

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037553**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.04.13

(21) Номер заявки
201792004

(22) Дата подачи заявки
2016.03.11

(51) Int. Cl. **H01F 27/25** (2006.01)
H01F 30/10 (2006.01)
H01F 30/12 (2006.01)
H01F 41/02 (2006.01)

(54) СПОСОБ, УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ С СЕРДЕЧНИКОМ ИЗ АМОРФНОГО МАТЕРИАЛА И ИЗГОТОВЛЕННЫЙ С ПОМОЩЬЮ НИХ ТРАНСФОРМАТОР

(31) FI2015A000071

(32) 2015.03.12

(33) IT

(43) 2017.12.29

(86) PCT/EP2016/055243

(87) WO 2016/142504 2016.09.15

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
МОНТАНЬЯНИ ГУЛЬЕЛЬМО (IT)

(72) Изобретатель:
Де Луча Маурицио, Мессери Маттео (IT)

(74) Представитель:
Баталин А.В., Фелицына С.Б. (RU)

(56) GB-A-2283864
US-A1-2014097286
JP-A-S62176117
GB-A-2001479
US-B2-8373529
US-A1-2012062351

(57) Изобретение относится к устройству для изготовления трансформатора, содержащего по меньшей мере две электропроводящие обмотки (А, В, С), примыкающие друг к другу, и ферромагнитный сердечник (N1; N2; N3), связанный с двумя электропроводящими обмотками и сформированный посредством намотки лентообразного ферромагнитного материала. Устройство содержит направляющие элементы (9), выполненные с возможностью образования замкнутой траектории, связанной с двумя электропроводящими обмотками, вокруг которых могут быть намотаны один или несколько ленточных ферромагнитных материалов по меньшей мере из одного рулона (R; R1-R18).

B1**037553****037553****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к оборудованию и способам изготовления электрических трансформаторов. Конкретнее настоящее изобретение относится к модернизации способов и устройств для изготовления непрерывных ферромагнитных сердечников, в частности с помощью ленты из аморфного металла.

Уровень техники

Трансформаторы являются электрическими устройствами, которые преобразуют переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Трансформаторы обычно используются, например, на высоковольтных трансформаторных подстанциях и трансформаторных подстанциях среднего и низкого напряжения. Трансформатор содержит несколько обмоток, сформированных из лентообразного или проволочного электропроводящего материала, намотанного на один или несколько ферромагнитных сердечников. Ферромагнитные сердечники обычно имеют стержни с намотанными на них электропроводящими обмотками и ярмо, соединяющее стержни между собой для обеспечения непрерывности магнитопровода, определяемого сердечником.

Традиционные трехфазные трансформаторы содержат ферромагнитные сердечники с тремя стержнями, вокруг которых намотаны первичная обмотка и вторичная обмотка каждой фазы. Согласно известным технологиям ферромагнитный сердечник собирают из пластин, уложенных друг на друга и электрически изолированных, чтобы уменьшить потери, связанные с паразитными токами. Пакеты пластин соединяют друг с другом в точках соединения между ярмом и стержнями. В указанных областях происходят высокие потери тока из-за неоднородности, возникающей по краям уложенных друг на друга пластин.

Процесс сборки ферромагнитных сердечников согласно известной технологии является достаточно длительным, поскольку для формирования сердечника используется большое количество пластин. Пластины, используемые для изготовления указанных ферромагнитных сердечников, обычно изготавливают из железоуглеродистого сплава с текстурированной структурой.

В последнее время была разработана другая технология изготовления трансформаторов с использованием аморфного металла для изготовления сердечника (распределительный трансформатор с сердечником из аморфного металла, AMDT). К аморфным металлам относится сплав железа, содержащий бор вместо углерода, последний используется для изготовления ферромагнитных пластин с текстурированной структурой. Указанная технология разрабатывалась с 70-х годов. Указанная технология изготовления трансформаторов предусматривает использование тончайших лент из аморфного металла, полученных в процессе быстрого затвердевания расплава. Толщина ленты должна быть очень малой, чтобы достичь достаточно высоких скоростей охлаждения для сохранения аморфной структуры материала даже после затвердевания.

Аморфные материалы по сравнению с материалами, применяемыми в традиционных трансформаторах, позволяют значительно уменьшить работу намагничивания. Результатом применения аморфного металла является очень малая площадь гистерезиса и соответственно очень низкие относительные потери. Малая толщина лент и высокое удельное сопротивление аморфного металла к тому же позволяют значительно уменьшить потери, связанные с паразитными токами. В трансформаторах, имеющих ферромагнитные сердечники из аморфного металла, сравнительно с трансформаторами, имеющими традиционные пластинчатые сердечники, существенно снижаются потери, что приводит к сокращению потребления электроэнергии.

В связи с аморфной природой материала усложняется технологический процесс изготовления сердечников. Были разработаны технологические процессы изготовления сердечника, включающие намотку ленты для формирования одной или нескольких катушек с последующей консолидацией полимеризуемой термореактивной смолой. При этом на стержни сердечника наматываются электропроводящие обмотки. В патентных документах US 2013/0200967, US 3737529, US 2013 / 0219700, US 6683,524, EP 31095521, EP 1011027, EP 2177277 раскрываются примеры трансформаторов, имеющих сердечники, изготовленные из непрерывной ленты из аморфного металла.

Намотка проводников вокруг сердечника является весьма сложным процессом и связана с технологическими ограничениями, поскольку трудно создать требуемое натяжение при намотке.

В патентном документе GB-A-2283864 раскрыт способ изготовления двухфазных трансформаторов, состоящих из двух электропроводящих обмоток и ферромагнитного сердечника. Две электропроводящие обмотки изготавливаются по отдельности и затем перемещаются друг к другу, чтобы соответствующие стержни примыкали друг к другу. Остов охватывает два смежных стержня электропроводящих обмоток, вокруг остова осуществляется намотка одинарной ленты из ферромагнитного материала с целью формирования ферромагнитного сердечника. Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения для формирования ферромагнитного сердечника производится последовательная намотка нескольких лент уменьшающейся ширины. Ленты из ферромагнитного материала наматываются одна за другой таким образом, чтобы вторая лента ферромагнитного материала полностью обматывала снаружи катушку, сформированную ранее намотанной первой лентой ферромагнитного материала.

Способ, описанный в GB-A-2283864, имеет множество ограничений и недостатков. А именно изделие, полученное указанным способом, экономически не оптимизировано и малоэффективно с электриче-

ской точки зрения, поскольку для ферромагнитного сердечника круглого поперечного сечения требуются электропроводящие обмотки большого внутреннего сечения. Кроме того, при применении сердечника круглого поперечного сечения создается много пустого пространства вокруг электропроводящих обмоток, в результате чего значительно увеличивается расход ферромагнитного материала.

В связи с вышесказанным существует потребность в новых способах и устройствах для изготовления трансформаторов с сердечниками из лентообразного ферромагнитного материала, в частности из аморфного металла.

Раскрытие изобретения

Первый аспект настоящего изобретения относится к способу изготовления трансформаторов, который включает следующие этапы: обеспечение, по меньшей мере, первой электропроводящей обмотки и второй электропроводящей обмотки; перемещение первой электропроводящей обмотки и второй электропроводящей обмотки друг к другу; формирование первого ферромагнитного сердечника, связанного с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой, посредством намотки по меньшей мере одного лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связывающей первую электропроводящую обмотку и вторую электропроводящую обмотку.

Лента ферромагнитного материала наматывается с использованием по меньшей мере одного рулона ферромагнитного материала, перемещаемого по замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками.

Предлагаемый в настоящем изобретении способ полностью механизирован, исключает ручную сборку и при минимальных затратах обеспечивает изготовление компактного, экономичного и высокоэффективного трансформатора.

Приведенные в описании настоящего изобретения варианты осуществления способа изготовления трансформаторов включают следующие этапы:

- перемещение по меньшей мере двух предварительно сформированных электропроводящих обмоток друг к другу;

- обеспечение по меньшей мере одного рулона лентообразного ферромагнитного материала;

- крепление начального свободного конца лентообразного ферромагнитного материала к электропроводящим обмоткам;

- перемещение по меньшей мере одного рулона лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связывающей две электропроводящие обмотки, для формирования ферромагнитного сердечника, связанного с двумя указанными электропроводящими обмотками.

На практике каждая электропроводящая обмотка может включать один или несколько намотанных проводников для формирования соответствующей катушки первичной цепи и/или вторичной цепи трансформатора. Электропроводящие обмотки могут быть выполнены любым подходящим способом с использованием, например, пластинчатого проводника или линейного проводника. Процесс изготовления электропроводящих обмоток является отдельным процессом и не является задачей изобретения.

Следует отметить, что описанный здесь способ применим для изготовления любых трансформаторов. Применение указанного способа является особенно предпочтительным в производстве трехфазных трансформаторов, содержащих три электропроводящих обмотки, связанных с несколькими ферромагнитными сердечниками, обычно тремя ферромагнитными сердечниками.

Каждая электропроводящая обмотка может содержать первичную цепь и вторичную цепь соответствующей фазы.

Согласно предлагаемому в настоящем изобретении способу изготовления трансформатора этапы способа изготовления трансформатора выполняются по отдельности; точнее говоря, этап изготовления электропроводящих обмоток может выполняться отдельно от этапа изготовления ферромагнитного(ых) сердечника(ов). Поэтому можно выбрать наиболее подходящую технологию и материалы для изготовления электропроводящих обмоток, например медные или алюминиевые ленты, которые не представляется возможным намотать по известной технологии изготовления сердечника трансформатора из аморфного материала.

Хотя вдоль траектории, связанной с обмотками, имеется ограниченное пространство, когда требуется, можно установить несколько рулонов лентообразного ферромагнитного материала, а не только один рулон. В этом случае способ включает следующие этапы: закрепление начального свободного края лентообразного ферромагнитного материала каждого рулона на электропроводящих обмотках; перемещение рулонов лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связывающей электропроводящие обмотки, для формирования ферромагнитного сердечника, связанного с двумя электропроводящими обмотками, путем намотки множества лент из ферромагнитного материала.

Если на рулонах, расположенных вдоль траектории, связанной с обмотками, недостаточно материала для формирования сердечника, имеется возможность повторить описанные выше этапы. Когда имеющийся на рулонах лентообразный ферромагнитный материал израсходован полностью, можно установить новые рулоны и закрепить начальный свободный край каждого рулона на наружной поверхности уже частично сформированного на предшествующем этапе сердечника. В процессе перемещения новых рулонов по замкнутой траектории лентообразный материал разматывается и, таким образом, увеличивает

объем ферромагнитного сердечника.

Преимущественно лентообразный ферромагнитный материал представляет собой аморфный металл, например борсодержащий сплав на основе железа. Лентообразный ферромагнитный материал может быть очень тонким, имея толщину порядка 0,02 мм. Согласно описанному способу изготовления трансформаторов можно сформировать ферромагнитный сердечник требуемого объема, поскольку имеется возможность разместить вдоль замкнутой траектории необходимое количество рулонов и, при необходимости, многократно повторять процесс.

Рулоны ферромагнитного материала могут быть установлены на разматывающих осях или шпинделях, соединенных, например, с непрерывным гибким элементом, перемещающимся вдоль траектории, связанной с электропроводящими обмотками. Чтобы изготовить в достаточной степени компактный ферромагнитный сердечник, необходимо обеспечить требуемое натяжение лентообразного ферромагнитного материала за счет подтормаживания осей для создания трения при размотке лентообразного ферромагнитного материала.

Варианты осуществления настоящего изобретения описаны применительно к трансформатору, имеющему более двух электропроводящих обмоток, в частности применительно к трансформатору с тремя электропроводящими обмотками трехфазной системы. В указанном трансформаторе ферромагнитный магнитопровод может содержать три ферромагнитных сердечника, сформированных описанным выше способом, варианты осуществления которого описаны далее более подробно. В частности, можно сформировать первый ферромагнитный сердечник, связанный с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой, второй сердечник, связанный со второй электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой, а также третий сердечник, связанный с первой электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой. Три ферромагнитных сердечника образуют составной ферромагнитный сердечник, содержащий три стержня и три электропроводящих обмотки.

Следующий аспект изобретения относится к устройству для изготовления трансформатора, содержащего по меньшей мере две электропроводящих обмотки, примыкающих друг к другу, и ферромагнитный сердечник, связанный с двумя электропроводящими обмотками и сформированный посредством намотки лентообразного ферромагнитного материала; причем указанное устройство содержит направляющие средства, обеспечивающие образование замкнутой траектории, связанной с указанными двумя электропроводящими обмотками, по которой перемещается один или несколько рулонов лентообразного ферромагнитного материала, при этом лентообразный ферромагнитный материал, разматываясь с указанного(ых) рулона(ов), формирует ферромагнитный сердечник, связанный с двумя электропроводящими обмотками.

Направляющие средства могут включать линейную направляющую и транспортер, перемещающийся вдоль линейной направляющей.

Другой аспект настоящего изобретения относится к трансформатору, содержащему по меньшей мере две электропроводящие обмотки, которые примыкают друг к другу и каждая из которых сформирована из проводников, намотанных так, чтобы формировать соответствующие катушки, и первый ферромагнитный сердечник, сформированный намоткой множества лент из ферромагнитного материала, при этом каждая лента из ферромагнитного материала имеет начальный край и конечный край и каждая из лент из ферромагнитного материала образует множество непрерывных витков, причем указанные витки отдельных лент из ферромагнитного материала расположены один на другом.

Дополнительные признаки и варианты осуществления способа, устройства и трансформатора согласно настоящему изобретению описаны ниже со ссылкой на примеры вариантов осуществления изобретения и отражены в прилагаемой формуле изобретения, которая является неотъемлемой частью настоящего описания.

Краткое описание чертежей

Сущность настоящего изобретения будет хорошо понятна из нижеследующего описания иллюстративных неограничительных вариантов осуществления изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи.

На фиг. 1 показано аксонометрическое изображение устройства для изготовления сердечника трансформатора согласно изобретению;

на фиг. 2 - изображение в разобранном виде устройства, представленного на фиг. 1;

на фиг. 3 - вид сбоку устройства в разрезе по линии III-III, показанной на фиг. 1;

на фиг. 4 и 5 - увеличенное изображение области соединения участков линейной направляющей устройства, представленного на фиг. 1-3;

на фиг. 6, 7 и 8 - этапы способа формирования ферромагнитных сердечников трехфазного трансформатора;

на фиг. 9 - изображение в разобранном виде устройства для формирования крупногабаритного сердечника трансформатора, этапы формирования которого показаны на фиг. 6, 7 и 8;

на фиг. 10-12 - схематичное изображение последовательных этапов намотки ферромагнитного сердечника;

на фиг. 10А - увеличенное изображение участка ХА, показанного на фиг. 10;

на фиг. 12А - схематичное изображение собранного трехфазного трансформатора в сечении плоскостью, ортогональной оси обмотки ферромагнитных сердечников;
 на фиг. 12В - увеличенный вид детали, показанной на фиг. 12А;
 на фиг. 13 и 14 - аксонометрическое изображение и вид сбоку соответственно модифицированного многостанционного устройства согласно изобретению;
 на фиг. 15 - модифицированный вариант устройства согласно изобретению.

Осуществление изобретения

Примеры вариантов осуществления изобретения подробно описаны ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи. На разных чертежах одинаковые или аналогичные элементы обозначены одинаковыми ссылочными позициями. К тому же, чертежи не обязательно выполнены в масштабе. Нижеследующее подробное описание не ограничивает изобретение. Объем правовой охраны настоящего изобретения определяется прилагаемой формулой изобретения.

В описании ссылка на "один из вариантов осуществления изобретения" или "вариант осуществления изобретения" или "некоторые варианты осуществления изобретения" означает, что конкретный признак, структура или элемент, описываемые со ссылкой на один из вариантов осуществления изобретения, содержится по меньшей мере в одном варианте осуществления описываемого объекта. Таким образом, словосочетания "в одном из вариантов осуществления изобретения" или "в варианте осуществления изобретения", или "в некоторых вариантах осуществления изобретения", используемые в описании изобретения, не обязательно относятся к одному и тому же варианту осуществления изобретения или одним и тем же вариантам осуществления изобретения. К тому же, конкретные признаки, структуры или элементы в любом сочетании могут быть объединены в любом одном или нескольких вариантах осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 1-5 показаны основные детали устройства согласно изобретению. На фиг. 1-5 показано устройство без опоры для электропроводящих обмоток, которая изображена на фиг. 6, 7 и 8. Электропроводящие обмотки показаны на чертежах только схематично и обозначены ссылочными позициями А, В и С.

В проиллюстрированном примере раскрывается способ намотки ферромагнитных сердечников трехфазного трансформатора. Аналогичный способ также может быть использован для изготовления ферромагнитных сердечников однофазных трансформаторов.

Фактически каждая электропроводящая обмотка А, В, С содержит по меньшей мере одну катушку первичной обмотки и по меньшей мере одну катушку вторичной обмотки.

Устройство, обозначенное в целом ссылочной позицией 1, содержит опорную раму 3, поддерживающую намоточные средства, обеспечивающие намотку лентообразного ферромагнитного материала, как описано ниже, для формирования одного или нескольких ферромагнитных сердечников трансформатора. Как показано на фиг. 6, 7 и 8, опорная рама 3 связана с опорой 5, на которой расположены электропроводящие обмотки А, В, С трансформатора, схематически показанные на фиг. 6-8.

В некоторых вариантах осуществления изобретения по всей длине опоры 5 продолжают направляющие 7, что позволяет перемещать опорную раму 3 согласно двойной стрелке f3. Таким образом, как показано на фиг. 6, 7 и 8 и как будет подробно описано ниже, опорная рама 3 может занимать различные положения вдоль опоры 5 для формирования различных ферромагнитных сердечников вокруг участков электропроводящих обмоток А, В, С.

Как показано, в частности, на фиг. 1-3, опорная рама 3 поддерживает линейную направляющую 9. В проиллюстрированном варианте осуществления изобретения линейная направляющая 9 представляет собой двойную направляющую, содержащую два противоположных направляющих канала, предусмотренных для двух гибких элементов, перемещающихся по замкнутой траектории, как подробно описано ниже. Как вариант, линейная направляющая может быть одинарной.

Линейная направляющая предпочтительно подразделяется по меньшей мере на два участка. Следовательно, имеется возможность собрать направляющую так, чтобы она связывала одну или несколько электропроводящих обмоток. В наиболее предпочтительных вариантах осуществления изобретения линейная направляющая подразделяется на несколько участков, обозначенных ссылочными позициями 9А, 9В, 9С. Каждый из участков или некоторые участки могут быть дополнительно подразделены на подучастки. Поскольку линейная направляющая подразделяется на отдельные участки, которые могут быть собраны так, чтобы приспособить линейную направляющую к размерам ферромагнитных сердечников, подлежащих намотке, можно изготавливать трансформаторы разных размеров и/или для одного трансформатора наматывать ферромагнитные сердечники разных размеров, как будет подробно описано далее.

Опорная рама 3 содержит две стойки 3А, В, поддерживающие двойную линейную направляющую 9.

В частности, устройство, показанное в разобранном виде на фиг. 2, включает линейную направляющую с двумя симметричными каналами, предназначенными для вставления в них гибких элементов, например цепей. Направляющая 9 является двойной, поскольку содержит два канала, по которым перемещается цепь 11. Смонтированная цепь представляет собой непрерывный гибкий элемент. На фиг. 2 показано изображение в разобранном виде устройства, на котором видно, что каждая цепь 11 подразделяется на два участка 11А и 11В. Два участка 11А, 11В каждой цепи 11 соединяются вме-

сте, например, посредством соединительных звеньев, то есть звеньев, которые можно отсоединить, удаляя штифт сочленения.

Согласно другим вариантам осуществления изобретения цепь или другой гибкий элемент 11 может быть разъединен только в одной точке, в отличие от разъединения с образованием двух отдельных участков.

Как будет ясно из описания способа изготовления ферромагнитного сердечника, двойная линейная направляющая 9, 9А, 9В, 9С с соответствующими гибкими элементами 11, 11А, 11В огибает две электропроводящие обмотки, примыкающие друг к другу, для формирования траектории, связанной с обмотками. Рулоны лентообразного ферромагнитного материала перемещаются по указанной траектории, образуя витки из разматываемого ферромагнитного материала, накладываемые один поверх другого и после консолидации формирующие требуемый ферромагнитный сердечник. Для этого рулоны R лентообразного ферромагнитного материала прикреплены к цепям 11, 11А, 11В. Количество рулонов R лентообразного ферромагнитного материала может быть разным в зависимости от толщины и длины требуемого ферромагнитного сердечника. В некоторых вариантах осуществления изобретения, не показанных на чертежах, два или более рулонов лентообразного ферромагнитного материала расположены коаксиально друг другу. Таким образом, можно сформировать сердечник, толщина которого будет больше ширины лентообразного ферромагнитного материала любого из рулонов R.

В некоторых вариантах осуществления изобретения линейная направляющая 9 поддерживается верхней опорой 13 и нижней опорой 15 опорной рамы 3. Две опоры, а именно верхнюю опору 13 и нижнюю опору 15, можно регулировать, как показано двойной стрелкой f13 и двойной стрелкой f15, например, по всей вертикальной протяженности опорной рамы 3, а точнее вдоль вертикальных стоек 3А, 3В указанной опорной рамы 3.

В некоторых вариантах осуществления изобретения привод, например электродвигатель 19, связан с нижней опорой 15. Двигатель приводит в действие приводной шкив 20, который передает движение на ведомый вал 23, например, с помощью ремня 21 (см., в частности, фиг. 3). На валу 23 смонтированы шестерни или цепные колеса 25. В линейной направляющей 9, 9А, 9В, 9С предусмотрены окна, позволяющие каждой шестерне или цепному колесу 25 вступать в зацепление с соответствующим непрерывным гибким элементом 11, 11А, 11В. Двигатель 19 регулирует скользящее движение гибких элементов 11 вдоль линейной направляющей 9 и соответственно перемещение рулона R лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, определяемой линейной направляющей 9, 9А, 9В, 9С и гибкими элементами 11, 11А, 11В и связывающей электропроводящие обмотки А, В, С.

В некоторых вариантах осуществления изобретения цепь 21, приводной шкив 20, вал 23 и шестерни или цепные колеса 25 заменены зубчатой цепью или аналогичной системой передачи. Указанная цепь перемещается двигателем 19 посредством соответствующего зубчатого колеса (шестерни) и непосредственно перемещает непрерывный гибкий элемент 11, 11А, 11В. Согласно указанному варианту осуществления изобретения зубчатая цепь установлена по меньшей мере на трех шестернях, расположенных в треугольнике, одна из которых приводится в действие двигателем 19. В указанном варианте осуществления изобретения происходит передача движения между зубчатой цепью и непрерывным гибким элементом 11, 11А, 11В, например через окно, предусмотренное в линейной направляющей 9, 9А, 9В, 9С.

На фиг. 4 и 5 схематично показаны концевые участки канала, выполненного в направляющей 9, а именно в ее участках 9А, 9В, 9С. Только в качестве примера на фиг. 4 и 5 показаны два противоположных конца канала, выполненного в нижнем участке 9С линейной направляющей 9. Ссылочными позициями 31 и 33 обозначены схематически показанные охватывающие и охватываемые элементы соединения участков 9С и 9В линейной направляющей, имеющей каналы. На фиг. 4 и 5 также показан непрерывный гибкий элемент 11, например цепь, скользящая по каналам линейной направляющей 9.

Охватывающие и охватываемые элементы 31, 33 соединения являются упрощенным вариантом осуществления соединительного средства для соединения участков линейной направляющей 9, имеющей каналы. Возможны также другие варианты, например боковые соединения, внешние зажимы, сцепляющиеся выступы участков направляющей либо аналогичные соединительные средства.

Для облегчения понимания принципа работы устройства, описанного выше, на фиг. 6, 7 и 8 показана последовательность выполнения трех этапов формирования ферромагнитных сердечников, определяющих магнитопровод трехфазного трансформатора, содержащего электропроводящие обмотки А, В, С.

В зависимости от варианта осуществления изобретения каждая обмотка А, В, С на практике представляет собой двойную обмотку высокого/среднего напряжения либо обмотку среднего/низкого напряжения. Электропроводящие обмотки залиты полимеризуемой смолой, обеспечивающей механическую прочность электропроводящих обмоток. Для осуществления настоящего изобретения конструкция электропроводящих обмоток А, В, С не имеет существенного значения. Важным фактором является расположение электропроводящих обмоток А, В, С вплотную друг к другу при использовании устройства 1 для изготовления ферромагнитных сердечников, связанных с электропроводящими обмотками.

На фиг. 6 показан первый этап формирования первого ферромагнитного сердечника N1 (см. фиг. 7), связанного с электропроводящими обмотками А и В.

Для формирования ферромагнитного сердечника N1 линейная направляющая 9 была собрана таким образом, чтобы образуемая замкнутая траектория была связана с двумя смежными обмотками А, В. Вдоль линейной направляющей 9 устанавливаются рулоны R лентообразного ферромагнитного материала, а именно аморфного металла. После закрепления на электропроводящих обмотках А, В передних концов или остаточных концов каждой ленты ферромагнитного материала из рулонов R обеспечивается перемещение указанных рулонов R по замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками А, В, в процессе чего, как схематически показано на фиг. 7, лентообразный ферромагнитный материал каждого рулона R разматывается с образованием серии витков вдоль замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками А, В, до окончательного изготовления требуемого ферромагнитного сердечника, связанного с электропроводящими обмотками А и В.

Линейная направляющая 9 собирается из участков 9А, 9В, 9С линейной направляющей с использованием соединительных элементов, показанных в качестве примера на фиг. 4, 5. Направляющие участки являются взаимозаменяемыми, что позволяет сформировать ферромагнитный сердечник N1 требуемого размера в соответствии с размером изготавливаемого трансформатора. В зависимости от высоты электропроводящих обмоток А, В можно использовать промежуточные участки 9В подходящей длины, т.е. короче или длиннее. Кроме того, соответственно толщине обмотки А, В можно использовать верхние участки 9А и нижние участки 9С различной конфигурации и длины.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения линейная направляющая 9 может подразделяться на прямолинейные участки и изогнутые участки. Изогнутые участки линейной направляющей практически представляют собой восемь изогнутых сегментов, которые имеют каналы и соединены между собой посредством восьми прямолинейных сегментов с каналами, имеющими определенную длину, в зависимости от размера изготавливаемого ферромагнитного сердечника N1. В устройстве 1 имеется комплект из восьми изогнутых участков с каналами и несколько комплектов прямолинейных участков разной длины, которые являются взаимозаменяемыми и могут быть собраны в соответствии с производственными нуждами.

Трансформатор с уже готовым первым ферромагнитным сердечником N1 показан на фиг. 7 в процессе формирования второго ферромагнитного сердечника N2; на этом этапе линейная направляющая 9, поддерживаемая опорной рамой 3, определяет вторую замкнутую траекторию, связанную с примыкающими друг к другу электропроводящими обмотками В и С. Продемонстрированный на фиг. 7 технологический процесс, осуществляемый устройством 1 с целью формирования ферромагнитного сердечника N2, по существу аналогичен технологическому процессу формирования ферромагнитного сердечника N1. На фиг. 8 показан готовый ферромагнитный сердечник N2.

На фиг. 8, к тому же, показан другой вариант линейной направляющей 9, собранной из горизонтальных и вертикальных сегментов большего размера с целью формирования третьего ферромагнитного сердечника N3, связанного с электропроводящими обмотками А и С. На фиг. 9 показано изображение в разобранном виде устройства в конфигурации, подходящей для формирования третьего ферромагнитного сердечника N3. Наряду с двойной линейной направляющей 9, опорной рамой 3 и двигателем для перемещения гибких элементов 11 на указанном чертеже показаны оси 41, поддерживающие рулоны R ленточного ферромагнитного материала. Находящиеся в режиме ожидания рулоны R начинают разматываться за счет натяжения, когда передний конец лентообразного ферромагнитного материала закреплен на одной из электропроводящих обмоток и ось рулона R перемещается по замкнутой траектории, определяемой линейной направляющей 9. Вращение осей 41 притормаживается, чтобы во время разматывания создавалось натяжение лентообразного ферромагнитного материала. Таким образом, обеспечивается плотная укладка витков.

На фиг. 10, 11 и 12 схематично проиллюстрирован начальный этап обмотки ферромагнитных сердечников N1, N2, N3 соответственно, который заключается в закреплении переднего конца лентообразного ферромагнитного материала каждого рулона R на фиксированной части блока электропроводящих обмоток А, В или В, С.

На фиг. 10, 11 и 12 показан, в качестве примера, начальный этап подготовки рулонов R лентообразного ферромагнитного материала к формированию ферромагнитного сердечника N1, связанного с электропроводящими обмотками А и В. Линейная направляющая, схематично показанная на фиг. 10, 11 и 12, обозначена ссылочной позицией 9. Как показано на фиг. 10, первый рулон R лентообразного ферромагнитного материала M1 установлен на линейной направляющей, причем передний край материала, обозначенный ссылочной позицией T1, прямо или косвенно закреплен на одной из электропроводящих обмоток А, В, а точнее, как показано в проиллюстрированном примере, на электропроводящей обмотке А. Крепление может быть выполнено, например, с помощью клейкой ленты.

Смотанный в рулон R1 лентообразный ферромагнитный материал M1 может быть однослойным либо многослойным. На фиг. 10А показано увеличенное изображение участка лентообразного ферромагнитного материала M1, причем ферромагнитный материал сформирован из нескольких слоев M1А, M1В, M1С. На чертеже показан трехслойный ферромагнитный материал, однако количество слоев может быть другим.

Ферромагнитный материал поступает в рулонах большого диаметра и перематывается на рулоны

R1 в один или несколько слоев. Согласно некоторым из вариантов осуществления изобретения, в рулоне R1 объединен ферромагнитный материал, перемотанный из разных рулонов с однослойной лентой, например из трех или более рулонов, с образованием рулона многослойной ленты.

Вообще говоря, рулоны ферромагнитного материала могут быть получены любым способом.

Каждый рулон R1 лентообразного ферромагнитного материала M1 устанавливается на соответствующей оси 41, концы которой закрепляются на гибком элементе 11, сформированном из двух цепей, расположенных в двух противолежащих каналах линейной направляющей 9.

После закрепления конца лентообразного ферромагнитного материала M1 на электропроводящей обмотке A или B гибкий элемент 11 перемещается на один шаг по определяемой линейной направляющей 9 замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками A, B, и занимает положение, показанное на фиг. 11.

В этот момент на линейную направляющую 9 устанавливается второй рулон R2 лентообразного ферромагнитного материала M2, а передний конец T2 материала M2 закрепляется на электропроводящей обмотке A. Описанная операция многократно повторяется до тех пор, пока на всех смонтированных осях 41 не будут установлены рулоны R лентообразного ферромагнитного материала, как показано на фиг. 12, при этом гибкий элемент 11 пошагово перемещается вперед вдоль замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками A, B. В схеме, показанной на чертеже в качестве примера, используется восемнадцать рулонов R1-R18. Каждый рулон содержит заданное количество лентообразного ферромагнитного материала M1-M18. Передний край каждой ленты ферромагнитного материала M1-M18 закрепляется на неподвижном участке одной или другой из электропроводящих обмоток A, B, с которыми связана траектория, определяемая линейной направляющей 9.

На фиг. 12 показано исходное состояние сердечника перед намоткой ферромагнитного материала. Процесс намотки начинается с перемещения гибкого элемента 11 вдоль линейной направляющей 9 по траектории, связанной с электропроводящими обмотками A, B, сопровождаемого постепенным разматыванием ферромагнитного материала M1-M18 со всех рулонов R1-R18. Таким образом, каждая лента ферромагнитного материала образует серию витков, то есть наматывается вокруг двух участков электропроводящих обмоток A, B, с которыми связана траектория, определяемая линейной направляющей 9.

Витки лентообразного ферромагнитного материала M1-M18 располагаются один на другом. По существу, при параллельной намотке восьми лент формируется множество витков вокруг двух участков электропроводящих обмоток A, B, с которыми связан изготавливаемый ферромагнитный сердечник N1.

Поскольку пространство вдоль траектории, определяемой линейной направляющей 9, ограничивает диаметр рулонов R, для формирования ферромагнитного сердечника требуемой толщины может не хватить разматанного со всех рулонов R1-R18 лентообразного ферромагнитного материала, в таком случае можно установить новый комплект из восемнадцати рулонов и продолжить процесс намотки, закрепив передние края лент ферромагнитного материала на последних витках, сформированных предыдущим комплектом лент M1-M18. Если требуется, с учетом увеличения размера сердечника в результате намотки лентообразного ферромагнитного материала можно перед установкой нового комплекта рулонов изменить сборку линейной направляющей 9 с использованием более длинных прямолинейных участков для увеличения замкнутой траектории, обеспечивающей заданный размер ферромагнитного сердечника.

Следует понимать, что количество рулонов, в частности восемнадцать рулонов, является просто неограничительным примером.

Если ширина изготавливаемого ферромагнитного сердечника больше, чем осевая длина рулонов R, на каждой оси 41 могут быть установлены два или более коаксиальных рулонов.

В схеме, показанной на прилагаемых чертежах, рулоны R1-R18 разматываются по часовой стрелке. Однако это не обязательно; рулоны также можно расположить так, чтобы вращение при разматке происходило против часовой стрелки.

Описанный здесь процесс осуществляется при намотке каждого из ферромагнитных сердечников N1, N2, N3.

На фиг. 12A в сечении вертикальной плоскостью схематично показаны полностью намотанные сердечники N1, N2, N3, связанные с электропроводящими обмотками A, B, C трансформатора. На этом чертеже ясно видно, что при намотке трех ферромагнитных сердечников N1, N2, N3 формируется общий сердечник трансформатора, конструкция которого аналогична конструкции сердечника традиционного трехфазного трансформатора с двумя ярами и тремя стержнями, вокруг которых расположены электропроводящие обмотки A, B, C. Каждый стержень образован парой вертикальных (как показано на чертеже) участков навивки или витков, формирующих ферромагнитные сердечники N1, N2, N3. Каждое ядро образовано горизонтальным участком сердечника N3 и горизонтальным верхним или нижним участками сердечников N1 и N2.

Сердечники N1, N2 формируются и удерживаются непосредственно на соответствующих электропроводящих обмотках A, B и B, C без остова, применяемого в способах согласно известному уровню техники. Таким образом, конструкция в целом является более компактной, сокращается расход ферромагнитного материала, что дает возможность получить компактное, высокоэкономичное и высокоэффективное изделие.

На фиг. 12В показано увеличенное изображение участка ферромагнитного сердечника, представленного на фиг. 12А. Указанный участок является участком внешнего ферромагнитного сердечника N3, образованного витками разных ферромагнитных лент M1, наложенных друг на друга. На фиг. 12В схематично показаны участки витков, сформированных при последовательной намотке лент ферромагнитного материала M18, M17, M16...M10. На основании иллюстраций и приведенного выше описания можно сделать вывод, что витки лент ферромагнитного материала рулонов R1-R18 расположены друг на друге. Например, вокруг витка, сформированного ферромагнитной лентой M10, расположен виток, сформированный ферромагнитной лентой M11, а вокруг него расположен виток, сформированный ферромагнитной лентой M12, и т.д. Указанный порядок намотки связан с тем, что ленты ферромагнитного материала разматываются с рулонов R1-R18, которые, располагаясь один за другим, перемещаются одновременно по траектории, связанной с электропроводящими обмотками.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения по меньшей мере на одной из поверхностей лентообразного ферромагнитного материала M1-M18 имеется отверждаемое вещество, скрепляющее витки указанного материала для стабилизации изготовленного ферромагнитного сердечника. В некоторых вариантах осуществления изобретения отверждаемое вещество может представлять собой полимеризуемую смолу. Отверждаемое вещество в жидком или пастообразном состоянии может быть нанесено на лицевую поверхность или на обе поверхности лентообразного ферромагнитного материала некоторых или всех рулонов R1-R18. Отверждаемое вещество может наноситься, например, методом пропитки, путем распыления, с помощью скребка или любым другим способом. В некоторых вариантах осуществления изобретения отверждаемое вещество наносится, например, при намотке лентообразного ферромагнитного материала для формирования каждого из рулонов R1-R18.

Если рулоны R1-R18 образованы путем намотки нескольких слоев лентообразного материала, на каждый слой или на некоторые из слоев может быть нанесено отверждаемое вещество.

Отверждаемое вещество предпочтительно является электроизоляционным и наносится таким образом, чтобы каждый виток лентообразного ферромагнитного материала был электроизолирован от соседних витков. Это позволяет уменьшить потери, связанные с паразитными токами, в магнитопроводе, образованном ферромагнитными сердечниками N1, N2, N3, и обеспечивает оптимальную адгезию между всеми витками каждого ферромагнитного сердечника для формирования очень прочной конструкции.

В некоторых вариантах осуществления изобретения рулоны для изготовления сердечников N1, N2 и N3 содержат лентообразный ферромагнитный материал без отверждаемого вещества; предпочтительно отверждаемое вещество наносится методом пропитки, путем распыления, с помощью скребка или любым другим способом непосредственно на сформированные сердечники N1, N2 и N3.

В других вариантах осуществления изобретения отверждаемое вещество наносится как на поверхность(и) каждой ленты M1-M18 ферромагнитного материала, так и на наружную поверхность каждого сердечника N1, N2, N3, которые образуют общий сердечник трансформатора.

Непосредственно после окончания намотки трех ферромагнитных сердечников N1, N2, N3, связанных с электропроводящими обмотками А, В, С трансформатора (см. фиг. 12А), выполняется этап отверждения отверждаемого вещества, нанесенного на поверхности лент M1-M18 ферромагнитного материала. Например, если вещество представляет собой термopolyмеризуемую смолу, трансформатор можно поместить в печь для полимеризации смолы, чтобы таким образом консолидировать витки лентообразных ферромагнитных материалов M1-M18. Также можно использовать вещества, которые полимеризуются, например, при температуре окружающей среды и/или при подводе энергии, отличной от тепловой энергии.

На фиг. 13 и 14 показан другой вариант устройства согласно изобретению. На фиг. 13 представлено аксонометрическое изображение устройства, а на фиг. 14 представлен вид сбоку. Устройство согласно указанному варианту, по существу, содержит одну или несколько станций и включает опору, обозначенную, опять же, ссылкой позицией 5, по которой трансформаторы в процессе сборки могут последовательно перемещаться, начиная с первой станции 51 до последней станции 54, включая промежуточные станции 52 и 53. Устройство 1, по существу подобное описанному выше, предусмотрено на каждой станции 51, 52, 53, причем все устройства 1 имеют в этом варианте общую опору 5 для обмоток, обозначенных, опять же, ссылочными позициями А, В, С в варианте осуществления изобретения, представленном на фиг. 13 и 14. По существу, опоры 5 формируют плоскость перемещения трансформатора на различных этапах сборки. Опора 5 может быть оснащена транспортной системой, например может иметь транспортер или скользящие направляющие с толкателями или аналогичными средствами для облегчения перемещения трансформатора от одной из станций 51, 52, 53, 54 к другой.

На каждой из станций 51, 52, 53 выполняется намотка лентообразного ферромагнитного материала для формирования одного из трех ферромагнитных сердечников N1, N2 и N3. Точнее говоря, на станции 51 формируется ферромагнитный сердечник N1; на станции 52 формируется ферромагнитный сердечник N2; на станции 53 формируется ферромагнитный сердечник N3, окружающий вдоль траектории, связанной с обмотками А и С, ферромагнитные сердечники N1 и N2, сформированные на намоточных станциях 51 и 52. На станции 54 завершается изготовление трансформатора. Готовый трансформатор заключен в кожух I для защиты электропроводящих обмоток А-С (в качестве примера). Трансформатор Т перемеща-

ется от станции 54 к печи для сушки и полимеризации с целью консолидации смолы, нанесенной на ленты ферромагнитного материала M1-M18, используемые для формирования трех сердечников N1, N2 и N3. Альтернативно полимеризация может быть проведена при температуре окружающей среды.

В обоих вариантах осуществления изобретения консолидация обмоток также может осуществляться с использованием другого источника энергии, отличного от источника тепла, например посредством ультрафиолетового излучения или т.п.

Вместо линейной направляющей, вмещающей непрерывные гибкие элементы, могут использоваться другие намоточные средства при условии, что их можно демонтировать и удалить после завершения процесса формирования ферромагнитного сердечника N1, N2, N3, связанного с соответствующей обмоткой из электропроводящих обмоток A, B, C.

В проиллюстрированных вариантах осуществления изобретения электропроводящие обмотки A, B и C примыкают друг к другу и формируют линейную конфигурацию. Также можно изготовить трансформаторы, в которых магнитопровод образован тремя сердечниками, соединенными в треугольник с соответствующим треугольным расположением электропроводящих обмоток согласно конфигурации, раскрытой в публикациях, приведенных для примера во вводной части описания настоящего изобретения. Однако конфигурация, показанная на прилагаемых чертежах, с тремя электропроводящими обмотками A, B, C, расположенными линейно, то есть выровненными друг с другом, является более предпочтительной, поскольку формирование ферромагнитных сердечников N1, N2, N3 и соответственно общего магнитопровода упрощается при оптимальном использовании внутреннего пространства между электропроводящими обмотками.

Хотя в приведенных выше конкретных вариантах осуществления изобретения, проиллюстрированных прилагаемыми чертежами, описаны признаки и характеристики, относящиеся к различным иллюстративным вариантам осуществления изобретения, для специалистов в данной области техники будут очевидными любые модификации, изменения и изъятия, не выходящие за рамки инновационной идеи, принципов и концепций, описанных выше, при сохранении преимуществ объекта, описанного в прилагаемой формуле изобретения.

В некоторых вариантах осуществления изобретения, к примеру, каждый из рулонов R1-R18 перемещается не только по замкнутой траектории, связывающей вместе электропроводящие обмотки, но и в радиальном направлении, то есть к центру траектории и от него. Указанное перемещение осуществляется, в частности, благодаря размещению каждой из поддерживающих рулонов R1-R18 осей 41 на вспомогательных направляющих, ортогональных замкнутой траектории и направленных к ее центру. Оси 41 или другие подходящие опоры перемещаются вдоль вспомогательных направляющих так, чтобы они всегда занимали местоположение ближе к центру замкнутой траектории и это положение изменялось по мере увеличения толщины ферромагнитного сердечника. В процессе формирования витков ферромагнитного лентообразного материала рулоны принудительно постепенно смещаются от центра замкнутой траектории. На фиг. 15, аналогично фиг. 10, описанной выше, схематично представлена подобная конфигурация, причем показан только один рулон R1. Ссылочной позицией 10 обозначена вспомогательная направляющая для оси 41, на которой установлен рулон R1. Ось 41 смещается, как показано стрелкой F на чертеже, например под действием пружин, установленных во вспомогательной направляющей 10, обеспечивая первоначальный контакт наружной поверхности рулона R1 с электропроводящей обмоткой и последующий контакт с наружной поверхностью наматываемого ферромагнитного сердечника.

Таким образом, обеспечивается компактность сердечника трансформатора и эффективно используется имеющееся пространство.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления трансформатора, содержащего электропроводящие обмотки и по меньшей мере один ферромагнитный сердечник, сформированный намоткой лентообразного ферромагнитного материала, характеризующийся следующими этапами:

перемещение первой электропроводящей обмотки и второй электропроводящей обмотки друг к другу;

закрепление начального свободного края лентообразного ферромагнитного материала, намотанного в рулон, относительно первой электропроводящей обмотки и второй электропроводящей обмотки;

перемещение рулона лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, которая определена направляющими элементами и связывает первую электропроводящую обмотку и вторую электропроводящую обмотку, проходя через их полости, для намотки лентообразного ферромагнитного материала по указанной замкнутой траектории с целью формирования первого ферромагнитного сердечника, связанного с первой электропроводящей обмоткой и второй электропроводящей обмоткой.

2. Способ по п.1, в котором этап формирования первого ферромагнитного сердечника включает следующие этапы:

закрепление начальных свободных краев лентообразного ферромагнитного материала множества рулонов относительно первой электропроводящей обмотки и второй электропроводящей обмотки;

перемещение рулонов лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связывающей первую электропроводящую обмотку и вторую электропроводящую обмотку, формируя соответствующий ферромагнитный сердечник, связанный с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой.

3. Способ по п.1 или 2, который дополнительно включает следующие этапы: перемещение второй электропроводящей обмотки и третьей электропроводящей обмотки друг к другу; последовательное формирование второго ферромагнитного сердечника, связанного со второй электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой, посредством намотки по меньшей мере одной ленты из ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связывающей вторую электропроводящую обмотку и третью электропроводящую обмотку; формирование третьего ферромагнитного сердечника, связанного с первой электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой, посредством намотки по меньшей мере одной ленты из ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связывающей первую электропроводящую обмотку и третью электропроводящую обмотку.

4. Способ по п.3, который дополнительно включают следующие этапы:

закрепление начального края лентообразного ферромагнитного материала второго рулона, или каждого из вторых рулонов, относительно второй электропроводящей обмотки и третьей электропроводящей обмотки;

перемещение вторых рулонов лентообразного ферромагнитного материала по второй замкнутой траектории, связывающей вторую электропроводящую обмотку и третью электропроводящую обмотку, формируя второй ферромагнитный сердечник, связанный со второй электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой.

5. Способ по п.3 или 4, который дополнительно включает следующие этапы:

закрепление начального края лентообразного ферромагнитного материала третьего рулона, или каждого из третьих рулонов, лентообразного ферромагнитного материала относительно электропроводящих обмоток;

перемещение третьего(их) рулона(ов) лентообразного ферромагнитного материала по дополнительной замкнутой траектории, связывающей первую электропроводящую обмотку и третью электропроводящую обмотку, формируя третий ферромагнитный сердечник.

6. Способ по любому из пп.1-5, который дополнительно включает следующие этапы:

нанесение слоя отверждаемого вещества по меньшей мере на одну поверхность по меньшей мере одного лентообразного ферромагнитного материала;

отверждение отверждаемого вещества после намотки ферромагнитного сердечника для консолидации ферромагнитного сердечника.

7. Способ по любому из пп.1-6, который включает этап нанесения отверждаемого вещества на сформированный ферромагнитный сердечник и отверждения указанного отверждаемого вещества.

8. Способ по п.6 или 7, в котором отверждаемое вещество представляет собой полимеризуемую смолу.

9. Способ по любому из пп.1-8, в котором лентообразный ферромагнитный материал представляет собой аморфный материал, предпочтительно борсодержащий сплав на основе железа.

10. Способ по любому из пп.1-9, который включает следующие этапы:

установка линейной направляющей, связанной с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой;

установка указанного(ых) рулона(ов) лентообразного ферромагнитного материала на указанной линейной направляющей;

перемещение рулона(ов) лентообразного ферромагнитного материала вдоль линейной направляющей.

11. Способ по п.10, в котором линейная направляющая состоит по меньшей мере из двух участков, выполненных с возможностью соединения друг с другом и отсоединения друг от друга для установки направляющей путем ее связывания с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой и для снятия линейной направляющей с первой электропроводящей обмотки и со второй электропроводящей обмотки после завершения формирования ферромагнитного сердечника.

12. Способ по п.10 или 11, который включает этап установки вдоль линейной направляющей по меньшей мере одного непрерывного гибкого элемента, на котором устанавливают, предпочтительно с помощью подтормаживающих крепежных элементов, указанный(ые) рулон(ы) лентообразного ферромагнитного материала, и перемещения указанного непрерывного гибкого элемента по замкнутой траектории, определяемой указанной линейной направляющей.

13. Способ по п.12, в котором непрерывный гибкий элемент выполнен с возможностью размыкаться по меньшей мере в одной точке для его взаимодействия с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой и снятия с электропроводящих обмоток после завершения формирования ферромагнитного сердечника.

14. Способ по любому из пп.1-13, который включает этап формирования составного ферромагнитного сердечника, состоящего из нескольких ферромагнитных сердечников, связанных с несколькими электропроводящими обмотками.

15. Устройство для изготовления способом по любому из пп.1-14 трансформатора, содержащего по меньшей мере две электропроводящие обмотки, примыкающие друг к другу, и ферромагнитный сердечник, связанный с двумя электропроводящими обмотками и сформированный посредством намотки лентообразного ферромагнитного материала; при этом указанное устройство содержит направляющие элементы, выполненные и установленные так, чтобы определять замкнутую траекторию, которая связана с указанными двумя электропроводящими обмотками, причем по меньшей мере один рулон лентообразного ферромагнитного материала выполнен с возможностью перемещения по замкнутой траектории, связанной с двумя электропроводящими обмотками, для размотки лентообразного ферромагнитного материала с указанного по меньшей мере одного рулона и формирования ферромагнитного сердечника, связанного с двумя электропроводящими обмотками.

16. Устройство по п.15, в котором указанные элементы содержат линейную направляющую и транспортер, перемещающийся вдоль линейной направляющей.

17. Устройство по п.16, в котором линейная направляющая содержит по меньшей мере два участка, выполненных с возможностью соединения друг с другом для формирования замкнутой траектории, связанной с двумя электропроводящими обмотками, и разъединения для удаления линейной направляющей после завершения формирования ферромагнитного сердечника, причем предпочтительно линейная направляющая состоит из множества участков для ее приспособления по форме и/или размеру к форме и/или размеру электропроводящих обмоток, при этом направляющая предпочтительно содержит по меньшей мере четыре участка, выполненных с возможностью соединения друг с другом и отсоединения друг от друга: нижний участок, верхний участок и два промежуточных участка, причем промежуточные участки являются по существу прямолинейными.

18. Устройство по п.16 или 17, в котором транспортер содержит гибкий элемент, выполненный с возможностью установки вдоль линейной направляющей, замыкания для образования непрерывного гибкого элемента, продолжающегося вдоль линейной направляющей, когда последняя расположена так, что формирует замкнутую траекторию, связанную с электропроводящими обмотками, и размыкания для удаления из электропроводящих обмоток после завершения формирования ферромагнитного сердечника.

19. Устройство по п.18, в котором непрерывный гибкий элемент содержит два или более участков, выполненных с возможностью разъединения или соединения друг с другом для формирования непрерывного гибкого элемента.

20. Устройство по п.18 или 19, которое содержит двигатель для перемещения рулона(ов) лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками.

21. Устройство по любому из пп.16-20, которое содержит опору для электропроводящих обмоток и по меньшей мере одну опорную раму для поддержания линейной направляющей, при этом указанная опорная рама выполнена с возможностью корректировки замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками, причем предпочтительно опорная рама для направляющих элементов поддерживает двигатель для перемещения рулонов лентообразного ферромагнитного материала по замкнутой траектории, связанной с электропроводящими обмотками.

22. Устройство по п.21, в котором рама, поддерживающая линейную направляющую, и опора для электропроводящих обмоток выполнены с возможностью перемещения относительно друг друга; или устройство содержит опору для электропроводящих обмоток и множество опорных рам для линейной направляющей, причем соответствующие линейные направляющие связаны с каждой из указанных опорных рам, при этом каждая опорная рама оснащена соответствующим двигателем для перемещения рулона(ов) по замкнутой траектории, определяемой соответствующей линейной направляющей и связанной с электропроводящими обмотками, при этом трансформатор имеет возможность перемещения от одной из опорных рам к другой.

23. Электрический трансформатор, изготовленный способом по любому из пп.1-14 и содержащий, по меньшей мере, первую электропроводящую обмотку и вторую электропроводящую обмотку, которые примыкают друг к другу и каждая из которых сформирована из проводников, намотанных так, чтобы образовывать соответствующие катушки, и, по меньшей мере, первый ферромагнитный сердечник, состоящий из множества лент из ферромагнитного материала, причем каждая лента из ферромагнитного материала имеет начальный край и конечный край, при этом каждая лента из ферромагнитного материала образует множество непрерывных витков, причем витки отдельных лент из ферромагнитного материала помещены один на другой, при этом первый ферромагнитный сердечник связан с первой электропроводящей обмоткой и со второй электропроводящей обмоткой.

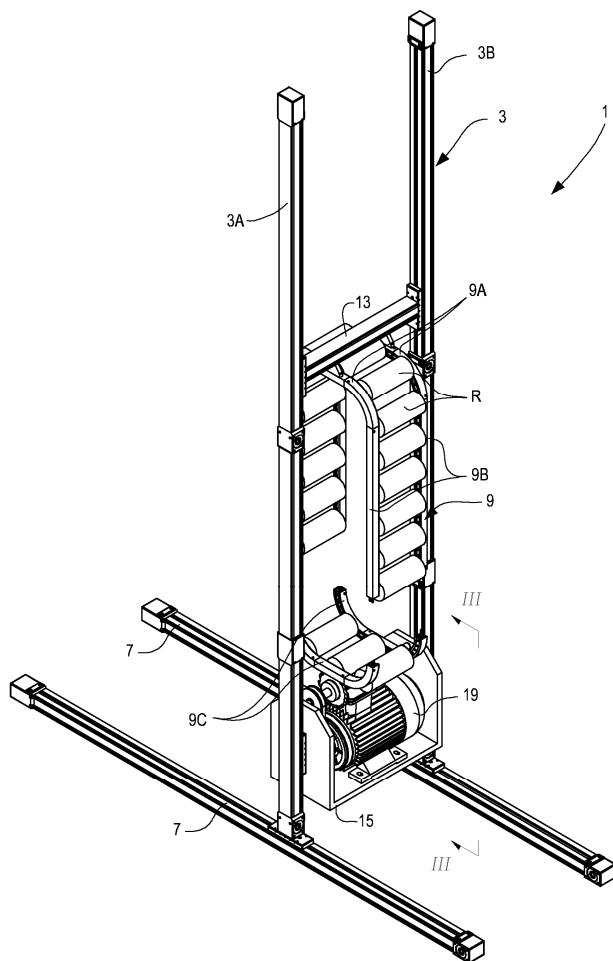
24. Трансформатор по п.23, в котором первый ферромагнитный сердечник поддерживается непосредственно первой электропроводящей обмоткой и второй электропроводящей обмоткой.

25. Трансформатор по п.23 или 24, в котором ферромагнитный материал представляет собой аморфный материал, предпочтительно борсодержащий сплав на основе железа, предпочтительно имеющий толщину от 0,01 до 0,02 мм.

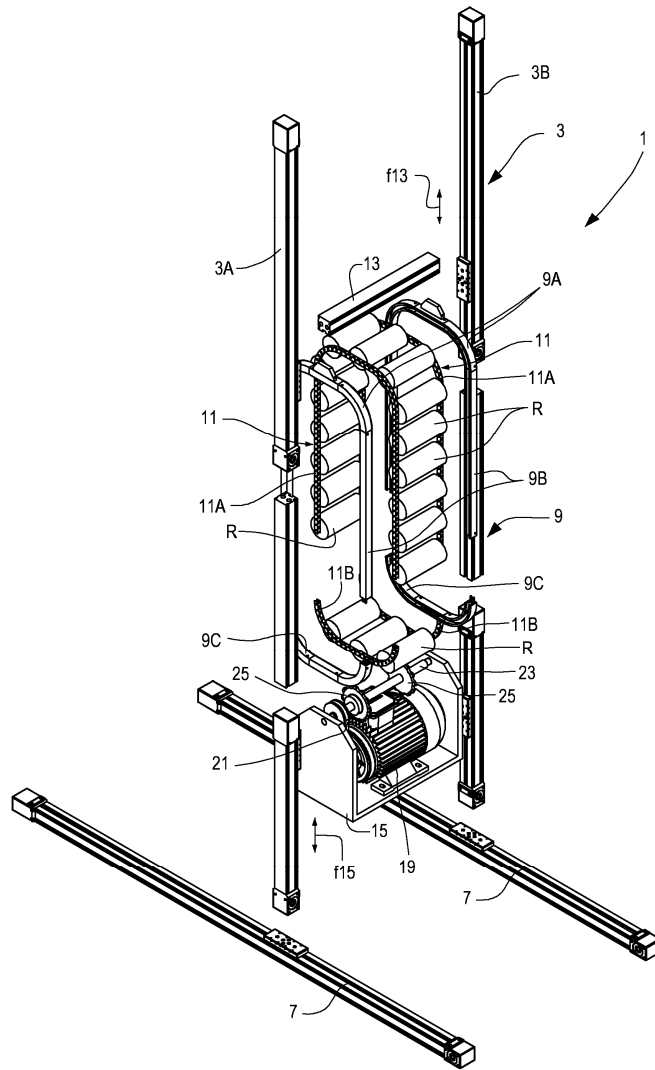
26. Трансформатор по п.23, 24 или 25, который содержит предпочтительно электроизоляционное, отверждаемое вещество, предпочтительно полимеризуемую смолу, между смежными витками, образо-

ванными лентами из ферромагнитного материала, и/или на наружной поверхности сердечников.

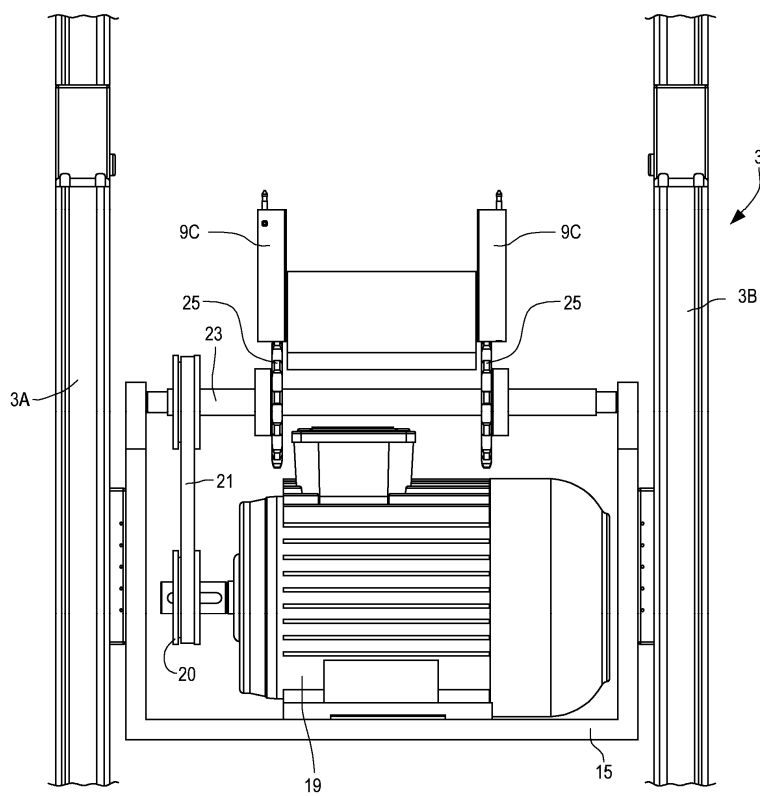
27. Трансформатор по любому из пп.23-26, который содержит третью электропроводящую обмотку, второй ферромагнитный сердечник, связанный со второй электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой, и третий ферромагнитный сердечник, связанный с первой электропроводящей обмоткой и с третьей электропроводящей обмоткой, при этом каждый из второго ферромагнитного сердечника и третьего ферромагнитного сердечника состоит из множества лент из ферромагнитного материала, причем каждая лента из ферромагнитного материала имеет начальный край и конечный край, при этом каждая лента из ферромагнитного материала формирует множество непрерывных витков, причем витки отдельных лент из ферромагнитного материала помещены один на другой.



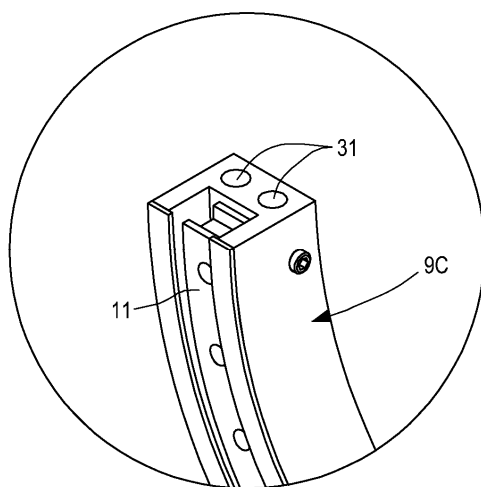
Фиг. 1



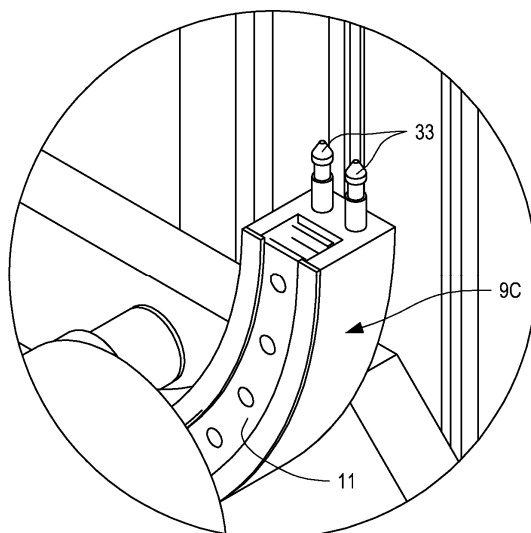
Фиг. 2



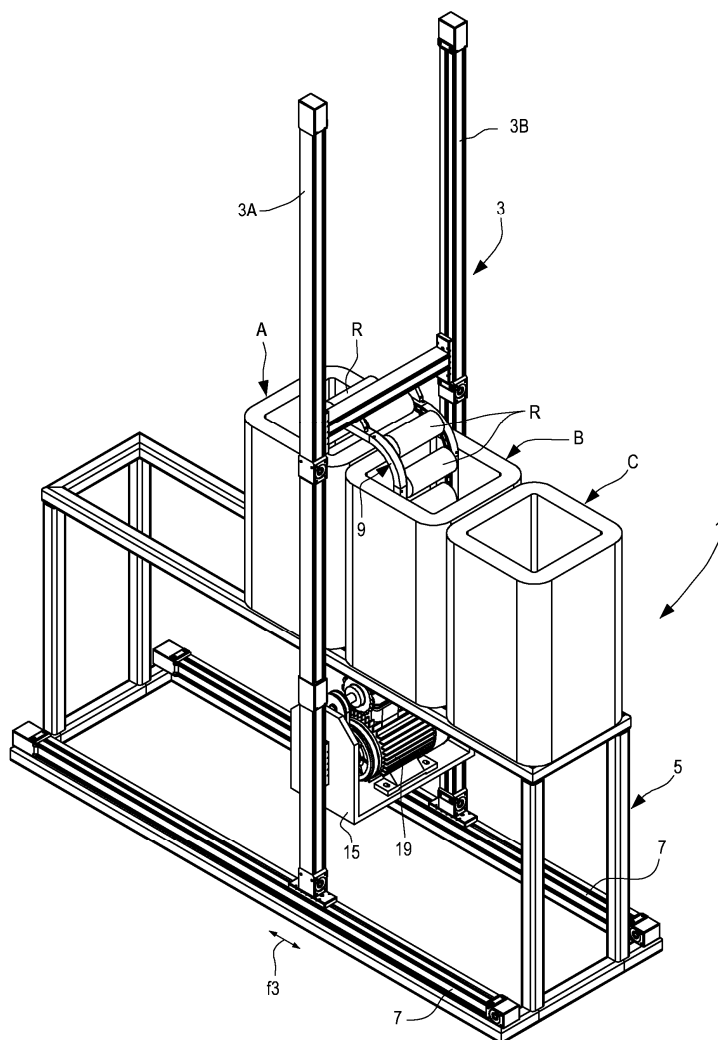
Фиг. 3



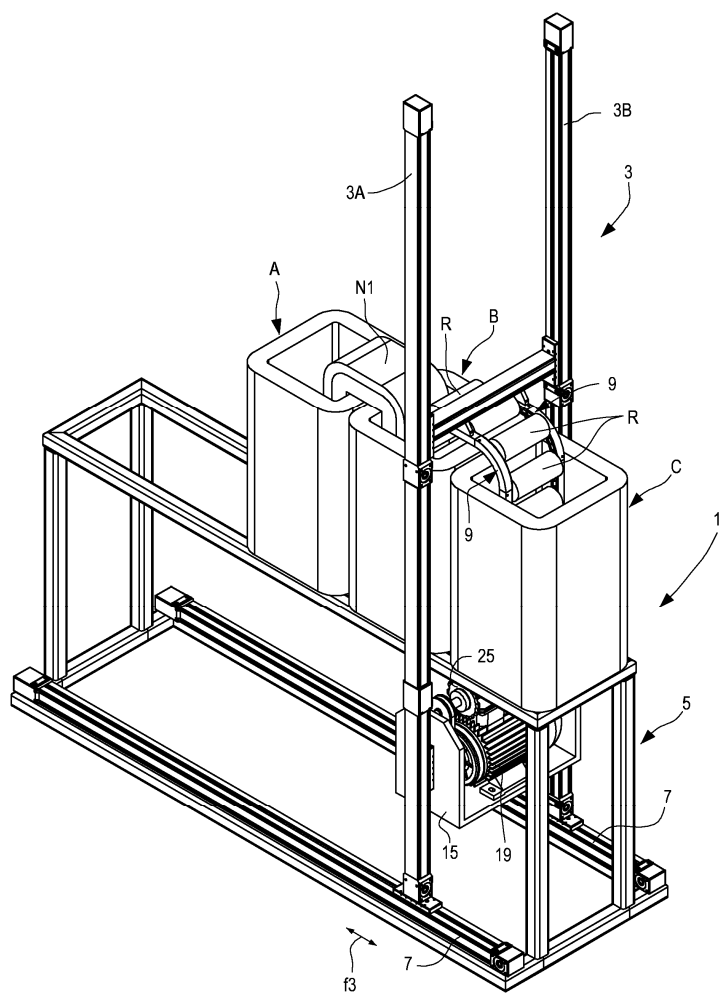
Фиг. 4



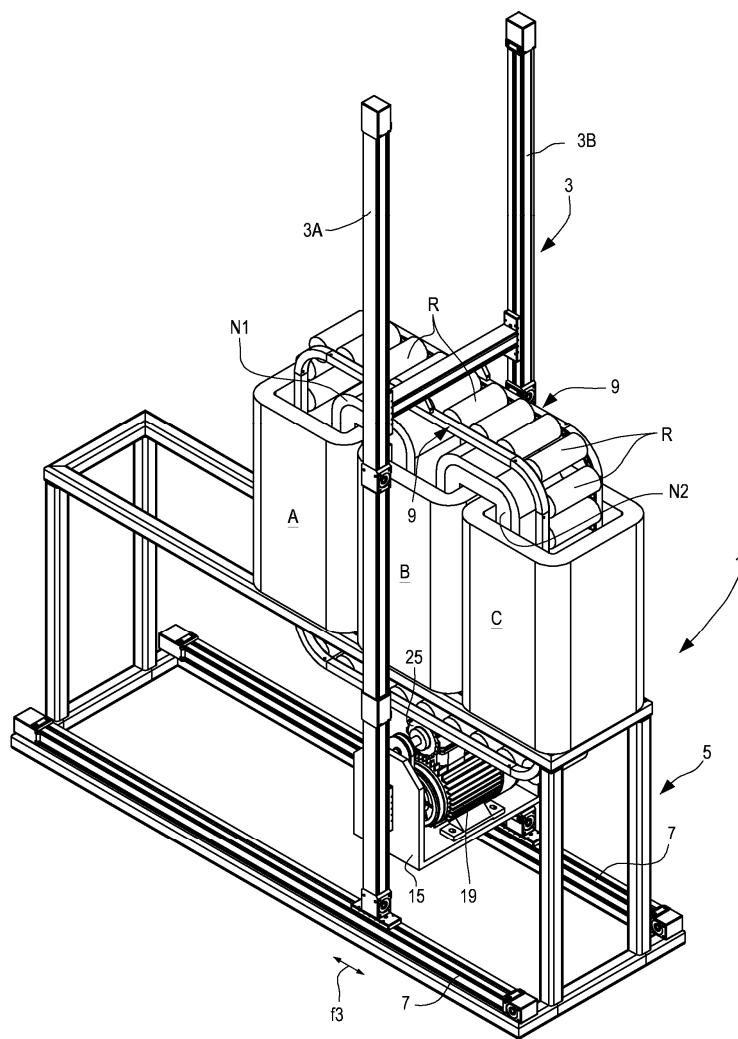
Фиг. 5



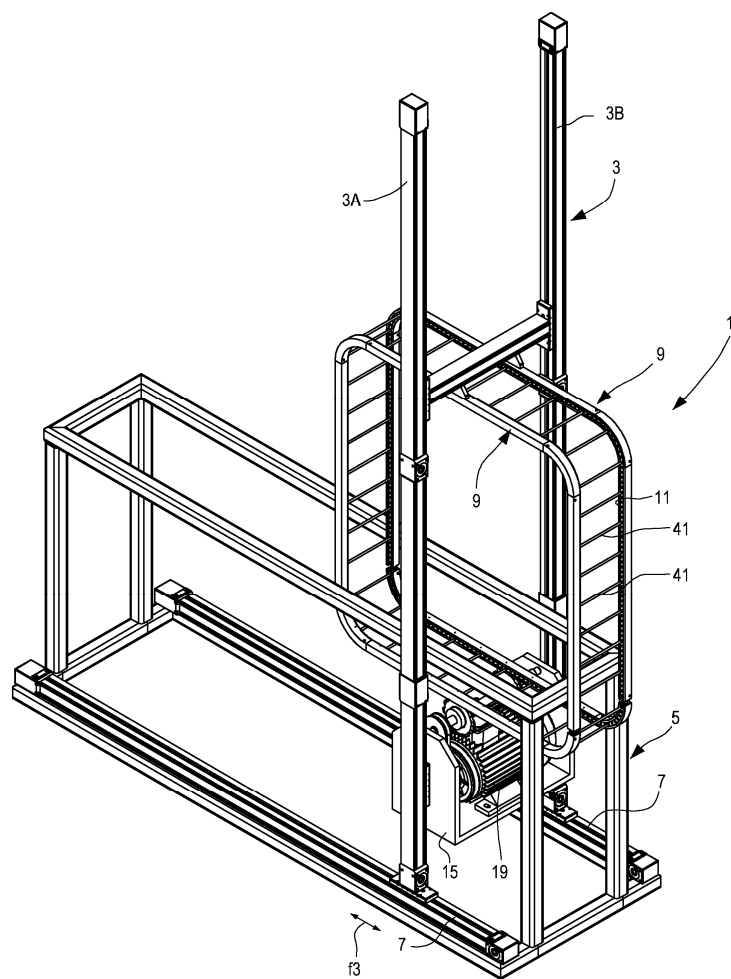
Фиг. 6



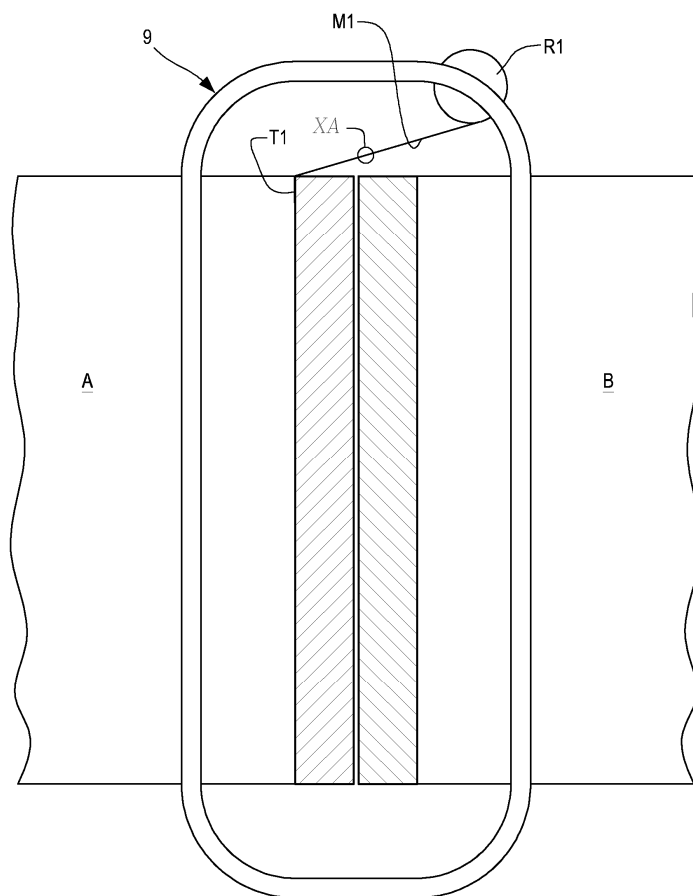
Фиг. 7



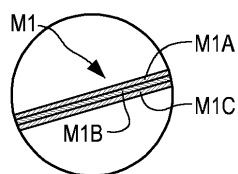
Фиг. 8



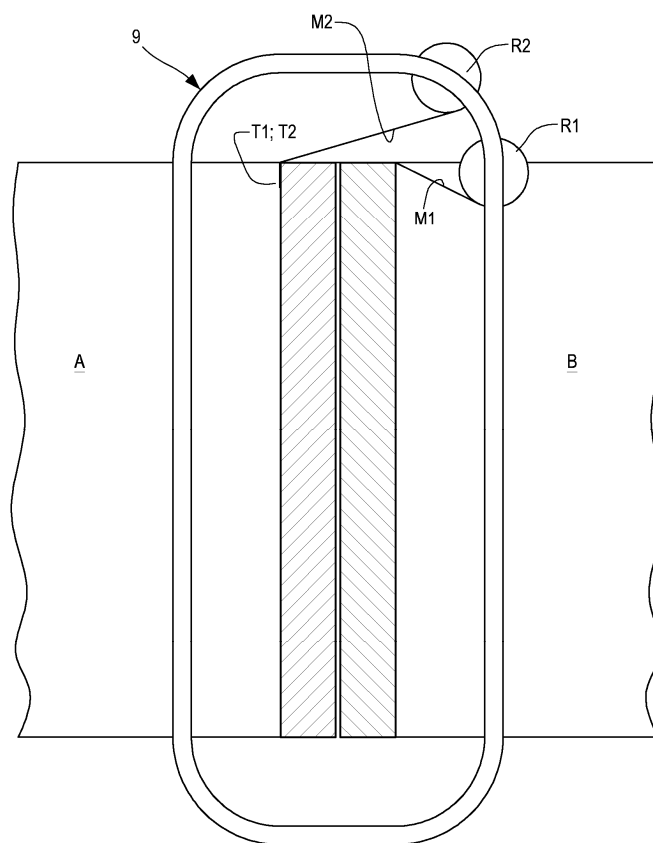
Фиг. 9



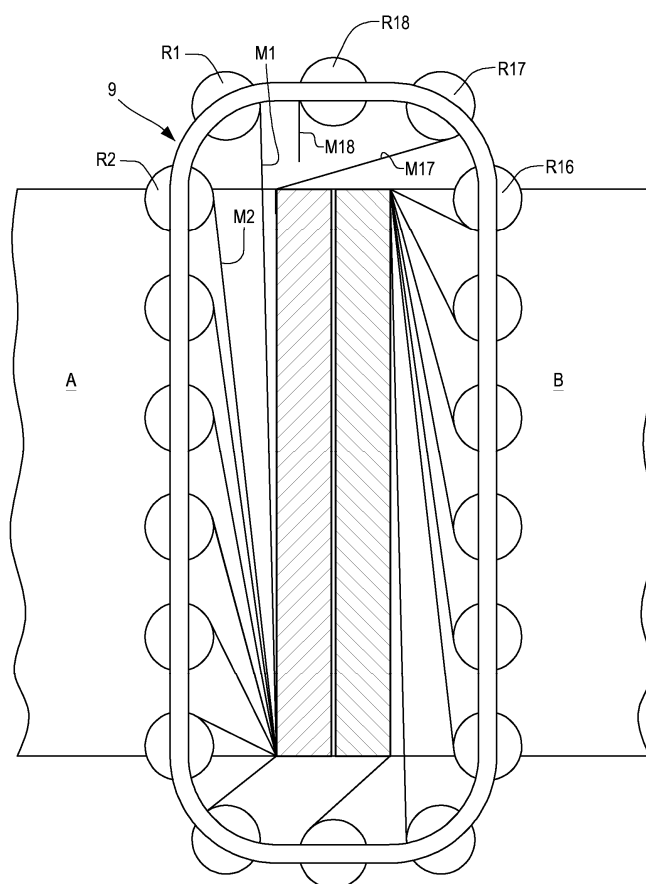
Фиг. 10



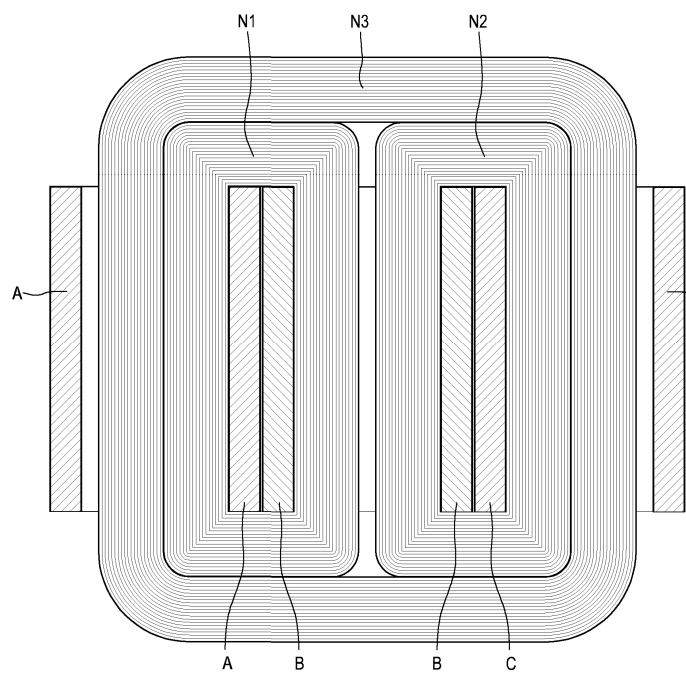
Фиг. 10А



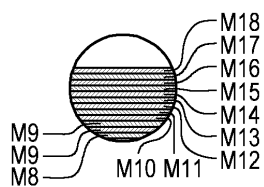
Фиг. 11



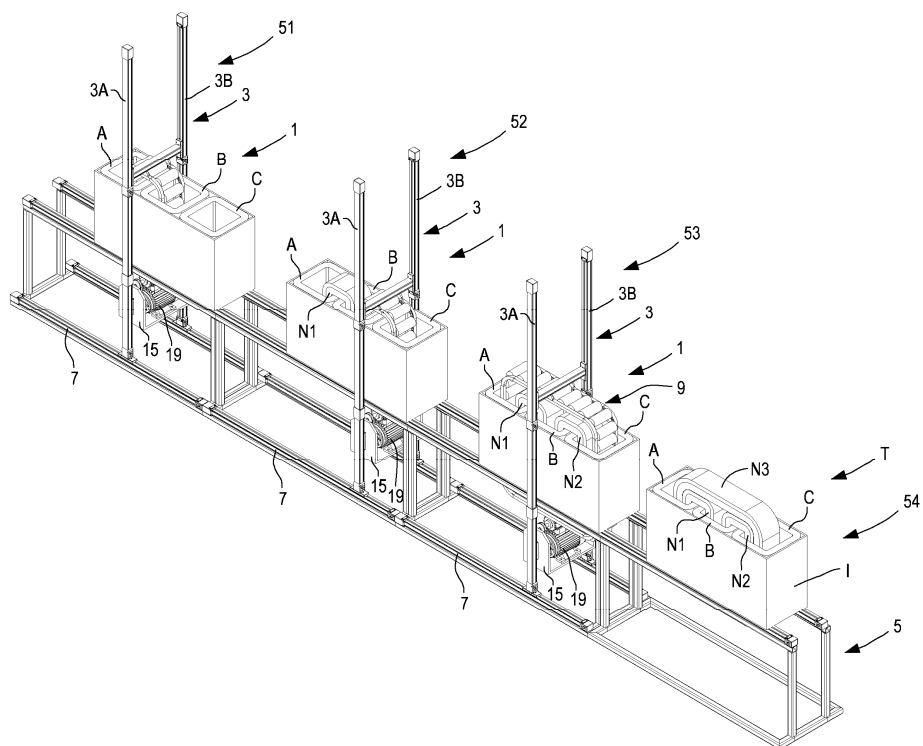
Фиг. 12



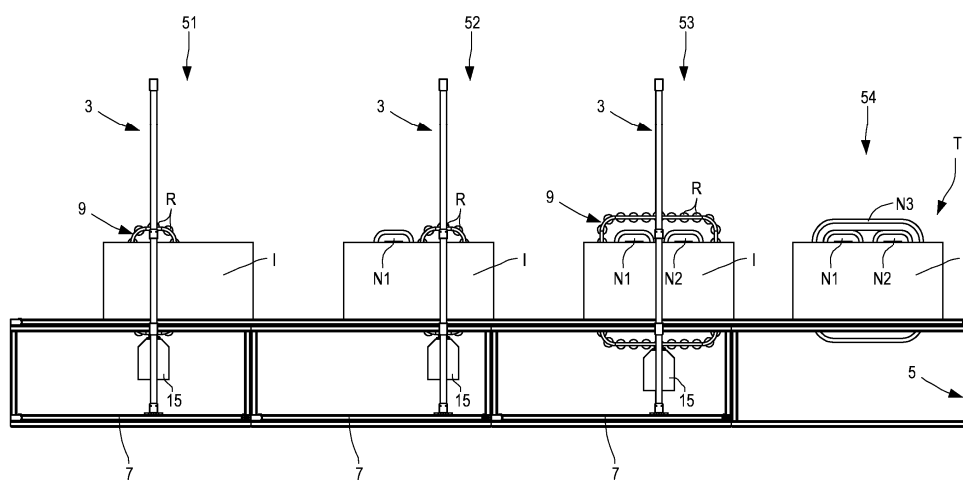
Фиг. 12А



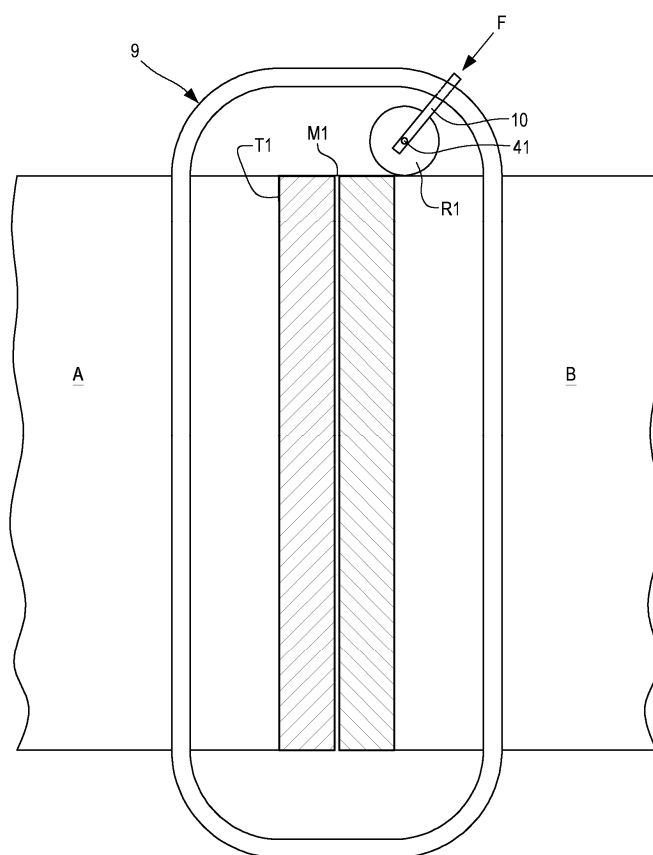
Фиг. 12В



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

