



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012151495/28, 30.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.11.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.11.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2014 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 20.02.2015 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 6725668 B1, 27.04.2004 . SU 1015457 A1, 30.04.1983 . SU 141560, 10.10.1961 . RU 2379820 C1, 20.01.2010 . SU 811466, 07.03.1981 . СН 662020 A5, 31.08.1987 . US 8183736 B2, 22.05.2012 . US 20050062360 A1, 24.03.2005 . US 6725668 B1, 27.04.2004

Адрес для переписки:

344038, г.Ростов-на-Дону, пл. Ростовского  
стрелкового полка народного ополчения, 2,  
РГУПС, НИЧ

(72) Автор(ы):

**Мищенко Евгений Николаевич (RU),  
Мищенко Сергей Евгеньевич (RU),  
Шацкий Виталий Валентинович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

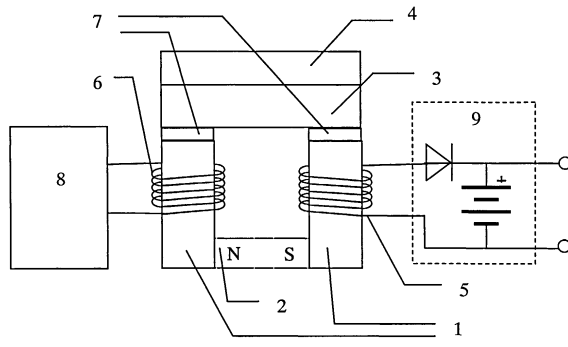
**Мищенко Евгений Николаевич (RU),  
Мищенко Сергей Евгеньевич (RU),  
Шацкий Виталий Валентинович (RU)**

**(54) СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электрическим термомагнитным приборам на твердом теле, предназначенным для генерации электрической энергии путем ее непосредственного преобразования из тепловой энергии, и может быть использовано в качестве источника питания электрооборудования. Технический результат: повышение эффективности процесса преобразования тепловой энергии в электрическую. Сущность: способ заключается в том, что преобразование тепловой энергии в электрическую осуществляют путем периодического изменения состояния намагниченности расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента, нагретого до

соответствующей ферромагнитному материалу температуры Кюри, находящегося в фазе парапроцесса. Изменение намагниченности термочувствительного ферромагнитного элемента осуществляют путем циклического изменения тока подмагничивания. Устройство содержит магнитопровод 1 с источником магнитного поля 2, в зазоре которого расположен термочувствительный ферромагнитный элемент 3, нагреватель 4, выходную обмотку 5, входную обмотку 6, размещенные на магнитопроводе, термоизолятор 7, генератор-возбудитель 8, подключенный к входной обмотке 6, и накопитель электрической энергии 9, подключенный к выходной обмотке 5. 2 н.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1

RU 2542601 C2

RU 2542601 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02N 10/00* (2006.01)  
*H01L 37/04* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012151495/28, 30.11.2012

(24) Effective date for property rights:  
30.11.2012

Priority:

(22) Date of filing: 30.11.2012

(43) Application published: 10.06.2014 Bull. № 16

(45) Date of publication: 20.02.2015 Bull. № 5

Mail address:

344038, g.Rostov-na-Donu, pl. Rostovskogo  
strelkovogo polka narodnogo opolchenija, 2,  
RGUPS, NICH

(72) Inventor(s):

**Mishchenko Evgenij Nikolaevich (RU),  
Mishchenko Sergej Evgen'evich (RU),  
Shatskij Vitalij Valentinovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Mishchenko Evgenij Nikolaevich (RU),  
Mishchenko Sergej Evgen'evich (RU),  
Shatskij Vitalij Valentinovich (RU)**

(54) **METHOD OF CONVERSION OF THERMAL ENERGY INTO ELECTRIC AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

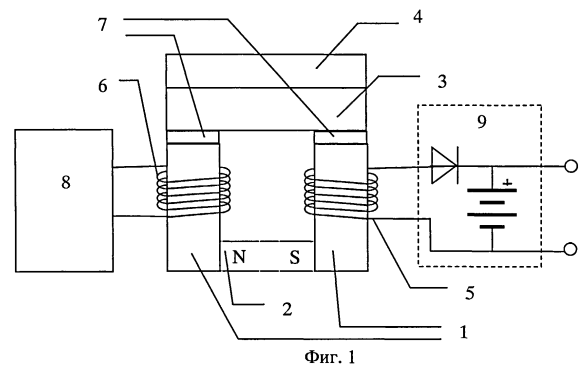
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to the electric thermomagnetic solid state devices intended for generation of electric energy by its direct conversion from thermal energy and can be used as a power supply for electric equipment. The invention concept is as follows: the method consists in that the conversion of thermal energy into the electric energy is performed by periodic change of the state of magnetisation of the thermosensitive ferromagnetic element (located in a gap of the magnetic conductor) heated up to the Curie temperature which is in a paraprocess phase corresponding to ferromagnetic material. The magnetisation of the thermosensitive ferromagnetic element is changed by cyclic change of the biasing current. The device contains a magnetic conductor 1 with a magnetic field source 2 in the gap of which the thermosensitive ferromagnetic element 3, the heater 4, the output winding 5, the input winding 6, the

thermoinsulator 7, placed on the magnetic conductor, the exciting generator 8 connected to the input winding 6 and the electric energy storage 9 connected to the output winding 5, are located.

EFFECT: improvement of efficiency of the process of conversion of thermal energy into the electric.

2 cl, 4 dwg



RU 2 542 601 C2

RU 2 542 601 C2

Изобретение относится к электрическим термомагнитным приборам на твердом теле, предназначенным для генерации электрической энергии путем ее непосредственного преобразования из тепловой энергии, и может быть использовано в качестве источника питания электрооборудования.

5 Известны способы и устройства преобразования тепловой энергии в электрическую, основанные на эффекте Пельтье (Зеебека) [1, 2 и др.].

Их общим недостатком является низкая эффективность и ограниченные возможности по мощности.

10 Известен способ непосредственного преобразования тепла среды в электричество, построенный на основе нелинейной по напряжению емкости с нелинейным диэлектриком [3].

Недостаток этого способа - необходимость использования достаточно высоких рабочих напряжений, что существенным образом ограничивает область применения таких преобразователей.

15 Известны способы и устройства, реализуемые термомагнитными генераторами [4, 5], непосредственно преобразующими тепловую энергию в электрическую путем периодического нагревания и охлаждения ферромагнитного сердечника нелинейной катушки индуктивности вблизи точки Кюри.

20 Недостаток, присущий этим способам, - низкая эффективность, что связано с необходимостью использования относительно продолжительных процессов термоциклирования магнитных материалов.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является способ непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую [6] (прототип), заключающийся в том, что осуществляют периодическое изменение состояния  
25 намагниченности расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента путем периодического нагревания и охлаждения в окрестности точки Кюри термочувствительного ферромагнитного элемента в фазе парапроцесса.

30 Устройство для осуществления способа-прототипа состоит из магнитопровода, источника магнитного поля, соединенного с магнитопроводом, в зазоре магнитопровода расположен термочувствительный ферромагнитный элемент, нагреватель и охладитель, обеспечивающие соответственно нагрев или охлаждение термочувствительного ферромагнитного элемента, выходной обмотки, размещенной на магнитопроводе.

35 Недостатком прототипа является низкая эффективность, обусловленная использованием инерционного процесса термоциклирования ферромагнитного материала.

Изобретением решается задача повышения эффективности процесса преобразования тепловой энергии в электрическую.

40 Это достигается тем, что при осуществлении способа преобразования тепловой энергии в электрическую для возбуждения переменного электрического тока осуществляют периодическое изменение состояния намагниченности расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента, нагретого до соответствующей ферромагнитному материалу температуры Кюри, находящегося в фазе парапроцесса, согласно изобретению изменение намагниченности  
45 термочувствительного ферромагнитного элемента осуществляют путем циклического изменения тока подмагничивания.

Реализуется заявленный способ устройством преобразования тепловой энергии в электрическую, содержащим магнитопровод с источником магнитного поля, в зазоре

которого расположен термочувствительный ферромагнитный элемент, выходную обмотку, размещенную на магнитопроводе, нагреватель термочувствительного ферромагнитного элемента, в конструкцию которого согласно изобретению введены термоизолятор, изолирующий магнитопровод от нагретого термочувствительного ферромагнитного элемента, входная обмотка, размещенная на магнитопроводе, генератор-возбудитель, подключенный к входной обмотке, и накопитель электрической энергии, подключенный к выходной обмотке. Термочувствительным ферромагнитным элементом может выступать материал с точкой Кюри, близкой к температуре окружающей среды, например гадолиний. В качестве накопителя электрической энергии возможно использование аккумулятора, подключенного через диод к выходной обмотке.

Проведенный сравнительный анализ признаков заявленного способа и способа-прототипа показывает, что заявленный способ отличается тем, что изменена совокупность существенных признаков, изменены условия осуществления действия, связанного с изменением намагниченности расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента. Его осуществляют путем циклического изменения тока подмагничивания.

Проведенный сравнительный анализ устройства, реализующего способ-прототип, и устройства, реализующего заявленный способ, показывает, что изменена совокупность существенных признаков:

- введены элементы: термоизолятор, входная обмотка, генератор-возбудитель и накопитель электрической энергии;
- изменены связи между элементами: магнитопровод отделен от термочувствительного ферромагнитного элемента с помощью термоизолятора; генератор-возбудитель подключен к входной обмотке; накопитель электрической энергии подключен к выходной обмотке;
- уточнены формы выполнения элементов: в качестве термочувствительного ферромагнитного элемента предложен материал с точкой Кюри, соответствующей температуре окружающей среды, например гадолиний, что позволяет использовать окружающую атмосферу в качестве источника тепла; накопителем электрической энергии может выступать аккумулятор, подключенный к выходной обмотке через диод.

Изобретение поясняется графически (фиг. 1-4).

На фиг. 1 показана схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

На фиг. 2 приведена зависимость начальной магнитной проницаемости и относительного тангенса угла магнитных потерь от амплитудного значения напряженности переменного магнитного поля.

На фиг. 3 приведена зависимость начальной магнитной проницаемости от температуры.

На фиг. 4 дана зависимость магнитной проницаемости от напряженности внешнего переменного магнитного поля в условиях температуры, близкой к температуре Кюри, и смещения внешним постоянным магнитным полем.

Устройство, реализующее предложенный способ (фиг. 1), содержит магнитопровод 1 с источником магнитного поля 2, расположенный в зазоре магнитопровода термочувствительный ферромагнитный элемент 3, нагреватель 4 термочувствительного ферромагнитного элемента, выходную обмотку 5, размещенную на магнитопроводе, входную обмотку 6, также размещенную на магнитопроводе, термоизолятор 7, изолирующий магнитопровод от нагретого термочувствительного ферромагнитного элемента, генератор-возбудитель 8, подключенный к входной обмотке, и накопитель электрической энергии 9, подключенный к выходной обмотке.

При реализации заявляемого способа термочувствительный ферромагнитный элемент 3, изолированный от магнитопровода 1 с помощью термоизолятора 7, нагревают до температуры, близкой к температуре Кюри. С помощью источника магнитного поля 2 и посредством магнитопровода 1 переводят термочувствительный ферромагнитный элемент 3 в начальную стадию парапроцесса. С выхода генератора-возбудителя 8 на входную обмотку 6 подают последовательность импульсов. С приходом каждого из импульсов во входной обмотке 6 начинается процесс нарастания тока. С ростом тока суммарная напряженность магнитного поля увеличивается, и, как следствие, снижается магнитная проницаемость термочувствительного ферромагнитного элемента 3, так как последний находится в состоянии парапроцесса. Входная обмотка 6, размещенная на магнитопроводе 1, в зазоре которого расположен термочувствительный ферромагнитный элемент 3, образует нелинейную индуктивность с отрицательным реактивным сопротивлением. Энергия, накопленная такой нелинейной индуктивностью, может превышать энергию, отданную источником. По окончании действия импульса во входной обмотке 6 в выходной обмотке 5, расположенной на том же магнитопроводе 1, что и входная обмотка 6, возбуждается эдс самоиндукции, энергия которой потребляется накопителем 9. Разделение циклов накопления энергии входной катушкой и потребление энергии накопителем может быть осуществлено любым из известных способов, например, с помощью переключающих устройств или с помощью диода, как это сделано в последнем случае в предлагаемом устройстве.

Как следует из изложенного, в отличие от прототипа при реализации данного способа преобразования тепловой энергии в электрическую отпадает принципиальная необходимость в термоциклировании и, следовательно, исключаются дополнительные расходы энергии на периодическое нагревание и охлаждение рабочего тела - расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента. Температура магнитопровода всегда может поддерживаться на требуемом уровне путем регулировки расхода теплоносителя любыми из множества известных способов. Таким образом, достигается цель изобретения - повышение эффективности процесса преобразования тепловой энергии в электрическую.

Общая мощность предлагаемого источника электроэнергии может быть повышена путем запараллеливания большого количества подобных источников, которые конструктивно можно сделать миниатюрными.

В качестве источника тепла могут использоваться любые источники: от лучистых до органических.

Если в качестве термочувствительного ферромагнитного элемента использовать материал с точкой Кюри, соответствующей температуре окружающей среды, например гадолиний (точка Кюри -  $t_k=17^\circ$ ), то роль источника тепла может исполнять окружающая атмосфера.

В качестве накопителя электроэнергии может быть использован аккумулятор, подсоединенный к выходной обмотке через диод, что исключит обратную разрядку аккумулятора.

Проведем теоретическое обоснование предлагаемых способа и устройства. Генератор-возбудитель формирует последовательность прямоугольных импульсов. С приходом каждого из импульсов к входной обмотке в ней начинается процесс нарастания тока. С ростом тока во входной обмотке изменяется напряженность магнитного поля и, как следствие, магнитная проницаемость расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента, а следовательно, и индуктивность входной обмотки (совокупность элементов: термочувствительный ферромагнитный

элемент и магнитопровод с источником магнитного поля в дальнейшем будем называть магнитным сердечником, имея ввиду, что входная и выходная обмотки размещены на магнитопроводе). Этот факт отмечался еще Столетовым (кривая намагниченности Столетова). Дифференциальное уравнение, описывающее процесс протекания тока в соленоиде во время действия импульса, имеет вид:

$$E = i_e \cdot r + \frac{d(L_0 \mu(H) \cdot i_e)}{dt}, \quad (1)$$

где  $\Phi$  - магнитный поток;  $i_e$  - ток, протекающий в катушке;  $L_0$  - индуктивность соленоида без учета магнитной проницаемости магнитного сердечника;  $r$  - сопротивление нагрузки;  $\mu(H)$  - магнитная проницаемость магнитного сердечника, причем  $\mu(H) = \mu_0 \mu_r$ ;  $E$  - импульсное напряжение, приложенное ко входной обмотке в течение длительности импульса  $\tau$ .

Запишем уравнение (1) несколько по-другому:

$$E = i_e \cdot r + \frac{d(L_0 \mu(ni_e) \cdot i_e)}{ndi_e} \cdot \frac{ndi_e}{dt} \quad \text{или} \quad E = i_e \cdot r + L_0 \left( \frac{d(\mu(ni_e))}{di_e} i_e + \mu(ni_e) \right) \cdot \frac{di_e}{dt} \quad (2)$$

Как видно из (2), относительная магнитная проницаемость  $\mu_r$  и ток  $i_e$  являются величинами взаимозависимыми, и, следовательно, форма зависимости  $\mu_r$  повлияет на форму временной зависимости тока.

Вид кривой магнитной проницаемости зависит не только от напряженности магнитного поля, создаваемой током, но и от множества других факторов: материала термочувствительного ферромагнитного элемента, прикладываемых механических напряжений, частоты тока, температуры, формы магнитного сердечника и т.д. В частности, в качестве примера, для ферритовых колец типа 10000НМ с начальной магнитной проницаемостью  $\mu_n = 10000$ , предназначенных для работы в слабых магнитных полях, эта кривая имеет вид, приведенный на фиг. 2 [7]. Как видно из рисунка, с ростом напряженности магнитного поля магнитная проницаемость сначала возрастает, достигая максимального значения  $\mu_n + \Delta\mu$ , а затем падает.

В отсутствие внешних магнитных полей при охлаждении термочувствительного ферромагнитного элемента ниже температуры Кюри в нем образуется определенная конфигурация областей самопроизвольной намагниченности, называемая доменной структурой. Каждый домен намагничен до насыщения, вектор намагниченности в них ориентирован вдоль определенного направления, называемого осью легкого намагничивания. Существование доменной структуры определяет высокую восприимчивость ферромагнетика к намагничиванию. Ход кривой намагничивания определяется процессами возникновения, формирования и исчезновения доменов.

Помещение ферромагнитного материала в однородное внешнее магнитное поле приводит к появлению неустойчивости доменов с намагниченностью против внешнего магнитного поля и повышению устойчивости доменов с намагниченностью вдоль поля, что вызывает увеличение объема одних доменов за счет сокращения объема других доменов посредством смещения доменных границ или вращением намагниченности в доменах.

Известно, что в начале намагничивания процесс идет преимущественно за счет

смещения доменных стенок приблизительно до  $0,5 \cdot \Delta\mu + \mu_n$  (фиг. 2). При этом намагниченность образца зависит от  $H$  линейно. При дальнейшем увеличении внешнего магнитного поля происходит два процесса. Первый состоит в разрушении доменной

5 структуры: невыгодно намагниченные домены сжимаются и число их уменьшается. Дальнейшее увеличение поля приводит к исчезновению таких доменов концевым схлопыванием. Второй процесс заключается в преобразовании доменных структур в домены с намагниченностью вдоль поля за счет вращения намагниченности. В результате образуется однодоменное состояние насыщения в поле насыщения  $H_s$ .

10 Последующее увеличение напряженности внешнего поля является завершающим этапом намагничивания и известно под термином парапроцесс или истинное намагничивание. Этот этап характеризуется ориентацией в поле  $H$  элементарных носителей магнетизма (спиновых магнитных моментов электронов или магнитных моментов ионов), оставшихся не повернутыми в направлении результирующей намагниченности вследствие дезорганизующего действия теплового движения. С увеличением  $H$  (если  $H > H_s$ ) намагниченность стремится к величине абсолютного насыщения, т.е. к той, которую имел бы ферромагнетик при абсолютном нуле температуры. Парапроцесс в

15 большинстве случаев дает малый прирост намагниченности, поэтому процесс намагничивания считают практически законченным при достижении ферромагнитным сердечником состояния технического насыщения.

20 Из экспериментальных наблюдений, проведенных разными авторами, следует, что при фиксированной напряженности внешнего поля с увеличением температуры магнитная проницаемость также растет, достигая максимума вблизи точки Кюри. Эти наблюдения подтверждаются данными, взятыми из [7], приведенными на фиг. 3. Этот факт поясняется тем, что с увеличением тепловых флюктуационных колебаний

25 кристаллической решетки возрастает вероятность разрушения доменной структуры или вращения намагниченности невыгодно намагниченных доменов. Домены «подталкиваются» теплом к состоянию намагниченности соответствующему вектору напряженности внешнего поля, т.е. в этом интервале температур энергия тепла частично

30 расходуется на увеличение внутреннего магнитного поля магнитного сердечника. Если же температура начинает превышать рубеж точки Кюри, колебания кристаллической решетки становятся настолько существенными, что температура начинает работать против магнитного поля, разрушая доменные структуры.

35 Из сказанного следует, что катушка индуктивности будет гораздо эффективнее накапливать энергию в магнитном поле, если термочувствительный ферромагнитный элемент магнитного сердечника будет нагрет до температуры, близкой к точке Кюри, а переменное магнитное поле будет менять напряженность на участке спада кривой магнитной проницаемости, соответствующей состоянию парапроцесса. Сдвиг в эту область нетрудно обеспечить, приложив внешнее магнитное поле, например, с помощью

40 постоянного магнита.

В этой области первая производная магнитной проницаемости от напряженности переменной составляющей магнитного поля будет отрицательной. Принцип выбора рабочего участка поясняется на фиг. 4. Пусть на выбранном участке эта зависимость

45 имеет характер вида: , где  (справедливо для соленоида). Выбор

вида зависимости не носит принципиального характера. Достаточно, чтобы эта зависимость отражала общую тенденцию, соответствующую состоянию парапроцесса. В данном случае такая зависимость выбрана исключительно из желания упростить

аналитические выкладки и, следовательно, изложение сути процесса. С учетом выбранной зависимости дифференциальное уравнение (2) может быть приведено к виду:

$$E = ri_e + L_0 \left( -\frac{k}{(ni_e)^2} ni_e + \frac{k}{ni_e} + \mu_n \right) \frac{di_e}{dt};$$

$$E = ri_e + L_0 \mu_n \frac{di_e}{dt}. \quad (3)$$

Решение этого уравнения известно:

$$i_e = \frac{E}{r} \left( 1 - \exp \left\{ -\frac{r}{\mu_n L_0} t \right\} \right). \quad (4)$$

Цикл преобразования энергии магнитного поля выходной обмотки в ток в паузе между импульсами генератора-возбудителя описывается дифференциальным уравнением:

$$i_l \cdot R = \frac{d(L_0 \mu(ni_l) \cdot i_l)}{ndi_l} \cdot \frac{ndi_l}{dt} \quad \text{или} \quad i_l R = L_0 \left( \frac{d(\mu(ni_l))}{di_l} i_l + \mu(ni_l) \right) \frac{di_l}{dt}, \quad (5)$$

R - полезная нагрузка,  $\mu(ni_l)$ , где  $\mu(ni_l)$ . С учетом последнего получим:

$$-i_l R = L_0 \left( \frac{2k}{ni_l} + \mu_n \right) \frac{di_l}{dt}. \quad (6)$$

Следует отметить, что в выражениях (5) и (6) дифференциалы d*n* и d*i* отрицательные, так как ток убывает. Отсюда знак минуса в выражении (6).

После разделения переменных и интегрирования правой и левой частей уравнения будем иметь:

$$-\frac{1}{L_0} t = -\frac{2k}{Rni_l} + \frac{\mu_n}{R} \ln(i_l) + c. \quad (7)$$

Задав начальные условия t=0 и  $i_l$  - ток на момент окончания действий импульса

генератора-возбудителя, определим постоянную интегрирования  $c$ .

Подставив постоянную интегрирования в уравнение (7), после несложных преобразований получим:

$$i_l = I_{i_0} \exp \left\{ \left( \frac{2k}{Rni_l} - \frac{2k}{RnI_{i_0}} \right) - \frac{R}{\mu_n L_0} t \right\}. \quad (8)$$

Как видно из соотношения (8), в начальный момент времени выражение в круглых скобках под знаком экспоненты равно нулю. С уменьшением тока выражение в круглых скобках растет и, будучи положительным, тормозит процесс спадания тока. В результате это выражается в дополнительной энергии, выделяемой на нагрузке.

Энергию  $\mu(ni_l)$ , затраченную источником за время действия импульса, и энергию, отданную индуктивностью в нагрузку  $\mu(ni_l)$  во время паузы, нетрудно рассчитать по

формулам:

$$W_e = \int_0^{t_e} E \cdot i_e(t) dt ; \quad W_i = \int_0^{t_e} R \cdot i_i(t)^2 dt .$$

5 Произведем оценку эффективности предлагаемого способа, сопоставив эти энергии. Пусть магнитопровод и термочувствительный ферромагнитный элемент, составляющие магнитный сердечник, выполнены из ферритового кольца 10000 НМ с типоразмерами: D=38 мм, d=24 мм, h=7 мм. Входная и выходная обмотки абсолютно одинаковы и имеют по двести витков N=200 с сопротивлением провода r=2 Ом. Длина обмотки l=60 мм.

10 Тогда  $n=3,3 \cdot 10^3$ . Индуктивность катушек с такими типоразмерами без учета магнитной проницаемости сердечника составит:

$$L_0 = 2l \ln\left(\frac{D}{d}\right) N^2 10^{-4} = 54 \text{ мкГн}.$$

15 В качестве аппроксимирующей зависимости для  $\mu(H)$  выберем зависимость вида:



. График этой зависимости помещен на фиг.5. Отсюда значение

$k=5000$ , значение  $\mu_n=12700$ . Пусть на выходе генератора-возбудителя формируется

20 импульсная последовательность с параметрами: амплитуда импульса - E=12 В; длительность импульса [redacted] мс и длительность паузы - [redacted] мс. Выходная обмотка подключена к нагрузке сопротивлением R=100 Ом. Тогда энергия, затраченная источником в течение одного импульса, составит: [redacted] Дж, а энергия,

25 отданная в нагрузку в течение паузы: [redacted] Дж. При расчете энергии, отданной в нагрузку, ток в нагрузке определялся путем решения дифференциального уравнения (6) методом Рунге-Кутты. Прирост энергии за период импульсной последовательности составит:  $\Delta W=3,01 \cdot 10^{-3}$  Дж или за секунду  $\Delta W^* \approx 0,214$  Дж/с.

30 Суть изложенного подтверждает вывод, что в отличие от прототипа при реализации данного способа преобразования тепловой энергии в электрическую отпадает принципиальная необходимость в термоциклировании и, следовательно, исключаются дополнительные расходы энергии на периодическое нагревание и охлаждение рабочего тела - магнитопровода. Температура термочувствительного ферромагнитного элемента всегда может поддерживаться на требуемом уровне путем регулировки расхода

35 теплоносителя любыми из множества известных способов. Таким образом, достигается цель изобретения - повышение эффективности процесса преобразования тепловой энергии в электрическую.

40 Общая мощность предлагаемого источника электроэнергии может быть повышена путем запараллеливания большого количества подобных источников, которые конструктивно можно сделать миниатюрными.

В качестве источника тепла могут использоваться любые источники: от лучистых до органических.

45 Если в качестве термочувствительного ферромагнитного элемента использовать материал с точкой Кюри, соответствующей температуре окружающей среды, например гадолиний (точка Кюри -  $t_k=17^\circ$ ), то роль источника тепла может исполнять окружающая атмосфера.

В качестве накопителя электроэнергии может быть использован аккумулятор,

подсоединенный к выходной обмотке через диод, что исключит обратную разрядку аккумулятора.

Технический результат от использования заявляемых технических решений по сравнению с прототипом заключается в повышении эффективности процесса преобразования тепловой энергии в электрическую.

Список использованных источников

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. VIII. Электродинамика сплошных сред. - 4-е изд., стереот. - М.: Физматлит, 2000 г. - 656 с.

2. Патент №2419919, МПК H01L 35/02, 2008. Термоэлектрический элемент.

3. Патент №2227947, МПК H01M 14/00, H02N 11/00, 2002. Емкостной конвертор тепла среды в электроэнергию.

4. Авторское свидетельство №141560, кл. 21G, 35, 1961. Способ непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую.

5. Авторское свидетельство №811466. М. кл. H02N 11/00, 1981. Терромагнитный генератор.

6. Авторское свидетельство №1015457, кл. H01L 31/04, H02N 11/00, 1983.

Магнитотепловой генератор.

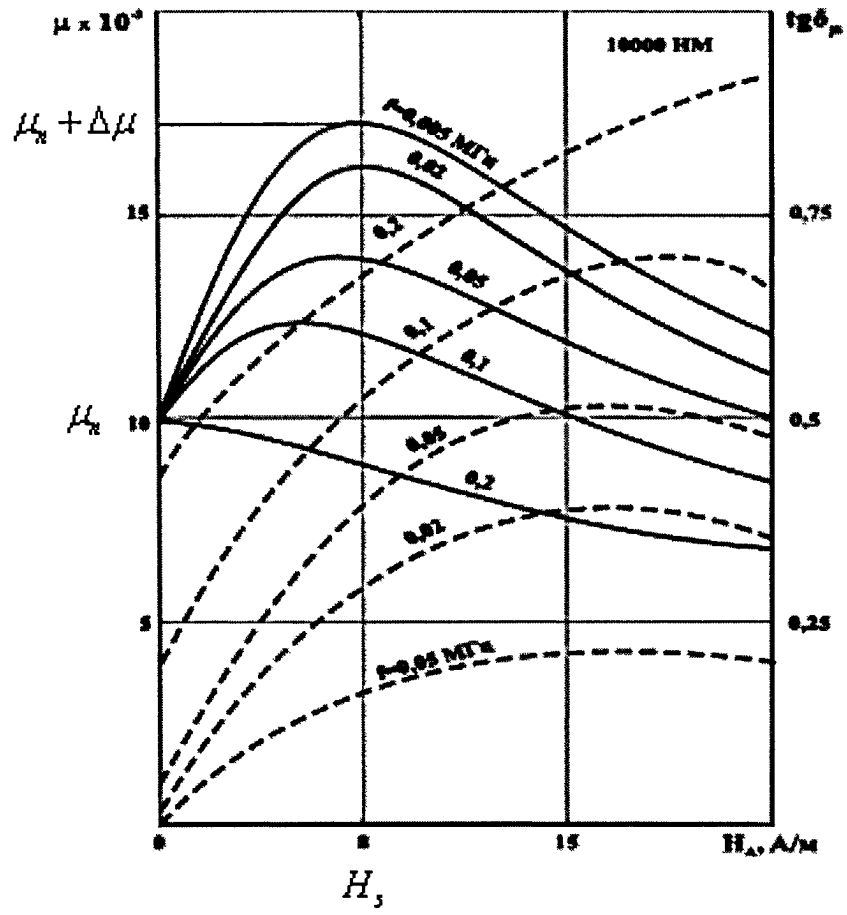
7. ОАО «Ферроприбор»:

[http://www.rusgates.ru/company/soft\\_magnetic/the\\_properties\\_of\\_ferrites\\_\\_grades/highly\\_permeable\\_ferrite/index.php](http://www.rusgates.ru/company/soft_magnetic/the_properties_of_ferrites__grades/highly_permeable_ferrite/index.php)

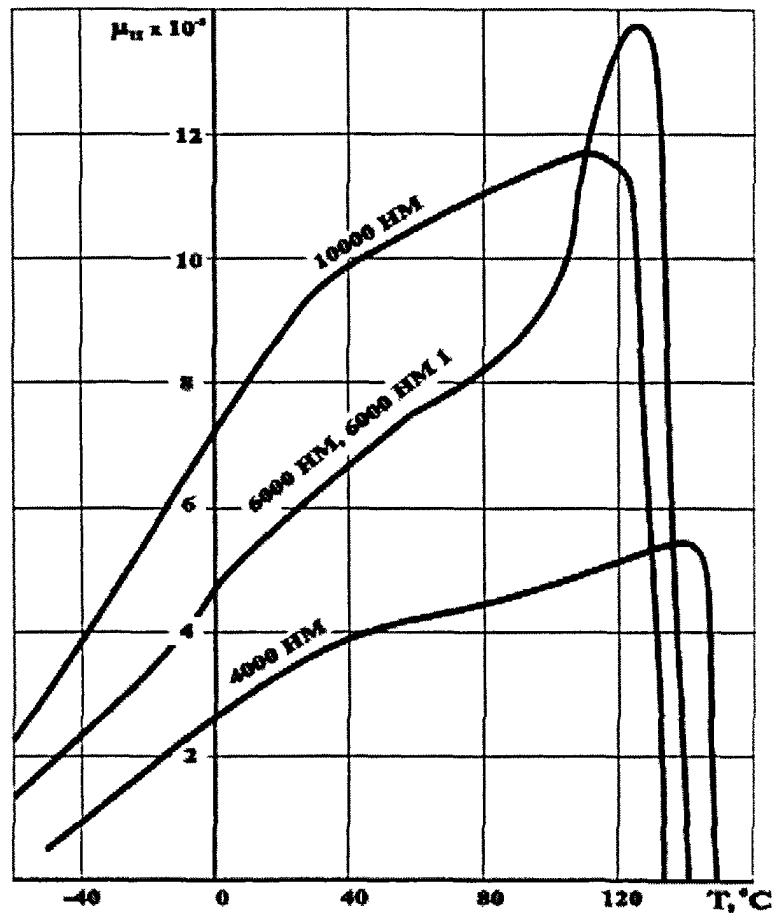
#### Формула изобретения

1. Способ преобразования тепловой энергии в электрическую, заключающийся в том, что осуществляют периодическое изменение состояния намагниченности расположенного в зазоре магнитопровода термочувствительного ферромагнитного элемента, нагретого до соответствующей ферромагнитному материалу температуры Кюри, находящегося в фазе парапроцесса, отличающийся тем, что изменение состояния намагниченности термочувствительного ферромагнитного элемента осуществляют путем циклического изменения тока подмагничивания.

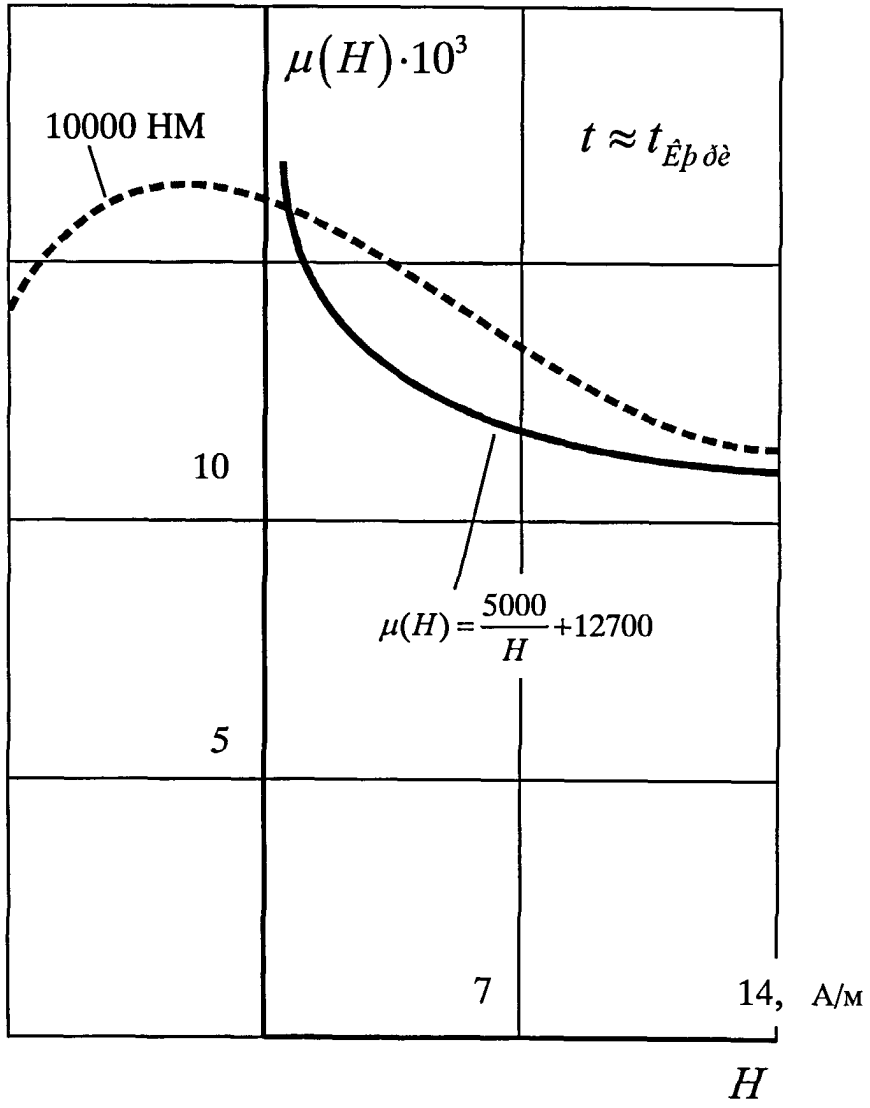
2. Устройство преобразования тепловой энергии в электрическую, содержащее магнитопровод с источником магнитного поля, в зазоре которого расположен термочувствительный ферромагнитный элемент, выходную обмотку, размещенную на магнитопроводе, нагреватель термочувствительного ферромагнитного элемента, отличающееся тем, что введены термоизолятор, изолирующий магнитопровод от нагретого термочувствительного ферромагнитного элемента, входная обмотка, размещенная на магнитопроводе, генератор-возбудитель, подключенный к входной обмотке, и накопитель электрической энергии, подключенный к выходной обмотке.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4