

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ****(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21), (22) Заявка: **2007120073/09, 28.10.2005**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**28.10.2005**(30) Конвенционный приоритет:  
**30.10.2004 US 60/623,413**(43) Дата публикации заявки: **10.12.2008**(45) Опубликовано: **27.08.2009** Бюл. № **24**(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **US 3743808 A, 03.07.1973. SU 1023672 A,**  
**15.06.1983. RU 2167502 C1, 20.05.2001. RU**  
**2032996 C1, 10.04.1995.**(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную  
фазу: **30.05.2007**(86) Заявка РСТ:  
**US 2005/038922 (28.10.2005)**(87) Публикация РСТ:  
**WO 2006/050089 (11.05.2006)**Адрес для переписки:  
**103735, Москва, ул.Ильинка, 5/2, ООО**  
**"Союзпатент", пат.пов. Ю.Б.Перегудовой,**  
**рег. № 1103**

(72) Автор(ы):

**ВАЙС Куно (DE),**  
**ФИШМАН Олег С. (US)**

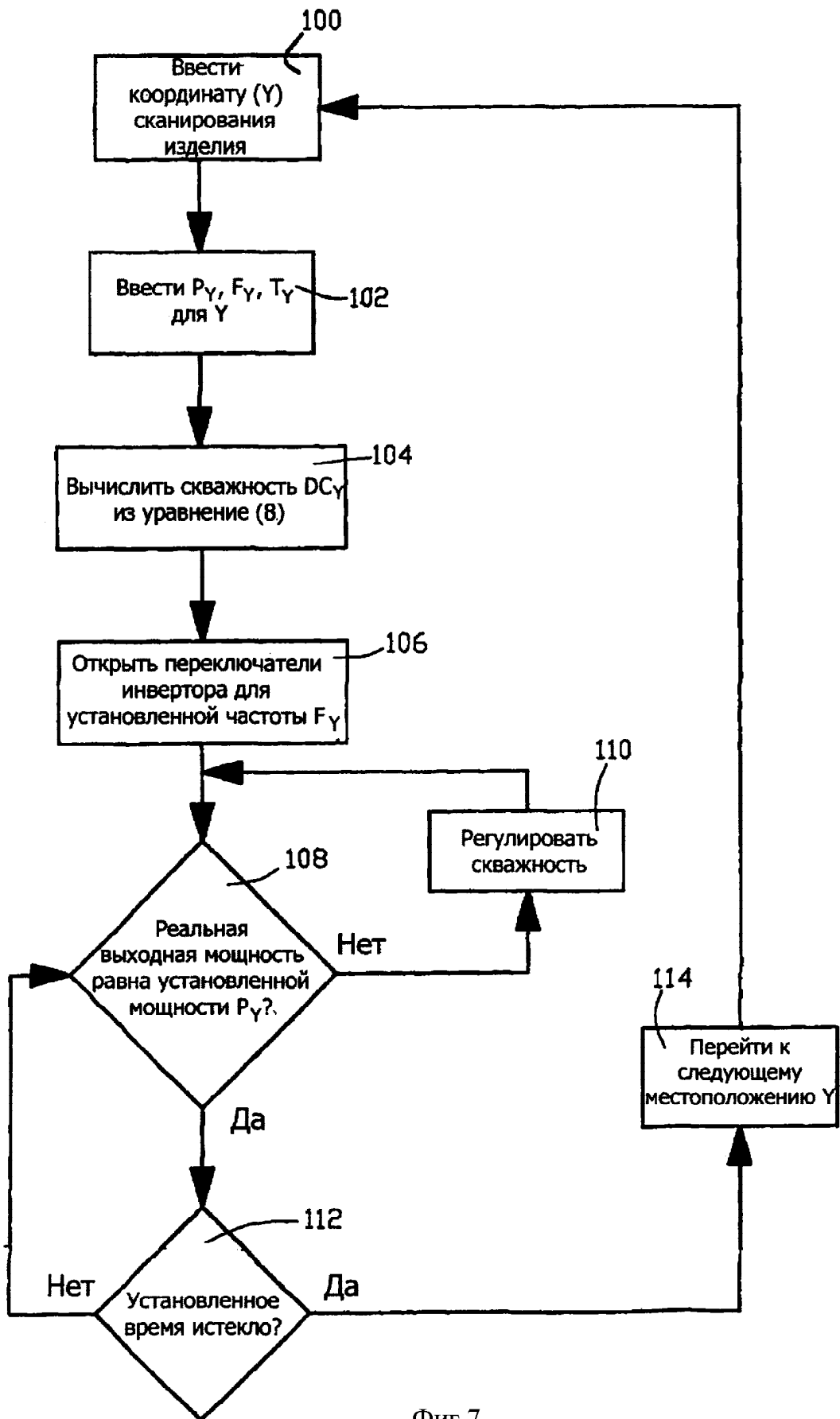
(73) Патентообладатель(и):

**ИНДАКТОТЕРМ КОРПОРЕЙШН (US)****(54) СКАНИРУЮЩИЙ ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ**

(57) Реферат:

Предложены устройство и способ сканирующего индукционного нагрева изделия. Изделие продвигается сквозь индуктор для индукционной термообработки элементов изделия электрической мощностью переменной частоты и скважности для управления величиной электрической мощности, когда частота изменяется.

Техническим результатом является обеспечение возможности изменения рабочей частоты инвертора при регулировке уровня выходной мощности инвертора путем широтно-импульсной модуляции, как требуется для индуктивной термообработки изделия на разные глубины проникновения при индукционном сканировании изделия. 3 н. и 13 з.п. ф-лы, 13 ил.



Фиг.7



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007120073/09, 28.10.2005**

(24) Effective date for property rights:  
**28.10.2005**

(30) Priority:  
**30.10.2004 US 60/623,413**

(43) Application published: **10.12.2008**

(45) Date of publication: **27.08.2009 Bull. 24**

(85) Commencement of national phase: **30.05.2007**

(86) PCT application:  
**US 2005/038922 (28.10.2005)**

(87) PCT publication:  
**WO 2006/050089 (11.05.2006)**

Mail address:  
**103735, Moskva, ul.II'inka, 5/2, OOO  
"Sojuzpatent", pat.pov. Ju.B.Peregudovoj, reg.  
№ 1103**

(72) Inventor(s):

**VAJS Kuno (DE),  
FIShMAN Oleg S. (US)**

(73) Proprietor(s):

**INDAKTOTERM KORPOREJShN (US)**

## (54) SCANNING INDUCTION HEATING

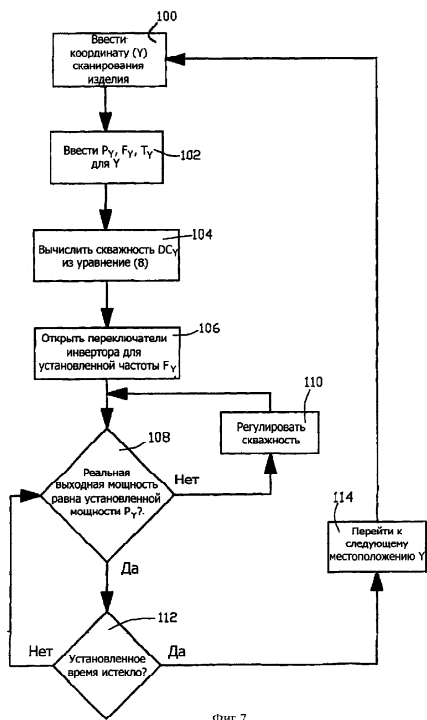
(57) Abstract:

FIELD: instrument engineering.

SUBSTANCE: there are disclosed system and method of scanning induction heating of a product. The product advances through an inductor for induction thermal processing of product components with electric power of variable frequency and off-duty ratio to control electric power as frequency varies.

EFFECT: variability of working frequency of the inverter in controlling output power of the inverter by pulse width modulation as it is required to perform inductive heat processing of a product at various penetration distances in induction scanning of a product.

16 cl, 7 dwg



Область техники, которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к индукционному нагреву длинномерного изделия путем сканирования изделия индукционной катушкой.

Уровень техники

Длинномерные изделия, такие как ведущий вал, требуют термообработку выбранных элементов на изделии. Например: первый элемент, такой как шестерня, может быть предусмотрен на одном конце ведущего вала, а второй элемент, такой как универсальный шарнир, может быть установлен на другом конце. Шестерня и шарнир имеют различные физические конфигурации и требуют различные режимы термообработки для металлургического упрочнения этих компонентов. Кроме того, термообработанный элемент может нуждаться в отпуске после термообработки для того, чтобы уменьшить металлургические напряжения в материале элемента.

Один способ термообработки изделия и элементов на изделии представляет собой электрическую индукционную сканирующую (или поступательную) термическую обработку. В этом процессе изделие, как правило, проходит через один или несколько сканирующих индукторов, хотя в других установках изделие может быть неподвижным, а один или более сканирующих индукторов (катушек) могут двигаться по длине изделия. К сканирующему индуктору прикладывается питание переменного тока для создания магнитного поля вокруг индуктора. Это поле магнитно связывается с изделием, чтобы индуктивно нагревать изделие. Питание переменного тока на сканирующем индукторе может изменяться по мере прохождения изделия через индуктор. Например, патент США №3743808 раскрывает управление индукционной мощностью и(или) скоростью сканирования сканирующего индуктора путем сравнения мгновенной мощности и мгновенной скорости с известным профилем распределения энергии. Скорость, с которой изделие движется сквозь индуктор (скорость сканирования), может использоваться для управления степенью нагрева в поперечном сечении изделия, которое связано с магнитным полем.

Глубина проникновения индукционного нагрева (глубина проникновения индуцированного тока) в изделие может быть рассчитана по уравнению:

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu F}}$$

где  $\delta$  измеряется в метрах;  $\rho$  - электрическое удельное сопротивление изделия в Ом-метрах;  $\mu$  - относительная магнитная проницаемость изделия; а  $F$  - частота подаваемого индукционного питания в Герцах. Следовательно, глубина проникновения обратно пропорциональна квадратному корню от частоты используемого тока. Если изделие имеет два элемента, где первый элемент требует нагрев на малую глубину проникновения (например, 2,5 мм), а второй элемент требует нагрев на большую глубину проникновения (например, 4,5 мм), традиционный способ использует инвертор с фиксированной рабочей частотой, например, 10000 Герц, для достижения более мелкой глубины проникновения. Из приведенного выше уравнения рабочая частота инвертора должна быть ниже чем 10000 Гц для более глубокого проникновения во второй элемент изделия, но, поскольку частота зафиксирована, то индукционное тепловое сканирование второго элемента должно быть замедлено, чтобы обеспечить более глубокое проникновение тепла за счет теплопроводности во второй элемент. Далее, из-за пониженной скорости сканирования выходная мощность инвертора в индукционную катушку должна быть снижена, чтобы избежать перегрева поверхности второго элемента. Кроме того, термообработанный элемент может потребовать отпуска этого термообработанного

элемента для снижения напряжений в элементе. Обычно элемент сначала подвергают термообработке в первом проходе с низкой мощностью и фиксированной высокой частотой, чтобы провести термообработку на требуемую глубину проникновения, а затем подвергают термообработке во втором проходе с фиксированной низкой частотой для отпуска элемента.

Одной целью настоящего изобретения является изменение рабочей частоты инвертора при регулировке уровня выходной мощности инвертора путем широтно-импульсной модуляции, как требуется для индуктивной термообработки и(или) отпуска различных элементов изделия на разные глубины проникновения при индукционном сканировании изделия.

#### Раскрытие изобретения

В одном аспекте настоящее изобретение представляет собой устройство и способ подачи питания переменного тока различной частоты и скважности в сканирующую индукционную катушку на основании требований нагрева поперечного сечения изделия,двигающегося сквозь сканирующую катушку. Датчик положения, такой как сервомотор, может быть предусмотрен для ввода данных в процессор, который сравнивает введенное мгновенное положение изделия с хранящейся таблицей значений положений изделия, каждое из этих значений положения изделия может быть соотнесено с частотой, уровнем мощности и продолжительностью времени, которые соответствуют требуемой прикладываемой тепловой энергии в этом положении. В одном варианте осуществления настоящего изобретения процессор использует алгоритм, который выдает команду широтно-импульсной модуляции на схемы переключающих затворов инвертора так, что уменьшение длительности импульса напряжения инвертора приводит к пониженной выходной мощности инвертора, чтобы скомпенсировать увеличение выходной мощности инвертора при пониженных частотах. Напротив, увеличение длительности импульса напряжения инвертора приводит к повышенной выходной мощности инвертора, чтобы скомпенсировать уменьшение выходной мощности на повышенных частотах.

Другие аспекты изобретения излагаются в подробном описании и в прилагаемой формуле изобретения.

#### Краткое описание чертежей

Предшествующее краткое изложение сущности, так же как и последующее подробное описание изобретения, понимается лучше при чтении вместе с прилагаемыми чертежами. Для целей иллюстрации изобретения на чертежах показаны примерные виды изобретения, которые предпочтительны в настоящий момент; однако изобретение не ограничено конкретными схемами размещения и средствами, раскрытыми в следующих прилагаемых чертежах:

фиг.1 представляет собой упрощенный схемный вид одного примера сканирующего индукционно-нагревательного устройства согласно настоящему изобретению;

фиг.2 представляет собой упрощенный схематический вид примера источника питания и цепи нагрузки, используемых со сканирующим индукционно-нагревательным устройством согласно настоящему изобретению;

фиг.3(a) и фиг.3(b) иллюстрируют применение широтно-импульсной модуляции для изменения выхода инвертора от полной мощности до половинной мощности;

фиг.4(a) иллюстрирует изменение величины тока нагрузки при изменении выходной частоты инвертора без широтно-импульсной модуляции;

фиг.4(b) иллюстрирует изменение величины мощности в нагрузке при изменении выходной частоты инвертора без широтно-импульсной модуляции;

фиг.4(с) иллюстрирует изменения сопротивления нагрузки при изменении выходной частоты инвертора без широтно-импульсной модуляции;

фиг.4(d) иллюстрирует изменения коэффициента  $Q$  в цепи нагрузки при изменении выходной частоты инвертора без широтно-импульсной модуляции;

5     фиг.5(a) иллюстрирует соотношение между выходным напряжением инвертора и током нагрузки при выходной частоте инвертора 3000 Герц и без широтно-импульсной модуляции;

10    фиг.5(b) иллюстрирует соотношение между выходным напряжением инвертора и током нагрузки при выходной частоте инвертора 10000 Герц и без широтно-импульсной модуляции;

фиг.5(с) иллюстрирует соотношение между выходным напряжением инвертора и током нагрузки при выходной частоте инвертора 30000 Герц и без широтно-импульсной модуляции;

15    фиг.6 иллюстрирует соотношение между выходным напряжением инвертора и током нагрузки для инвертора, использующего широтно-импульсную модуляцию в одном примере настоящего изобретения; и

20    фиг.7 представляет собой упрощенную блок-схему алгоритма, иллюстрирующую пример схемы управления индукционным питанием согласно настоящему изобретению для управления мощностью индукционного сканирования по мере того, как изменяется выходная частота инвертора в процессе сканирования.

#### Осуществление изобретения

25    Один пример сканирующего индукционно-нагревательного устройства по настоящему изобретению показан на чертежах. На фиг.1 инвертор 10 подает питание однофазного переменного тока в сканирующий индуктор (катушку) 12 через соответствующие электрические соединители, такие как электрические шины. Входной постоянный ток в инвертор может быть из любого подходящего источника питания постоянного тока. Индуктор может содержать любые известные виды индукторов и  
30    может быть, например, одно- или многовитковым индуктором или сборкой отдельных индукторов, которые присоединены к одному или нескольким источникам питания переменного тока. Изделие 14 удерживается на месте средством для перемещения изделия сквозь индуктор, которое может быть, например, винтовым  
35    приводным узлом 16, с удлиненными плечами 16а для того, чтобы удерживать концы изделия. Альтернативно изделие может быть неподвижно, а индуктор может передвигаться вдоль изделия, или может использоваться объединенное и согласованное движение как изделия, так и индуктора. Может быть предусмотрено  
40    средство, такое как электрический двигатель 18, для вращения изделия, когда оно движется через индуктор. Средство позиционирования, такое как сервомеханизм 20, обеспечивает подачу выходного сигнала 21 положения в процессор 22. Выходной сигнал положения указывает положение на оси  $Y$  поперечного сечения изделия, которое находится внутри индуктора (то есть сечение изделия, которое эффективно  
45    связано с магнитным полем, генерируемым протеканием тока в индукторе).

Изделие может иметь один или несколько элементов, таких как элементы 14а, 14b и 14с, которые могут требовать различной глубины проникновения тока, обеспечивающего мощность индукционного нагрева при термообработке и(или)  
50    отпуске этих элементов при прохождении их через индуктор. Области изделия между этими элементами могут требовать, а могут и не требовать термообработки. Множество элементов могут быть разнесены друг от друга, как показано на фиг.1, или располагаться рядом друг с другом.

Процессор 22 обрабатывает выходной сигнал от средства позиционирования для определения уровня мощности, частоты и продолжительности индукционного нагрева при входном положении изделия относительно индукционной катушки, как будет описано ниже.

5 Фиг.2 представляет собой упрощенный схематический вид одного примера источника питания с преобразованием переменного тока в постоянный ток для инвертора 10, который иллюстрирует способ питания инвертора постоянным током. Выпрямительная секция 30 содержит двухполупериодный мостовой выпрямитель 32 с  
10 входом переменного тока на линиях А, В и С, питаемых от соответствующего источника, такого как электросеть. Фильтровая секция 34 содержит ограничитель  $L_{CLR}$  тока и конденсатор  $C_{FIL}$  фильтра постоянного тока. Инверторная секция 10 содержит четыре переключающих устройства  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  и  $S_4$  и соединенные встречно  
15 диоды:  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  и  $D_4$ , соответственно. Каждое переключающее устройство может быть любым подходящим полупроводниковым устройством, таким как биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT). Цепь нагрузки соединена с выходом инвертора 10, содержащим сканирующий индуктор  $L_{COIL}$  и изделие 14, которое имеет  
20 области или элементы, связанные с магнитным полем, генерируемым вокруг индуктора, когда изделие или индуктор движутся относительно друг друга. Сопротивление изделия и сканирующего индуктора ( $R_{COIL}$ ) представляет собой нагрузочное сопротивление  $R_{LOAD}$ .

25 Фиг.3(a) иллюстрирует типичную форму выходного напряжения (ПОЛНОЕ  $V_{OUT}$ ) моста инвертора, показанного на Фиг.2, в отсутствие широтно-импульсной модуляции напряжения. Инверторные переключатели  $S_1$  и  $S_4$  проводят в первый период  $T_1$  времени, а инверторные переключатели  $S_2$  и  $S_3$  проводят в неперекрывающийся  
30 второй период  $T_1$  времени, для получения проиллюстрированной полной формы выходного напряжения с частотой, равной  $1/2T_1$ . Фиг.3(b) иллюстрирует типичную форму выходного напряжения (ПОЛОВИННОЕ  $V_{OUT}$ ) моста инвертора с 50-процентной скважностью ( $\alpha$ ). Каждый из инверторных переключателей продолжает проводить в течение такого же периода времени  $T_1$ , как на фиг.3(a), но с  
35 периодами включения для переключателей  $S_3$  и  $S_4$ , сдвинутыми вперед на половину периода (то есть скважность равна 50 процентам), чтобы получить проиллюстрированную половину от полного выходного напряжения. При такой  
40 регулировке нагрузка «закорачивается» каждые полпериода. Изменение длительности перекрытия периодов проведения тока для переключателей  $S_3$  и  $S_4$  приводит к различным значениям скважности. Так как мощность пропорциональна квадрату приложенного напряжения, то мощность, прикладываемая к индуктору, также будет  
45 изменяться, как изменяется скважность. В настоящем изобретении регулировка частоты достигается с помощью изменения периода  $T_1$  времени, в то время как величина напряжения (мощности) устанавливается изменением скважности.

Эффекты на выходных характеристиках источника питания с изменяющейся выходной частотой, в котором не используется управление широтно-импульсной  
50 модуляцией по настоящему изобретению, иллюстрируются базисной нагрузочной цепью для конкретного изделия. Для инвертора, имеющего выходную мощность 100000 ватт ( $P(f_0)$ ) при 635 вольтах ( $V_{OUT}$ ) и частоте ( $f_0$ ) в 10000 герц, характеристики базисной нагрузочной цепи устанавливаются так:

$L_0=30 \times 10^{-6}$  Гн - индуктивность нагрузки инвертора;

$R_0=0,4$  Ом - сопротивление нагрузки инвертора; и

$Q_0=(2 \cdot n \cdot f_0 \cdot L_0)/R_0=4,712$  для коэффициента Q нагрузки цепи.

Базисный пиковый ток  $I_0$  нагрузки может быть рассчитан как 772,45 А по уравнению (1):

$$I_0 = \frac{V_{OUT}}{R_0} \cdot \left(1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0 \cdot f_0}}\right)$$

Фиг.4(а) иллюстрирует понижение тока  $I(f)$  индуктора, нормированного к базисному току, с увеличением выходной частоты  $f$  инвертора, что может быть рассчитано по уравнению (2):

$$I(f) = \frac{V_{OUT}}{R_0 \sqrt{\frac{f}{f_0}}} \cdot \left(1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0 \sqrt{f \cdot f_0}}}\right)$$

Фиг.4(б) иллюстрирует понижение мощности  $P(f)$  индукционного нагрева, нормированной к базисной мощности, с увеличением выходной частоты  $f$  инвертора, что можно рассчитать по уравнению (3):

$$P(f) = \frac{V_{OUT}^2}{2R_0 \sqrt{\frac{f}{f_0}}} \cdot \left(1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0 \sqrt{f \cdot f_0}}}\right)^2$$

Фиг.4(с) иллюстрирует увеличение сопротивления  $R(f)$  нагрузки с увеличением выходной частоты  $f$  инвертора, что можно рассчитать по уравнению (4):

$$R(f) = R_0 \cdot \sqrt{\frac{f}{f_0}}$$

Фиг.4(д) иллюстрирует увеличение коэффициента Q нагрузочной цепи, когда выходная частота  $f$  инвертора растет, что можно рассчитать по уравнению (5):

$$Q(f) = Q_0 \cdot \sqrt{\frac{f}{f_0}}$$

Фиг.5(а)-5(с) иллюстрируют обобщенные соотношения, показанные на фиг.4(а)-4(д), для конкретного примера, в котором управление широтно-импульсной модуляцией по настоящему изобретению не используется. Фиг.5(с) графически представляет выходное напряжение и ток инвертора, функционирующего на номинальной максимальной мощности и частоте 30000 Гц без управления широтно-импульсной модуляцией.

На фиг.5(а) выходная частота инвертора понижена до 3000 Гц и выходной ток (и мощность) относительно высок без управления широтно-импульсной модуляцией. В данном изобретении управление широтно-импульсной модуляцией на выходе инвертора может быть использовано для снижения выходной мощности инвертора с помощью использования относительно большой скважности.

На фиг.5(б) выходная частота инвертора равна 10000 Гц и выходная мощность ниже, чем выходная мощность при 3000 Гц без управления широтно-импульсной модуляцией, но все же больше, чем номинальная максимальная мощность (ток) инвертора, показанная на Фиг.5(с). В настоящем изобретении управление широтно-импульсной модуляцией на выходе инвертора может быть использовано с меньшей скважностью, чем скважность, которую используют при 3000 Гц для

сохранения выходной мощности инвертора на номинальном значении или ниже.

В общем, в настоящем изобретении управление широтно-импульсной модуляцией используется для изменения выходной мощности инвертора на любой рабочей частоте из тех, которые могли бы быть без управления широтно-импульсной модуляцией. В  
 5 общем, скважность увеличивается по мере того, как уменьшается частота, чтобы снизить выходную мощность инвертора, и скважность уменьшается по мере того, как увеличивается частота, чтобы увеличить выходную мощность инвертора.

Фиг.(6) далее иллюстрирует характеристики нагрузочной цепи с управлением  
 10 широтно-импульсной модуляцией. Когда выходное напряжение не равно нулю, ток  $I_{LOAD}$  нагрузки может быть рассчитан по уравнению (6):

$$I_{LOAD} = \frac{V_{OUT}}{R_{LOAD}} \left( 1 - e^{-\frac{R_{LOAD}}{L_{LOAD}} t} \right).$$

15 Когда выходное напряжение инвертора равно нулю, ток нагрузки может быть рассчитан по уравнению (7):

$$I_{LOAD} = I_{INITIAL} \cdot e^{-\frac{R_{LOAD}}{L_{LOAD}} t}.$$

20 где  $I_{INITIAL}$  - величина тока, когда выходное напряжение инвертора стремится к нулю.

Из фиг.6 видно, что чем меньше скважность, тем меньше пиковое значение тока (и мощности) нагрузки перед тем, как ток нагрузки упадет, когда выходное напряжение станет равным нулю.

25 Фиг.7 иллюстрирует упрощенную блок-схему алгоритма для одного неограничивающего примера процесса сканирующего индукционного нагрева по настоящему изобретению. Подпрограммы, указанные на блок-схеме алгоритма, могут воплощаться в компьютерном программном обеспечении, которое исполняется  
 30 соответствующими устройствами. Подпрограмма 100 вводит координату (Y) сканирования изделия (WP), которая представляет положение изделия внутри индуктора 12. Подпрограмма 102 вводит значения мощности ( $P_Y$ ), частоты ( $F_Y$ ) и времени ( $T_Y$ ) для индукционного нагрева в положении Y. Эти значения могут заранее  
 35 храниться в памяти устройства, например, в виде просмотрной таблицы на основе значений, полученных при экспериментальном тестировании изделия с устройством. Альтернативно, оператор устройства индукционного сканирования может вручную ввести эти значения, или может быть использован другой способ определения  
 40 требуемых частоты, уровня мощности, и, если оно используется, переменного значения времени для индукционной термообработки каждой позиции изделия. Подпрограмма 104 вычисляет требуемую скважность ( $DC_Y$ ) для выхода инвертора по уравнению (8):

$$\text{Скважность (в процентах)} = [P_Y / P(F_Y)] \times 100,$$

45 где  $P(F_Y)$  рассчитывается по уравнению (3) с соответствующей базисной нагрузочной цепью, определенной по реальному изделию, проходящему индукционную термообработку.

Подпрограмма 106 управляет переключением переключающих устройств  
 50 источника питания для достижения желаемых выходных частоты и скважности. В данном неограничивающем примере подпрограмма 106 выдает сигналы управления вентилями инвертора на вентильные схемы для инверторных переключателей, чтобы достигнуть требуемых частоты  $F_Y$  и скважности  $DC_Y$ . Подпрограмма 108 определяет,

равна ли реально измеренная выходная мощность установленной мощности  $P_Y$ .

Реально измеренная выходная мощность может вводиться с использованием подходящих датчиков. Если реально измеренная мощность не равняется требуемой

установленной мощности, тогда скважность соответственно регулируется в подпрограмме 110, и подпрограмма 108 повторяется. Если реально измеренная

мощность равняется требуемой установленной мощности, то подпрограмма 112 проверяет, закончилось ли установленное время  $T_Y$ . Если установленное время не

закончилось, то подпрограмма 108 повторяется; если установленное время закончилось, то подпрограмма 114 выводит управляющий сигнал в систему

позиционирования изделия, чтобы продвинуть изделие к следующему положению для индукционной термообработки, и возвращается к исполнению подпрограммы 100. В других примерах изобретения время индукционного нагрева в каждом положении  $Y$

будет одинаково для всех положений изделия внутри индуктора; для этой компоновки управление частотой и управление скважностью при изменении частоты используются

для индукционного нагрева каждого положения индуктора, когда каждое положение проходит сквозь индуктор при постоянной скорости.

В других примерах изобретения перемещение и позиционирование изделия сквозь индуктор могут быть определены заранее, например, если устройство индукционного

сканирования последовательно проводит термообработку многих идентичных изделий. В этих вариантах выполнения мощность, частота, время и скважность в

каждом положении изделия могут быть определены заранее с помощью экспериментального тестирования с изделием и устройством индукционного

сканирования по настоящему изобретению и осуществляются без дальнейшего введения или вычисления любого или всех из этих значений для каждого

последующего идентичного изделия, подвергающегося термообработке данным устройством. Пошаговое или последовательное позиционирование частей или

элементов изделия в индукторе могут выполняться как дискретное пошаговое перемещение изделия или индуктора, или комбинации обоих, либо как точные мелкие

шаги, которые аппроксимируют непрерывное движение изделия или индуктора, или более грубые шаги, визуально различимые как ступенчатое движение. Хотя термины

«выбранная часть», «множество элементов», «участки» используются для описания секций изделия, помещенного внутрь индуктора для индукционной термообработки с

переменными частотой и скважностью, данное изобретение включает в себя и изменение частоты и(или) скважности, когда часть, элемент или участок проходит

сквозь индуктор. То есть подсекции каждой части, элемента или участка могут

подвергаться термообработке с изменяющимися частотами и скважностями, когда подсекции части, элемента или участка проходят сквозь индуктор.

В других примерах изобретения управление широтно-импульсной модуляцией

может использоваться для управления выходной мощностью инвертора, когда выходная частота инвертора изменяется в заданном положении изделия, например,

для достижения термообработки и отпуска для элемента изделия. Дальнейшая последующая термообработка элементов, составляющих изделие, не ограничивается последующей термообработкой в порядке, в котором элементы расположены на

изделии. Например, на изделии 14, фиг.1, элементы 14a, 14b, 14c могут быть позиционированы и подвергаться термообработке последовательно в том порядке, в

Отметим, что вышеприведенные примеры предоставлены только для целей разъяснения и никаким образом не должны толковаться как ограничения настоящего изобретения. Хотя изобретение описано со ссылкой на различные варианты осуществления, понятно, что слова, которые использованы здесь, являются словами описания и иллюстрации, а не словами ограничения. Далее, хотя изобретение описано здесь со ссылкой на конкретные средства, материалы и варианты осуществления, изобретение не ограничивается раскрытыми здесь частностями; изобретение распространяется на все функционально эквивалентные конструкции, способы и использования, которые находятся в объеме прилагаемой формулы изобретения. Специалисты, получающие выгоду от знаний данного описания, могут вносить в него многочисленные модификации, и изменения могут быть сделаны без отхода от объема и сущности изобретения.

#### Формула изобретения

1. Устройство для индукционного нагрева изделия, содержащее:

источник питания, имеющий выход переменного тока с управлением широтно-импульсной модуляцией;

индуктор, присоединенный к выходу переменного тока для создания магнитного поля переменного тока;

средство для создания относительного перемещения между изделием и индуктором для магнитной связи по меньшей мере одной выбранной части изделия с магнитным полем;

средство для выборочного регулирования частоты выходного переменного тока, когда каждая из указанных по меньшей мере одной выбранной части связана с магнитным полем для индукционной термообработки; и

средство для выборочного регулирования мощности выходного переменного тока путем изменения скважности выходного переменного тока, когда указанная по меньшей мере одна выбранная часть связана с магнитным полем для индукционной термообработки и частота выходного переменного тока регулируется.

2. Устройство по п.1, содержащее средство для выборочного регулирования периода времени, в течение которого каждая из указанных по меньшей мере одной выбранной части связана с магнитным полем для индукционной термообработки.

3. Устройство по п.1, содержащее механизм позиционирования для указания, когда каждая из указанных по меньшей мере одной выбранных частей изделия, связана с магнитным полем; и процессор для определения частоты, мощности и скважности выходного переменного тока для каждой из по меньшей мере одной выбранных частей, указанной механизмом позиционирования.

4. Устройство по п.2, содержащее механизм позиционирования для указания, когда каждая из указанных по меньшей мере одной выбранных частей изделия связана с магнитным полем; и процессор для определения частоты, мощности и скважности выходного переменного тока, и периода времени для индукционной термообработки для каждой из по меньшей мере одной выбранных частей, указанной механизмом позиционирования.

5. Способ индукционного нагрева одного или нескольких элементов изделия, содержащий операции, на которых:

подают электрическую мощность, по меньшей мере, на один индуктор для генерирования магнитного поля переменного тока вокруг, по меньшей мере, одного индуктора;

последовательно позиционируют каждый из указанных одного или нескольких элементов изделия вблизи магнитного поля для магнитной связи позиционированного элемента с магнитным полем, посредством чего позиционированный элемент

5 подвергается индукционной термообработке;  
выборочно изменяют частоту электропитания, когда каждый из указанных одного или нескольких элементов изделия последовательно позиционирован вблизи магнитного поля; и

10 выборочно изменяют величину электрической мощности путем изменения скважности электрической мощности, когда каждый из указанных одного или нескольких элементов изделия последовательно позиционирован вблизи магнитного поля, и отрегулирована частота электрической мощности.

6. Способ по п.5, содержащий операцию, на которой выборочно изменяют время термообработки, в течение которого каждый из указанных одного или нескольких

15 элементов индуктивно связан с магнитным полем.  
7. Способ по п.5, содержащий операции, на которых определяют позиционированный элемент, магнитно-связанный с магнитным полем, и определяют частоту, величину и скважность электрической мощности для позиционированного

20 элемента.  
8. Способ по п.6, содержащий операции, на которых определяют позиционированный элемент, магнитно-связанный с магнитным полем, и определяют частоту, величину и скважность электрической мощности, и время термообработки для позиционированного элемента.

25 9. Способ электроиндукционной термообработки изделия, содержащий операции, на которых:

последовательно позиционируют изделие, когда множество участков изделия проходят через, по меньшей мере, один индуктор;

30 подают электрическую мощность, по меньшей мере, на один индуктор для генерирования магнитного поля для связи с множеством участков изделия;

идентифицируют участок изделия, связанный в настоящее время с магнитным полем;

35 регулируют частоту электрической мощности для идентифицированного участка изделия; и

регулируют величину электрической мощности путем регулирования скважности электрической мощности, когда частота электрической мощности отрегулирована.

10. Способ по п.9, содержащий операцию, на которой регулируют период времени, в течение которого идентифицированный участок изделия связан с магнитным полем.

40 11. Способ по п.9, содержащий операции, на которых регулируют частоту электрической мощности для идентифицированного участка изделия до значения частоты, сохраненного в запоминающем устройстве для идентифицированного участка, и регулируют скважность электрической мощности, требуемую для величины

45 электрической мощности, сохраненной в запоминающем устройстве для идентифицированного участка.  
12. Способ по п.11, содержащий операцию, на которой вычисляют скважность электрической мощности путем деления величины электрической мощности, сохраненной в запоминающем устройстве, на вычисленное значение электрической

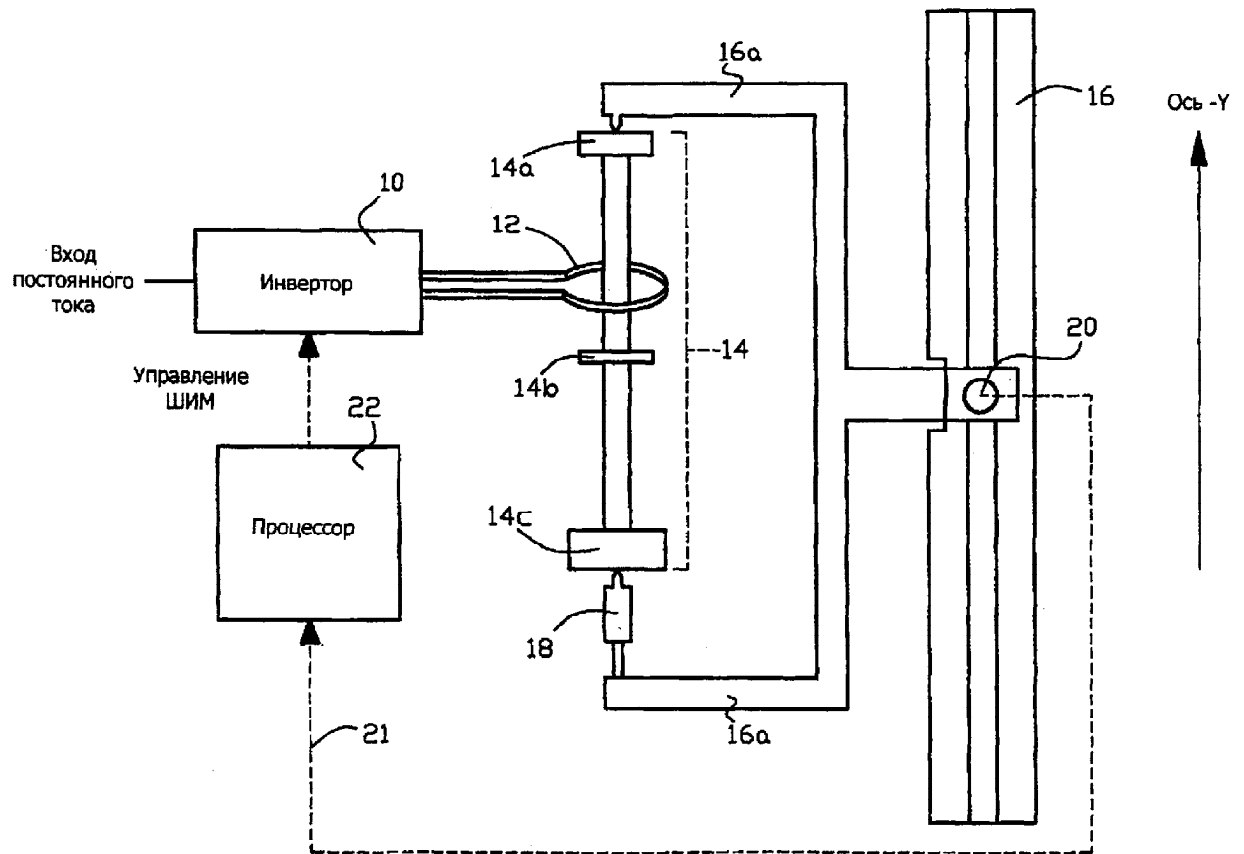
50 мощности со 100%-й скважностью.  
13. Способ по п.10, содержащий операции, на которых регулируют частоту электрической мощности для идентифицированного участка изделия до значения

частоты, сохраненного в запоминающем устройстве для идентифицированного участка; регулируют скажность электрической мощности, требуемую для величины электрической мощности, сохраненной в запоминающем устройстве для идентифицированного участка; и регулируют период времени, в течение которого идентифицированный участок изделия связан с магнитным полем, до значения времени, сохраненного в запоминающем устройстве для идентифицированного участка.

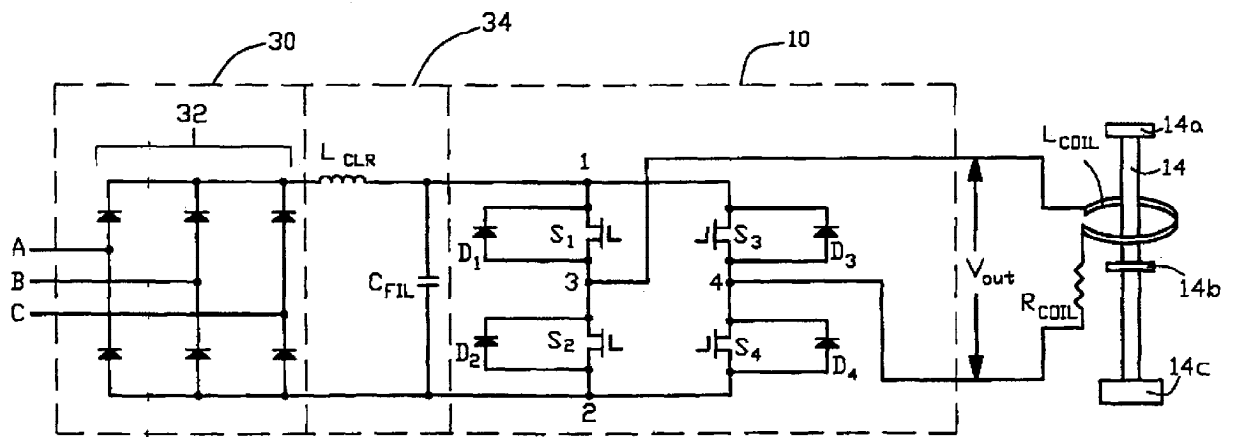
14. Способ по п.13, содержащий операцию, на которой вычисляют скажность электрической мощности путем деления величины электрической мощности, сохраненной в запоминающем устройстве, на вычисленное значение для электрической мощности с 100%-й скажностью.

15. Способ по п.13, содержащий операции, на которых измеряют реальную величину электрической мощности, сравнивают реальную величину электрической мощности с величиной электрической мощности, сохраненной в запоминающем устройстве, и далее регулируют скажность электрической мощности для устранения любого различия между реальной величиной электрической мощности и величиной электрической мощности, сохраненной в запоминающем устройстве.

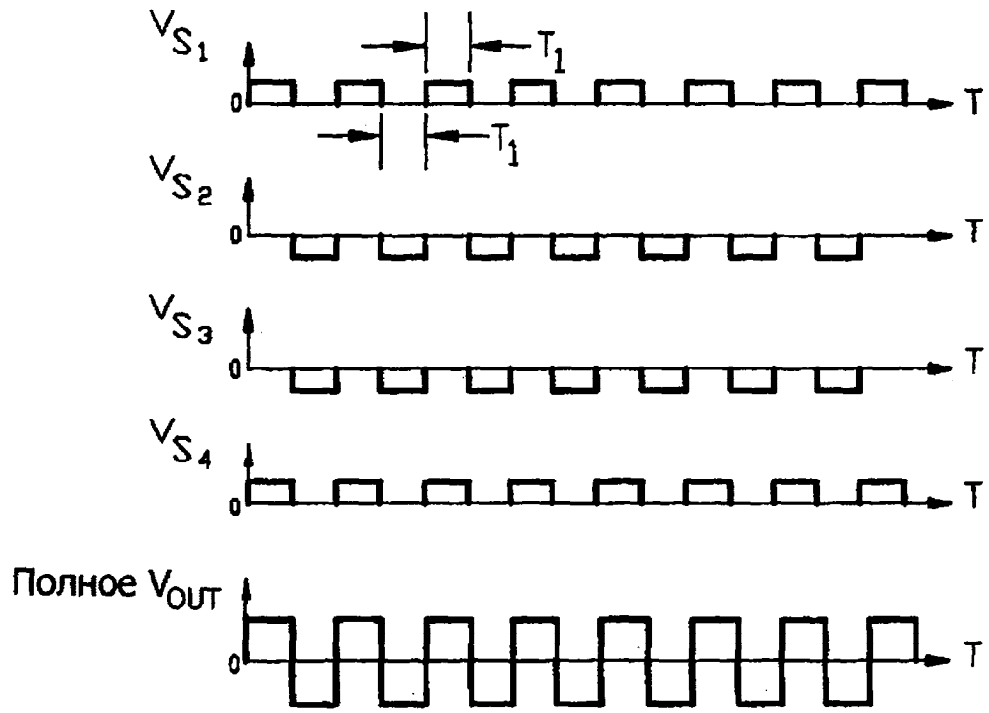
16. Способ по п.15, содержащий операции, на которых измеряют реальный период времени, в течение которого идентифицированный участок изделия связан с магнитным полем, до значения времени, сохраненного в памяти, и продвигают изделие до другого одного из множества участков, когда реальный период времени равен значению времени, сохраненному в памяти.



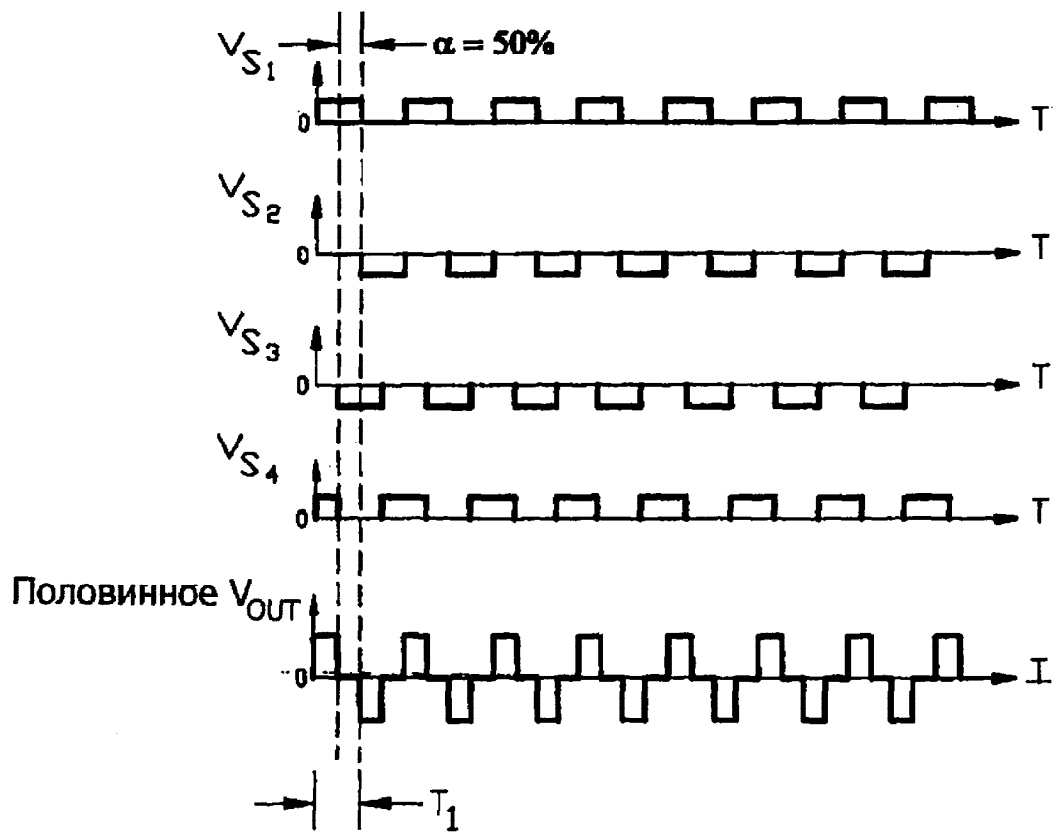
Фиг. 1



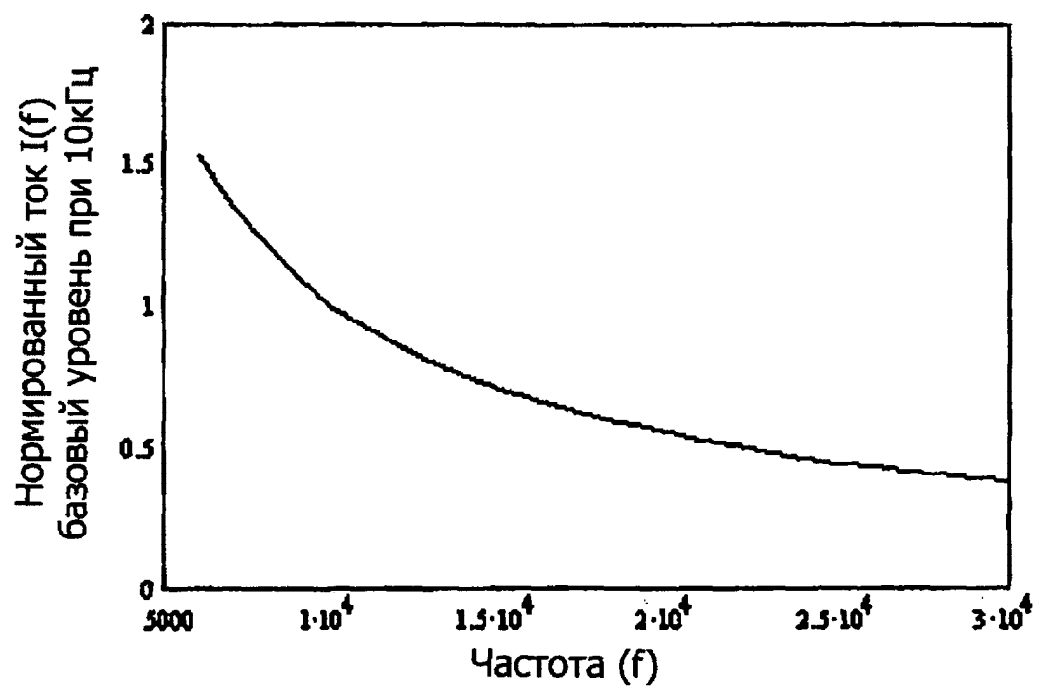
Фиг. 2



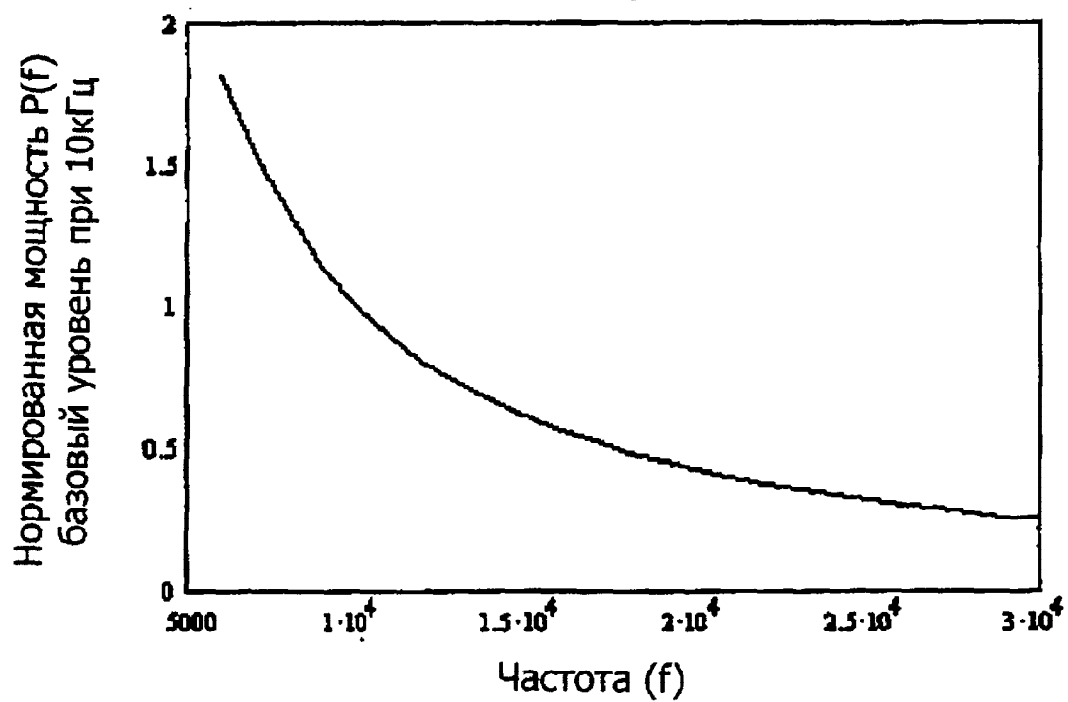
Фиг. 3 (а)



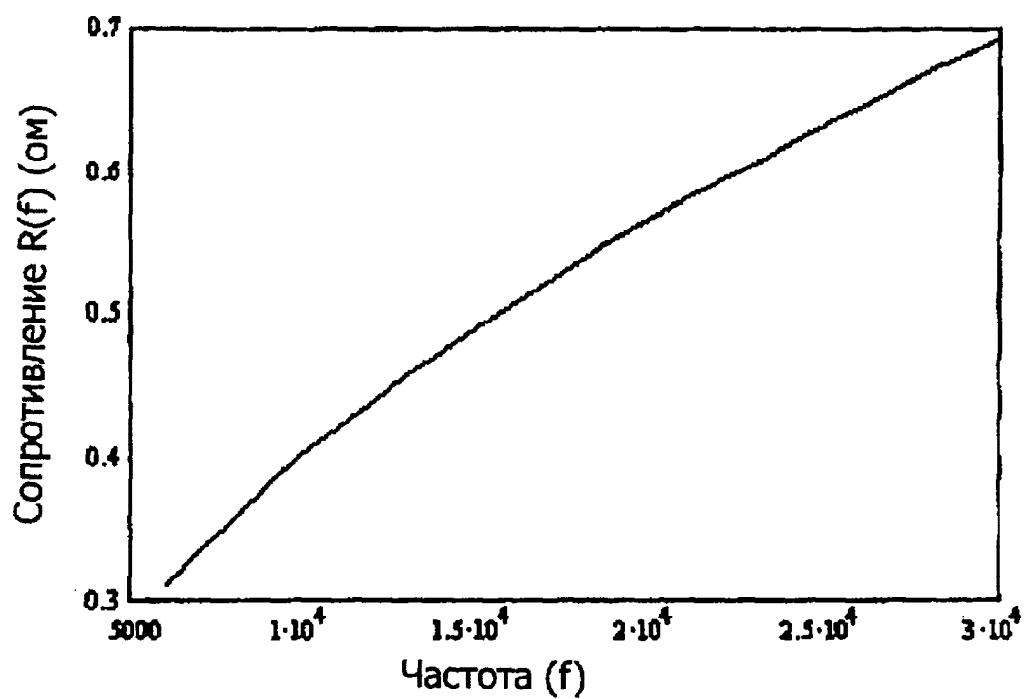
Фиг. 3 (b)



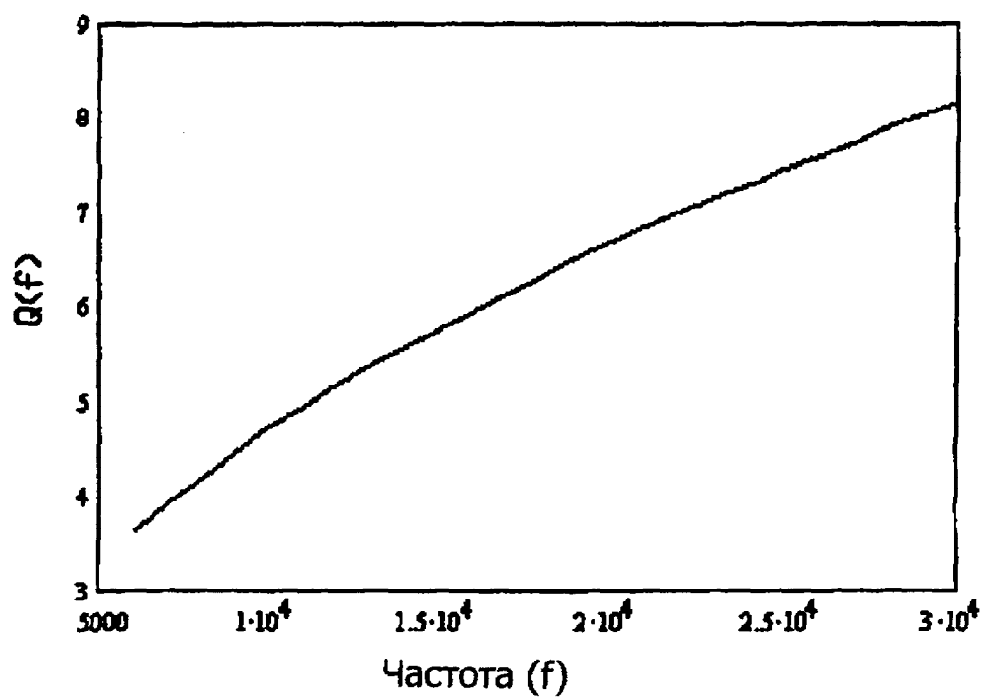
Фиг. 4 (а)



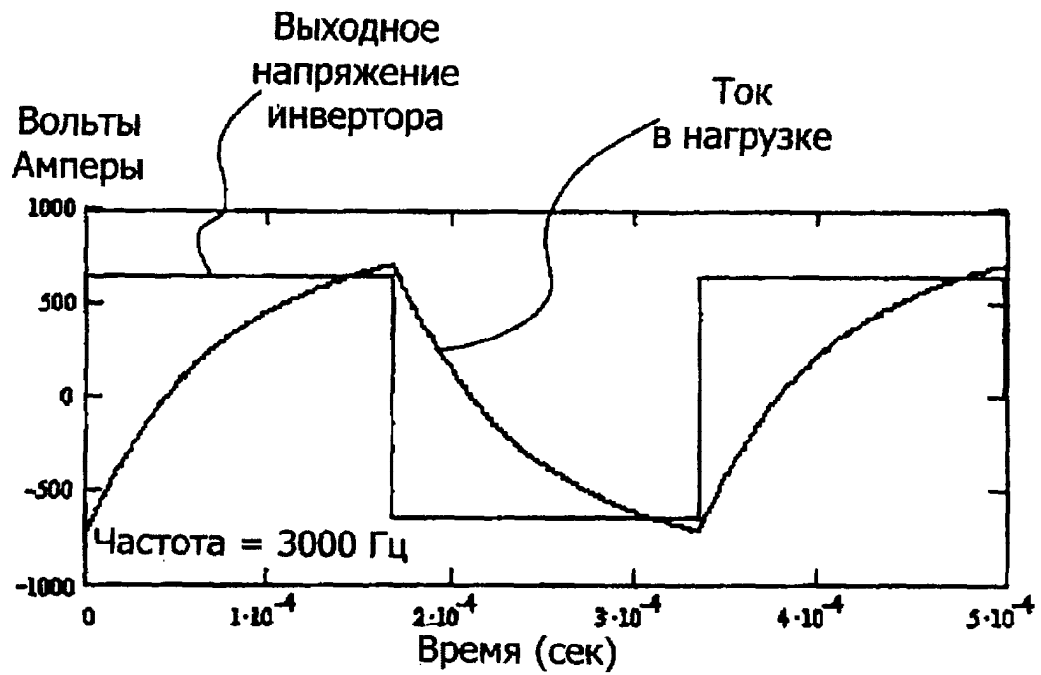
Фиг. 4 (b)



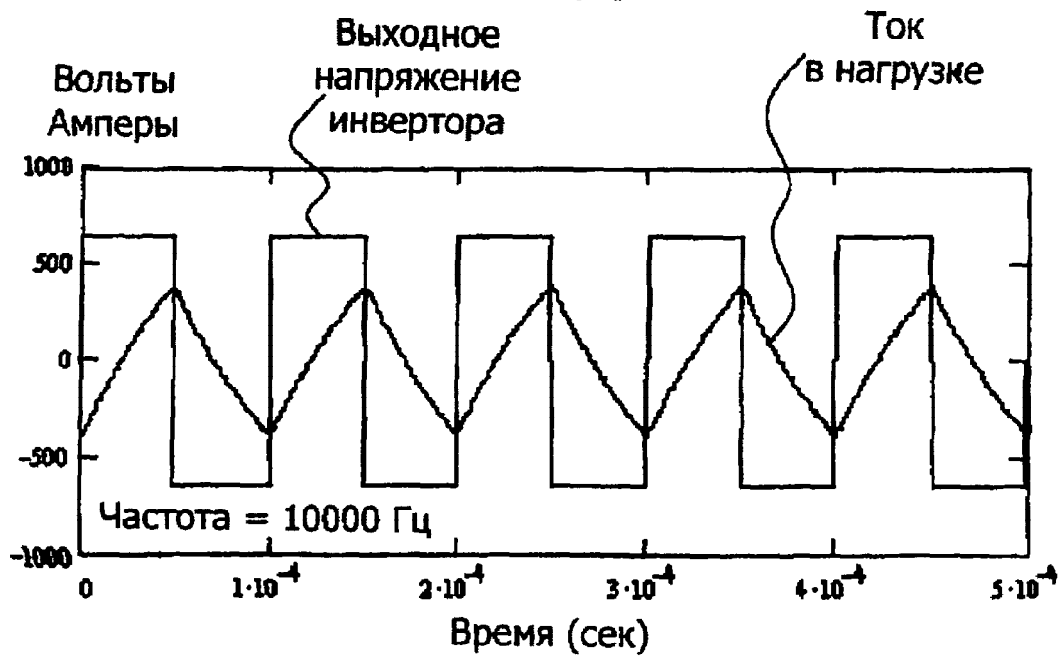
Фиг. 4 (с)



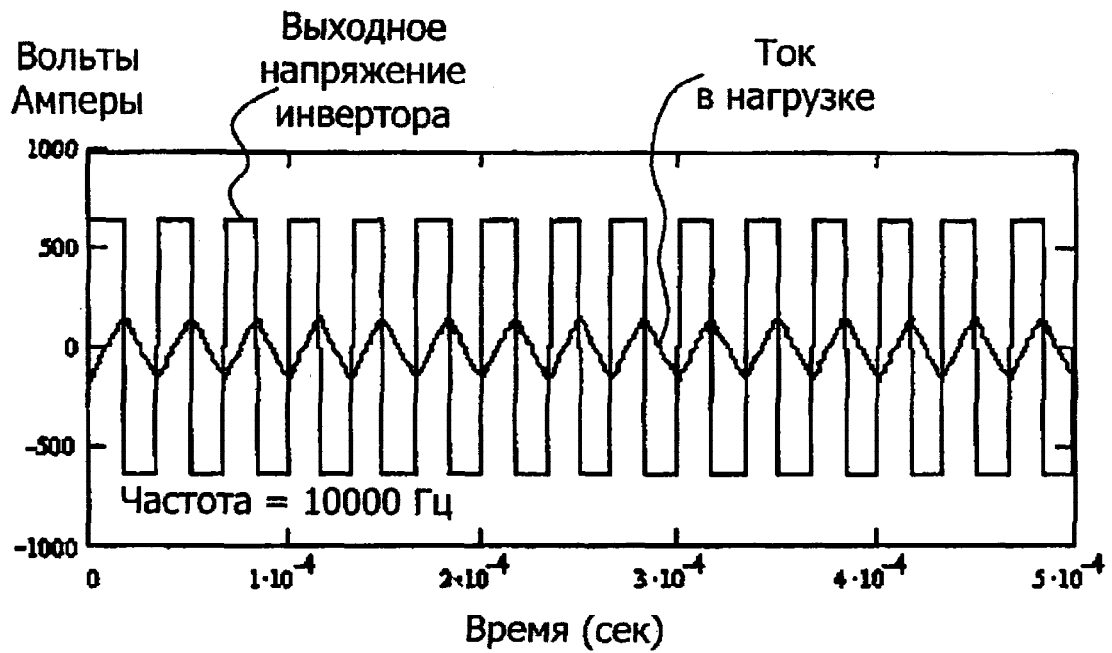
Фиг. 4 (d)



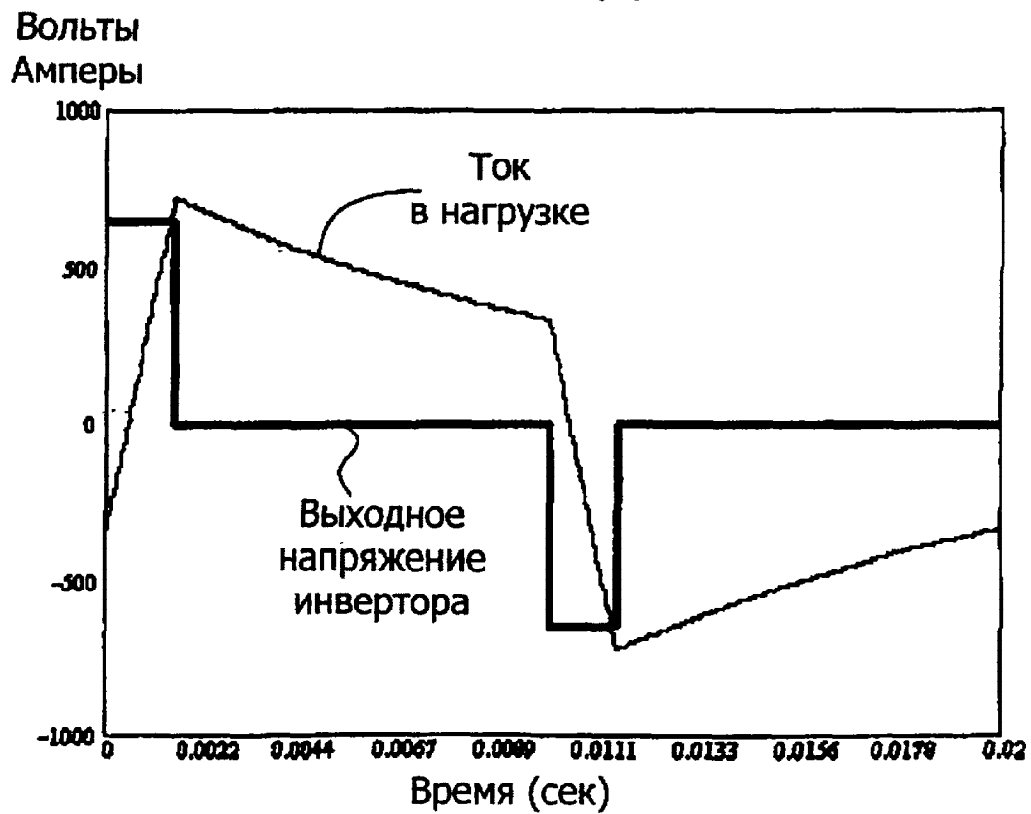
Фиг. 5 (а)



Фиг. 5 (b)



Фиг. 5(с)



Фиг. 6