



(51) МПК

H01F 3/14 (2006.01)*H01F* 27/32 (2006.01)*H01F* 38/12 (2006.01)*H01T* 13/44 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012101256/07, 15.06.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.06.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
15.06.2009 ZA 2009/04173

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2013 Бюл. № 21

(45) Опубликовано: 20.08.2014 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: GB 2037089 A, 02.07.1980. SU 350055 A, 21.09.1972. DE 1245487 B, 27.07.1967. DE 102006026466 B3, 06.12.2007. US 2006091989 A1, 04.05.2006. US 2005110604 A1, 26.05.2005. US 5128646 A, 07.07.1992. WO 2007135584 A1, 29.11.2007. US 2006214758 A1, 28.09.2006. US 2008157914 A1, 03.07.2008

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 16.01.2012

(86) Заявка РСТ:
IB 2010/052679 (15.06.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/146538 (23.12.2010)Адрес для переписки:
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ВИССЕР Баренд (ZA),
КРЮГЕР Петрус Паулус (ZA)

(73) Патентообладатель(и):

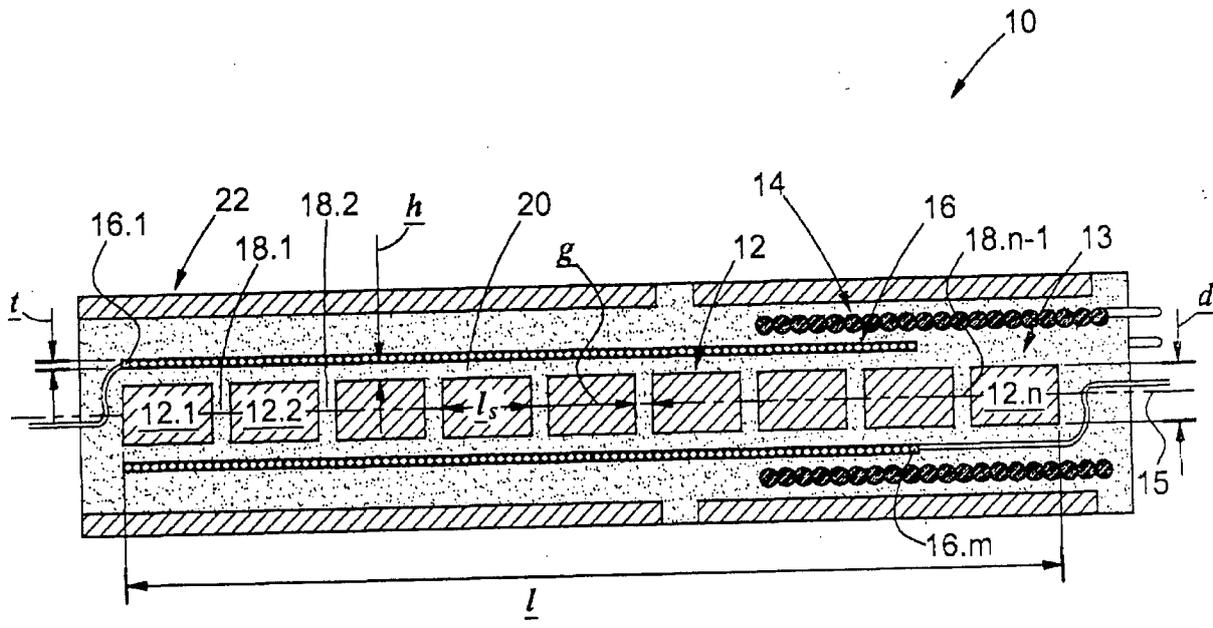
НОРТ-ВЕСТ ЮНИВЕРСИТИ (ZA)

(54) ТРАНСФОРМАТОР С СЕГМЕНТИРОВАННЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, к трансформаторам и может быть использовано в системах зажигания транспортных средств. Технический результат состоит в повышении надежности. Трансформатор (10) содержит сердечник (12), первичную (14) и вторичную (16) обмотки. Сердечник содержит удлиненный керн (13), имеющий главную ось (15), и множество сегментов (от 12.1 до 12.n-1) из магнитного материала, которые расположены вдоль главной

оси (15), чередуясь с промежутками (от 18.1 до 18.n-1). Направление главной оси (15) параллельно направлению магнитного поля в керне (13). Каждый промежуток, отделяющий линейные сегменты друг от друга, имеет протяженность $n > 3$ в направлении, параллельном главной оси (15), и заполнен изоляционной средой (20). 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2526371 C2

RU 2526371 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01F 3/14 (2006.01)
H01F 27/32 (2006.01)
H01F 38/12 (2006.01)
H01T 13/44 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

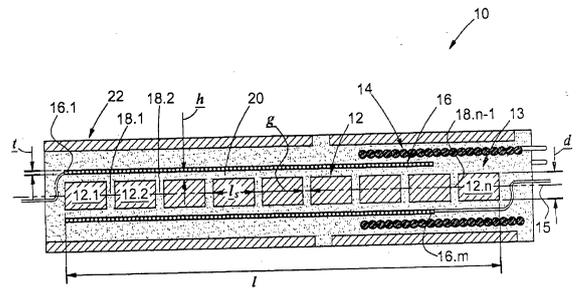
(21)(22) Application: 2012101256/07, 15.06.2010
(24) Effective date for property rights: 15.06.2010
Priority:
(30) Convention priority: 15.06.2009 ZA 2009/04173
(43) Application published: 27.07.2013 Bull. № 21
(45) Date of publication: 20.08.2014 Bull. № 23
(85) Commencement of national phase: 16.01.2012
(86) PCT application: IB 2010/052679 (15.06.2010)
(87) PCT publication: WO 2010/146538 (23.12.2010)
Mail address: 109012, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO "Sojuzpatent"

(72) Inventor(s):
**VISSER Barend (ZA),
KRJuGER Petrus Paulus (ZA)**
(73) Proprietor(s):
NORT-VEST JuNIVERSITI (ZA)

(54) **TRANSFORMER WITH SEGMENTED CORE**

(57) Abstract:
FIELD: electricity.
SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, to transformers, and can be used in ignition systems of vehicles. A transformer (10) comprises a core (12), primary (14) and secondary (16) windings. The core comprises a lengthy core (13), having the main axis (15), and multiple segments (from 12.1 to 12.n-1) from magnetic material, which are arranged along the main axis (15), alternating with gaps (from 18.1 to 18.n-1). Direction of the main axis (15) in parallel to the direction of the magnetic field in the core (13). Each gap that separates linear segments from each other, has length $n > 3$ in the direction in parallel to the main axis (15), and is filled with insulation medium (20).

EFFECT: technical result consists in reliability improvement.
16 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 526 371 C2

RU 2 526 371 C2

Введение и известный уровень техники

Настоящее изобретение относится к трансформаторам, к сердечнику трансформатора и к системе зажигания транспортного средства, содержащей трансформатор.

Известный трансформатор системы зажигания транспортного средства содержит
5 изготовленный из магнитного материала цельный твердый или слоистый сердечник, который напоминает сердцевину карандаша. Витки первичной и вторичной обмоток трансформатора наматывают вокруг сердечника. Трансформатор должен удовлетворять
10 многим требованиям. Сплошной сердечник должен обеспечивать хорошее магнитное сцепление между первичной и вторичной обмотками, чтобы энергия могла быть передана от первичной обмотки к вторичной обмотке во время одиночного импульса. Первичная и вторичная обмотки должны иметь достаточно высокую индуктивность, чтобы в магнитном сердечнике могла быть сохранена достаточная энергия, величина
15 максимального первичного тока не была слишком большой и продолжительность искры была достаточной для обеспечения устойчивого зажигания. Для обеспечения высокой индуктивности вторичной обмотки требуется большое количество витков. В результате сопротивление вторичной обмотки составляет несколько кОм. При
20 указанном сопротивлении происходит определенный нагрев обмоток, и выделяемое тепло должно быть отведено. Следовательно, в трансформаторе должна быть предусмотрена достаточная теплопередача, чтобы тепло от обмоток отводилось наружу трансформатора. Магнитная конструкция должна обеспечивать предотвращение
насыщения сердечника в процессе генерирования высокого напряжения. Кроме того, необходимо достаточное количество магнитного материала, чтобы в магнитном поле
сохранялась достаточная энергия. Между вторичными обмотками и магнитным
25 сердечником необходимо обеспечить отличную электрическую изоляцию. Максимальное напряжение на вторичной обмотке, как правило, превышает 30 кВ, и обычно магнитный сердечник является проводящим. Изоляция между сердечником и обмотками должна
выдерживать максимальное напряжение. Также между обмотками необходимо
обеспечить достаточную изоляцию. Поскольку в большинстве своем магнитные
30 материалы, отвечающие указанным требованиям, являются проводящими или имеют низкую диэлектрическую прочность, возникает необходимость в относительно толстом слое изоляции между сердечником и вторичной обмоткой, что является нежелательным. Трансформатор, подходящий для использования в автомобильном двигателе, должен
быть приспособлен к работе при температуре от около -40°C до около $+140^{\circ}\text{C}$.
35 Поскольку сердечник и изоляционный материал имеют разные коэффициенты теплового расширения, между ними создаются механические напряжения. В результате многочисленных тепловых циклов между магнитным материалом и изоляционным
материалом могут возникать зазоры или трещины, которые могут приводить к пагубным
последствиям.

Выполнение указанных требований, наряду с уменьшением объема трансформатора,
40 становится весьма затруднительным. При большом количестве витков в малом объеме емкость обмотки (включая межвитковую емкость) становится большой, в результате чего возникает необходимость в дополнительном количестве энергии для получения
требуемого высокого напряжения.

Задача изобретения

45 Таким образом, задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить альтернативный трансформатор, сердечник указанного трансформатора и систему зажигания, благодаря которым, как полагает заявитель, вышеупомянутые недостатки могут быть устранены, по меньшей мере, частично, либо которые могут представлять

собой эффективную альтернативу известным трансформаторам, сердечникам и системам зажигания.

Раскрытие изобретения

Согласно изобретению предлагается трансформатор, содержащий сердечник, первичную обмотку и вторичную обмотку, при этом сердечник содержит удлиненный керн, имеющий главную ось, и множество (n) сегментов из магнитного материала, которые расположены вдоль главной оси, чередуясь с промежутками, причем каждый промежуток, отделяющий линейные сегменты друг от друга, имеет определенную протяженность в направлении, параллельном главной оси, к тому же n больше 3, и промежутки заполнены изоляционной средой.

Каждый сегмент, имеющий главную ось, может содержать цилиндрический корпус, образованный боковой стенкой, которая продолжается между противоположными первой и второй торцевыми стенками. Промежуток, разделяющий первый и второй смежные сегменты, расположен между второй торцевой стенкой первого сегмента и первой торцевой стенкой второго сегмента. Главные оси сегментов могут быть выровнены с главной осью керна. По меньшей мере, соответствующие центральные области первой и второй торцевых стенок сегмента могут быть параллельны друг другу.

Ребра корпуса, образуемые торцевыми стенками и боковой стенкой могут быть скруглены. В поперечном сечении корпус может представлять собой круг или, в большинстве случаев, прямоугольник, угловые области боковой стенки которого также могут быть скруглены.

Следует отметить, что n может быть больше любого из значений: 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10.

Сегменты могут быть сплошными или слоистыми и могут быть расположены линейно.

Сегменты могут иметь одинаковую длину и могут быть равномерно расположены, чтобы ширина промежутков между ними была одинаковой. Согласно другим вариантам осуществления изобретения, по меньшей мере, некоторые из сегментов могут иметь разную длину, и, по меньшей мере, некоторые из промежутков могут иметь разную ширину.

Витки первичной и вторичной обмоток могут быть намотаны концентрически вокруг сердечника. Вторичная обмотка может быть расположена концентрически ближе к сердечнику, чем первичная обмотка.

Витки первичной и вторичной обмоток могут быть намотаны концентрически вокруг сердечника от одного конца сердечника до другого. Витки обеих указанных обмоток могут быть намотаны концентрически вокруг части сегментов, которые расположены линейно. Витки обмоток могут быть намотаны линейно вдоль линейно расположенных сегментов, чтобы каждая обмотка содержала множество линейно расположенных и примыкающих друг к другу витков. Первичная и вторичная обмотки могут накладываться или не накладываться друг на друга.

Трансформатор может содержать наружный кожух из магнитного материала, в который вмещается сердечник, первичная обмотка и вторичная обмотка.

Наружный кожух может быть выполнен в виде одинарного, полого цилиндрического тела удлиненной формы.

Альтернативно, наружный кожух может состоять из некоторого количества секций. Каждая секция кожуха может быть сформирована в виде полого цилиндра, и секции кожуха могут быть расположены прямолинейно.

Изоляционная среда может быть образована, по меньшей мере, одним из жидких или твердых веществ.

Все пустоты (между обмотками, между сегментами, между обмотками и сегментами, а также между обмотками и наружным кожухом) могут быть заполнены изоляционной средой.

5 В объем настоящего изобретения входит сердечник, содержащий удлиненный керн, имеющий главную ось, и множество (n) сегментов из магнитного материала, которые расположены вдоль главной оси, чередуясь с промежутками, причем каждый из указанных промежутков, отделяющих линейные сегменты друг от друга, имеет определенную протяженность в направлении, параллельном главной оси, к тому же n больше 3, и промежутки заполнены изоляционной средой.

10 Кроме того, в объем настоящего изобретения входит система зажигания транспортного средства, содержащая трансформатор, как уже указано и/или описано, один конец вторичной обмотки которого соединен, по меньшей мере, с одной свечой зажигания, и трансформатор приводится в действие резонансно посредством колебательного контура, соединенного с первичной обмоткой.

15 Частота генерации колебательного контура может составлять от 100 кГц до 3 МГц.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение будет описываться исключительно посредством примера со ссылкой на прилагаемые чертежи.

20 Фиг.1 - вид в продольном сечении трансформатора согласно изобретению. Фиг.2 - блок-схема характерных элементов системы зажигания, содержащей трансформатор.

Описание предпочтительного варианта осуществления изобретения

Трансформатор согласно изобретению в целом обозначается на чертежах ссылочной позицией 10.

25 Предлагаемый трансформатор может найти особое применение в системах зажигания транспортных средств.

Трансформатор 10 содержит сердечник 12, первичную обмотку 14 и вторичную обмотку 16. Сердечник содержит удлиненный керн 13, имеющий главную ось 15, и множество (n) сегментов (от 12.1 до 12.n) из магнитного материала, которые расположены вдоль главной оси 15, чередуясь с промежутками (от 18.1 до 18.n-1).
30 Главная ось 15 параллельна направлению магнитного поля в керне. Каждый промежуток, отделяющий линейные сегменты друг от друга, имеет протяженность g в направлении, параллельном главной оси. При этом n больше трех (3), и промежутки заполнены изоляционной средой 20.

35 Изоляционная среда в диапазоне температур от -40°C до $+140^{\circ}\text{C}$ должна иметь высокую диэлектрическую прочность, предпочтительно, превышающую 9 кВ/мм, предпочтительнее, превышающую 20 кВ/мм. На рынке представлено множество пластических материалов, которые отвечают этому требованию. Также изоляционный материал должен иметь, предпочтительно, низкую относительную диэлектрическую постоянную ϵ_r , которая, как правило, ниже 4 и, предпочтительнее, ниже 3.

40 Магнитный материал должен иметь высокую магнитную проницаемость, высокую магнитную индукцию насыщения и низкие потери в диапазоне температур от -40°C до $+140^{\circ}\text{C}$ и частотный диапазон DC до 1 МГц. Примером такого материала является мягкий феррит TSC-50ALL, имеющий относительную проницаемость более 3000 при плотности магнитного потока менее 3000 Гс и частоте до 1 МГц в диапазоне температур от -30°C
45 до $+200^{\circ}\text{C}$. При частоте 500 кГц, плотности потока 100 Гс и температуре 70°C основные потери указанного феррита составляют менее 10 мВт/см^3 .

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения сегменты от сегмента 12.1 до сегмента 12.n размещены линейно, и смежные сегменты отделены друг

от друга соответствующими промежутками от 18.1 до 18.n-1. Витки первичной обмотки 14 и вторичной обмотки 16 намотаны концентрически вокруг сердечника. Каждая обмотка содержит множество витков. Конкретнее, вторичная обмотка 16 содержит витки от витка 16.1 до витка 16.m. Концентрический наружный кожух 22 из магнитного материала обеспечивает путь замыкания магнитного потока. Кожух может быть выполнен в виде одинарного полого цилиндрического тела удлиненной формы или может состоять из двух или нескольких полых цилиндрических сегментов. Сегменты могут быть расположены линейно. Сегменты сердечника и кожух могут быть изготовлены из одинакового магнитного материала или из разных магнитных материалов.

Сердечник имеет длину l , каждый сегмент имеет длину l_s , и смежные сегменты отделены друг от друга промежутком, расположенным поперек главной оси 15, как правило, перпендикулярно указанной оси. Каждый промежуток, отделяющий линейные сегменты друг от друга, имеет ширину или протяженность g в направлении, параллельном главной оси 15. Сердечник имеет диаметр d . Вторичная обмотка 16 расположена на расстоянии h от сердечника 12. Указанное пространство также заполнено изоляционным материалом 20.

Предполагается, что диэлектрический материал 20 имеет диэлектрическую прочность 9 кВ/мм и относительную диэлектрическую постоянную $\epsilon_r=4$, вторичная обмотка 16 между первым витком 16.1 и последним витком 16.m имеет напряжение 40 кВ, и толщина t обмотки составляет 0,5 мм. В дальнейшем описании трансформатор, который содержит обычный сплошной сердечник, имеющий длину $l=55$ мм и диаметр $d=9$ мм, сравнивается с представленным на чертежах трансформатором 10 согласно изобретению.

Для обычного трансформатора со сплошным сердечником (не показан), имеющего расстояние h между сердечником и вторичной обмоткой, требуется изоляция минимальной толщины $h=2,2$ мм, если предполагается, что сердечник находится под напряжением 20 кВ, когда разность напряжений между первым и последним витком вторичной обмотки составляет 40 кВ. Изоляционное кольцевое пространство имеет объем $4,3 \text{ см}^3$. Электрическая емкость между вторичной обмоткой и сердечником составляет $0,56 \text{ пкФ/мм}$ или 31 пкФ на всю длину l сердечника. Емкость обмотки между первыми 5 мм витков и последними 5 мм витков, которая определяется при последовательном соединении емкости между первыми 5 мм витков и сердечником с емкостью между сердечником и последними 5 мм витков, составляет $1,4 \text{ пкФ}$. При использовании феррита TSC-50ALL измеренная индуктивность составляла примерно 64 нГн на виток в квадрате. Длина провода, образующего виток, составляет около 40 мм, при этом индуктивность составляет 36 пкГн/мм длины провода в квадрате.

Если сегментированный сердечник 10 согласно изобретению содержит десять (10) сегментов длиной $l_s=5$ мм, напряжение между первым и последним витками, намотанными на сегмент, составляет 4 кВ, когда напряжение между первым и последним витком вторичной обмотки составляет 40 кВ. При этом расстояние h между обмоткой и сегментом, которое заполнено изоляционным материалом, должно составлять, по меньшей мере, 0,44 мм. Если принять $h=0,5$ мм, то объем изоляционного кольцевого пространства будет составлять $0,8 \text{ см}^3$. Девять (9) промежутков от 18.1 до 18.9 должны выдерживать напряжение 40 кВ, что составляет 4,4 кВ на промежуток, в связи с чем промежуток между сегментами должен иметь ширину $g=0,5$ мм. Это соответствует объему $0,3 \text{ см}^3$ между смежными сегментами. Емкость между сегментами составляет $4,5 \text{ пкФ}$ и между обмоткой 16 и сегментом составляет 2 пкФ/мм . Емкость между первыми

5 мм витков (от витка 16.1) и последними 5 мм витков (до витка 16. m) составляет 0,45 пкФ. Измеренная индуктивность составляет около 27 нГн на виток в квадрате. Для каждого из витков от 16.1 до 16.m длина провода на виток составляет 31 мм, при этом индуктивность составляет 28 пкГн/мм в квадрате для определенной длины провода.

5 Хотя индуктивность обмотки при данном количестве витков меньше (27 пкГн/мм вместо 64 пкГн/мм), предполагается, что за счет образования определенного количества промежутков можно сохранить больше энергии в магнитном материале. При использовании сегментированного сердечника 10, в отличие от сплошного сердечника, чтобы сохранить ту же самую требуемую энергию, для обмотки необходим более
10 короткий провод, в результате чего обмотка будет иметь более низкое сопротивление, по сравнению с соответствующей обмоткой трансформатора со сплошным сердечником.

Также для сегментированного сердечника требуется $1,1 \text{ см}^3$ изоляционного материала, в отличие от твердого сердечника, для которого требуется $4,3 \text{ см}^3$ изоляционного
15 материала. По сравнению с объемом сердечника, который составляет $3,5 \text{ см}^3$, это является существенным. Таким образом, предполагается, что за счет сегментации сердечника 12 можно уменьшить количество изоляционного материала по всей длине 1 сердечника 12. Витки от витка 16.1 до витка 16.m могут быть намотаны ближе к сердечнику 12. В таком случае радиус витков меньше, и, соответственно, меньше длина
20 обмоточного провода и меньше сопротивление. За счет более коротких сегментов (от сегмента 12.1 до сегмента 12.n) можно снизить термомеханические напряжения, и распределенные промежутки между сегментами могут обеспечить более высокую энергию насыщения. Емкость вторичной обмотки между первыми и последними 5 мм витков значительно уменьшается, а именно от 1,4 пкФ до 0,45 пкФ.

25 Трансформатор может найти особое применение в системе зажигания 30 (показано на фиг.2) транспортного средства (не показано). Трансформатор может приводиться в действие резонансно, аналогично трансформатору Тесла, посредством колебательного контура 32 с частотой колебаний f_0 примерно от 100 кГц до 3 МГц при передаче энергии от первичной обмотки 14 к вторичной обмотке 16 во время каждого цикла, которых
30 может быть несколько. Предполагается, что требование хорошего сцепления между первичной обмоткой 14 и вторичной обмоткой 16 не является столь же строгим, как для обычного трансформатора, содержащего традиционный цельный сердечник.

Обычно виток 16.1 соединен со свечой зажигания 34, а виток 16.m может быть
35 заземлен или соединен с источником энергии (напряжения или тока). Магнитный сердечник 12 может быть разработан так, чтобы он насыщался, когда энергия передается непосредственно через вторичную обмотку 16, что обеспечивает быструю передачу энергии.

Формула изобретения

40 1. Трансформатор, содержащий сердечник, первичную обмотку и вторичную обмотку, при этом сердечник содержит удлиненный kern, имеющий главную ось, и множество n сегментов из магнитного материала, которые расположены вдоль главной оси, чередуясь с промежутками, причем каждый промежуток, отделяющий линейные сегменты друг от друга, имеет протяженность в направлении, параллельном главной
45 оси, n больше 3, при этом промежутки между сегментами и промежутки между сердечником и вторичной обмоткой заполнены изоляционной средой, имеющей диэлектрическую прочность более 9 кВ/мм.

2. Трансформатор по п.1, в котором вторичная обмотка намотана от одного конца

сердечника до другого конца сердечника.

3. Трансформатор по п.1, в котором изоляционная среда имеет диэлектрическую прочность более 20 кВ/мм.

5 4. Трансформатор по п.1, в котором n больше 4, или 5, или 6, или 7, или 8, или 9, или 10.

5. Трансформатор по п.1, в котором сегменты являются сплошными, главная ось является прямолинейной, а первичная и вторичная обмотки намотаны концентрически вокруг сердечника.

10 6. Трансформатор по п.1, в котором, по меньшей мере, некоторые из сегментов являются слоистыми, причем главная ось является прямолинейной, а первичная и вторичная обмотки намотаны концентрически вокруг сердечника.

7. Трансформатор по п.5 или 6, в котором первичная и вторичная обмотки намотаны линейно на сердечнике так, что каждая обмотка содержит множество линейно размещенных и примыкающих друг к другу витков.

15 8. Трансформатор по п.5 или 6, в котором вторичная обмотка расположена концентрически ближе к сердечнику, чем первичная обмотка.

9. Трансформатор по п.1, содержащий наружный кожух из магнитного материала, который вмещает сердечник, первичную обмотку и вторичную обмотку, а также обеспечивает путь замыкания магнитного потока.

20 10. Трансформатор по п.9, в котором наружный кожух выполнен в виде одинарного полого цилиндрического тела удлиненной формы.

11. Трансформатор по п.9, в котором наружный кожух содержит множество секций кожуха.

25 12. Трансформатор по п.11, в котором каждая секция кожуха имеет вид полого цилиндра и секции кожуха расположены прямолинейно.

13. Трансформатор по п.1, в котором изоляционная среда содержит жидкость и/или твердый материал.

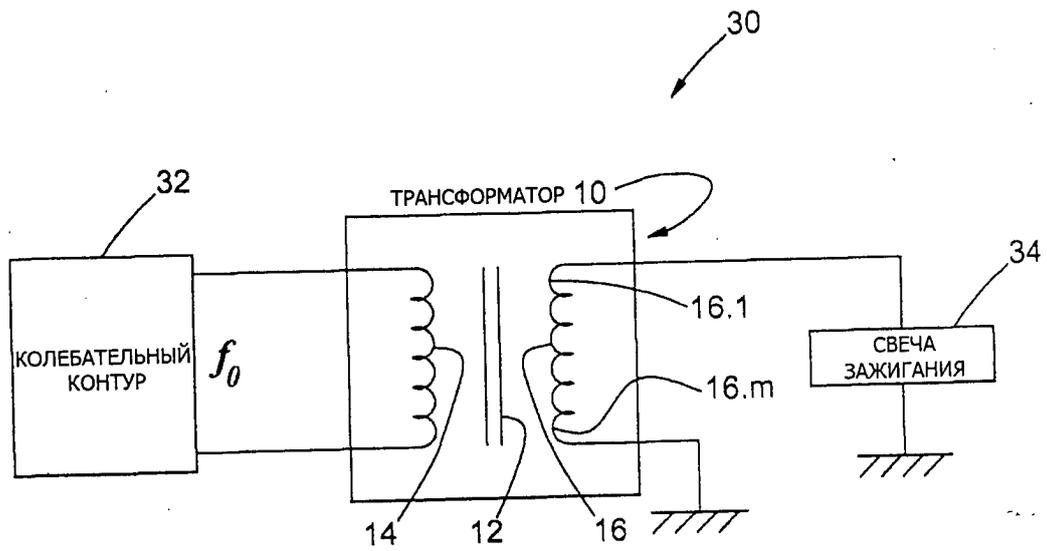
14. Трансформатор по любому из пп.9-12, в котором пустоты в пределах наружного кожуха заполнены изоляционной средой, содержащей жидкость и/или твердый материал.

30 15. Система зажигания для транспортного средства, содержащая трансформатор по любому из пп.1-14, при этом один конец вторичной обмотки соединен по меньшей мере с одной свечой зажигания, причем трансформатор приводится в действие резонансно посредством колебательного контура, соединенного с первичной обмоткой.

35 16. Система зажигания по п.15, в котором частота колебаний колебательного контура составляет от 100 кГц до 3 МГц.

40

45



ФИГ. 2