



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 007 016** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁵ **H 02 M 7/538**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 5028244/07, 08.07.1991

(46) Дата публикации: 30.01.1994

(71) Заявитель:

Научно-производственное объединение
"Композит"

(72) Изобретатель: Сенкевич А.К.,
Алешин А.Ф.

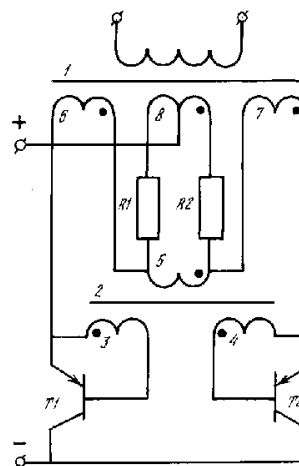
(73) Патентообладатель:

Научно-производственное объединение
"Композит"

(54) ИНВЕРТОР

(57) Реферат:

Использование: во вторичных источниках электропитания, в частности для питания радиоэлектронной аппаратуры от бортовых источников энергии, например аккумуляторной батареи. Сущность изобретения: инвертор содержит ненасыщающийся силовой трансформатор 1, два транзистора и переключающий трансформатор 2, вторичные обмотки 3, 4 которого подключены к эмиттерным переходам транзисторов. Первичная обмотка 5 переключающего трансформатора 2 включена между первичными полуобмотками 6, 7 силового трансформатора и одновременно через низкоомные резисторы подключена к обмотке обратной связи силового трансформатора 1. В устройстве реализуется автоматически изменяемая задержка открывания очередного транзистора и автоматическое симметрирование режима перемagnичивания магнитопровода силового трансформатора 1. 1 ил.



RU 2 007 016 C1

RU 2 007 016 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 007 016** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁵ **H 02 M 7/538**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5028244/07, 08.07.1991

(46) Date of publication: 30.01.1994

(71) Applicant:
NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE
OB"EDINENIE "KOMPOZIT"

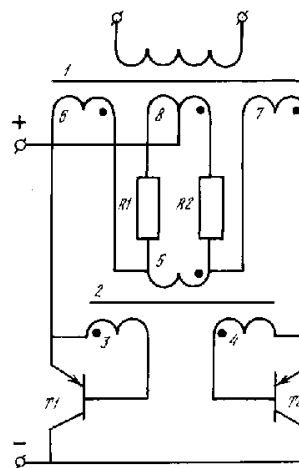
(72) Inventor: SENKEVICH A.K.,
ALESHIN A.F.

(73) Proprietor:
NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE
OB"EDINENIE "KOMPOZIT"

(54) **INVERTER**

(57) Abstract:

FIELD: electric energy conversion.
SUBSTANCE: inverter has nonsaturating power transformer 1, two transistors and change-over transformer 2 which secondary windings 3, 4 are connected to emitter junctions of transistors. Primary winding 5 of change-over transformer 2 is connected between primary semi-windings 6, 7 of power transformer and to feedback winding of power transformer 1 via low-resistance resistors. Automatically changed delay of unblanking of due transistor and automatic balancing of mode of remagnetization of magnetic core of transformer is realized in inverter. EFFECT: improved operational characteristics of inverter. 1 dwg



RU 2 007 016 C1

RU 2 007 016 C1

Изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано во вторичных источниках электропитания, в частности для питания радиоэлектронной аппаратуры от бортовых источников энергии, например аккумуляторной батареи.

Известен инвертор, содержащий ненасыщающийся силовой трансформатор, два транзистора и переключающий трансформатор тока, вторичные обмотки которого подключены к эмиттерным переходам транзисторов. Основными недостатками инвертора являются: большая критичность к технологическим разбросам параметров транзисторов инвертора и выпрямительных диодов нагрузки, прямая зависимость длительности периода генерации от напряжения питания, большие коммутационные перегрузки, а также неработоспособность в режиме холостого хода и при малых нагрузках [1].

В качестве прототипа выбран инвертор, содержащий ненасыщающийся силовой трансформатор, два транзистора и переключающий трансформатор, вторичные обмотки которого подключены к эмиттерным переходам транзисторов через резисторы, а первичная обмотка через резистор подключена к дополнительной обмотке (обмотке связи) силового трансформатора, при этом коллекторы транзисторов подключены к крайним выводам первичных полуобмоток силового трансформатора, вывод нулевой точки которых подключен к положительной входной клемме инвертора, а эмиттеры транзисторов объединены и подключены к отрицательной клемме [2].

Главными недостатками данной схемы являются малый КПД, обусловленный большими потерями на управление и коммутационными перегрузками, и сами коммутационные перегрузки.

Недостатком схемы является также большая чувствительность к технологическим разбросам параметров транзисторов инвертора и выпрямительных диодов нагрузки. Эти разбросы приводят к несимметрии схемы в смежных полупериодах ее работы и к подмагничиванию магнитопровода силового трансформатора постоянным током, а это влечет появление дополнительных коммутационных перегрузок транзисторов. К недостаткам прототипа также следует отнести невозможность крепления транзисторов на общем радиаторе и корпусе инвертора без использования диэлектрических прокладок, что ухудшает его массогабаритные характеристики.

Цель изобретения - повышение КПД, уменьшение коммутационных перегрузок и улучшение массогабаритных характеристик.

Поставленная цель достигается тем, что в инверторе, содержащем ненасыщающийся силовой трансформатор, два транзистора и переключающий трансформатор, вторичные обмотки которого подключены к эмиттерным переходам транзисторов, первичная обмотка переключающего трансформатора включена между первичными полуобмотками силового трансформатора и одновременно через дополнительные введенные низкоомные резисторы подключена к обмотке связи силового трансформатора, при этом последняя выполнена с выводом нулевой

точки, который подключен к первой входной клемме инвертора, коллекторы транзисторов объединены и подключены к второй входной клемме, а эмиттеры подключены к крайним выводам первичных полуобмоток силового трансформатора.

Проведенный анализ существенных признаков предложенного технического решения по источникам научно-технической и патентной информации показал, что данное предложение соответствует критерию "существенные отличия".

На чертеже представлена принципиальная схема заявляемого инвертора.

Инвертор содержит ненасыщающийся силовой трансформатор (СТ) 1, два транзистора T_1 , T_2 , переключающий трансформатор (ПТ) 2 и два низкоомных резистора R_1 , R_2 . Вторичные обмотки 3 и 4 ПТ 2 подключены к эмиттерным переходам транзисторов T_1 , T_2 . Первичная обмотка 5 ПТ 2 включена между первичными полуобмотками 6 и 7 СТ 1 и одновременно через резисторы R_1 , R_2 подключена к обмотке связи 8 СТ 1, вывод нулевой точки которой подключен к входной клемме "+" инвертора. Коллекторы транзисторов T_1 , T_2 объединены и подключены к входной клемме "-", а эмиттеры подключены к крайним выводам первичных полуобмоток 6 и 7 СТ 1.

Инвертор работает следующим образом.

Пусть в исходном (первом) полупериоде транзистор T_1 открыт и насыщен, а транзистор T_2 закрыт. При этом в первичной полуобмотке 6 СТ протекает приведенный ток нагрузки I_1 и его ток намагничивания I_{M1} , а ток I_2 в первичной обмотке 5 ПТ равен

$$I_{21} = [(I_{11} + I_{M1}) R_1 + V_c - V_{BT1}/n] / (R_1 + R_2), \quad (1) \quad \text{где } I_{21}, I_{11} - \text{значения } I_2, I_1 \text{ в первом полупериоде;}$$

V_c - напряжение обмотки связи, через V_{BT1} обозначено $U_{BЭнас}$ транзистора T_1 , n - коэффициент трансформации ПТ.

Напряжение V_{BT1} эмиттерного перехода открытого транзистора T_1 прикладывается вследствие трансформации с обратной полярностью к эмиттерному переходу транзистора T_2 и удерживает его в закрытом состоянии.

Ток базы I_B насыщенного транзистора связан с I_2 соотношением

$$I_B = (I_2 - I_{M2})/n, \quad (2) \quad \text{где } I_{M2} - \text{ток намагничивания ПТ.}$$

Для обеспечения насыщенного состояния транзистора должно выполняться условие $I_B > (I_1 + I_{M1})/\beta$, (3) где через β обозначен $h_{21э}$.

Подставив (2) в (3), получаем условие автогенерации

$$I_2 > (I_1 + I_{M1}) n/\beta + I_{M2}, \quad (4)$$

При насыщении магнитопровода ПТ происходит резкое увеличение тока намагничивания I_{M2} , условие (4) нарушается и наступает лавинообразный процесс переключения транзисторов и смены полярностей напряжений обмоток трансформаторов.

На втором полупериоде работы инвертора транзистор T_1 закрыт, а T_2 открыт и насыщен. При этом соотношение (1) принимает вид

$$I_{22} = [(I_{12} + I_{M1}) R_2 + V_c -$$

$$- V_{BT2}/n / (R_1 + R_2), (5)$$

Из сравнения формулы (1) с формулой (5) видно, что изменяя отношение R_1/R_2 , можно получать различные значения I_2 , а следовательно и I_B в смежных полупериодах и таким образом компенсировать технологические разбросы параметров транзисторов и диодов нагрузки.

В прототипе такая возможность отсутствует, поскольку для него справедливо соотношение (не поддающееся регулировке)

$I_B = [(V_c - (2 \dots 4) V_B/n/R_c - I_{M2}) / n], (6)$ где R_c - сопротивление резистора, через который первичная обмотка ПТ подключена к обмотке связи СТ.

Для упрощения последующих выводов положим $I_{11} = I_{12} = I_1, R_1 = R_2 = R, V_{BT1} = V_{BT2} = V_B$. Тогда из выражений (1), (2) и (5) можно получить следующее соотношение для тока базы:

$$I_B = \{ [(I_1 + I_{M1}) + (V_c - V_B/n)/R] / 2 - I_{M2} \} / n. (7)$$

Сравнивая выражения (7) и (6), можно видеть, что в отличие от прототипа в предложенном инверторе в выражении для I_B присутствует член $I_1/2 \cdot n$, пропорциональный току нагрузки, который при надлежащем выборе коэффициента трансформации ПТ может обеспечить выполнение условия автогенерации при больших токах нагрузки, когда

$$I_1 + I_{M1} \gg (V_c - V_B/n)/R - 2 \cdot I_{M2}.$$

Считая $(V_c - V_B/n)/R - 2 \cdot I_{M2} = 0$, из выражений (7) и (3) находим предельное значение n , обеспечивающее автогенерацию $n <= \beta/2. (8)$

Приравняв $I_1 = 0$, из выражений (3) и (7) находим условие автогенерации в режиме холостого хода

$$(V_c - V_B/n)/2 R \geq I_{M2} + I_{M1} \cdot (n/\beta - 1/2). (9)$$

При выполнении условия (8), имеем

$$R <= (V_c - V_B/n)/2 \cdot I_{M2}. (10)$$

Мощность связи P_c по напряжению $(V_c - V_B/n)$, потребляемую от обмотки связи СТ, мощность потерь P_R в резисторах R_1, R_2 и полную потребляемую мощность P можно найти по формулам

$$P_c = (V_c - V_B/n)^2/2 \cdot R, P_R = I_1^2 \cdot R/2;$$

$P = I_1 \cdot V_p, (11)$ где V_p - напряжение питания инвертора.

Как видно из формул (11), при уменьшении R мощность потерь P_R падает, а мощность связи P_c возрастает.

Следует отметить, что в этом случае реализуются автоматически изменяемая задержка открывания очередного транзистора и автоматическое симметрирование режима перемагничивания магнитопровода СТ. Это является очень важным достоинством предложенного инвертора, поскольку в сочетании с компенсацией технологических разбросов практически полностью устраняются коммутационные перегрузки и сводятся к минимуму динамические потери.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ИНВЕРТОРА. Допустим напряжение питания инвертора $V_p = 12,6$ В, приведенный ток нагрузки $I_1 = 10$ А и период генерации $T_p = 10^{-4}$.

Выбираем как наиболее подходящий

транзистор 1Т806 с параметрами: $U_{БЭнас} = 0,4$ В, $U_{КЭнас} = 0,4$ В, $h_{21э} = 8$.

На основе справочных данных выбираем для СТ типоразмер сердечника К28х16х9 из феррита марки М2000НМ1. Поэтому имеем следующие параметры сердечника: сечение $S = 54 \cdot 10^{-6}$, индукция насыщения $B_s = 0,36$.

С учетом изменений температуры и напряжения питания принимаем $B_s = 0,25$ и по известной формуле

$$\omega = V_w \cdot T_p/4 \cdot S \cdot B_s, \text{ где } \omega, V_w - \text{ число}$$

витков и напряжение первичной обмотки трансформатора, находим число витков первичной полуобмотки СТ

$$\omega_1 = 12 \cdot 10^{-4}/4 \cdot 54 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25 = 22.$$

Принимаем $\omega_1 = 36$.

На основе опытных данных выбираем для ПТ сердечник К10х6х4,5 из феррита М2000НМ1 с параметрами: $S = 9 \cdot 10^{-6}$, $I_c = 25 \cdot 10^{-3}$, $H_c = 16$ А/м.

Находим число витков базовой обмотки ПТ

$$\omega_B = 0,4 \cdot 10^{-4}/4 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25 > 4.$$

Принимаем $\omega_B = 4$.

В соответствии с формулой (8) имеем $n = 8/2 = 4$, а число витков первичной обмотки ПТ $\omega_2 = \omega_B/n = 1$.

Находим ток намагничивания ПТ

$$I_{M2} = H_c \cdot l/\omega_2 = 16 \cdot 25 \cdot 10^{-3}/1 = 0,4 \text{ А.}$$

Принимаем число витков обмотки связи СТ $\omega_c = 1$. Тогда $V_c = 0,3$ В.

Вычисляем по соотношению (10) значение R

$$R = (V_c - V_B/n)/2 \cdot I_{M2} = (0,3 - 0,4/4)/2 \cdot 0,4 = 0,25 \text{ Ом.}$$

Принимаем $R = 0,1$ Ом.

Вычисляем мощность связи по напряжению

$$P_c = (V_c - V_B/n)^2/2 \cdot R = (0,3 - 0,4/4)^2/2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ Вт.}$$

Вычисляем мощность потерь при максимальном токе нагрузки

$$P_R = I_1^2 \cdot R/2 = 10^2 \cdot 0,1/2 = 5 \text{ Вт.}$$

При этом потребляемая мощность $P = V_p \cdot I_1 = 12 \cdot 10 = 120$ Вт.

Таким образом КПД заявляемого инвертора превышает 95%.

В прототипе, как видно из формулы (6), отсутствует связь тока базы с током нагрузки. Поэтому мощность связи по напряжению задают в расчете на максимально возможный ток нагрузки. При этом $P_c > P_R$, и составляет 5...10% от P . Поэтому КПД прототипа на номинальной нагрузке не превышает 80...85%. Поскольку P_c и P_R в прототипе не зависят от тока нагрузки, при уменьшении последнего КПД еще более ухудшается. Так, например, при уменьшении тока нагрузки в два раза КПД прототипа падает до 60...70% и менее.

Для сравнения вычислим аналогичные величины при уменьшении тока нагрузки в два раза в заявляемом инверторе, т. е. при $I_1 = 5$ А.

Вычисляем мощность потерь

$$P_R = I_1^2 \cdot R/2 = 5^2 \cdot 0,1/2 = 1,25 \text{ Вт.}$$

При этом потребляемая мощность $P = V_p \cdot I_1 = 12 \cdot 5 = 60$ Вт, а мощность связи по напряжению сохраняет прежнее значение - 0,2 Вт.

Таким образом, КПД предложенного инвертора превышает 95% и при уменьшении тока нагрузки.

В описываемом инверторе реализуются автоматически изменяемая задержка открывания очередного транзистора и автоматическое симметрирование режима перемагничивания магнитопровода СТ, что в сочетании с компенсацией технологических разбросов практически полностью устраняет коммутационные перегрузки.

Указанные преимущества инвертора по сравнению с прототипом были подтверждены при испытаниях опытного образца инвертора в составе источника питания радиоэлектронной аппаратуры от аккумуляторной батареи автомобиля.

Уменьшение мощности потерь, устранение коммутационных перегрузок и повышение КПД с 65 до 95% позволило применить в источнике транзисторы и трансформаторы меньшей мощности. Подключение коллекторов транзисторов к общей для источника питания и автомобиля минусовой шине обеспечило возможность использовать в качестве радиаторов транзисторов элементы конструкции аппаратуры. Все это позволило уменьшить габариты и массу источника более чем в 3 раза. (56) Ромаш Э. М., Драбович Ю. И., Юрченко Н. Н. и

Шевченко П. Н. Высоочастотные транзисторные преобразователи, М.: Радио и связь, 1988, с. 119, рис. 4.226.

Ромаш Э. М., Драбович Ю. И., Юрченко Н. Н. и Шевченко П. Н. Высоочастотные транзисторные преобразователи, М.: Радио и связь, 1988, с. 103, рис. 4.9а.

Формула изобретения:

ИНВЕРТОР, содержащий

ненасыщающийся силовой трансформатор с первичными полуобмотками и обмоткой обратной связи, два транзистора и переключающий трансформатор, вторичные обмотки которого подключены к база-эмиттерным переходам транзисторов, отличающийся тем, что первичная обмотка переключающего трансформатора включена между первичными полуобмотками силового трансформатора и одновременно через введенные низкоомные резисторы подключена к обмотке обратной связи силового трансформатора, при этом последняя выполнена с выводом нулевой точки, который подключен к первому входному выводу, коллекторы транзисторов объединены и подключены к второму входному выводу, а эмиттеры подключены к крайним выводам первичных полуобмоток силового трансформатора.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60