

УДК 621.313

05.00.00 Технические науки

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ
МАГНИТОПРОВОДОВ ТОРЦОВЫХ
АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТЕХ-
НОЛОГИИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

Пашков Николай Иванович
доктор технических наук
РИНЦ SPIN-код: 2151-6878
pashkov-ni@mail.ru

Трухан Дмитрий Александрович
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 6552-9487
neoasp@yandex.ru
*Армавирский механико-технологический инсти-
тут (филиал) ФГБОУ ВО «Кубанский государ-
ственный технологический университет», Ар-
мавир, Россия*

На основе анализа отечественной и зарубежной научной и патентной литературы рассмотрены возможные варианты снижения массы электро-технической стали в магнитопроводах электрических машин. Проведен поиск лучших вариантов технологии изготовления магнитопроводов статоров асинхронных электродвигателей, направленных на повышение коэффициента использования электротехнической стали и улучшения энергетических показателей электрических машин. Все варианты подробно описаны и проиллюстрированы рисунками. Указаны достоинства и недостатки каждого способа изготовления магнитопроводов и причины, по которым те или иные предложения технологии изготовления магнитопроводов не были реализованы в серийном производстве. Предложен вариант технологии изготовления кольцеобразных магнитопроводов для торцовых асинхронных электродвигателей. Сущность торцовой конструкции состоит в замене шихтованного статора и ротора витым – из ленты электротехнической стали, намотанной в виде кольца с одновременной пробивкой пазов с переменным шагом под обмотку статора и короткозамкнутую обмотку ротора. Эффективность использования витого статора в торцовых электрических машинах подтверждена в частотно-управляемом асинхронном торцовом двигателе и при испытаниях опытно-промышленной партии однофазных торцовых асинхронных двигателей для стиральных машин. Данная технология практически полностью снимает проблему технологических отходов электротехнической стали независимо от формы рашотки статора (цилиндрической, конусной, плоской торцовой или плосколинейной); позволяет полностью автоматизировать изготовление маг-

UDC 621.313

Technical sciences

**DEVELOPMENT OF NEW DESIGNS OF
MAGNETIC MECHANICAL INDUCTION MO-
TORS AND METHODS OF MANUFACTURING**

Pashkov Nikolaj Ivanovich
Doctor of Technical Sciences
SPIN-code: 2151-6878
pashkov-ni@mail.ru

Truhan Dmitriy Aleksandrovich
Cand.Techn.Sci.,
SPIN-code: 6552-9487
neoasp@yandex.ru
*Armavir Institute of Mechanics and Technology
(branch) of FSBEI HE Kuban State Technological
University, Armavir, Russia*

Based on the analysis of domestic and foreign scientific and patent literature, options for reducing the weight of electro technical steel in the magnetic circuits of electrical machines are explored. We have carried out a search for the best options of technology for the manufacture of magnetic cores of the stators of induction motors, aimed at increasing the utilization factor of electrical steel and improving the energy performance of electric machines. All options are described in detail and illustrated by drawings. We have listed the advantages and disadvantages of each method of manufacturing magneto-wires and the reasons why certain proposals of manufacturing technology cores have not been implemented in mass production. A variant of technology of manufacture of annular magnetic cores for mechanical induction electric motors is offered. The essence of mechanical design is to replace the laminated stator and rotor twisted from a strip of electrical steel, wound in the form of a ring with the simultaneous breaking-hell grooves with variable pitch under the stator windings and squirrel cage of the rotor coils. The effectiveness of the use of volute stator in mechanical electrical machines is confirmed in frequent controlled asynchronous torsion engine when tested pilot batch of the mechanical single-phase asynchronous motors for washing machines. This technology almost completely eliminates the problem of technological wastes of electro-technical steel regardless of the form of the stator bore (cylindrical, conical, flat end or flat line); it allows fully automate the manufacture of magnetic cores, greatly simplifies the stamps, makes them more durable

нитопроводов, существенно упрощает штампы,
повышает их стойкость

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ,
КОНСТРУКЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, МАГНИТО-
ПРОВОД, СТАТОР, МАССА

Keywords: ELECTRIC MOTOR, DESIGN, TECH-
NOLOGY, MAGNETIC WIRE, STATOR, WEIGHT

Doi: 10.21515/1990-4665-127-024

В современной практике электрических машин малой мощности, потребляющей более 1/3 всей электроэнергии, доминируют асинхронные электродвигатели классической конструкции с цилиндрической расточкой шихтованного зубцового статора с короткозамкнутым ротором, основным недостатком в технологии их изготовления является низкий коэффициент использования электротехнической стали, в результате чего ежегодно сотни тысяч дорогостоящего металла уходит в отходы.

Поэтому во всем мире ведется активная работа по поиску новых конструктивных решений магнитопроводов электрических машин и технологии их изготовления, обеспечивающих более высокий коэффициент использования электротехнической стали.

Решить эту проблему можно путем перехода от традиционной конструкции магнитопроводов электрической машины.

Анализируя отечественную и зарубежную научную и патентную литературу можно выделить три основных вида конструкции и технологии изготовления магнитопроводов статоров, предложенные фирмами:

- Joseph Lukas (Industries) Ltd, Англия;
- Societe Unelec, Франция;
- General Electric Co, США;

Витые магнитопроводы статоров позволяют повысить коэффициент использования электротехнических сталей и улучшить энергетические характеристики электродвигателей за счет более рационального использования магнитных свойств текстурованных сталей. На рисунках 1, 2, и 3

изображены различные схемы раскроя ленты для изготовления витых магнитопроводов.

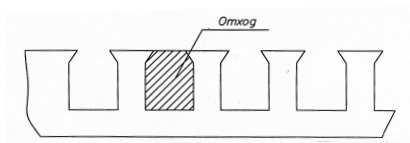


Рисунок 1 – Схема одинарного раскроя ленты

Технология изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенная фирмой Joseph Lukas (Industries) Ltd (4) состоит из следующих операций:

- штамповка пазов в непрерывной ленте;
- гибка ленты в спираль с образованием желобов в зоне ярма;
- сборка, опрессовка и скрепление пакетов;
- обработка наружной поверхности пакетов.

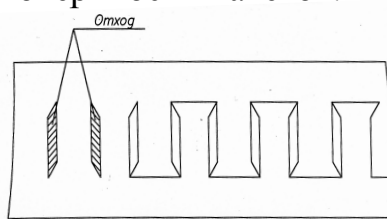


Рисунок 2 – Схема раскроя материала с разделением ленты на две части

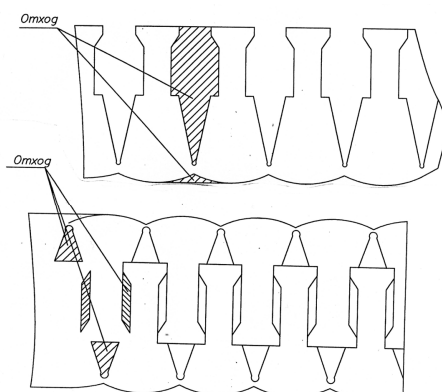


Рисунок 3 – Схемы раскроя ленты, предложенные фирмой Societe Unelec, Франция

Штамповка пазов 2 в непрерывной ленте 1 (рис. 4) производится на пазовых прессах-автоматах. Между впадинами 3 вырубленных пазов и целой кромкой 8 в зоне ярма 7 формируются желоба 6 с одновременным загибом ленты на необходимую величину и образованием спирали 4. Желоба

4 формируются гибкой лентой и могут иметь различную геометрическую форму (например, конусную, пирамидальную и др.) с вершинами, направленными в сторону целой кромки. При сборке пакета желоба, дополнительно выполняют роль фиксаторов для совмещения зубцов 5. Форма желобов должна обеспечивать получение требуемых значений угла γ , наружного r_n и внутреннего r_e радиусов спиралей. Спираль, полученная по способу фирмы Joseph Lukas (Industries) Ltd, имеет форму многогранника. Для образования пакета цилиндрической формы необходима токарная обработка наружной поверхности пакета. Преимущества данной технологии заключаются в простоте изготовления спиралей магнитопроводов и в возможности изготовления спиралей магнитопроводов для всех типоразмеров электродвигателей.

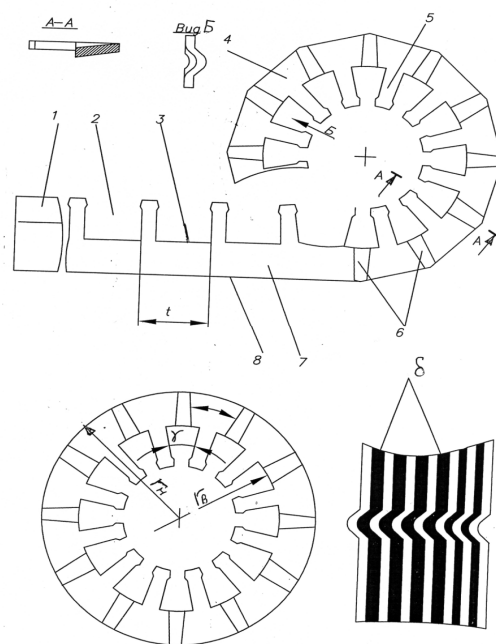


Рисунок 4 – Схема изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенная фирмой Joseph Lukas (Industries) Ltd, Англия

Основным недостатком данной технологии является наличие зазоров между прямыми участками смежных витков. Так как толщина материала после образования спирали в любой зоне ленты практически остается постоянной, то при пакетировании витки плотно прилегают друг к другу

только в зоне желобов. На остальных участках спирали между смежными витками образуются зазоры, величина которых тем больше, чем выше ярмо статора и чем меньше радиус спирали. Величина зазоров также зависит от геометрии желобов. В некоторых машинах, в основном в двухполюсных, зазоры настолько значительны, что их величина равна толщине материала.

При использовании технологии изготовления витых магнитопроводов, предложенной английской фирмой, для получения требуемых энергетических параметров машин необходимо увеличить длину пакета (с целью обеспечения требуемой массы) приблизительно на суммарную величину зазоров. Удлинение пакета влечет за собой ряд отрицательных явлений, таких как повышение расхода меди, увеличение габаритов и массы двигателей и т.д.

При сохранении длины пакетов магнитопроводов, принятой в классической конструкции, снижаются $\cos\phi$ и КПД электрических машин.

В витых магнитопроводах статоров магнитные свойства электротехнических сталей используются более рационально, чем в классической конструкции. Магнитная индукция B_δ в витых магнитопроводах увеличивается в среднем на 6 % относительно существующей конструкции.

Коэффициент использования электротехнической стали при изготовлении магнитопроводов по технологии фирмы Joseph Lukas (Industries) Ltd равен 0,638, что на 9,7 % выше, чем при существующей технологии.

Сборка пакетов по данной технологии менее трудоемка, чем сборка пакетов классической конструкции.

Технология изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенная фирмой Suciete Unelec (рис. 5) состоит из следующих операций:

- штамповка пазов в непрерывной ленте;
- образование спирали намоткой ленты вокруг оправки;
- сборка, опрессовка и скрепление пакетов.

Для изготовления магнитопровода используется непрерывная лента 1 (рисунок 5), ширина которой значительно больше высоты зубцов 2.

В процессе штамповки ленты вырубается пазы 3, прерывающие одну из ее кромок. Пазы 3 имеют клиновидные участки (технологические) 4, расположенные между основаниями 5 основных пазов и поверхностью 9. Кромка поверхности 9 вырубается одновременно с пазами и имеет клинообразную форму с радиусом, равным наружному радиусу пакета статора.

Участок клиновидной формы 4 должен иметь такую геометрию, которая позволила бы в процессе образования спирали плотно замкнуться пазам по поверхностям 7, а поверхности 9 иметь форму образующей спирали с постоянным радиусом. Форма вырубленных пазов позволяет навивать спираль путем простого изгиба ленты вокруг спирали.

При изгибе ленты с вырубленными пазами в спираль зона пластической деформации находится между точками 6 и 8, расстояние между которыми обозначено e . Для снижения величин деформаций, возникающих при изгибе ленты, необходимо, чтобы величина e была как можно меньшей, в то же время она должна обеспечивать надежность соединения смежных зон.

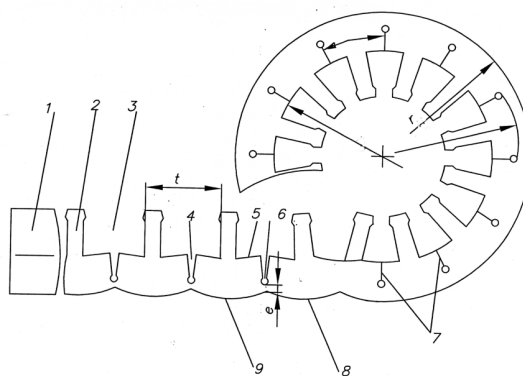


Рисунок 5 – Схема изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенная фирмой Societe Unelec, Франция

Технология сборки, опрессовки и скрепления пакетов для всех конструкций витых магнитопроводов идентична. Основное отличие технологии, предложенной французской фирмой, заключается в наличии клино-

видных пазов в ярме, что позволяет максимально уменьшить величину деформаций, возникающую в процессе образования спирали. Это большое преимущество, так как навить такую спираль не представляет никакой технической сложности.

Основной недостаток данной технологии заключается в том, что во всех зонах замкнутых поверхностей 7 ярма имеются технологические зазоры. Кроме недостатка, заключающегося в наличии большого количества зон замкнутых поверхностей, через заусенцы в этих зонах происходит замыкание смежных витков в пакете. Указанные недостатки приводят к снижению энергетических характеристик машин. Другим недостатком является низкая стойкость штампов для вырубке пазов из-за клиновидного пуансона.

Коэффициент использования электротехнической стали при изготовлении магнитопроводов по технологии фирмы Societe Unelec равен 0,629, что на 8,8 % выше, чем при существующей технологии.

Технология изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенная фирмой General Electric Co. состоит из следующих операций:

- штамповка листов в непрерывной ленте;
- образование спирали «чистым» изгибом;
- сборка, опрессовка и скрепление пакетов.

Деформация непрерывной ленты 1 (риунок 6 и 7) с предварительно вырубленными пазами 2 производится в обжимном канале 3, в котором спинка ленты подвергается обжиму на большом участке поверхности. Обжимной канал состоит из прямоугольного участка 10 и дугообразного участка 8 с радиусом, равным наружному радиусу r_n навиваемой спирали 6. Лента вводится в обжимной канал, имеющий на входе глубину большую, чем толщина ленты (для свободного входа).

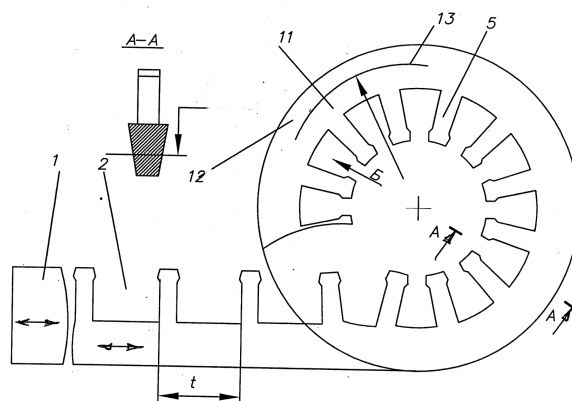


Рисунок 6 – Схема изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенная фирмой General Electric Co., США

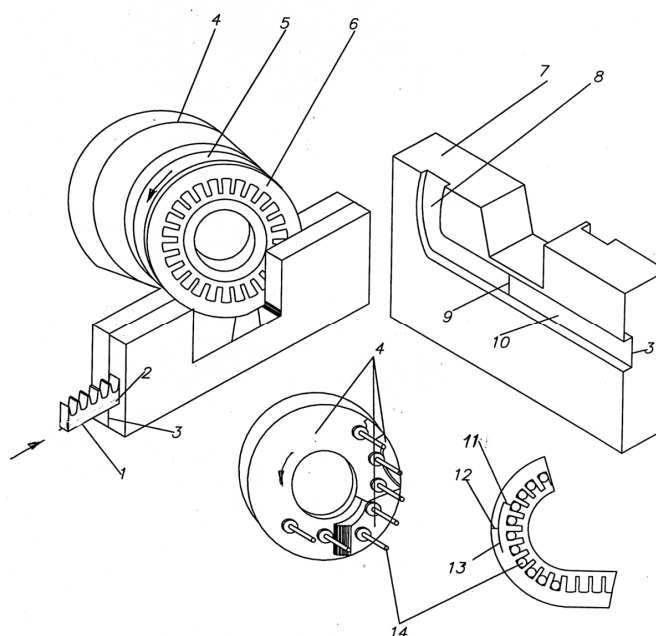


Рисунок 7 – Схема устройства, осуществляющего изгиб ленты в спираль, предложенная фирмой General Electric Co., США

В зоне 9 перехода от прямолинейного участка к дугообразному на прижимной плите 7 и на участке 8 глубина канала должна быть в пределах $(0,95 \div 1,0)t$, где t - толщина ленты. Попадая в зону 9, лента подхватывается пальцами 14, которые последовательно входят в пазы. Лента протягивается по дугообразной траектории, приобретая спиралевидную форму. Количество пальцев равно числу пазов в одном витке спирали. Пальцы равномерно распределены на вращающемся барабане 5 и при помощи кулачковой системы 4 движутся возвратно-поступательно, параллельно оси вра-

щения барабана. Пальцы являются не только тянущими элементами, но и выполняют функции фиксаторов. После перемещения пальцев, находящихся в зацеплении с лентой, на угол 135° - 180° они последовательно выходят из зацепления с помощью кулачковой системы.

При таком изгибе ленты нейтральная ось 13 находится приблизительно в середине ярма. В зоне 11 волокна, сжимаясь, утолщаются, а в ярме 12, растягиваясь, истончаются. Таким образом, спинка ленты приобретает в поперечном сечении трапецеидальную форму, причем в зоне основания пазов толщина ленты больше, чем толщина зубцов, имеющих первоначальную толщину.

При сборке и пакетировании магнитопровода между зубцами в смежных витках имеются зазоры.

Коэффициент заполнения пакета магнитным материалом в среднем равен 0,82, а коэффициент пазов проводниками в среднем на 3 % ниже, чем в классической конструкции.

Коэффициент использования электротехнической стали при изготовлении магнитопроводов по технологии фирмы General Electric Co. равен 0,663, что на 12,2 % выше, чем при существующей конструкции.

Основным недостатком данной технологии является сложность получения спиралей с требуемыми геометрическими параметрами. При больших величинах деформаций в зоне основания пазов, между зубцами образуются гофры, из-за которых углы γ имеют различные значения, что в конечном результате приводит к браку изделий. Образование гофр приводит к увеличению сил трения между лентой и прижимной плитой, вследствие чего увеличивается давление пальцев на зубцы и последние загибаются в сторону движения ленты.

Сложность технологии изготовления витых магнитопроводов статоров, предложенной фирмой General Electric Co., заключается в точном

определении шага для вырубki пазов. Для определения шага между пазами необходимо знать величину радиуса нейтральной оси p в спирали.

Основные недостатки конструкции устройства, осуществляющего данный способ изготовления спиралей: неподвижность прижимной ленты, создающей большую величину силы трения; наличие пальцев, выполняющих роль тянущих элементов. В результате давления пальцев на зубцы последние изгибаются в сторону движения ленты. Изгиб зубцов тем больше, чем больше сила трения между лентой и прижимной плитой.

Коэффициент использования электротехнических сталей при производстве электродвигателей с витыми магнитопроводами статоров значительно выше, чем у классической конструкции. Это основное преимущество витых магнитопроводов. Другим преимуществом конструкции витых магнитопроводов является оптимальное использование магнитных свойств холоднокатанных, текстурованных сталей в ярмовой зоне. Магнитные свойства стали в зубцовой зоне у витых магнитопроводов используются более рационально, чем в классической конструкции.

Существенным недостатком, влияющим на снижение энергетических характеристик электродвигателей с витым пакетом статора, является меньший, по сравнению с классической конструкцией, коэффициент заполнения паза медью $K_{з.п}$ (в результате уменьшения площади пакетов в вследствие большей расшихтовки витков в пакете как в тангенциальном, так и в радиальном направлениях).

В результате анализа, при определении номинальных мощностей электродвигателей с витыми магнитопроводами статоров в диапазоне высот 160-250 мм, были получены следующие результаты (относительно классической конструкции):

- снижение номинальной мощности в среднем на 1,5 % (технология фирмы Joseph Lukas Ltd);

- снижение номинальной мощности в среднем на 1,0 % (технология фирмы Suciете Unelec);

- номинальная мощность в среднем в пределах классической, изготовленных по технологии фирмы General Electric Co;

При определении номинальной мощности у электродвигателей с магнитопроводами, выполненными по технологии фирм Joseph Lukas Ltd и Suciете Unelec, были также учтены факторы, снижающие ее низкий коэффициент заполнения пакета магнитным материалом и наличие зон стыков в ярме.

Основной причиной несостоятельности данной технологии явилось то, что на практике в результате большей расшихтовки зубцовых зон в смежных витках пакета коэффициент заполнения паза медью оказался значительно меньше расчетного.

Известны также торцовые конструкции активного объема электрических машин.

Сущность торцовой конструкции состоит в замене шихтованного статора и ротора витым – из ленты электротехнической стали, намотанной в виде кольца с одновременной пробивкой пазов с переменным шагом под обмотку статора и короткозамкнутую обмотку ротора.

Конструктивные преимущества торцового активного объёма электрических машин по сравнению с классическим вариантом:

– обеспечивается возможность в витых зонах магнитопровода реализовать совпадения направлений вектора магнитной индукции и проката текстурованной электротехнической стали, т.е. при существующих материалах повысить индукцию в магнитопроводе электрических машин примерно на 20%,

– возможна рядовая укладка проводников как круглых, так и ленточных, что адекватно увеличению достигнутого в традиционной конструкции коэффициента заполнения паза медью на 20 - 25 % и более.

Эффективность использования витого статора в торцовых электрических машинах подтверждена в частотно-управляемом асинхронном торцовом двигателе мощностью 4 кВт и при испытаниях опытно-промышленной партии однофазных торцовых асинхронных двигателей, а также в мотор-колесе для легкового автомобиля типа «Жигули».

Ожидаемые технологические преимущества изготовления витых магнитопроводов статора и ротора по сравнению с традиционной технологией производства микромашин:

- практически снимается проблема технологических отходов электротехнической стали независимо от формы расточки статора (цилиндрической, конусной, плоской торцовой или плосколинейной);

- обеспечивается технологическая автономность изготовления витых магнитопроводов статора и ротора, катушечных групп, также не зависимо от формы микромашины;

- снижается число технологических операций, способных вызвать остаточную деформацию и локальных повреждений витковой изоляции.

Дальнейшее повышение технического уровня асинхронных двигателей можно получить с помощью нетрадиционных конструктивных и технологических решений с обеспечением малоотходности, механизации и автоматизации производства.

В отечественной и зарубежной литературе рассматриваются различные варианты решения этой задачи.

В частности, рассматривается три варианта технологии изготовления витых магнитопроводов с пазами:

- способ резки пазов магнитопроводов, а также получение пазов фрезерованием и шлифованием.

- изготовление магнитопроводов путем навивки стальной ленты с предварительно штампованными пазами;

– изготовление магнитопроводов путем навивки ленты электротехнической стали с одновременной штамповкой пазов.

Резкой выполняются открытые пазы (фрезерованием) и полузакрытые и закрытые (сверлением). При этом недостатками являются значительные межвитковые замыкания и механические напряжения, увеличивающие удельные потери.

В способе изготовления магнитопроводов путем навивки ленты электротехнической стали с предварительно штампованными пазами не удается обеспечить четкое совпадение пазов, поскольку толщина ленты по длине имеет отклонения от номинального значения, а также технологически трудно обеспечить равномерное натяжение ленты при намотке. Поэтому требуется дополнительная мехобработка пазов, в виде фрезерования, или ослабление плотности намотки, что негативно сказывается на качестве магнитопровода.

Хорошими энергетическими показателями обладают витые магнитопроводы с пазами, выполненными путем предварительной штамповки пазов с переменным шагом в непрерывной ленте. Однако штамповка с переменным шагом в длинной непрерывной ленте сложна, и согласно отсутствуют эффективные способы выполнения витых магнитопроводов таким путем.

Предложенные три варианта имеют недостатки. Например, недостатком первого варианта является ограниченный размер магнитопровода, второго – большая расшихтовка ленты в пазу из-за неравномерности усилия натяжения, изменения ее ширины и толщины, третьего – недопустимо высокая трудоемкость изготовления. Ни один из этих способов в отечественном электромашиностроении не реализован применительно к массовому производству витых магнитопроводов.

Авторами разработано и апробировано, в реальном опытном производстве на Дивногорском заводе низковольтной аппаратуры, устройство (ри-

сунок 10) для намотки кольцеобразного магнитопровода ротора из ленты электротехнической стали (рисунок 9) с одновременной пробивкой пазов с переменным шагом под короткозамкнутую обмотку, при реализации которого удалось исключить недостатки, присущие различным способам изготовления.

Устройство состоит из следующих основных узлов: механизма намотки ленты, механизма перемещения штампа, натяжного механизма, сварочной головки, штампа для пробивки пазов. Изготовление магнитопровода осуществляется следующим образом (рисунок 10). Лента 1 с разматывающего устройства пресса проходит между роликами 2 натяжного механизма, штампа 3 и закрепляется в пазу 4 оправки 5. На оправку 5 производится намотка ленты с помощью кулачка 6, от которого перемещается собачка 7, поворачивающая храповое колесо 8 на заданный угол. Колесо 8 жестко сидит на оправке 5. В момент возврата собачки 7 пробиваются пазы в ленте пуансоном штампа 3. После навивки первого витка производится его сварка с предыдущим витком для закрепления сварочной головкой 11, после чего процесс намотки продолжается. Для обеспечения совпадения пазов последние выполняются с переменным шагом. Переменный шаг обеспечивается перемещением штампа 3 в процессе намотки. Ролик 10 пневмоцилиндра 12 в прессе намотки плотно прижимается к наматываемой ленте и по мере намотки перемещается в направлении А. Ролик 10 жестко связан с рычагом 13, тягой 9, последняя со штампом 3. При движении ролика 10 в направлении А через рычаг 13, тягу 9 усилие передается штампу 3, последний перемещается в направлении В на требуемую величину. После полной намотки сердечника сварочной головкой 12 приваривается одной точкой последний виток к предыдущему для закрепления.

Экспериментальное апробирование устройства показало, что в кольцевых магнитопроводах уменьшение сечения паза на просвет составляет не более 0,3 мм. Последнее, как показали многочисленные испытания

опытных образцов, не ухудшает выходные параметры двигателя, в том числе и надежность.

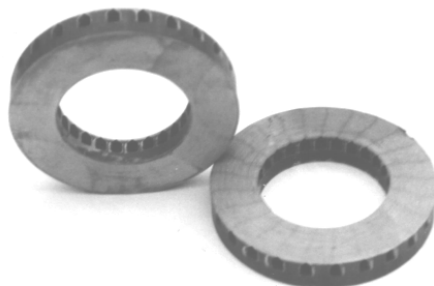


Рисунок 9 – Кольцеобразный магнитопровод ротора из ленты электротехнической стали, выполненный намоткой с одновременной пробивкой пазов с переменным шагом под короткозамкнутую обмотку

Достоинствами процесса изготовления такого магнитопровода ротора является отсутствие шихтовочных операций, практическая независимость качества изготовления от величины разброса размеров по толщине стальной ленты, возможность регулировать угол скоса пазов изменением величины перемещения штампа. Нет ограничения по размерам магнитопровода.

Проведенный анализ основных отечественных и зарубежных конструкций магнитопроводов статоров электродвигателей и способов их изготовления, позволил сделать следующие выводы:

а) классическая конструкция, которая в основном сохраняется более 100 лет, практически не претерпела принципиальных изменений. Улучшение технико-экономических показателей электродвигателей происходит за счет совершенствования отдельных элементов и использования новых материалов;

б) существующей технологии производства электродвигателей наиболее массовых серий свойственны следующие недостатки: низкий коэффициент использования электротехнических сталей; высокие удельная материалоемкость, технологическая себестоимость и трудоемкость изготовления;

в) наиболее перспективным, с точки зрения повышения коэффициента использования электротехнической стали, снижения массы активных материалов и трудоемкости изготовления, являются кольцеобразные магнитопроводы (рисунок 9) с одновременной пробивкой пазов с переменным шагом для торцовых конструкций электрических машин.

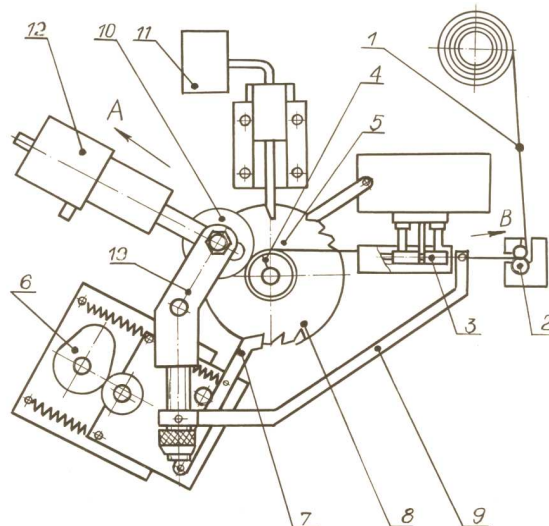


Рисунок 10 – Схема устройства для намотки магнитопровода ротора

Литература:

1. Пашков Н.И. Перспективное направление развития асинхронных электродвигателей: Электротехника, 2014. – №2
2. Пашков Н.И. Торцовые асинхронные двигатели малой мощности меньшей материалоемкости и трудоемкости изготовления: Электротехника. – 2007. – № 7
3. Данилевич Я.Б. Современные проблемы электромашиностроения // Электротехника. – 2003. – № 7. – С. 32 – 35.
4. Трухан Д.А. Взаимосвязанный частотно-управляемый электропривод технологической линии скрутки и бронирования кабеля. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, 2004. – 190 с.
5. Трухан Д.А. Взаимосвязанный электропривод машин кабельного производства, статья В сб. Н-Т Международной научной конференции «Актуальные проблемы и инновации в экономике, технике, образовании, информационных технологиях», Ставрополь, 2011 г. – Том 1 – 57 – 60.
6. Трухан Д.А. Модернизация электропривода и системы управления машин кабельного производства, статья В сб. Н-Т XVII Международной Н-П конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии», Томск, 2011 г. – Том 1– 548 – 549 с.
7. Игнатов В.А., Вильданов К.Я. Торцевые асинхронные электродвигатели интегрального изготовления. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 303 с.
8. Пашков Н.И., Цырук С.А. Торцовые асинхронные электродвигатели Журнал: Электрооборудование: эксплуатация и ремонт – 2011. №3/2011. – С. 19-26.

9. Патент №138344, от 11.02.2014. Пашков Н.И., Куроедов В.И., Хлонь Е.П. Устройство для изготовления магнитопроводов аксиальных электродвигателей.

References

1. Pashkov N.I. Perspektivnoe napravlenie razvitiya asinhronnyh jelektrodviga-telej: Jelektrotehnika, 2014. – №2
2. Pashkov N.I. Torcovye asinhronnye dvigateli maloj moshhnosti men'shej materia-lo-i trudoemkosti izgotovlenija: Jelektrotehnika. – 2007. – № 7
3. Danilevich Ja.B. Sovremennye problemy jelektromashinostroenija // Jelektrotehnika. – 2003. – № 7. – S. 32 – 35.
4. Trukhan D.A. Vzaimosviazanniy chastotno-upravlaemiy electroprivod technolog-icheskoj linii skrutki and bronirovania kabelia. Dissertacia na soiskanie uchenoy stepeni kandidatd texnicheskix nauk / Kuban State Technological University, Krasnodar, 2004. – 190 c.
5. Trukhan D.A. Vzaimosviazanniy electroprivod mashin kabelnogo proizvodstva, statia V sb. N-T Mejdunarodnoy nauchnoy konferencii «Aktualnyi voprosy and inovacii v ekonomike, tehniki, obrazovanii, informacionnix texnologiyax», Stavropol, 2011 г. – Tom 1 – 57 – 60.
6. Trukhan D.A. Modernizacia electroprivoda and sistemy upravlenia mashin kabelnogo proizvodstva, statia V sb. N-T XVII Mejdunarodnoy N-P konferencii studentov, aspirantov and molodix uchennix «Sovremenniyi tehnika and texnologiyi», Tomsk, 2011 г. – Tom 1– 548 – 549 c.
7. Ignatov V.A., Vil'danov K.Ja. Torcevye asinhronnye jelektrodvigateли integral'-nogo izgotovlenija. – M.: Jenergoatomizdat, 1988. – 303 s.
8. Pashkov N.I., Cyruk S.A. Torcovye asinhronnye jelektrodvigateли Zhurnal: Jelek-trooborudovanie: jekspluatacija i remonot – 2011. №3/2011. – S. 19-26.
9. Patent №138344, ot 11.02.2014. Pashkov N.I., Kuroedov V.I., Hlon' E.P. Ustroojstvo dlja izgotovlenija magnitoprovodov aksial'nyh jelektrodvigatelej