



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014126838/07, 01.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.07.2014

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
03.07.2013 EP 13174846.9

(45) Опубликовано: 10.12.2015 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: DE 3045462 A1, 11.06.1981. SU 1035730 A1, 15.08.1983. RU 2291542 C2, 10.01.2007. RU 2088024 C1, 20.08.1997. JP S6122733 A, 31.01.1986. JP S61177134 A, 08.08.1986. US 2008/106157 A1, 08.05.2008.

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**КЕПФЛЕР Андреас (DE),  
ПУ Жереми (CH),  
ЛУГАНД Томас (CH)**

(73) Патентообладатель(и):

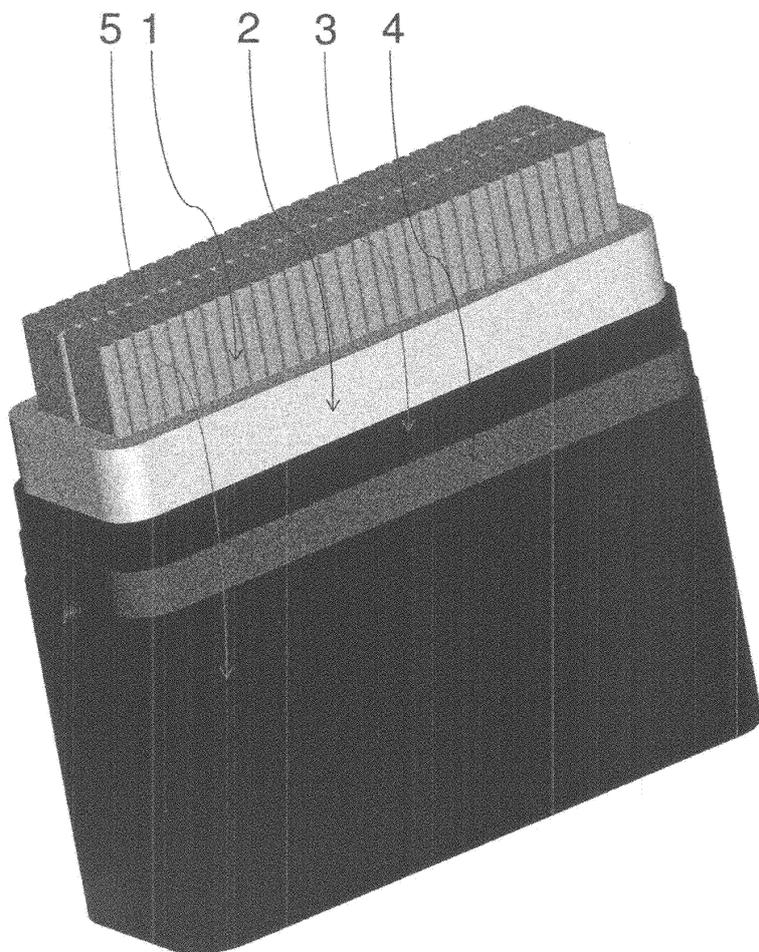
**АЛЬСТОМ Риньюэбл Текнолоджиз (FR)**

**(54) ЗАЩИТА КОНЦЕВОЙ ОБМОТКИ ОТ КОРОННОГО РАЗРЯДА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электрических машин. Обмотка вращающейся электрической машины содержит проводник и корпусную изоляцию, окружающую проводник, защиту концевой обмотки от коронного разряда, расположенную на наружной поверхности корпусной изоляции, причем защита концевой обмотки от коронного разряда содержит первый слой, поверхностное сопротивление которого находится в диапазоне 10-80 Ом, и защита концевой обмотки от коронного разряда

дополнительно содержит второй слой, расположенный на наружной поверхности первого слоя, причем второй слой выполнен из полупроводникового материала, и третий слой расположен на наружной поверхности второго слоя и выполнен из среднерезистивного материала. Техническим результатом является обеспечение управления перепадом напряжений так, чтобы не возникали разряды. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 2 ил.



ФИГ.1

RU 2570808 C1

RU 2570808 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014126838/07, 01.07.2014

(24) Effective date for property rights:  
01.07.2014

Priority:

(30) Convention priority:  
03.07.2013 EP 13174846.9

(45) Date of publication: 10.12.2015 Bull. № 34

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

**KEPFLER Andreas (DE),**  
**PU Zheremi (CH),**  
**LUGAND Tomas (CH)**

(73) Proprietor(s):

**AL'STOM Rin'juehbl Teknologzhiz (FR)**

(54) **PROTECTION OF END WINDING AGAINST CORONA DISCHARGE**

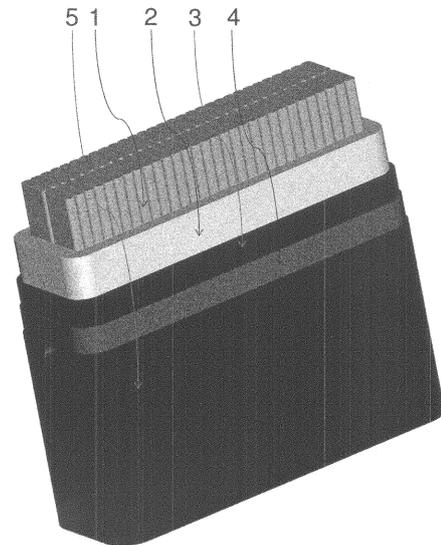
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: winding of rotary electrical machine comprises conductor and frame insulation that surrounds the core, protection of end winding against corona discharge, which is placed at outer surface of frame insulation, at that the protection of end winding against corona discharge includes the first layer, which surface resistance varies within range of 10-80 Ohm, and additionally the protection of end winding against corona discharge includes the second layer at outer surface of the first layer, moreover the second layer is made of semiconductor material, and the third layer is placed at outside surface of the second layer and made of material with medium resistance.

EFFECT: provided control of voltage drop so that discharges do not occur.

15 cl, 2 dwg



ФИГ.1

RU 2 570 808 C1

RU 2 570 808 C1

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее раскрытие относится к обмотке статора или ротора электрогенератора. Более конкретно, настоящее раскрытие относится к усовершенствованной защите

концевой обмотки ротора от коронного разряда асинхронной электрической машины.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Преобразование электроэнергии в известном уровне техники основывается на трехфазной электрической сети питания с переменными токами (АС) при частоте 50 или 60 Гц и уровнях напряжения, изменяющихся от нескольких сотен вольт до сотен тысяч вольт. Преобразование механической энергии при вращении в электрическую энергию и наоборот осуществляется генераторами и электродвигателями, соответственно. Эти вращающиеся машины могут быть разделены на асинхронные и синхронные устройства. Трехфазные обмотки таких машин содержат медные проводники, которые требуют корпусной изоляции, особенно, в пазовой части. При повышении номинальной выходной мощности такой машины увеличивается уровень напряжения для минимизации использования материала и максимизации КПД.

Машины с уровнем напряжения выше 1000 В требуют специальных мер выравнивания поля в пазовой части в дополнении к корпусной изоляции. Защита паза от коронного разряда необходима для управления емкостными токами на обеих сторонах корпусной изоляции и осевым напряжением, индуцированным вращающимся магнитным полем.

Следовательно, защита паза от коронного разряда образует электрод на наружной поверхности обмотки. Ее поверхностное сопротивление 100-10000 Ом обеспечивает непрерывное электрическое соединение защиты паза от коронного разряда с заземленной стенкой с пазом и ограничивает протекание осевого тока. Кроме того, на концевой обмотке второй тип технологии выравнивания поля становится необходимым для управления падением напряжений от заземленной пазовой части до концевых соединений. Концевые соединения могут даже находиться под высоким напряжением. Обычно используемое решение для защиты концевой обмотки от коронного разряда использует резистивный материал для выравнивания поля с нелинейной характеристикой сопротивления.

Как защита концевой обмотки от коронного разряда, так и защита паза от коронного разряда предназначены для управления поверхностными токами способом, при котором не возникают видимые разряды (коронный разряд, дуговой разряд), и достигнута безопасная и долговременная работа машины. Эти системы хорошо известны каждому предприятию-поставщику машин, и они являются ключевыми техническими решениями с учетом конструкции машины. Они были разработаны и оптимизированы с начала преобразования электрической энергии вращающимися машинами высокого напряжения. Системы защиты концевой обмотки и паза от коронного разряда четко определены для синусоидальных напряжений переменного тока, изменяющихся от 162/3 до 60 Гц.

Синхронные вращающиеся машины генерируют магнитное поле через полюсные обмотки ротора. Количество полюсов ротора и частота магнитного поля статора определяют количество оборотов в минуту вращающейся машины.

С появлением новых силовых преобразователей роторы электродвигателей и генераторы могут питаться (синусоидальными) токами и напряжениями с изменяющимися частотой и фазовыми углами. Соответственно, число оборотов в минуту могут сейчас изменяться в значительной степени. В зависимости от типа силового преобразователя, форма тока или напряжения больше не может быть синусоидальной. Формы тока и напряжения вместо этого определяются широтно-импульсной модуляцией

(ШИМ).

Широтно-импульсная модуляция включает в себя переключение между разными уровнями напряжения и приводит к быстрым изменениям напряжения (высокое  $dU/dt$ ). Следовательно, емкостные токи и напряжения будут гораздо выше по сравнению с синусоидальными напряжениями при 50-60 Гц. Кроме того, частота переключения обычно находится в диапазоне нескольких сотен Гц. Вследствие этих проблем изменяется конструктивное исполнение корпусной изоляции, а также защита паза от коронного разряда и защита концевой обмотки от коронного разряда. Новые конструкции и технические разработки необходимы для удовлетворения этих требований.

На гидроаккумулирующих электростанциях стандартная синхронная машина может быть заменена асинхронной машиной двойного питания. Этот тип машины обеспечивает работу с переменной скоростью. Вращающаяся часть стандартной синхронной машины заменена в этом случае трехфазной обмоткой высокого напряжения (4-5 кВ), питаемой силовым преобразователем. Тогда изменения напряжения происходят при  $dU/dt \approx 1 \text{ кВ/мксек}$  и частотах переключения несколько сотен Гц.

Стандартная конструкция для защиты обмоток обычно использует стекловолоконные карданные нити и пластины. Для обмотки ротора асинхронной машины двойного питания большая механическая нагрузка, обусловленная центробежными силами и вибрациями, требует использования стальных материалов для механической опоры. Электропроводность этих опорных материалов приводит к новым электрическим проблемам в области концевых обмоток.

Настоящее раскрытие направлено на обеспечение вышеупомянутых потребностей и на устранение вышеупомянутых проблем.

#### КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей изобретения является предоставление системы, которая обеспечивает управление перепадом напряжений, вызванным импульсами, приводящими в действие силовой преобразователь, на поверхности концевой обмотки. Конечной задачей является предоставление управления падением напряжения таким образом, чтобы не возникали разряды.

Решение также должно обеспечивать протекание любых поверхностных токов через сердечник статора, а не через металлические болты, поддерживающие концевую обмотку. Износ вследствие контакта с дуговым разрядом иначе станет проблемой.

Эта и другие задачи решаются за счет предоставления защиты концевой обмотки от коронного разряда по п. 1. формулы изобретения.

Кроме того, расстояние между двумя металлическими болтами ограничено. Поперечное сечение медного проводника внутри обмотки определено максимальным током и не может изменяться. Толщина корпусной изоляции обмотки также определяется на основании диэлектрических ограничений. Из этого следует, что новая защита концевой обмотки от коронного разряда должна быть как можно более тонкой с учетом требования по размещению узла обмотки.

Еще одной задачей данного раскрытия является создание защиты концевой обмотки от коронного разряда, которая может быть выполнена из слоев лент и слоев краски.

Еще одной задачей данного раскрытия является создание защиты концевой обмотки от коронного разряда, которая на своих концевых соединителях может выдерживать (синусоидальные) напряжения переменного тока 4-5 кВ.

Еще одной задачей данного раскрытия является создание защиты концевой обмотки от коронного разряда, которая является подходящей для обмоток, проводящих токи до 3 кА.

Другой задачей данного раскрытия является создание электрической машины с вышеупомянутой защитой концевой обмотки от коронного разряда.

Еще одной задачей данного раскрытия является то, что этой машиной является асинхронная машина.

5 Другой задачей данного раскрытия является создание электрической машины с вышеупомянутой защитой концевой обмотки от коронного разряда, используемой в роторе электрической машины.

10 Другой задачей данного раскрытия является создание электрической машины с вышеупомянутой защитой концевой обмотки от коронного разряда, используемой в статоре электрической машины.

Еще одной задачей данного раскрытия является создание электрической машины, концевая обмотка которой может поддерживаться стальными конструкциями.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

15 Вышеупомянутые задачи и многие соответствующие преимущества настоящего изобретения станут более легко понятными со ссылкой на нижеследующее подробное описание вместе с сопроводительными чертежами, на которых:

фиг. 1 - трехмерное изображение обмотки с защитой концевой обмотки от коронного разряда;

20 фиг. 2 - схематичный вид обмотки с концевой обмоткой. На фиг. 2 также изображена механическая опора концевой обмотки.

#### ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Фиг. 1 - трехмерное изображение обмотки с защитой концевой обмотки от коронного разряда. Пучок 1 проводов расположен в центре обмотки и образует проводник. Провода предпочтительно выполнены из меди или медного сплава и проводят ток  
25 через обмотку. Обычно, обмотка вращающейся машины проводит токи в несколько кА. Этими токами могут быть переменные токи, а также постоянные токи.

Проводники обычно находятся под напряжением, изменяющимся от нескольких сотен В до нескольких кВ. Поэтому провода должны быть электрически изолированы на наружной стороне. Корпусная изоляция 2 обмотки обеспечивает такую электрическую  
30 изоляцию. Толщина корпусной изоляции зависит от напряжения проводов. Обычно толщина корпусной изоляции составляет несколько миллиметров.

Защита концевой обмотки от коронного разряда состоит из трех слоев 3, 4, 5. Внутренний слой 3 является высокопроводящим слоем. Его поверхностное сопротивление находится в диапазоне 10-200 Ом. Более предпочтительно, поверхностное  
35 сопротивление внутреннего слоя находится в диапазоне 20-80 Ом. Еще более предпочтительнее, поверхностное сопротивление внутреннего слоя находится в диапазоне 30-80 Ом. Назначением этого слоя является ограничение разностей потенциалов вдоль поверхности концевой обмотки. Это особенно относится к машинам, питаемым силовыми преобразователями, где резкие повышения напряжения ( $dU/dt$ )  
40 могут приводить к чрезмерным емкостным токам и/или напряжениям на поверхности защиты концевой обмотки от коронного разряда.

Второй слой 4 выполнен из полупроводникового материала. Токи через этот слой нелинейно зависят от напряжения. Назначением этого слоя является ограничение токов, перпендикулярных к поверхности концевой обмотки. Поэтому сопротивление этого  
45 слоя, перпендикулярного к поверхности, является критическим. Сопротивление обычно находится в диапазоне  $100-10^6$  МОм/мм<sup>2</sup>. Более предпочтительно, сопротивление находится в диапазоне  $1000-10^5$  МОм/мм<sup>2</sup>. Еще более предпочтительно, сопротивление

находится в диапазоне  $1000-10^4$  МОм/мм<sup>2</sup>.

Внешний слой 5 также выполнен из материала со средним удельным сопротивлением. Поверхностное сопротивление наружного слоя 5 находится в диапазоне 1-10 кОм.

5 Более предпочтительно, поверхностное сопротивление находится в диапазоне 1-8 кОм. Еще более предпочтительно, поверхностное сопротивление находится в диапазоне 2-5 кОм. Назначением наружного слоя является ограничение градиентов потенциала на наружной поверхности концевой обмотки. Еще одним назначением наружного слоя является защита от механического истирания и/или износа.

10 Вышеупомянутые слои защиты концевой обмотки от коронного разряда могут наноситься в виде лент или краски. Также можно сочетать слои, выполненные из ленты, и слои, выполненные из краски. Выбор лент в противоположность краски должен быть сделан с учетом механического истирания, сопротивлений контактов между слоями лент и общей толщины защиты концевой обмотки от коронного разряда.

15 В предпочтительном варианте осуществления общая толщина вышеупомянутых слоев ограничена 0,8 мм. В еще одном варианте осуществления общая толщина вышеупомянутых слоев ограничена 0,5 мм. В еще одном варианте осуществления общая толщина вышеупомянутых слоев ограничена 0,3 мм.

20 Фиг. 2 - схематичный вид концевой обмотки ротора. На фиг. 2 концевая обмотка 6 механически поддерживается множеством металлических болтов 7. Основным назначением болтов 7 является надежная защита концевой обмотки 6 от центробежных сил. Во вращающихся машинах такие силы фактически могут приводить к вибрациям концевой обмотки. Эти вибрации становятся разрушительными, если их значение превышает предельное значение.

25 Эти болты 7 могут, но не обязательно, контактировать с наружной поверхностью концевой обмотки 7. Кроме того, металлические болты могут соединяться с землей или могут не соединяться с землей. Если металлические болты не соединены с землей, они будут находиться под плавающим электрическим напряжением. Поверхностное сопротивление наружного слоя 5, изображенного на фиг. 1, выбирают для ограничения токов между соседними металлическими болтами 7. Если поверхностное сопротивление наружного слоя 5 было бы слишком низким, токи между соседними металлическими болтами 7 становились бы разрушительными.

30 Обмотка, как показано на фиг. 2, также имеет изогнутую часть 8. За этой изогнутой частью 8 обмотка вставлена в пазовую часть 9. Эта пазовая часть обычно будет выполнена из слоев плакированной стали.

35 В предпочтительном варианте осуществления трехслойная защита концевой обмотки от коронного разряда проходит на 200 мм в пазовую часть 9. В другом варианте осуществления трехслойная защита концевой обмотки от коронного разряда проходит на 500 мм в пазовую часть 9. В еще одном варианте осуществления трехслойная защита концевой обмотки от коронного разряда проходит на 50 мм в пазовую часть 9.

40 Участок защиты концевой обмотки от коронного разряда в пазовой части преимущественно обеспечивает прохождение поверхностных токов через пазовую часть 9, а не через металлические болты 7. Важно отметить, что пазовая часть 9 находится, по существу, под потенциалом земли.

45 Другая изогнутая часть 10 находится на другой стороне концевой обмотки. Эта изогнутая часть уже не покрыта трехслойной защитой концевой обмотки от коронного разряда. Однако она покрыта корпусной изоляцией 2, как показано на фиг. 1. В другом предусмотренном варианте осуществления изогнутая часть 10, по меньшей мере, частично покрыта трехслойной защитой концевой обмотки от коронного разряда. За

изогнутой частью 10 концевой соединитель 11 завершает концевую обмотку. Концевой соединитель 11 в основном используется для соединения разных частей обмотки, расположенных в разных прорезях, между собой. Концевой соединитель 11 также может использоваться для соединения обмотки с выводами машины.

5 Устройство, как показано на фиг. 2, относится к ротору электрической машины. Понятно, что то же самое решение также может быть применено к статору электрической машины.

#### ССЫЛОЧНЫЕ ПОЗИЦИИ

- 1 - пучок проводов
- 10 2 - корпусная изоляция
- 3 - внутренний слой защиты концевой обмотки от коронного разряда
- 4 - средний слой защиты концевой обмотки от коронного разряда
- 5 - наружный слой защиты концевой обмотки от коронного разряда
- 6 - концевая обмотка
- 15 7 - металлический болт
- 8 - изогнутая часть перед пазовой частью
- 9 - пазовая часть
- 10 - изогнутая часть перед концевым соединителем
- 11 - концевой соединитель.

20

#### Формула изобретения

1. Обмотка вращающейся электрической машины, содержащая проводник и корпусную изоляцию, окружающую проводник, защиту концевой обмотки от коронного разряда, расположенную на наружной
 

25 поверхности корпусной изоляции, причем защита концевой обмотки от коронного разряда содержит первый слой, отличающаяся тем, что поверхностное сопротивление первого слоя находится в диапазоне 10-200 Ом, и защита концевой обмотки от коронного разряда дополнительно содержит второй слой, расположенный на наружной поверхности первого слоя,
 

30 причем второй слой выполнен из полупроводникового материала.
2. Обмотка по п. 1, в которой поверхностное сопротивление первого слоя находится в диапазоне 20-80 Ом.
3. Обмотка по п. 2, в которой поверхностное сопротивление первого слоя находится в диапазоне 30-80 Ом.
- 35 4. Обмотка по любому из пп. 1-3, в которой сопротивление второго слоя, перпендикулярного к поверхности, находится в диапазоне  $100-10^6$  МОм/мм<sup>2</sup>.
5. Обмотка по п. 4, в которой сопротивление второго слоя, перпендикулярного к поверхности, находится в диапазоне  $1000-10^5$  МОм/мм<sup>2</sup>.
- 40 6. Обмотка по п. 5, в которой сопротивление второго слоя, перпендикулярного к поверхности, находится в диапазоне  $1000-10^4$  МОм/мм<sup>2</sup>.
7. Обмотка по любому из пп. 1-3, 5, 6, в которой защита концевой обмотки от коронного разряда дополнительно содержит
 

45 третий слой, расположенный на наружной поверхности второго слоя, причем третий слой имеет поверхностное сопротивление в диапазоне 1-10 кОм.
8. Обмотка по п. 7, в которой третий слой имеет поверхностное сопротивление в диапазоне 1-8 кОм.
9. Обмотка по п. 8, в которой третий слой имеет поверхностное сопротивление в

диапазоне 2-5 кОм.

10. Обмотка по любому из пп. 1-3, 5, 6, 8, 9, в которой, по меньшей мере, один слой нанесен в виде ленты.

5 11. Обмотка по любому из пп. 1-3, 5, 6, 8, 9, в которой, по меньшей мере, один слой нанесен в виде краски.

12. Обмотка по любому из пп. 1-3, 5, 6, 8, 9, в которой общая толщина всех трех слоев составляет 0,8 мм или меньше.

13. Обмотка по п. 12, в которой общая толщина всех трех слоев составляет 0,5 мм или меньше.

10 14. Обмотка по п. 13, в которой общая толщина всех трех слоев составляет 0,3 мм или меньше.

15. Ротор электрической машины с обмоткой по любому из предыдущих пунктов.

15

20

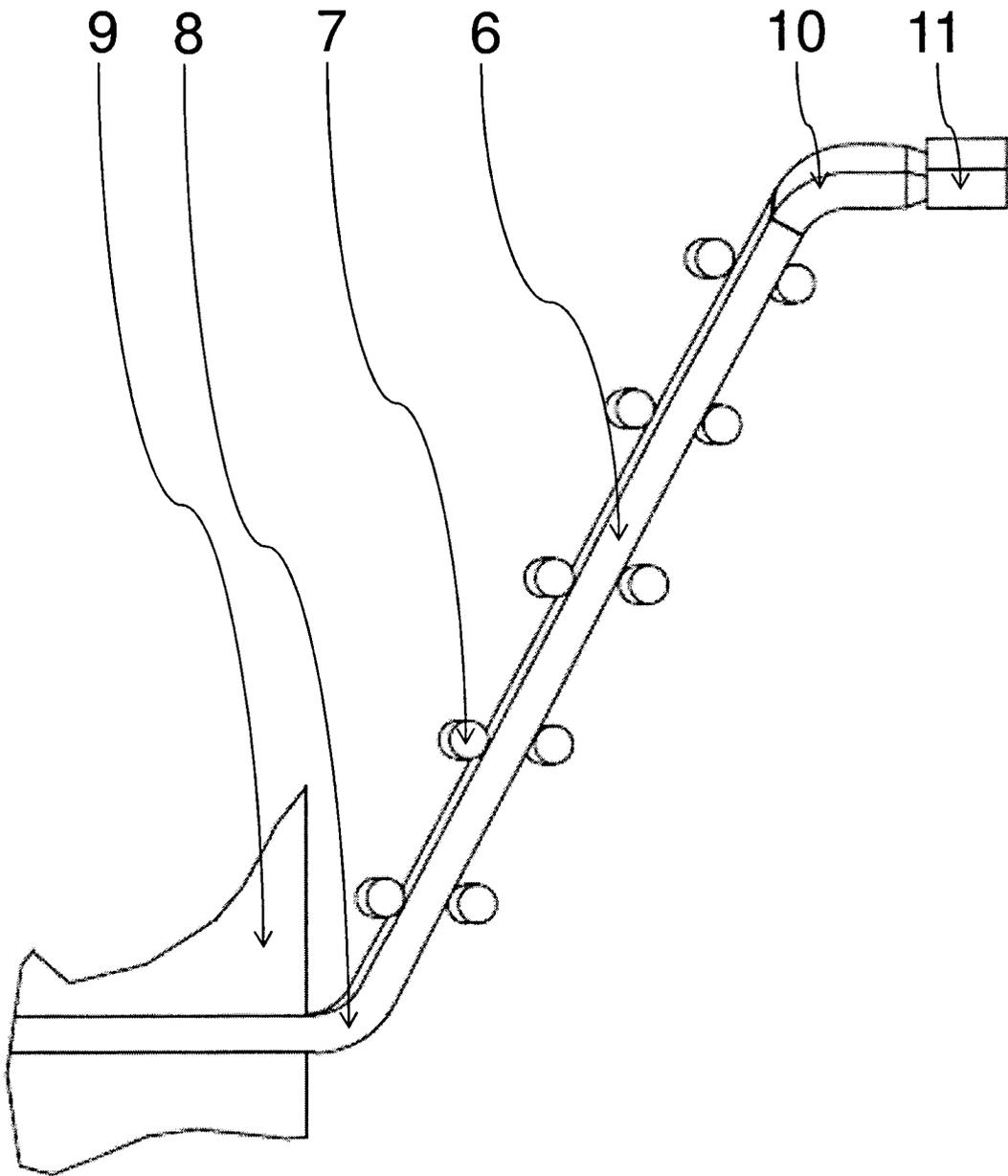
25

30

35

40

45



ФИГ.2