



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012144109/08, 17.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.10.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.10.2012

(45) Опубликовано: 27.05.2014 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 84649 U1, 10.07.2009. SU 1598114
A1, 07.10.1990. CN 102447494 A, 09.05.2012. US
4609879 A, 20.09.1986

Адрес для переписки:

109456, Москва, 1 Вешняковский пр-д, 2, ГНУ
ВИЭСХ Россельхозакадемии, патентный отдел,
О.В. Голубевой

(72) Автор(ы):

Стребков Дмитрий Семенович (RU),
Каторгин Рудольф Клавдиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

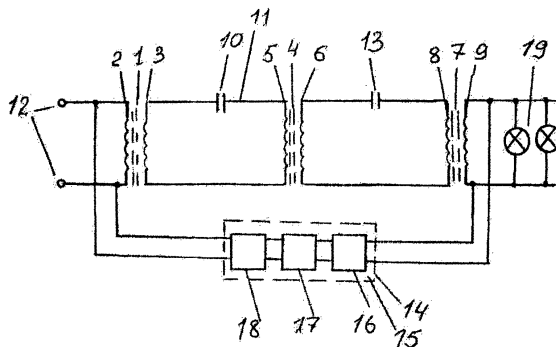
Стребков Дмитрий Семенович (RU),
Каторгин Рудольф Клавдиевич (RU),
Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт электрификации сельского
хозяйства Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИЭСХ
Россельхозакадемии) (RU)

(54) РЕЗОНАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, в частности к резонансным преобразователям электрической энергии на основе резонансных усилителей мощности. Технический результат заключается в увеличении коэффициента усиления резонансного преобразователя до 2-10 и стабилизации величины коэффициента усиления при изменении нагрузки и частоты. Резонансный усилитель мощности содержит входной трансформатор, n каскадов усиления из n

понижающих силовых трансформаторов, соединенных между собой с помощью n последовательных резонансных контуров, где $n = 2, 3, \dots, m$, и устройство обратной связи, обеспечивающее однонаправленное движение электрической энергии от вторичной обмотки последнего силового трансформатора к первичной обмотке входного трансформатора. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 517 378** (13) **C1**

(51) Int. Cl.
H03F 3/20 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012144109/08, 17.10.2012

(24) Effective date for property rights:
17.10.2012

Priority:

(22) Date of filing: 17.10.2012

(45) Date of publication: 27.05.2014 Bull. № 15

Mail address:

109456, Moskva, 1 Veshnjakovskij pr-d, 2, GNU
VIEhSKh Rossel'khozakademii, patentnyj otdel,
O.V. Golubevoj

(72) Inventor(s):

Strebkov Dmitrij Semenovich (RU),
Katorgin Rudolf Klavdievich (RU)

(73) Proprietor(s):

Strebkov Dmitrij Semenovich (RU),
Katorgin Rudolf Klavdievich (RU),
Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie
Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut
ehlektrifikatsii sel'skogo khoz'jajstva Rossijskoj
akademii sel'skokhoz'jajstvennykh nauk (GNU
VIEhSKh Rossel'khozakademii) (RU)

(54) **RESONANCE POWER AMPLIFIER**

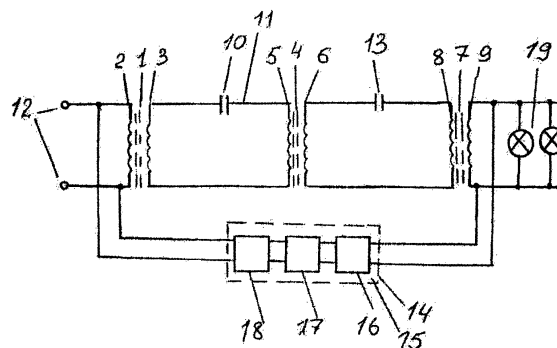
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: resonance power amplifier contains an input transformer, n amplifying cascades from n step-down power transformers interconnected by means of n in-series resonance circuits where $n=2, 3, \dots, m$, and a feedback device providing unidirectional motion of electric energy from the secondary winding of the last power transformer to the primary winding of the input transformer.

EFFECT: improvement in amplification coefficient of the resonant converter up to 2-10 and stabilisation of amplification coefficient at load and frequency change.

3 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к электротехнике, в частности к резонансным преобразователям электрической энергии на основе резонансных усилителей мощности.

Известен резонансный усилитель мощности промышленной частоты, содержащий последовательно соединенные первичную обмотку силового трансформатора, обмотки
 5 двух встречно включенных управляемых магнитных реакторов, емкости и вторичной обмотки входного понижающего трансформатора, которые образуют последовательный резонансный контур. Резонансная емкость включена между выводами вторичной обмотки входного трансформатора и первичной обмотки силового трансформатора. Управляемые магнитные реакторы включены между двумя другими выводами
 10 вторичной обмотки входного трансформатора и первичной обмотки силового трансформатора. Два встречно включенных управляемых магнитных реактора выполняют функции индуктивной обратной связи для стабилизации напряжения при изменении электрической нагрузки. Первичная обмотка входного трансформатора подключена к источнику электрической энергии. Электрическая нагрузка присоединена
 15 ко вторичной обмотке силового трансформатора. Коэффициент усиления зависит от нагрузки и при настройке резонансного контура превышает единицу (Элементарный учебник физики / Под ред. акад. Г.С.Ландсберга. Т.Ш. Колебания, волны, оптика, строение атома. - М., 1975, стр.81-82).

Недостатком известного преобразователя является недостаточно высокий
 20 коэффициент усиления и сложность настройки усилителя на резонансную частоту при изменяющейся электрической нагрузке.

Задачей предлагаемого изобретения является увеличение коэффициента усиления и снижение зависимости параметров преобразователя от величины нагрузки и частоты.

Технический результат заключается в увеличении коэффициента усиления
 25 резонансного преобразователя до 2-10 и стабилизации величины коэффициента усиления при изменении нагрузки и частоты.

Технический результат достигается тем, что в резонансном усилителе мощности, содержащем входной и силовой трансформаторы с нагрузкой во вторичной обмотке силового трансформатора и последовательный резонансный контур между
 30 трансформаторами, состоящий из емкости C и индуктивности входной обмотки силового трансформатора, а также из устройства обратной связи между обмотками входного и силового трансформатора, резонансный усилитель мощности содержит n каскадов усиления из n понижающих силовых трансформаторов, соединенных между собой с помощью n последовательных резонансных контуров, где $n=2, 3, \dots, m$, а обратная связь
 35 выполнена в виде устройства, обеспечивающего однонаправленное движение электрической энергии от вторичной обмотки последнего силового трансформатора к первичной обмотке входного трансформатора, мощность каждого последующего n -го силового трансформатора связана с мощностью предыдущего $n-1$ -го силового трансформатора соотношением: $P_n = k P_{n-1}$, где k - коэффициент усиления одного каскада.

40 В варианте исполнения резонансного усилителя мощности устройство обратной связи выполнено в виде блока бесперебойного питания, вход которого соединен с вторичной обмоткой последнего силового трансформатора, а выход с первичной обмоткой входного трансформатора.

В другом варианте исполнения резонансного усилителя мощности устройство
 45 обратной связи выполнено в виде однонаправленной индуктивности, вход которой соединен со вторичной обмоткой последнего силового трансформатора, а выход - с первичной обмоткой входного трансформатора.

Предлагаемое изобретение иллюстрируется на фиг.1, 2, где на фиг.1 представлена

электрическая схема резонансного преобразователя из двух каскадов с устройством обратной связи в виде источника бесперебойного питания, на фиг.2 - электрическая схема резонансного преобразователя из двух каскадов с устройством обратной связи в виде односторонней индуктивной связи.

Резонансный усилитель мощности на фиг.1 содержит входной трансформатор 1 с первичной 2 и вторичной 3 обмотками, первый силовой трансформатор 4 с первичной 5 и вторичной 6 обмотками и второй силовой трансформатор 7 с первичной 8 и вторичной 9 обмотками. Вторичная обмотка 3 входного трансформатора 1 соединена с первичной обмоткой 5 первого силового трансформатора 4 через конденсатор 10 с емкостью C_1 . Емкость C_1 и индуктивность L_1 первичной обмотки 5 силового трансформатора 4 образуют первый резонансный контур 11 первого каскада усиления,

настроенный на частоту $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$, равную частоте питающей сети 12,

подключенной к первичной обмотке 2 входного трансформатора 1.

Второй каскад усиления выполнен из первичной обмотки 8 с индуктивностью L_2 второго силового трансформатора 7, которая соединена со вторичной обмоткой 6 первого силового трансформатора 4 через конденсатор 13 с емкостью C_2 . Емкость C_2 и индуктивность L_2 образуют второй последовательный резонансный контур с

резонансной частотой $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$, равной частоте питающей сети 12 и резонансной

частоте первого резонансного контура 11. Устройство обратной связи 14 выполнено в виде блока бесперебойного питания 15, содержащего выпрямитель 16, аккумулятор 17 и инвертор 18 с частотой f_0 и выходным напряжением, равным частоте и напряжению питающей сети 12. Вторичная обмотка 9 второго силового трансформатора 7 соединена с нагрузкой 19 и со входом выпрямителя 16 устройства обратной связи 14.

Резонансный усилитель мощности на фиг.2 содержит один входной трансформатор 1, первый 4 и второй 7 силовые трансформаторы, соединенные резонансными контурами аналогично электрической схеме резонансного усилителя мощности на фиг.1. Устройство обратной связи 20 выполнено в виде однонаправленной индуктивности 21, содержащей три обмотки 22, 23 и 24. Обмотки 22 и 23 соединены встречно и расположены на магнитном сердечнике. Обмотка 24 расположена между обмотками 22 и 23 (В.Ефимов. Односторонняя индуктивная связь // Изобретатель и рационализатор, 2012, №1, с.30-31). Входная обмотка 22 соединена со вторичной обмоткой 9 второго силового трансформатора 7. Выходная обмотка 24 однонаправленной индуктивности 21 соединена с первичной обмоткой 2 входного трансформатора 1. При подаче напряжения на встречно включенные обмотки 22 и 23 магнитное поле этих обмоток возбуждает эдс в обмотке 24 и происходит передача электрической энергии от выхода усилителя мощности к его входу. При подаче напряжения на обмотку 24 в обмотках 22 и 23 возникают эдс, противоположные по знаку, напряжение на выходе этих обмоток равно нулю и передача электрической энергии от входа усилителя мощности к выходу усилителя не происходит.

Резонансный усилитель мощности работает следующим образом.

В резонансном контуре эдс емкости и эдс самоиндукции катушки индуктивности в Q раз больше напряжения внешнего генератора, приложенного к этой цепи, где $Q = \frac{X_L}{R}$

- добротность контура, X_L и R - индуктивное и активное сопротивление контура. Обычно $Q=10-100$. Если реактивное сопротивление резонансного контура является индуктивным сопротивлением низковольтной обмотки трансформатора, увеличенное в Q раз напряжение внешнего генератора увеличивается еще в n раз на выходе трансформатора,

где $n = \frac{W_2}{W_1}$ коэффициент трансформации, W_1, W_2 обмоток трансформатора эдс

самоиндукции и эдс взаимной индукции в индуктивных сопротивлениях трансформатора отстает от тока на четверть периода или на 90° .

Электрическая энергия питающей сети 12 поступает на первичную обмотку 2 входного понижающего трансформатора 1, увеличивается по току и уменьшается по напряжению во вторичной обмотке 3 в соответствии с коэффициентом трансформации входного трансформатора 1. В последовательном резонансном контуре 11 электрическая энергия

увеличивается по напряжению в Q_1 раз, где $Q_1 = \frac{X_L}{R_1}$ - добротность первого

резонансного контура 11 L_1C_1, R_1 и X_L - активное и индуктивное сопротивление первого резонансного контура 11. Электрическая энергия с возросшим током и напряжением поступает на первичную обмотку 5 первого понижающего силового трансформатора 4, увеличивается по току и уменьшается по напряжению во вторичной обмотке 6 первого силового трансформатора 4 в соответствии с коэффициентом трансформации первого силового трансформатора 4. В последовательном резонансном контуре L_2C_2

электрическая энергия увеличивается по напряжению в Q_2 раз, где $Q = \frac{X_L}{R_2}$ - добротность

второго резонансного контура L_2C_2, R_2 и X_L - активное и индуктивное сопротивление второго резонансного контура. Электрическая энергия с увеличенным напряжением уменьшается по напряжению и увеличивается по току во вторичной обмотке 9 второго силового трансформатора 7 и поступает в электрическую нагрузку 19. Часть электрической энергии со вторичной обмотки 9 второго силового трансформатора 7 поступает в выпрямитель 16 устройства обратной связи 14, заряжает аккумулятор 17 и через инвертор 18 поступает на первичную обмотку 2 входного трансформатора 1.

Электрическая мощность на входе преобразователя мощности:

$$P_{BX} = V_{BX} \cdot I_{BX},$$

где I_{BX}, V_{BX} - ток и напряжение питающей сети 12.

Электрическая мощность на входе первого силового трансформатора 4:

$$P_1 = I_{BX} \cdot V_{BX} \cdot Q_1 = k_1 \cdot P_{BX},$$

где k_1 - коэффициент усиления первого каскада, $k_1 = Q_1$.

Электрическая мощность на выходе усилителя:

$$P_{ВЫХ} = Q_1 \cdot Q_2 \cdot I_{BX} \cdot V_{BX} = k_1 \cdot k_2 \cdot P_{BX},$$

где k_2 - коэффициент усиления второго каскада, $k_2 = Q_2$.

Примеры выполнения резонансного усилителя мощности.

Пример 1. Входной трансформатор 1 (фиг.1) выполнен в виде автотрансформатора с входным напряжением 220 В, частотой 50 Гц, мощностью 1 кВт. Первый силовой трансформатор 4 напряжением 380/220 В имеет электрическую мощность 2 кВт, второй силовой трансформатор 7 напряжением 380/220 В имеет электрическую мощность 6 кВт. Настройку резонансного режима производят путем подбора емкости конденсаторов

10 и 13 на уровне 10-100 мкФ. Первый резонансный контур 11 и второй резонансный контур имеют резонансную частоту 50 Гц. Коэффициент усиления первого каскада равен $k_1=2$, второго каскада $k_2=2,7$. Общий коэффициент усиления $k=k_1 \cdot k_2=5,4$. Выходное напряжение усилителя мощности составляет 220 В, выходная мощность 5,4 кВт.

Устройство обратной связи 14 выполнено в виде блока бесперебойного питания 15, вход которого подключен ко вторичной обмотке 9 второго силового трансформатора 7, а выход блока бесперебойного питания 15 соединен с выводами первичной обмотки 2 входного трансформатора 1.

Пример 2. Входной трансформатор 1 (фиг.2) выполнен в виде трансформатора с входным напряжением 450 В, частотой 10 кГц, электрической мощностью 7,5 кВт. Электрическая сеть 12 с напряжением 400 В и частотой 10 кГц питается от преобразователя частоты (на фиг.2 не показан). Первый понижающий силовой трансформатор 1 с напряжением 450/220 В, частотой 10 кГц имеет электрическую мощность 4 кВт, второй понижающий силовой трансформатор 7 напряжением 450/220 В, частотой 10 кГц имеет электрическую мощность 7,5 кВт. Настройку на резонансную частоту производят подбором емкости конденсаторов 10 и 13 и изменением частоты сети. Первый и второй резонансный контур имеют резонансную частоту 10 кГц. Коэффициент усиления первого каскада с первым силовым трансформатором и резонансным контуром 11 равен $k_1=2,5$, второго каскада со вторым силовым трансформатором - $k_2=2,5$. Общий коэффициент усиления $k=6,25$. Выходное напряжение усилителя составляет 220 В, выходная мощность 6,5 кВт.

Устройство обратной связи 20 выполнено в виде однонаправленной индуктивности 21, обеспечивающей одностороннюю индуктивную связь между выходом и входом усилителя мощности. Две встречно включенные входные обмотки 22 и 23 соединены со вторичной обмоткой 9 второго силового трансформатора 7. Выходная обмотка 24 соединена с первичной обмоткой 2 входного трансформатора 1.

Разработанный усилитель мощности имеет следующие преимущества. В отличие от прототипа устройство обратной связи 14 и 20 перенесено из резонансного контура во внешнюю цепь, что улучшает резонансную настройку контуров и увеличивает добротность Q и коэффициент усиления k . Использование нескольких резонансных контуров, силовых трансформаторов и каскадов усиления, число которых равно $n=2, 3, \dots, m$, увеличивает коэффициент усиления и преобразования электрической энергии. Повышение резонансной частоты позволяет снизить массу усилителя мощности и упрощает настройку на резонансный режим путем регулирования частоты сети 12. Резонансные усилители мощности позволяют снизить нагрузку на распределительные сети при использовании стационарных и мобильных энергоустановок.

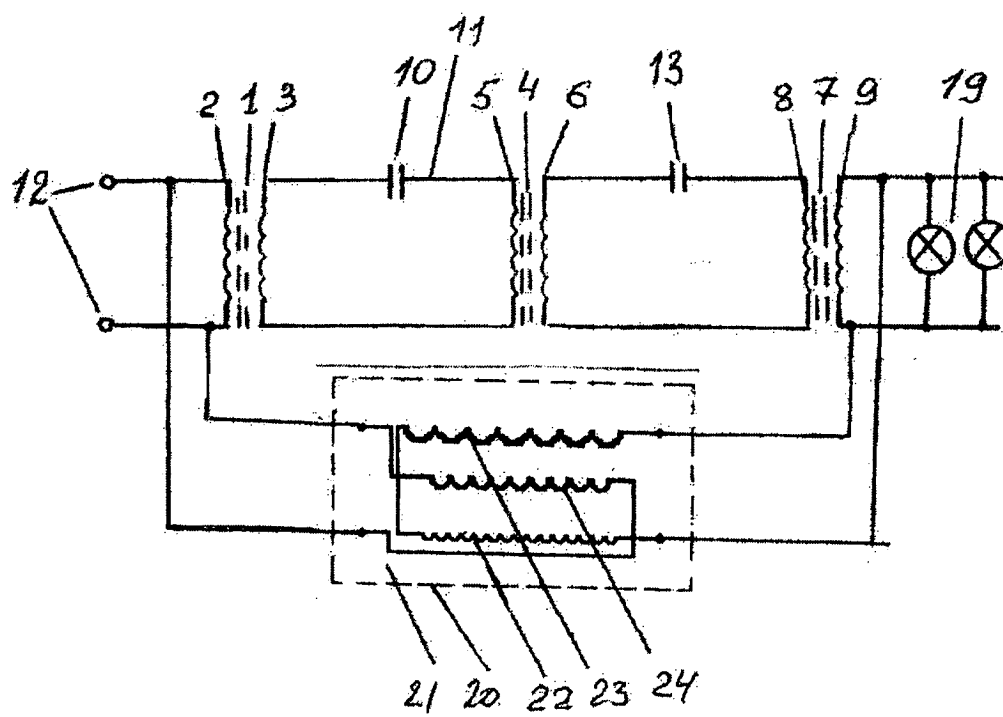
Формула изобретения

1. Резонансный усилитель мощности, содержащий входной и силовой трансформаторы с нагрузкой во вторичной обмотке силового трансформатора и последовательный резонансный контур между трансформаторами, состоящий из емкости C и индуктивности входной обмотки силового трансформатора, а также из устройства обратной связи между обмотками входного и силового трансформатора, отличающийся тем, что резонансный усилитель мощности содержит n каскадов усиления из n понижающих силовых трансформаторов, соединенных между собой с помощью n последовательных резонансных контуров, где $n=2, 3, \dots, m$, а обратная связь выполнена в виде устройства, обеспечивающего однонаправленное движение электрической энергии от вторичной обмотки последнего силового трансформатора к первичной обмотке входного

трансформатора, мощность каждого последующего n-го силового трансформатора связана с мощностью предыдущего n-1-го силового трансформатора соотношением: $P_n = kP_{n-1}$, где k - коэффициент усиления одного каскада.

2. Резонансный усилитель мощности по п.1, отличающийся тем, что устройство обратной связи выполнено в виде блока бесперебойного питания, вход которого соединен с вторичной обмоткой последнего силового трансформатора, а выход - с первичной обмоткой входного трансформатора.

3. Резонансный усилитель мощности по п.1, отличающийся тем, что устройство обратной связи выполнено в виде однонаправленной индуктивности, вход которой соединен со вторичной обмоткой последнего силового трансформатора, а выход - с первичной обмоткой входного трансформатора.



Фиг. 2