

Предлагаемое изобретение относится к электромашиностроению, в частности, к производству бытовых электродвигателей малой и средней мощности с повышенными технико-экономическими показателями.

Известные шихтованные статоры электрических машин в той или иной мере обеспечивают определенные энергетические характеристики и материалоемкость, имея в тоже время недостатки в этой части, особенно существенно проявляющиеся в конкретных конструкциях, например, в электродвигателях для компрессоров холодильников.

Так, по патенту ПНР №64703, кл. H02K1/06, известен шихтованный статор, состоящий из пластин электротехнической стали с пазами для элементов крепления, предложено скреплять в пакет путем заливки пазов твердеющим сплавом, который образует ребра, соединяющие кольца замков электродвигателя.

Недостатками патента №64703, кл. H02K1/06 являются:

а) пониженные энергетические параметры электродвигателя, поскольку при заливке пазов для скрепления листов стали в пакет сплавом нарушается межлистовая изоляция, что приводит к образованию короткозамкнутых контуров вихревых токов, увеличивающих потери в статоре и его намагничивающий ток;

б) повышенная материалоемкость из-за отсутствия по наружному контуру образующих пакет статора пластин граней, позволяющих совмещать между собой контуры отдельных пластин при их штамповке.

Аналогичные недостатки присущи техническому решению по патенту Франции №20193227, кл. H02K1/00, согласно которому вместо заливки пазов для скрепления статорных пластин твердеющим, сплавом применена сварка, что приводит к понижению энергетических параметров электродвигателя, по вышеупомянутым причинам.

В некоторой степени свободны от упомянутых недостатков технические решения по а.с. СССР №12915482, кл. H02K1/06 и по пат. США №3.783.318, кл. H02K1/16. В соответствии с техническим решением по а.с. №12915482, кл. H02K1/06 шихтованный статор электрической машины состоит из пластин электротехнической стали, содержащих ядро и зубцы, выполненные с переменной по радиусу высотой и шириной соответственно согласно соотношениям:

$$h_{ai} = h_a \alpha - \mu_a / \mu_i$$

$$b_{zi} = b_z \alpha - \mu_a / \mu_i,$$

где  $h_{ai}$ ,  $h_{za}$  - высота ядра в  $i$ -том и  $\alpha$ -том сечениях в зависимости от направления проката стали,

$b_{zi}$ ,  $b_{za}$  - ширина зубцов в  $i$ -том и  $\alpha$ -том сечениях;

$\mu_a$ ,  $\mu_i$ ,  $\mu_j$  - магнитная проницаемость в  $\alpha$ -том,  $i$ -том,  $j$ -том сечениях.

Недостатком такого технического решения является повышенная материалоемкость статора, из-за отсутствия в наружном контуре составляющих его пластин граней, позволяющих совмещать их при штамповке.

Наиболее близким к данному изобретению по числу совпадающих признаков и технической сущности является решение по патенту США №3783318, кл. 310 - 216 (H02K1/16) "Laminated stator core for dynamoelectric machines", принятое в качестве прототипа.

В соответствии с техническим решением-прототипом шихтованный статор электрической машины набран из многоугольных по наружной поверхности пластин электротехнической стали, имеющих основные грани и сопрягающие их участки, а также пазы для обмоток статора и элементов крепления, причем наружный контур пластин асимметричен относительно одной из осей четырехгранника, а статор собран из отдельных пакетов с чередованием асимметрично расположенных граней.

Недостатками данного технического решения являются:

а) пониженные энергетические характеристики электрической машины в части потребляемого намагничивающего тока и потерь в стали, вызываемых несимметрией в намагничивании отдельных сторон асимметричного четырехгранного листа;

б) повышение материалоемкости статора при наличии в пластинах дополнительных пазов для элементов крепления, что является необходимым условием для электродвигателей компрессоров холодильников.

Задачей настоящего изобретения является создание электрической машины с повышенными технико-экономическими показателями в части энергетических параметров и пониженной материалоемкостью.

Для решения поставленной задачи в известном шихтованном статоре электрической машины, набранном на многоугольных по наружной поверхности пластин электротехнической стали, имеющих основные грани и сопрягающие их участки, а также пазы для обмоток статора и элементов крепления, согласно изобретения центральный угол сопряжения основных граней составляет  $2\pi/3n + 0,02$  радиан, а отношение минимальной ( $H_1$ ) и максимальной ( $H_2$ ) высот многоугольной пластины к эквивалентным диаметрам статора ( $D_{a1}$ ,  $D_{a2}$ ) удовлетворяет соотношениям

$$\cos(\pi/3n) \geq H_1/D_{a1} \geq \cos(5\pi/12n)$$

$$\cos(\pi/3n) \geq H_2/D_{a2} \geq \cos(5\pi/12n)$$

$$D_{a1} = D_i + 2h_a + 2h_{z1}$$

$$D_{a2} = D_i + 2h_a + 2h_{z2}$$

где  $h_a$  - эквивалентная высота ядра статора;

$h_{z1}$ ,  $h_{z2}$  - минимальная и максимальная высота зубцов статора;

$n$  - число основных граней многоугольной пластины статора;

$D_i$  - внутренний диаметр статора.

При этом часть пазов для элементов крепления расположены в местах примыкания основных граней к сопрягающим участкам, а зубцы статора могут иметь одинаковую высоту, сопрягающие же участки могут быть выполнены круглыми.

В случае, когда число основных граней многоугольной статорной пластины равно четырем, максимальная

ее высота ориентирована по направлению проката электротехнической стали, а каждый сопрягающий участок может быть выполнен в виде нескольких примыкающих друг к другу плоскостей, число которых и высота ярма статора в зоне каждой из этих плоскостей выбираются такими, что напряженность магнитного поля в его ярье изменяется в зависимости от угла направления проката стали не более чем на 10 - 15%.

При выполнении сопрягающих участков круглыми, радиусы сопряжения определяют из уравнения  $\arctg(H_1/2/(H_2-R)) - \arctg((H_1/2 - R)/H_2/2) = \pi/6$ .

В случае, когда число основных граней многоугольной статорной пластины равно шести максимальная ее высота ориентирована под углом к направлению проката электротехнической стали равным  $\pi/6$ , а минимальная высота ориентирована по направлению проката.

При использовании изобретения достигается повышением энергетических параметров электрической машины за счет выравнивания напряженностей магнитного поля во всех активных сечениях статора и снижение материалоемкости статора за счет оптимального раскрытия ленты электротехнической стали и уменьшения технологических отходов.

Существенность вышеперечисленных отличительных признаков становится видной из следующего доказательства.

Из-за большого числа факторов, таких как, магнитная анизотропия электротехнической стали, ее разнотолщинность, расположение в теле ярма статора пазов и отверстий для конструктивных элементов крепления, неравномерности распределения магнитного потока вдоль полюсного деления и др., напряженность магнитного поля в ярье статора всегда оказывается неравномерной, даже если высота ярма статора обеспечивает в ней равномерность индукции. Поэтому наружный контур пластин статора, являющийся в большинстве своем окружностью с эквивалентным диаметром  $D_a = D_i + 2H_a + 2H_{z1}$ , в магнитном отношении представляет собой лишь асимптотическое приближение к некоторому контуру, обеспечивающему равномерность распределения напряженности магнитного поля в ярье, что и является оптимальным.

Также очевидным представляется тот факт, что описанный вокруг упомянутой окружности эквивалентного диаметра  $D_a$  многоугольник будет обеспечивать меньшие напряженности магнитного поля, чем вписанный.

Проведенные исследования показали, что практически одинаковые с ярмом статора цилиндрической формы намагничивающую силу обеспечивают многоугольники, имеющие одинаковые с цилиндрическим ярмом сечения, отстоящие на расстоянии в  $1/3$  длины силовой линии от наименьшего сечения, но не более, чем на  $5/12$  длины силовой линии.

Причем первая граница дает запас по намагничивающей силе до 20%, а вторая близка к ней на 90 - 95% снизу, что вполне допустимо для практических целей, в этом случае центральный угол сопряжения граней многоугольника должен перекрывать  $1/3$  длины силовой линии, т.е. быть равным  $2/3\pi + 0,02$  радиан.

На чертеже (фиг.) показана, в качестве примера, четырехгранная пластина шихтованного статора электрической машины, содержащая основные грани 1 и сопрягающие их участки 2. Пластина содержит пазы 3 для размещения обмоток статора, а также пазы 4 и отверстия 5, выполненные в ярье 6 пластины для установки элементов крепления.

Центральный угол сопряжения ( $\gamma$ ) основных граней 1 выбран равным  $\pi/6$  радиан, а внутренний диаметр статора 65мм, при этом минимальный эквивалентный диаметр  $D_a$  статора выбран равным 120мм, а максимальный эквивалентный диаметру  $D_{a2}$ , равным 130мм.

Минимальная высота  $H_1$  пластины статора равна 110мм, а максимальная высота  $H_2$  равна 124мм, что удовлетворяет соотношениям, указанным в формуле изобретения.

Четырехгранная пластина, показанная на чертеже изготавливается следующим образом: по заданному внутреннему диаметру статора  $D_i$  с учетом минимальной и максимальной высот зубцов  $h_{z1}$  и  $h_{z2}$ , а также эквивалентной высоте ярма статора

$$h_a = \Phi/2 * B,$$

где  $\Phi$  - величина рабочего магнитного потока;

$B$  - величина принятой допустимой индукции, определяемой из условия равномерности распределения индукции, находят минимальный и максимальный эквивалентный наружный диаметры

$$D_{a1} = D_i + 2h_a + 2h_{z1}$$

$$D_{a2} = D_i + 2h_a + 2h_{z2}$$

Высоту четырехгранной пластины в зоне расположения малых зубцов ( $h_{z1}$ ) находят по минимальному допуску

$$H_1 = D_{a1} * \cos(5\pi/12n)$$

а максимальную высоту ( $H_2$ ) находят по максимальному допуску

$$H_2 = D_{a2} * \cos(\pi/3n)$$

После определения  $H_1$  и  $H_2$  для круглых вспомогательно-сопрягающих граней необходимо определить радиус сопряжения основных граней по уравнению

$$\arctg(H_1/2/(H_2-R)) - \arctg((H_1/2 - R)/H_2/2) = \pi/6.$$

При плоских сопрягающих гранях их число и расположение по отношению к основным сопрягаемым граням устанавливают исходя из условия расхождения напряженности магнитного поля на этих участках в 10 - 15% с учетом размещения в этих зонах пазов для элементов крепления и посадочных отверстий. Далее пластина штампуется из листовой или ленточной стали компаундным штампом или одним из известных пошагово-последовательных штампов.

Статор шихтуется из отдельных пластин с переворотом относительно осей симметрии для компенсации

разнотолщинности электротехнической стали и скрепляется в пакет закладываемыми в пазы 4 элементами крепления типа скоб. Затем в пазы 3 укладываются рабочая и пусковая обмотки, в статор вводится ротор и полученный в готовом виде электродвигатель устанавливается на рабочее место с использованием посадочных отверстий 5.

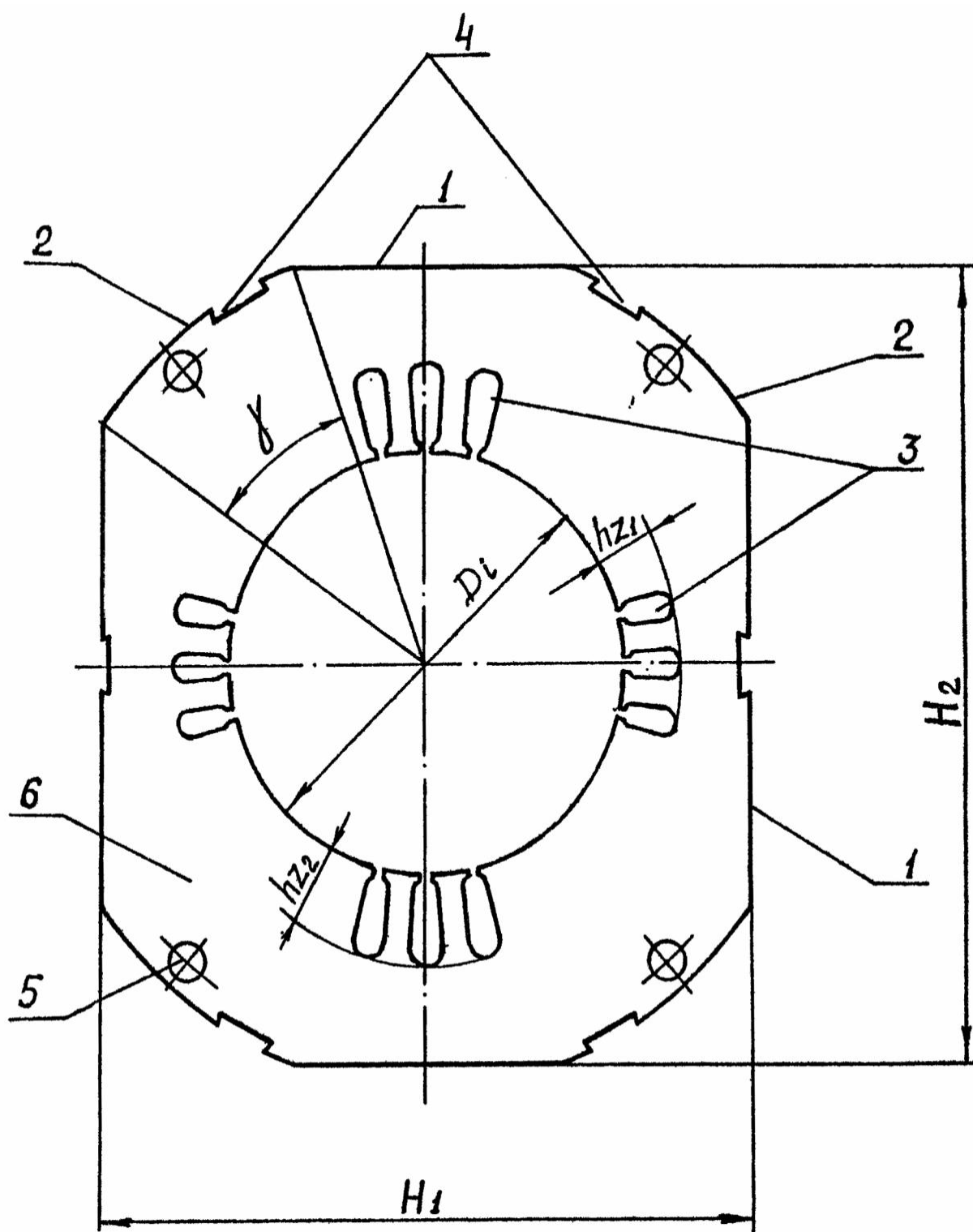
Работает предлагаемый шихтованный статор электрической машины, например, типа асинхронного электродвигателя следующим образом.

При подаче напряжения на обмотки, уложенные в пазы 3 статора, в них возникает ток, который создает магнитный поток, потребный для генерации ЭДС, способной уравновесить прикладываемое напряжение за вычетом его падений на активных и индуктивных сопротивлениях обмоток 3. Величина потребляемого тока оказывается тем большей, чем больше потери намагничивающей силы в ярме статора электродвигателя. Поскольку предложенный шихтованный статор изготовлен с соблюдением условия равномерной напряженности магнитного поля на своих отдельных участках, то будет выполнено условие минимальности вариации

**$\text{VAR} \oint H d l \rightarrow \min$**

при прочих равных параметрах, что автоматически минимизирует ток намагничивания и вызываемые им потери в статоре.

Сопутствующими результатами, которые обеспечивает предлагаемый шихтованный статор является его лучшая теплоотдача, за счет развитости наружного контура, а также снижение уровня магнитной вибрации и шума, возникающих при магнитной несимметрии статора.



Фиг.