



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01F 19/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017112885, 13.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.04.2017

Дата регистрации:  
20.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.04.2017

(45) Опубликовано: 20.07.2018 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34,  
ИМАШ УрО РАН, ученому секретарю

(72) Автор(ы):

Филиппов Иван Игоревич (RU),  
Саврай Роман Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт машиноведения  
Уральского отделения Российской академии  
наук (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2423746 C2, 10.07.2011. RU  
2337423 C1, 27.10.2008. SU 790150 A,  
23.12.2980. US 2003094855 A1, 22.05.2003.

(54) РЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, к резонансным трансформаторам, и может быть использовано в радиотехнических устройствах для преобразования частоты и передачи электрической энергии. Технический результат состоит в повышении эффективности за счет снижения потребления мощности, регулирования частоты электромагнитных колебаний в процессе работы и бесперебойной работы в случае кратковременных перепадов напряжения сети питания. Резонансный трансформатор содержит первичную обмотку, соединенную через элемент, обеспечивающий электромагнитный резонанс, с источником питания, вторичную обмотку, соединенную с нагрузкой, и резонансную обмотку. Элемент, обеспечивающий электромагнитный резонанс, содержит биполярный транзистор, один выход которого заземлен, а емкость база-коллекторного перехода связана с источником питания через потенциометр, последовательно связанный с резистором, выход которого заземлен. Вторичная и резонансная обмотки имеют одинаковые параметры и намотаны в форме цилиндра на

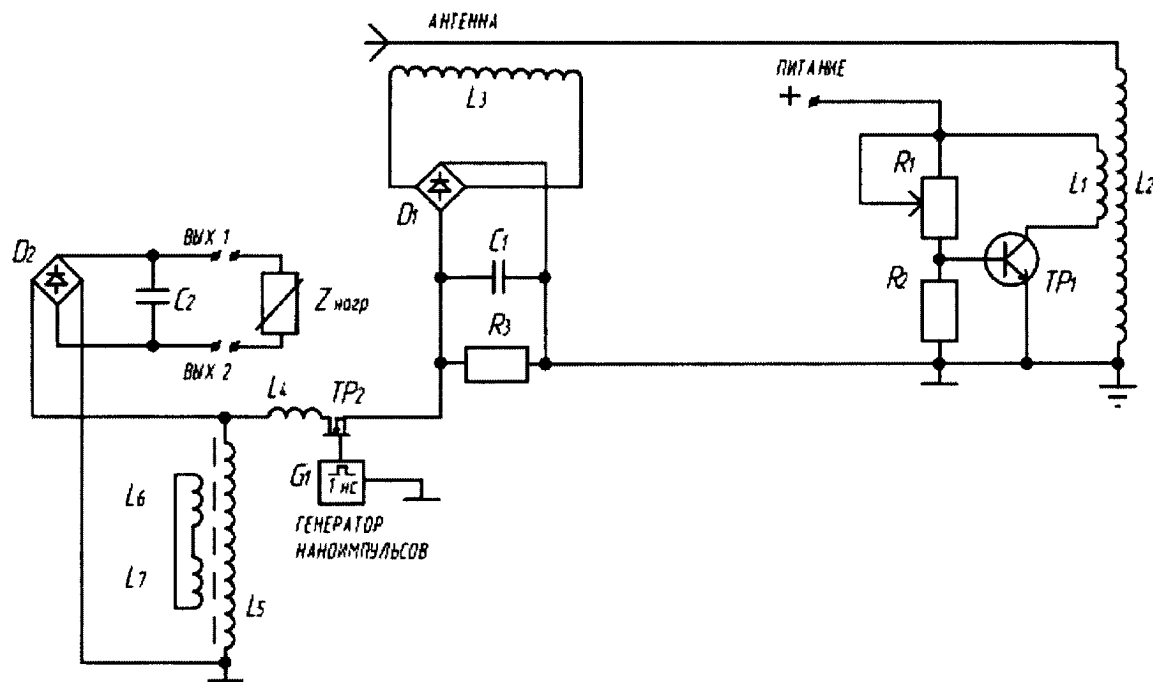
диэлектрик медным проводом виток к витку вплотную в один слой и расположены на одной оси. Поверх резонансной обмотки расположена первичная обмотка, состоящая из четырех разнесенных витков. Трансформатор содержит дополнительно три торроидальные обмотки, две из которых соединены между собой встречно и намотаны на феррит в форме тора в противоположных направлениях, а третья - намотана плотно виток к витку поверх них. Торроидальные обмотки расположены между вторичной и резонансной обмотками и центрированы относительно них. Вторичная обмотка соединена с входом первого диодного моста, один выход которого заземлен через корпус источника питания и нижний конец резонансной обмотки, а второй - соединен с истоком полевого транзистора. Параллельно к выходам первого диодного моста подключены конденсатор и резистор. Затвор полевого транзистора подключен к генератору наносекундных импульсов, питающемуся от общих схем питания. Сток полевого транзистора соединен с дросселем, соединенным с первым

концом третьей торроидальной обмотки и с входом второго диодного моста. Второй конец обмотки соединен с корпусом источника питания и с входом второго диодного моста, выходы которого соединены с нагрузкой. К выходам второго диодного моста параллельно подключен конденсатор, выполняющий функцию фильтра. 1 ил.

питания и со входом второго диодного моста, выходы которого соединены с нагрузкой, при этом к выходам второго диодного моста

параллельно подключен конденсатор, выполняющий функцию фильтра.

Таким образом, авторами предлагается резонансный трансформатор, который обеспечивает повышение эффективности работы устройства за счет снижения потребления мощности сети питания, возможности регулирования частоты электромагнитных колебаний в процессе работы и бесперебойной работы в случае кратковременных перепадов напряжения сети питания.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01F 19/04* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017112885, 13.04.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**13.04.2017**

Registration date:  
**20.07.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **13.04.2017**

(45) Date of publication: **20.07.2018** Bull. № 20

Mail address:

**620049, g. Ekaterinburg, ul. Komsomolskaya, 34,  
IMASH UrO RAN, uchenomu sekretaryu**

(72) Inventor(s):

**Filippov Ivan Igorevich (RU),  
Savraj Roman Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
uchrezhdenie nauki Institut mashinovedeniya  
Uralskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk  
(RU)**

(54) **RESONANCE TRANSFORMER**

(57) Abstract:

FIELD: electrical equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the electrical equipment, to resonant transformers, and can be used in radio equipment devices for the frequency conversion and electrical energy transmission. Resonant transformer comprises primary winding connected to the power source via the electromagnetic resonance element, connected to the load secondary winding, and the resonant winding. Providing the electromagnetic resonance element contains bipolar transistor, which one output is grounded, and the base-collector junction capacitance is connected to the power supply through the potentiometer, in-series connected to the resistor, which output is grounded. Secondary and resonant windings have the same parameters and are wound in the form of cylinder on the dielectric with copper wire turn to turn tightly in one layer and are located on the same axis. Above the resonant winding consisting of four spaced turns primary winding is located. Transformer additionally contains three toroidal windings, two of which are oppositely interconnected and wound on the ferrite in the form of torus in opposite directions, and the third one is tightly wound turn to turn above them. Toroidal windings are located between

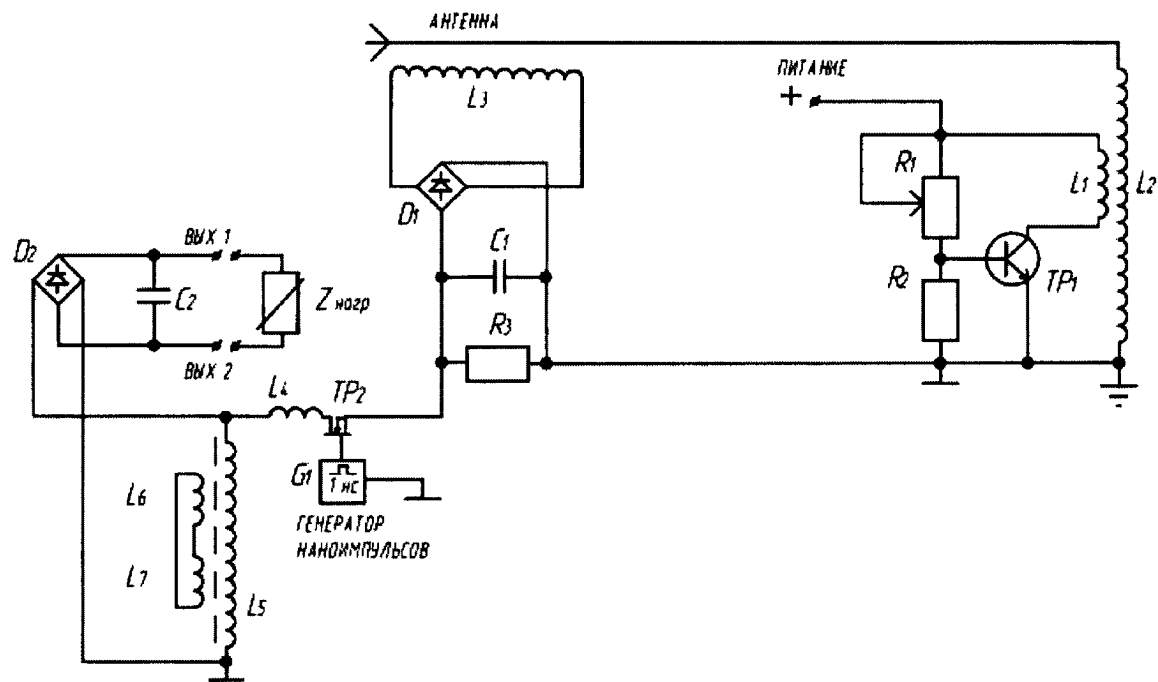
the secondary and resonant windings and are centered relative to them. Secondary winding is connected to the first diode bridge input, which one output of is grounded through the power supply housing and the resonant winding lower end, and the second one is connected to the field effect transistor source. In parallel to the first diode bridge outputs, capacitor and resistor are connected. Field-effect transistor gate is connected to the powered by the common power circuits nanosecond pulses generator. Field effect transistor drain is connected to the throttle, connected to the third toroidal winding first end and to the second diode bridge input. Winding second end is connected to the power supply housing and to the second diode bridge input, which outputs are connected to the load. In-parallel to the second diode bridge outputs capacitor is connected, performing the power filter function, and to the second diode bridge input, which outputs are connected to the load, at that, to the second diode bridge outputs performing the filter function capacitor is in-parallel connected. Thus, the authors propose resonant transformer, which enables increase in the device operation efficiency due to the power supply mains power consumption reduction, possibility of the

electromagnetic oscillations frequency adjustment during operation and uninterrupted operation in the event of short-term power surges.

EFFECT: technical result consists in increase in the efficiency due to the power consumption reduction,

electromagnetic oscillations frequency adjustment during operation and uninterrupted operation in the event of short-term power surges.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

RU 2661888 C1

RU 2661888 C1

Изобретение относится к области электротехники, а именно к конструкции резонансных трансформаторов, которые находят широкое применение в радиотехнических устройствах для преобразования частоты и передачи электрической энергии.

Известен электрический высокочастотный трансформатор, содержащий первичную обмотку, соединенную через первый резонансный конденсатор с высокочастотным генератором, вторичную обмотку, соединенную через второй резонансный конденсатор с нагрузкой, который дополнительно снабжен резонансной обмоткой, выполненной в виде спиральной катушки с длиной намотки, равной четверти длины стоячей волн тока и напряжения, при этом резонансная обмотка состоит из нескольких последовательно соединенных секций спирально намотанного изолированного провода, сечение которого различно для каждой секции и уменьшается по мере удаления секции от начала резонансной обмотки, поверх резонансной обмотки, у ее начала, в области формирования пучности тока, размещены первичная и вторичная обмотки, соединенные с генератором и нагрузкой, при этом резонансные частоты контуров первичной, вторичной и резонансной обмотки равны между собой и соответствуют частоте генератора, а начала первичной, вторичной и резонансной обмоток электрически соединены между собой и заземлены, а конец резонансной обмотки изолирован (патент RU 2423746, МПК H01F 19/04, 2011 г.).

Недостатками известного трансформатора являются, во-первых, невозможность регулирования частоты электромагнитных колебаний в процессе работы, поскольку рабочая частота априори определена параметрами первичной катушки и резонансного конденсатора, во-вторых, достаточно низкий КПД, не достигающий максимально возможного значения, в-третьих, незащищенность от возможного кратковременного перепада напряжения сети питания.

Таким образом, перед авторами была поставлена задача - разработать конструкцию резонансного трансформатора, обеспечивающую повышение эффективности его работы за счет повышения КПД, возможности регулирования частоты электромагнитных колебаний в процессе работы и бесперебойной работы в случае кратковременных перепадов напряжения сети питания.

Поставленная задача решена в конструкции предлагаемого резонансного трансформатора, содержащего первичную обмотку, соединенную через элемент, обеспечивающий электромагнитный резонанс, с источником питания, вторичную обмотку, соединенную с нагрузкой, и резонансную обмотку, в котором элемент, обеспечивающий электромагнитный резонанс, содержит биполярный транзистор, один выход которого заземлен, а емкость база-коллекторного перехода связана с источником питания через потенциометр, последовательно связанный с резистором, выход которого заземлен, при этом вторичная и резонансная обмотки имеют одинаковые параметры и намотаны в форме цилиндра на диэлектрик медным проводом виток к витку вплотную в один слой и расположены на одной оси, поверх резонансной обмотки расположена первичная обмотка, состоящая из четырех разнесенных витков, при этом трансформатор содержит дополнительно три тороидальные обмотки, причем две из них соединены между собой встречно и намотаны на феррит в форме тора в противоположных направлениях, а третья обмотка намотана плотно виток к витку поверх этих обмоток, тороидальные обмотки расположены между вторичной и резонансной обмотками и центрированы относительно их, вторичная обмотка соединена с входом первого диодного моста, один выход которого заземлен через корпус источника питания и нижний конец резонансной обмотки, а второй - соединен с истоком полевого

транзистора, при этом параллельно к выходам первого диодного моста подключены конденсатор и резистор, а затвор полевого транзистора подключен к генератору наносекундных импульсов, питающемуся от общих схем питания, сток полевого транзистора соединен с дросселем, который соединен с первым концом третьей торроидальной обмотки и с входом второго диодного моста, а второй конец обмотки соединен с корпусом источника питания и с входом второго диодного моста, выходы которого соединены с нагрузкой, при этом к выходам второго диодного моста параллельно подключен конденсатор, выполняющий функцию фильтра.

В настоящее время из патентной и научно-исследовательской литературы не известна конструкция резонансного трансформатора, которая характеризуется совокупностью предлагаемых конструктивных элементов, связанных между собой определенным образом.

На фиг. 1 изображена принципиальная электрическая схема предлагаемого технического решения. Предлагаемый резонансный трансформатор содержит первичную обмотку  $L_1$ , соединенную с коллектором биполярного транзистора  $Tr1$ , эмиттер которого заземлен, а емкость база-коллекторного перехода связана с источником питания через потенциометр  $R_1$ , последовательно связанный с резистором  $R_2$ , выход которого заземлен. Трансформатор содержит также вторичную обмотку  $L_3$ , соединенную с нагрузкой  $Z_{нагр.}$  и резонансную обмотку  $L_2$ , при этом вторичная  $L_3$  и резонансная  $L_2$  обмотки имеют одинаковые параметры и намотаны в форме цилиндра на диэлектрик медным проводом виток к витку вплотную в один слой и расположены на одной оси, поверх резонансной обмотки  $L_2$ , расположена первичная обмотка  $L_1$ , состоящая из четырех разнесенных витков, при этом трансформатор содержит дополнительно три торроидальные обмотки ( $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$ ), причем две ( $L_6$  и  $L_7$ ) из них соединены между собой встречно и намотаны на феррит в форме тора в противоположных направлениях, а третья обмотка ( $L_5$ ) намотана плотно виток к витку поверх обмоток  $L_5$  и  $L_6$ , торроидальные обмотки ( $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$ ) расположены между вторичной  $L_3$  и резонансной  $L_2$  обмотками и центрированы относительно их (см. фиг. 2, на которой изображено конструктивное расположение обмоток). Вторичная обмотка  $L_3$  соединена с входом первого диодного моста  $D1$ , один выход которого заземлен через корпус источника питания и нижний конец резонансной обмотки  $L_2$ , а второй соединен с истоком полевого транзистора  $Tr2$ , при этом параллельно к выходам первого диодного моста  $D1$  подключены конденсатор  $C_1$  и резистор  $R_3$ , а затвор полевого транзистора  $Tr2$  подключен к генератору наносекундных импульсов  $G1$ , питающемуся от общих схем питания, сток полевого транзистора  $Tr2$  соединен с дросселем  $L_4$ , который соединен с первым концом третьей торроидальной обмотки  $L_5$  и с входом второго диодного моста  $D2$ , а второй конец обмотки  $L_5$  соединен с корпусом заземленного источника питания и со входом второго диодного моста  $D2$ , выходы которого соединены с нагрузкой  $Z_{нагр.}$ , при этом к выходам второго диодного моста  $D2$  параллельно подключен конденсатор  $C_2$ , выполняющий функцию фильтра.

Предлагаемый резонансный трансформатор работает следующим образом. Источник постоянного напряжения понижает и выпрямляет напряжение питающей сети. На вход транзистора  $Tr1$  подают постоянное напряжение. Далее вращается ручка потенциометра  $R_1$ , сопротивление которого снижают до тех пор, пока не произойдет открытие

транзистора Tr1 в режиме автоколебаний. В резонансных колебаниях участвуют взаимоиנדуктивности первичной  $L_1$  и резонансной  $L_2$  обмоток и внутренняя емкость база-коллекторного перехода биполярного транзистора Tr1. Режим резонансных электромагнитных колебаний обнаруживают с помощью газоразрядной лампы - газ

5 внутри лампы вблизи системы (на расстоянии до 20 см) испускает свет при появлении высокочастотного поля. Используемая в электрическом высокочастотном резонансном трансформаторе резонансная обмотка  $L_2$  (резонатор) не требует применения ферритов или трансформаторного железа, выполняет функции магнитопровода, практически не имеющего предела магнитного насыщения, расширяя рабочий частотный диапазон в

10 10-100 раз, повышает коэффициент связи между первичной и вторичной обмотками, что значительно повышает величину передаваемой мощности. В области, прилегающей к первичной обмотке  $L_1$ , возбуждается пучность тока и, следовательно, пучность магнитной индукции, а в противоположной области высоковольтной обмотки  $L_2$

15 возбуждается пучность напряжения с созданием высокого потенциала на выводе высоковольтной обмотки трансформатора. В обмотку  $L_3$  передается электромагнитная энергия от обмотки  $L_2$  посредством: во-первых, трансформаторной связи между  $L_2$  и  $L_3$  (фиг. 2); во-вторых, посредством облучения антенной обмотки  $L_2$  непосредственно витков обмотки  $L_3$ . Диодный мост D1 выпрямляет сигнал обмотки  $L_3$ . Конденсатор  $C_1$

20 накапливает электромагнитную энергию на обкладках конденсатора. Транзистор Tr2 предназначен для съема электромагнитной энергии с блока конденсаторов  $C_1$  с периодичностью 2 наносекунды и последующей ее передачи в катушки  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$ , намотанные на феррит. Резистор  $R_3$  имеет размерность в несколько единиц Мом,  $R_3$

25 выполняет функцию ограничения тока, проходящего через транзистор Tr2 во время его открытия. Генератор наноимпульсов G1 запитан от общего источника питания. Генератор G1 имеет общую точку со всей электрической схемой - заземленная минусовая клемма питания. Генератор G1 генерирует импульсы периодом 2 наносекунды, длительностью импульса 1 наносекунда. Таким образом, генератор G1 открывает

30 транзистор Tr2, и транзистор Tr2 передает электромагнитную мощность в обмотки  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$ . Обмотка  $L_4$  является дросселем и вместе с конденсатором  $C_2$  выполняет функцию фильтра электромагнитного сигнала. Тороидальные обмотки  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$  выполняют функцию умножителей амплитуды электромагнитных волн во время резонанса, при этом в случае перебоев с питающим напряжением длительностью 1-2

35 секунды обмотки  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$  в силу эффекта самоиндукции не сразу теряют свое поле и могут выполнять функцию демпфера перебоев сети. Конденсатор  $C_1$  также накапливает часть электромагнитной энергии сети питания, и в случае кратковременного перепада напряжения сети питания (1-2 секунды) система не прерывает своей работы.

40 Электромагнитная энергия обмотки  $L_5$  выпрямляется диодным мостом D2 и далее поступает на клеммы Вых 1 и Вых 2. К клеммам Вых 1 и Вых 2 подключена нагрузка. Клеммы Вых 1 и Вых 2 могут быть соответственно присоединены к плюсовой и минусовой клеммам вторичного источника питания трансформатора, чтобы при перебоях напряжения питающей сети резонансные процессы не прерывались (проседание напряжения не более 1-2 секунд). Потенциалы диодных мостов D1 и D2, вывод обмотки  $L_5$ , вывод обмотки  $L_2$  соединены с корпусом источника питания, а корпус заземлен, что обеспечивает безопасность работы электрической схемы и общую

электрическую точку для всех элементов схемы, в том числе для генератора наноимпульсов.

Экспериментальные исследования, проведенные авторами, показали, что в случае использования предлагаемой конструкции трансформатора потребление электроэнергии из сети будет ниже, чем в известном решении приблизительно на 30%. Конструктивные особенности и взаиморасположение обмоток предлагаемого решения позволяют получить более эффективное потокоцепление за счет прохождения электромагнитных полей обмоток через центры диаметров их витков и через центр тора тороидальных обмоток, таким образом, все обмотки образуют единое электромагнитное поле, проходящее через них. Следовательно, потери мощности на потоки рассеивания в таком случае минимальны. Измерение потребления электроэнергии производилось как на известном, так и на предлагаемом трансформаторах с помощью измерения мультиметром входного напряжения и входного потребляемого тока (при условии, что параметры первичной, вторичной и резонансной обмоток прототипа и предлагаемого решения одинаковы). Опытные замеры показали снижение потребления мощности сети предлагаемого трансформатора на четверть по сравнению с прототипом. Также в силу конструктивных особенностей в предлагаемом техническом решении электромагнитный резонанс возникает между емкостью база-коллекторного перехода биполярного транзистора и взаимоиנדуктивностями первичной и резонансной обмоток, что позволяет регулировать частоту электромагнитных колебаний во время работы в пределах ОВЧ диапазона с помощью потенциометра и упрощает режим настройки. Кроме того, тороидальные обмотки являются умножителями амплитуды электромагнитных колебаний во время резонанса и в сочетании конденсатором, подключенным параллельно к выходам первого диодного моста, выполняют функцию демпфера кратковременных перебоев сети питания и в случае кратковременного перепада сети питания (1-2 секунды) обеспечивают непрерывность работы. Таким образом, совокупность всех конструктивных элементов предлагаемого резонансного трансформатора, характеризующаяся наличием определенных связей и формой выполнения этих связей обеспечивает достижение технического результата, который обеспечивает повышение эффективности работы устройства за счет снижения потребления мощности сети питания, возможности регулирования частоты электромагнитных колебаний в процессе работы и бесперебойной работы в случае кратковременных перепадов напряжения сети питания.

#### (57) Формула изобретения

Резонансный трансформатор, содержащий первичную обмотку, соединенную через элемент, обеспечивающий электромагнитный резонанс, с источником питания, вторичную обмотку, соединенную с нагрузкой, и резонансную обмотку, отличающийся тем, что элемент, обеспечивающий электромагнитный резонанс, содержит биполярный транзистор, один выход которого заземлен, а емкость база-коллекторного перехода связана с источником питания через потенциометр, последовательно связанный с резистором, выход которого заземлен, при этом вторичная и резонансная обмотки имеют одинаковые параметры и намотаны в форме цилиндра на диэлектрик медным проводом виток к витку вплотную в один слой и расположены на одной оси, поверх резонансной обмотки расположена первичная обмотка, состоящая из четырех разнесенных витков, при этом трансформатор содержит дополнительно три тороидальные обмотки, причем две из них соединены между собой встречно и намотаны на феррит в форме тора в противоположных направлениях, а третья обмотка

намотана плотно виток к витку поверх этих обмоток, торроидальные обмотки расположены между вторичной и резонансной обмотками и центрированы относительно их, вторичная обмотка соединена с входом первого диодного моста, один выход которого заземлен через корпус источника питания и нижний конец резонансной обмотки, а второй - соединен с истоком полевого транзистора, при этом параллельно к выходам первого диодного моста подключены конденсатор и резистор, а затвор полевого транзистора подключен к генератору наносекундных импульсов, питающемуся от общих схем питания, сток полевого транзистора соединен с дросселем, который соединен с первым концом третьей торроидальной обмотки и с входом второго диодного моста, а второй конец обмотки соединен с корпусом источника питания и с входом второго диодного моста, выходы которого соединены с нагрузкой, при этом к выходам второго диодного моста параллельно подключен конденсатор, выполняющий функцию фильтра.

15

20

25

30

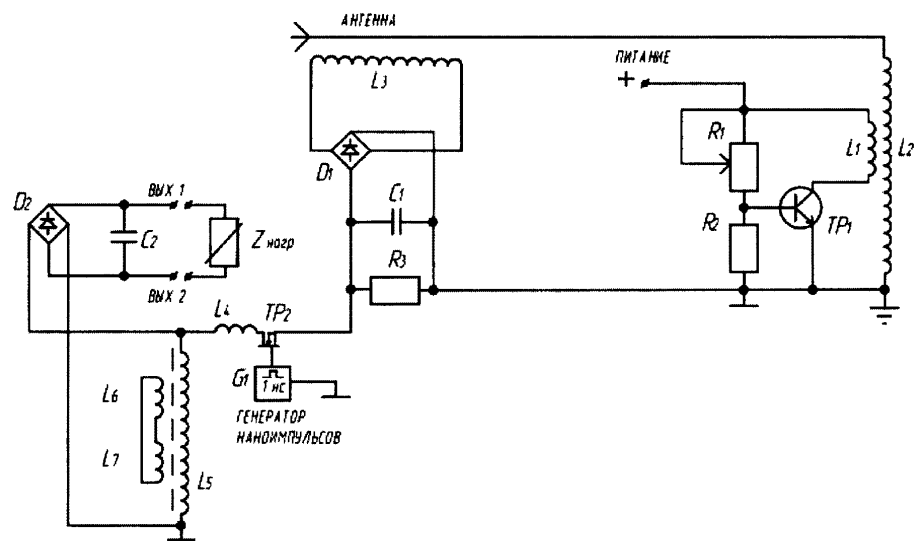
35

40

45

1

Резонансный трансформатор

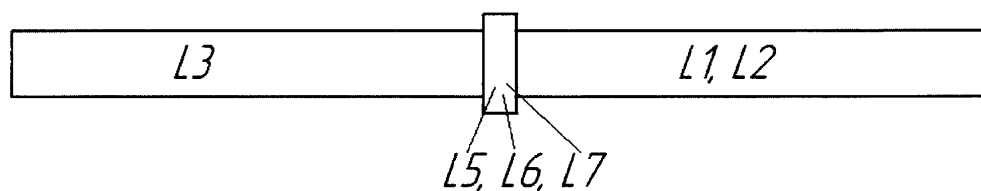


Фиг. 1

Авторы: Филиппов И. И.  
Саврай Р. А.

2

Резонансный трансформатор



*L4 - дроссель, не изображен*

Фиг. 2

Авторы: Филиппов И. И.

Саврай Р. А.