $I_{m\Sigma}$  на 30-40% меньше, чем  $I_{ma}$ , соответственно и амплитуда суммарного магнитного потока на 30-40% будет меньше, чем у известного статора.

В результате рабочая точка на кривой намагничивая электротехнической стали (виду ее известности не приведена) достигается при существенно меньшей массе электрической машины при таких же тепловых нагрузках или при тех же массогабаритных показателях мощность может возрасти на 30-40%. Одновременно кратность моментов возрастет в 2,5-3 раза, а кратность токов снижается в 2,9-3,2 раза, что повышает надежность работы электрической машины с предлагаемым статором в 2-3 раза.

При использовании статора в генераторе электрического тока вращающий момент преобразуется в соответствующие трехфазные напряжения обмоток при выполнении оптимальных условий преобразования механической энергии в электрическую благодаря описанному выше выполнению и расположению трехфазных обмоток статора.

Следует также отметить, что предлагаемый статор приводит к повышению среднего значения КПД с учетом колебаний нагрузки, частых пусков и остановок, периодической работы на холостом ходу, а также обеспечивает возможность параметрического регулирования частоты вращения ротора по амплитуде напряжения при неизменной частоте питающего тока.

Предлагаемый статор характеризуется высокой технологичностью, позволяющей автоматизировать процесс сборки.

#### Промышленная применимость

Настоящее изобретение может быть с успехом использовано при производстве двигателей и генераторов переменного тока, при создании приводов, параметрически регулируемых по амплитуде напряжения при неизменной частоте питающего тока, а также в системах и агрегатах, требующих регулирования частоты вращения и работающих в старт-стопных режимах

- 12 -

и при колебаниях нагрузки и напряжения сети.

Электрические машины с предлагаемыми статорами могут найти широкое применение в машиностроении, нефте-газо- и угледобывающей и перерабатывающей промышленности, в легкой, пищевой и других отраслях промышленности.

5

- 13 -

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Статор электрической машины переменного тока, содержащий цилиндрический магнитопровод (I), в пазах (6) которого, занимая установленную фазную зону, расположены катушечные группы (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ) двух трехфазных обмоток, соединенных в треугольник и звезду и имеющих три вывода, предназначенных для подключения к внешней цепи, отличающийся тем, что катушечные группы (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ) каждой трехфазной обмотки расположены в отдельных пазах (6) магнитопровода (I) так, что вектор ( $\vec{B}_{U_1V_1}, \vec{B}_{V_1W_1}, \vec{B}_{W_1U_1}; \vec{B}_{1U_1}, \vec{B}_{1V_1}, \vec{B}_{1W_1}$ ) магнитной индукции магнитного поля, создаваемого током, протекающим по каждой из катушечных групп (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ) трехфазных обмоток, пересекает ось (5) магнитопровода (I), при этом катушечные (2-2<sup>I</sup>; 3-3<sup>I</sup>; 4-4<sup>I</sup>) группы одноименных фаз трехфазных обмоток в поперечном сечении статора перекрывают друг друга и смещены по существу на 30 электрических градусов, а трехфазные обмотки выполнены близкими по мощности, что в совокупности обеспечивает по существу временную и геометрическую ортогональность между парами векторов ( $\vec{B}_{U_1V_1}, \vec{B}_{1W_1}; \vec{B}_{W_1U_1}, \vec{B}_{1V_1}; \vec{B}_{V_1W_1}, \vec{B}_{1U_1}$ ) магнитной индукции магнитных полей, создаваемых токами, протекающими по катушечным группам (2,3,4) одной фазы трехфазной обмотки, соединенной в треугольник, и катушечным группам (3<sup>I</sup>, 4<sup>I</sup>, 2<sup>I</sup>) следующей фазы трехфазной обмотки, соединенной в звезду.

2. Статор по п.1, отличающийся тем, что трехфазные обмотки снабжены тремя дополнительными выводами, при этом каждая трехфазная обмотка имеет отдельные выводы, обеспечивающие возможность независимого подключения трехфазных обмоток.

3. Статор по пп.1,2, отличающийся тем, что катушечные группы (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ) трехфазных обмоток расположены в отдельных пазах (6) магнитопровода (I) так, что в поперечном сечении статора фазная зона, занимаемая каждой катушечной группой (2,3,4;  $2^I, 3^I, 4^I$ ), кратна 30 и лежит в пределах от 60 до 180 электрических градусов, за исключением 150 электрических градусов.

1/2

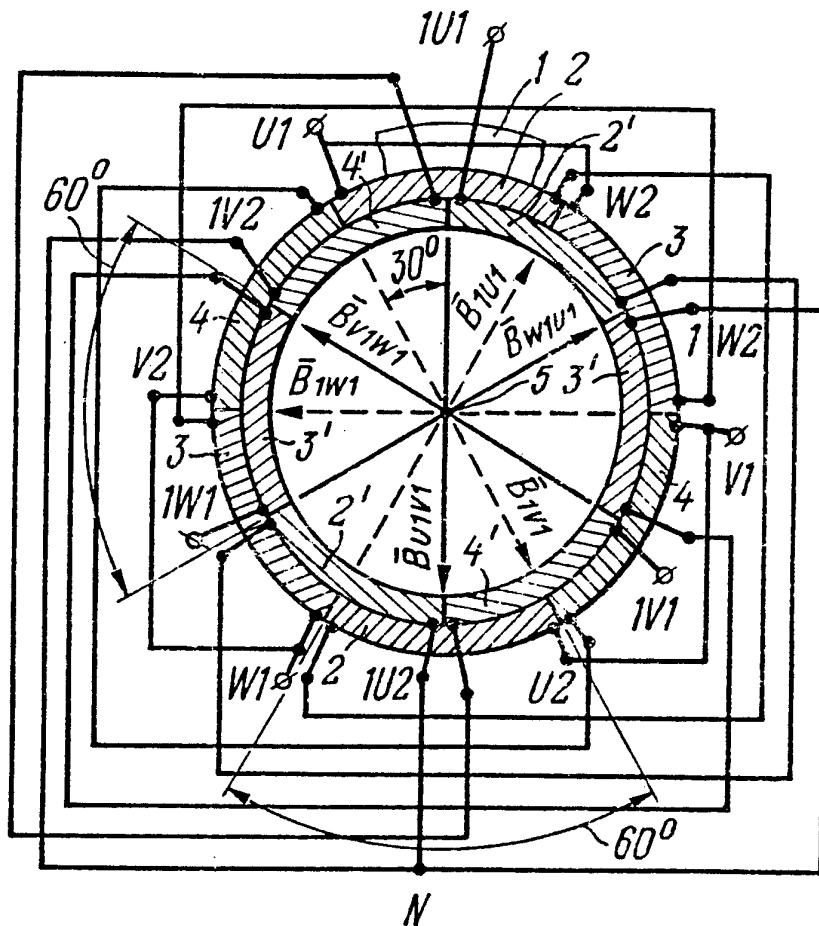


FIG. 1

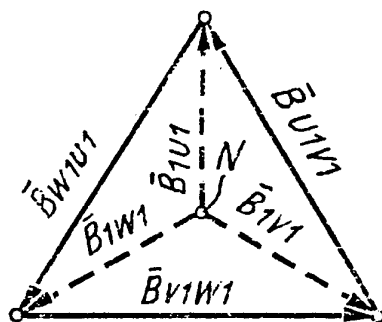


FIG. 2



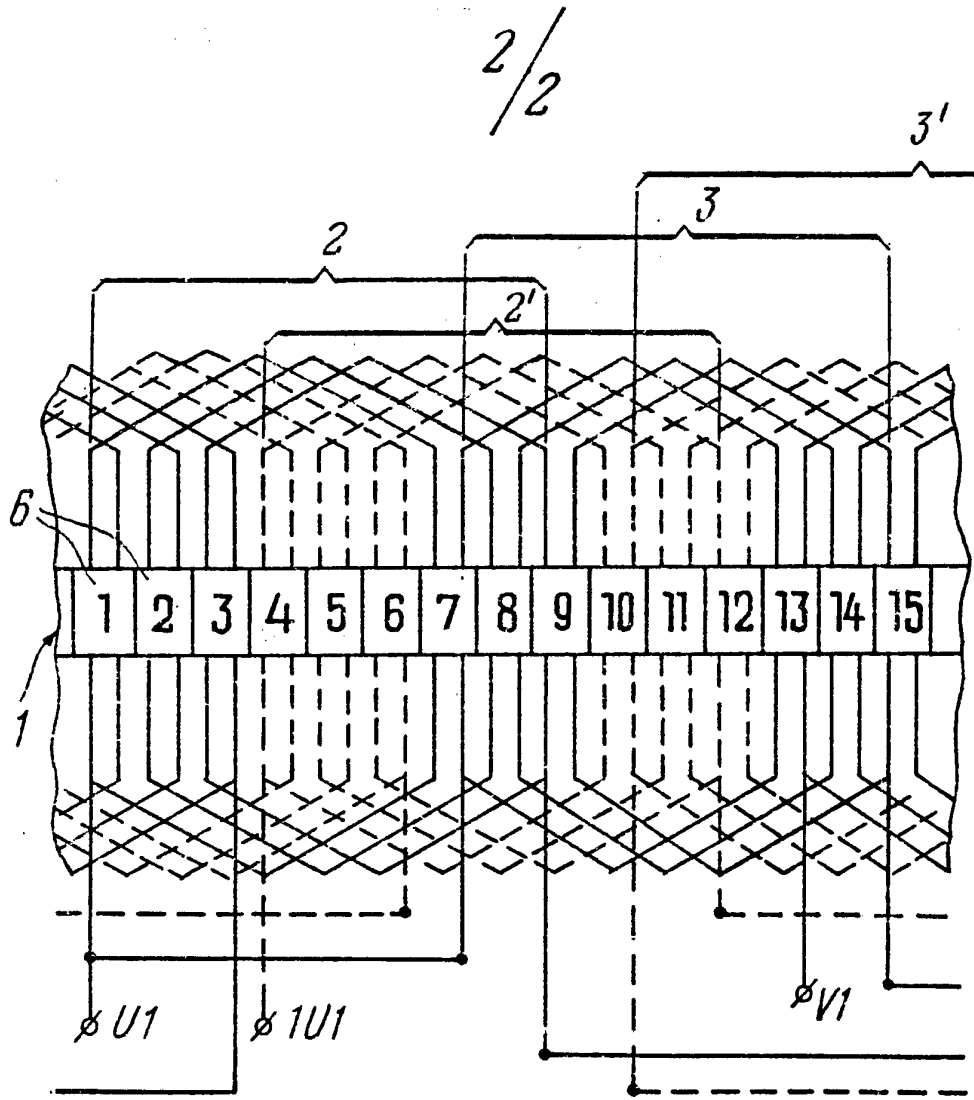


FIG. 3

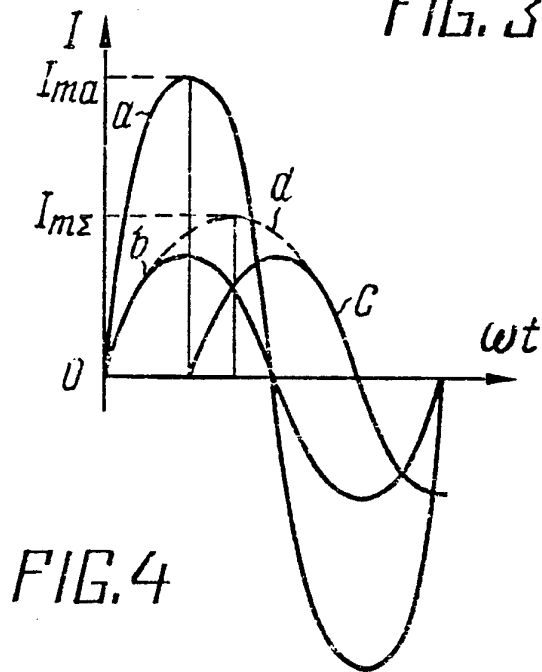


FIG. 4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/RU 93/00145

<p><b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b></p> <p>Int.Cl.5 H02K 3/28</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p><b>B. FIELDS SEARCHED</b></p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <p>Int.Cl.5 H02K 3/04, 3/28</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>														
<p><b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>SU, A1, 79623 (M.V. LIPKOVSKII), 15 November 1965 (15.11.65) ---</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO, A1, 86/07656 (GJOTA, RIFAT), 31 December 1986 (31.12.86) ----</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>GB, B, 1257195 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 15 December 1971 (15.12.71) ---</td> <td>1-2</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	SU, A1, 79623 (M.V. LIPKOVSKII), 15 November 1965 (15.11.65) ---	1	A	WO, A1, 86/07656 (GJOTA, RIFAT), 31 December 1986 (31.12.86) ----	1-2	A	GB, B, 1257195 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 15 December 1971 (15.12.71) ---	1-2
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	SU, A1, 79623 (M.V. LIPKOVSKII), 15 November 1965 (15.11.65) ---	1												
A	WO, A1, 86/07656 (GJOTA, RIFAT), 31 December 1986 (31.12.86) ----	1-2												
A	GB, B, 1257195 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION) 15 December 1971 (15.12.71) ---	1-2												
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.      <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>														
<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p>30 December 1993 (30.12.93)</p>		<p>Date of mailing of the international search report</p> <p>20 January 1994 (20.01.94)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ ISA/RU</p>		<p>Authorized officer</p>												
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>												

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU93/00145

<b>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:</b> H02K 3/28 Согласно Международной патентной классификации (МКИ-5)		
<b>B. ОБЛАСТИ ПОИСКА:</b> Проверенный минимум документации (Система классификации и индексы): МКИ-5 H02K 3/04, 3/28		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):		
<b>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ</b>		
Категория *)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	SU, A1, 79623 (М.В. ЛИПКОВСКИЙ), 15 ноября 1965 (15.11.65)	1
A	WO, A1, 86/07656 (GJOTA, RIFAT), 31 декабря 1986 (31.12.86)	1-2
A	GB, B, 1257195 (NATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION), 15 декабря 1971 (15.12.71)	1-2
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "A" - документ, определяющий общий уровень техники. "E" - более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее. "O" - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. "P" - документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета. "T" - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения. "X" - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень. "Y" - документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории. "&" - документ, являющийся патентом-аналогом.		
Дата действительного завершения международного поиска 30 декабря 1993 (30.12.93)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 20 января 1994 (20.01.94)
Наименование и адрес Международного поискового органа: Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб. 30-1 факс (095) 243-33-37, телетайп 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: В. Краснов тел. (095) 240-58-22

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)