



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2009120864/09**, 01.06.2009(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.06.2009(45) Опубликовано: **20.09.2010** Бюл. № 26(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2363118 C2**, 27.03.2008. **SU 1319210 A1**,
23.06.1987. **DE 3710085 A1**, 13.10.1988.

Адрес для переписки:
**620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УГТУ-
УПИ, центр интеллектуальной
собственности, Т.В. Маркс**

(72) Автор(ы):

**Лузгин Владислав Игоревич (RU),
Петров Александр Юрьевич (RU),
Черных Илья Викторович (RU),
Шипицын Виктор Васильевич (RU),
Лопатин Иван Евгеньевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

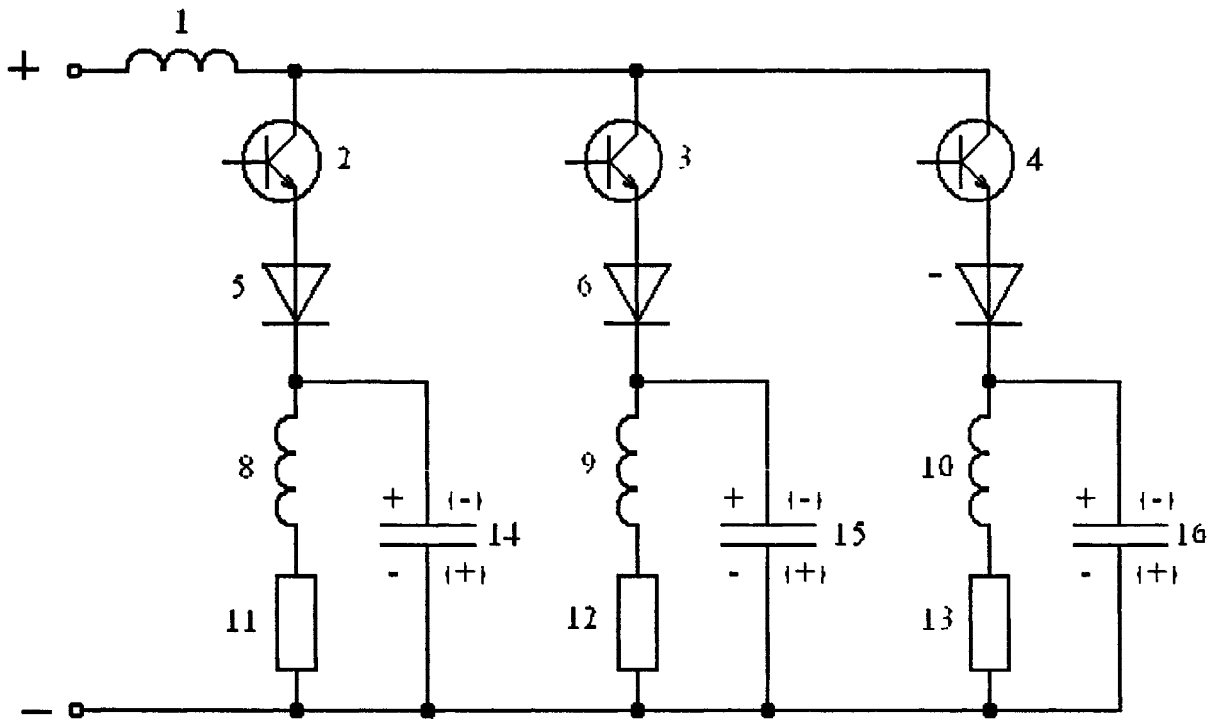
**Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Уральский государственный
технический университет-УПИ имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина"
(RU)**

(54) ТРЕХФАЗНЫЙ С НУЛЕВЫМ ВЫВОДОМ ДВУХЧАСТОТНЫЙ ИНВЕРТОР ТОКА ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

(57) Реферат:

Предлагаемое изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано в установках для индукционного нагрева и плавки металлов. Технический результат заключается в одновременном генерировании высокочастотного и низкочастотного трехфазного электромагнитных полей и упрощении. Трехфазный двухчастотный инвертор тока состоит из входного дросселя и трех однофазных однотактных инверторов, каждый из которых состоит из последовательно соединенных транзистора, диода, однофазной активно-индуктивной нагрузки и компенсирующего конденсатора, при этом все однофазные инверторы первыми выводами транзисторов подсоединены к второму выводу входного дросселя, первый вывод которого соединен с первым полюсом источника постоянного напряжения, а вторыми выводами однофазных активно-индуктивных нагрузок

инверторы подсоединены к второму полюсу источника постоянного напряжения с образованием трехфазной активно-индуктивной нагрузки, включенной по схеме «звезда», при этом все транзисторы включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, диоды включены согласно последовательно с транзисторами, а однофазные активно-индуктивные нагрузки зашунтированы компенсирующими конденсаторами. Трехфазный двухчастотный инвертор тока дополнительно снабжен тремя контурами, каждый из которых состоит из конденсатора и дросселя, при этом в каждом контуре конденсатор включен между диодом и активно-индуктивной нагрузкой, а дроссель включен параллельно цепи, образованной последовательно соединенным упомянутым конденсатором и активно-индуктивной нагрузкой. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
H05B 6/04 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2009120864/09, 01.06.2009**

(24) Effective date for property rights:
01.06.2009

(45) Date of publication: **20.09.2010 Bull. 26**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UGTU-UPI,
tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Luzgin Vladislav Igorevich (RU),
Petrov Aleksandr Jur'evich (RU),
Chernykh Il'ja Viktorovich (RU),
Shipitsyn Viktor Vasil'evich (RU),
Lopatin Ivan Evgen'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet-UPI imeni pervogo Prezidenta Rossii
B.N. El'tsina" (RU)**

**(54) THREE-PHASE DOUBLE-FREQUENCY CURRENT INVERTER WITH ZERO OUTPUT FOR
INDUCTION HEATING**

(57) Abstract:

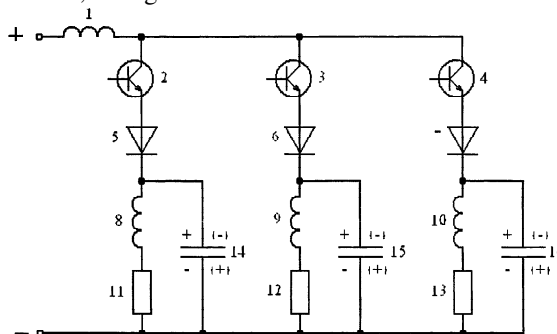
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: three-phase double-frequency current inverter consists of input throttle and three single-phase single-step inverters, every of which comprises serially connected transistor, diode, single-phase active-inductance load and compensating capacitor, at the same time all single-phase inverters with the first outputs of transistors are connected to the second output of input throttle, the first output of which is connected to the first pole of DC voltage source, and with the second outputs of single-phase active-inductance loads, inverters are connected to the second pole of DC voltage source to form three-phase active-inductance load, connected as "star", at the same time all transistors are connected straight relative to polarity of DC voltage source, diodes are connected in accord and serially with transistors, and single-phase active-inductance loads are shunted with compensating capacitors. Three-phase double-frequency current inverter is additionally equipped

with three circuits, every of which consists of capacitor and throttle, at the same time in each circuit capacitor is connected between diode and active-inductance load, and throttle is connected parallel to circuit formed by serially connected mentioned capacitor and active-inductance load.

EFFECT: simultaneous generation of high-frequency and low-frequency three-phase electromagnetic fields and simplification.

2 cl, 2 dwg



RU 2 400 018 C1

RU 2 400 018 C1

Предлагаемое изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано в установках для индукционного нагрева и плавки металлов.

Известно, что при индукционном нагреве и плавке металлов широко применяется параллельный инвертор, который является аналогом предлагаемому изобретению (Приложение 1, Л.1. Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок. Е.И.Беркович и др. - 2-е изд. доп. и перераб. - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1983, стр. 16, рис. 2.1).

Известно, что в одночастотном электромагнитном поле расплавленный металл в нагрузке-индукторе под действием электромагнитных сил движется в нижней части индуктора около стенок снизу вверх, а около оси индуктора - сверху вниз, в верхней же части индуктора металл около стенок индуктора движется сверху вниз, а около оси индуктора - снизу вверх, т.е. создается два контура циркуляции. В результате этого движения происходит перемешивание жидкого металла, что улучшает его качество (Приложение 2. Л.2. Шамов А.Н., Бодажков В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. Изд. 2-е перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, (Ленингр. отд.), 1974, стр.45, рис.22). Однако при двух контурах циркуляции перемешивание металла не эффективно, поэтому для повышения эффективности электромагнитного перемешивания металла целесообразно применение наряду с высокочастотным электромагнитным полем низкочастотного многофазного электромагнитного поля (Л.2). В Л.3 для этого предлагается использовать два генератора - один высокочастотный для индукционного нагрева и плавки металла, а второй низкочастотный трехфазный - для электромагнитного перемешивания этого металла (Л.3. Вайнберг А.М. Индукционные плавильные печи. - М.: Энергия, 1967), что также является аналогом предлагаемому изобретению. Однако это увеличивает установленную мощность нагревательного оборудования и требует в течение электротехнологического процесса плавки металла переключений в силовых цепях, что усложняет нагревательное оборудование.

Таким образом, известные аналоги предлагаемому изобретению не обеспечивают достижение заявленного технического результата - одновременное генерирование высокочастотного и многофазного низкочастотного электромагнитных полей и упрощение. Поэтому в качестве прототипа выбран трехфазный с нулевым выводом инвертор (Приложение 3. Л.4. Чижено И.М., Руденко В.С., Сенько В.И. Основы преобразовательной техники. Учебн. пособие для специальности «Промышленная электроника», М., Высшая школа, 1974, стр.227, рис. 8.4,е). Однако прототип также не обеспечивает достижение заявленного выше упомянутого технического результата.

Таким образом, известные аналоги и известный прототип имеют недостатки, которые заключаются в том, что они не могут генерировать одновременно высокочастотное электромагнитное поле и многофазное низкочастотное электромагнитное поле, либо рекомендуют для этого применение двух генераторов, т.е. они не обеспечивают достижение заявленного технического результата, заключающегося в одновременном генерировании и высокочастотного и многофазного низкочастотного электромагнитных полей и упрощении.

Предлагаемое изобретение решает задачу создания многофазного двухчастотного инвертора тока для индукционного нагрева, осуществление которой позволяет достичь заявленного технического результата, заключающегося в возможности одновременного генерирования высокочастотного и низкочастотного многофазного электромагнитных полей и упрощении.

Сущность предлагаемого изобретения - трехфазного с нулевым выводом

двухчастотного инвертора тока для индукционного нагрева, выполненного по первому варианту, заключается в том, что в инвертор, содержащий источник постоянного напряжения, три управляемых вентиля и три однофазные активно-индуктивные нагрузки, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных
5 одноконтурных инверторов, каждый из которых состоит из управляемого вентиля, последовательно с которым соединена однофазная активно-индуктивная нагрузка, при этом все однофазные одноконтурные инверторы подсоединены к источнику постоянного напряжения с образованием из трех однофазных активно-индуктивных
10 нагрузок трехфазной активно-индуктивной нагрузки, включенной, например, по схеме «звезда», при этом все управляемые вентили заменены полностью управляемыми, например, транзисторами и включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, дополнительно введены входной дроссель, три диода и три компенсирующих конденсатора, при этом входной дроссель
15 включен между первым (положительным) полюсом источника постоянного напряжения и общей точкой первых выводов трех транзисторов, каждый из трех диодов соединен согласно последовательно с одним из трех транзисторов, а каждый компенсирующий конденсатор подсоединен параллельно одной из трех однофазных
20 активно-индуктивных нагрузок.

Сущность предлагаемого изобретения, выполненного по второму варианту, заключается в том, что в инвертор, выполненный по первому варианту, введены три дополнительных конденсатора и три дополнительных дросселя, при этом с вторыми
25 выводами трех диодов соединены первые выводы трех дополнительных конденсаторов, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом к первым выводам трех дополнительных конденсаторов подсоединены первые выводы трех дополнительных дросселей, вторые выводы которых соединены со вторыми выводами трех
30 однофазных активно-индуктивных нагрузок.

Заявленный технический результат - одновременное генерирование высокочастотного и низкочастотного многофазного электромагнитных полей и упрощение (т.к. эти поля генерируются одним инвертором), достигается следующим образом. В каждом однофазном одноконтурном инверторе путем многократного
35 открывания и закрывания транзисторов в первом варианте формируются пакеты высокочастотных импульсов тока, в которых частота высокочастотного электромагнитного поля определяется частотой отпираания и запираания транзисторов, а количество пакетов в единицу времени определяет частоту низкочастотного
40 электромагнитного поля, при этом сдвиг во времени формирования пакетов высокочастотных импульсов тока в разных однофазных инверторах, в данном случае в трех инверторах, обеспечивает многофазное, в данном случае трехфазное низкочастотное электромагнитное поле. Во втором варианте за счет введения контуров из дополнительных конденсаторов и дросселей, собственная частота
45 которых равна частоте низкочастотного электромагнитного поля, это низкочастотное электромагнитное поле усиливается.

Таким образом, заявленный трехфазный с нулевым выводом двухчастотный инвертор тока для индукционного нагрева металлов обеспечивает достижение
50 заявленного технического результата - одновременное генерирование высокочастотного и многофазного низкочастотного электромагнитных полей и упрощение.

На фиг. 1. и 2 приведены соответственно первый и второй варианты предложенных

инверторов тока.

Трехфазный инвертор, приведенный на фиг 1, содержит источник постоянного напряжения, входной дроссель 1, первый 2, второй 3 и третий 4 транзисторы, первый 5, второй 6 и третий 7 диоды, первую 8-11, вторую 9-12 и третью 10-13 однофазные активно-индуктивные нагрузки, а также первый 14, второй 15 и третий 16 компенсирующие конденсаторы, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных одноконтурных инверторов, первого, содержащего элементы 1, 2, 5, 8-11, 14, второго, содержащего элементы 1, 3, 6, 9-12, 15 и третьего, содержащего элементы 1, 4, 7, 10-13, 16, при этом к первому (положительному) полюсу источника постоянного напряжения подсоединен первый вывод входной дроссель 1, второй вывод которого соединен с первыми выводами первого 2, второго 3 и третьего 4 транзисторов, вторые выводы которых соединены с первыми выводами первого 5, второго 6 и третьего 7 диодов, вторые выводы которых соединены с первыми выводами однофазных активно-индуктивных нагрузок 8-11, 9-12 и 10-13, вторые выводы которых соединены с вторым (отрицательным) полюсом источника постоянного напряжения, при этом однофазные активно-индуктивные нагрузки 8-11, 9-12 и 10-13 образуют трехфазную активно-индуктивную нагрузку, включенную по схеме «звезда», транзисторы 2, 3 и 4 включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, диоды 5, 6 и 7 включены согласно-последовательно с транзисторами 2, 3 и 4, а компенсирующие конденсаторы 14, 15 и 16 включены параллельно соответственно однофазным активно-индуктивным нагрузкам 8-11, 9-12 и 10-13.

Инвертор работает следующим образом. Вначале открывается первый транзистор 2 и ток протекает по контуру:

$$\ll + \gg - 1 - 2 - 5 < \begin{matrix} 8-11 \\ 14 \end{matrix} > - \ll - \gg ,$$

при этом компенсирующий конденсатор 14 заряжается до напряжения, полярность которого обозначена знаками +, -. Транзистор 2 находится в открытом состоянии в течение полупериода частоты $0,5 T_{вч}$ высокочастотной составляющей электромагнитного поля, а затем в течение того же полупериода $0,5 T_{вч}$ транзистор 2 находится в закрытом состоянии. Параметры упомянутой цепи 1, 8, 11, 14 подбираются такими, чтобы к концу высокочастотного полупериода $0,5 T_{вч}$ ток через транзистор 2 был равен нулевому значению, а при закрытом состоянии транзистора 2 компенсирующий конденсатор 14 по контуру 14-8-11-14 перезаряжался до напряжения, полярность которого обозначена знаками (-), (+). Затем транзистор 2 вновь открывается и вновь закрывается с той же частотой и т.д. Длительность открытого и закрытого состояний $0,5 T_{вч}$ транзистора 2, а также количество открываний и закрываний n_1 транзистора 2 определяется тремя факторами: во-первых, принятой частотой $f_{вч}$ высокочастотной составляющей электромагнитного поля; во-вторых, принятым соотношением n_2 частот высокочастотной составляющей электромагнитного поля $f_{вч}$ и низкочастотной составляющей электромагнитного поля $f_{нч}$:

$$n_2 = \frac{f_{вч}}{f_{нч}} = \frac{T_{нч}}{T_{вч}} ;$$

в-третьих, принятым алгоритмом генерирования низкочастотной составляющей электромагнитного поля, а именно относительной долей n_3 длительности пачки высокочастотных импульсов тока от длительности периода $T_{нч}$ низкочастотной

составляющей электромагнитного поля, при этом n_3 может изменяться в пределах

$$n_3 = \frac{1}{6} \div \frac{1}{2} .$$

Частота $f_{вч}$ высокочастотной составляющей электромагнитного поля определяется типом металла или сплава и его массой, а частота $f_{нч}$ низкочастотной составляющей электромагнитного поля определяется массой этого металла или сплава. Так, например, если принять $f_{вч}=1000$ Гц, то $T_{вч}=0,001$ С, а $0,5 T_{вч}=0,0005$ С. Если принять $n_2=60$, то $T_{нч}=n_2 T_{вч}=60 \cdot 0,001=0,06$ С. Если принять $n_3 = \frac{1}{3}$, то количество

открываний и закрываний транзистора 2 составит

$$n_1 = \frac{T_{нч}}{T_{вч}} \cdot n_3 = \frac{0,06}{0,001} \cdot \frac{1}{3} = 20.$$

После окончания работы транзистора 2 точно по такому же закону работает транзистор 3, а затем транзистор 4. Таким образом, в трехфазной активно-индуктивной нагрузке 8-11, 9-12, 10-13 формируется трехфазное низкочастотное электромагнитное поле частотой $f_{нч}=16,666$ Гц, что обеспечивает электромагнитное перемешивание металла, при этом в течение каждой 1/3 периода низкой частоты $f_{нч}=16,666$ Гц формируется 20 периодов высокочастотной составляющей электромагнитного поля частотой $f_{вч}=1000$ Гц, что обеспечивает индукционный нагрев металла. Второй вариант трехфазного инвертора тока приведен на фиг. 2 и содержит кроме элементов первого варианта, приведенного на фиг. 1, три дополнительных конденсатора 17, 18 и 19, а также три дополнительных дросселя 20, 21 и 22, при этом с вторыми выводами трех диодов 5, 6 и 7 соединены первые выводы трех дополнительных конденсаторов 17, 18, и 19, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок 8-11, 9-12 и 10-13, при этом к первым выводам трех дополнительных конденсаторов 17, 18 и 19 подсоединены первые выводы трех дополнительных дросселей 20, 21 и 22, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок 8-11, 9-12 и 10-13. Алгоритм работы транзисторов 2, 3 и 4 трехфазного инвертора, выполненного по второму варианту, полностью совпадает с алгоритмом работы этих же транзисторов 2, 3 и 4 трехфазного инвертора, выполненного по первому варианту (фиг.1). Однако дополнительные контуры 17-20, 18-21 и 19-22, собственная частота которых совпадает с частотой $f_{нч}$ низкочастотной составляющей электромагнитного поля, усиливают эту низкочастотную составляющую. Так, например, при работе транзистора 2 наряду с высокочастотной составляющей тока, пути протекания которого рассмотрены выше, протекает низкочастотный ток по контуру:

$$17 - 20 \cdot < \frac{11 - 8}{14} > 17.$$

Аналогично протекают низкочастотные токи при работе транзистора 3 по контуру

$$18 - 21 < \frac{12 - 9}{15} > 18$$

и при работе транзистора 4 по контуру

$$19 - 22 < \frac{13 - 10}{16} > 19.$$

Все упомянутые низкочастотные токи, т.е. пачки высокочастотных импульсов тока

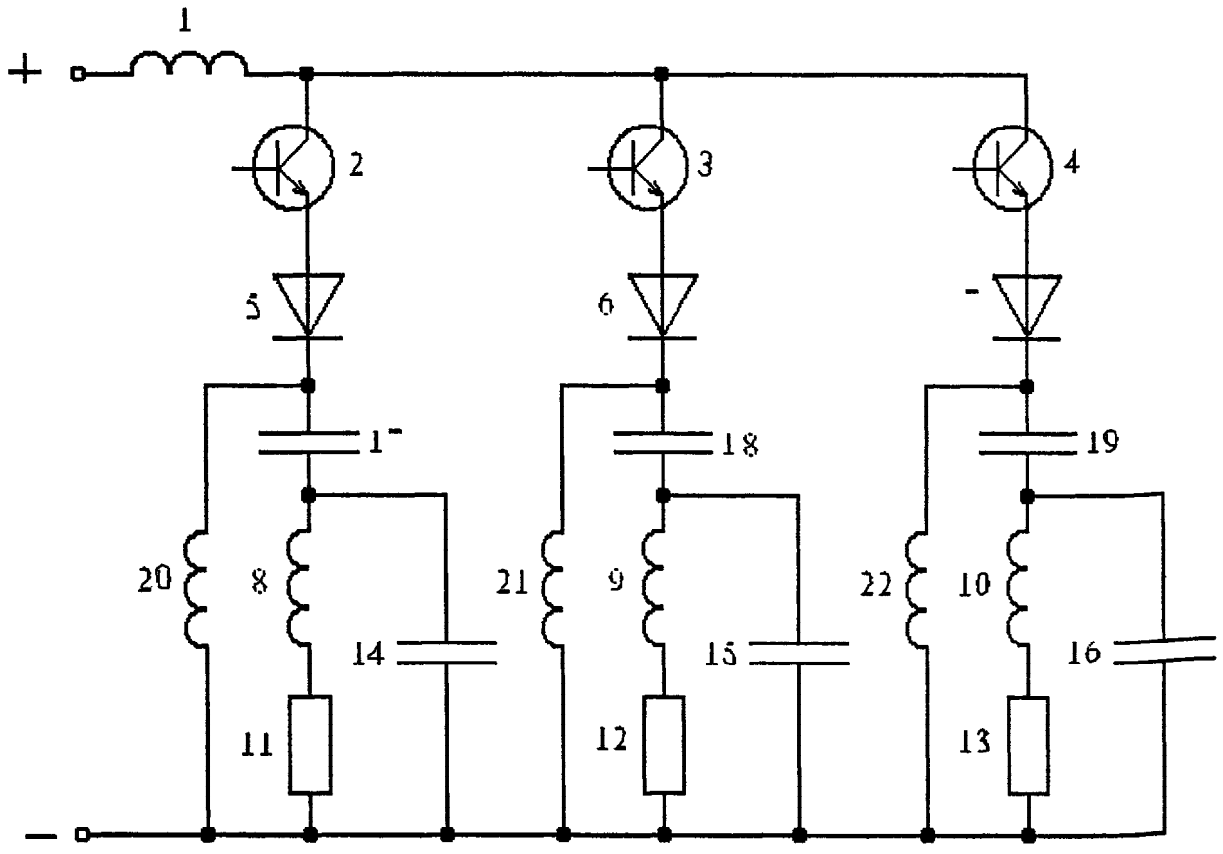
сдвинуты относительно друг друга на 120° эл. по низкой частоте, т.е. они образуют трехфазное низкочастотное электромагнитное поле. Таким образом, в соответствии с заявленным техническим результатом в каждой из однофазных активно-индуктивных нагрузок 8-11, 9-12 и 10-13 формируется обеспечивающее интенсивное плавление металла высокочастотное электромагнитное поле при неоднократном открывании и закрывании соответствующего транзистора с частотой $f_{вч}$, а именно при работе транзистора 2 в обмотке 8-11, при работе транзистора 3 в обмотке 9-12 и при работе транзистора 4 в обмотке 10-13, и одновременно во всех трех обмотках 8-11, 9-12 и 10-13 формируется трехфазное низкочастотное электромагнитное поле с частотой $f_{нч}$, которое обеспечивает эффективное электромагнитное перемешивание расплавленного металла, т.к. создает один контур циркуляции этого металла по всей высоте плавильной печи.

В заключение следует заметить: при изменении полярности источника постоянного напряжения изменяется направление включения транзисторов и диодов; транзисторы и диоды могут быть снабжены известными защитными демпфирующими цепями; трехфазная активно-индуктивная нагрузка может быть включена по схеме «звезда» или «треугольник»; количество фаз низкочастотного электромагнитного поля может изменяться в пределах $m=2, 3, 4 \dots$ и т.д.

Формула изобретения

1. Трехфазный с нулевым выводом двухчастотный инвертор тока для индукционного нагрева, содержащий источник постоянного напряжения, три управляемых вентиля и три однофазных активно-индуктивных нагрузки, при этом трехфазный инвертор состоит из трех однофазных однотактных инверторов, каждый из которых состоит из управляемого вентиля, последовательно с которым соединена однофазная активно-индуктивная нагрузка, при этом первые выводы трех управляемых вентилях подсоединены к первому полюсу источника постоянного напряжения, а вторые выводы трех однофазных активно-индуктивных нагрузок соединены с вторым полюсом источника постоянного напряжения, при этом все управляемые вентили включены в прямом направлении по отношению к полярности источника постоянного напряжения, отличающийся тем, что в качестве управляемых вентилях применены транзисторы, а также дополнительно введены входной дроссель, три диода и три компенсирующих конденсатора, при этом входной дроссель включен между первым полюсом источника постоянного напряжения и общей точкой первых выводов трех транзисторов, каждый из трех диодов соединен согласно последовательно с одним из трех транзисторов, а каждый компенсирующий конденсатор подсоединен параллельно одной из трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.

2. Инвертор по п.1, отличающийся тем, что дополнительно введены три конденсатора и три дросселя, при этом с вторыми выводами трех диодов соединены первые выводы трех конденсаторов, вторые выводы которых соединены с первыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок, при этом к первым выводам трех конденсаторов подсоединены первые выводы трех дросселей, вторые выводы которых соединены с вторыми выводами трех однофазных активно-индуктивных нагрузок.



Фиг. 2



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **02.06.2011**

Дата публикации: **27.03.2012**

RU 2 4 0 0 0 1 8 C 1

RU 2 4 0 0 0 1 8 C 1