



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014110045/07, 06.08.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.08.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

16.08.2011 US 61/523,947;

29.06.2012 US 61/666,040

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2015 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 10.09.2016 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO2010/030195 A1, 18.03.2010.
RU2366045 C1, 27.08.2009. JP2001297862 A,
26.10.2001.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 17.03.2014

(86) Заявка РСТ:
IB 2012/054006 (06.08.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/024396 (21.02.2013)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ВАФФЕНШМИДТ Эберхард (NL),

СЕМПЕЛ Адрианус (NL),

ВАН ГОР Дейв Виллем (NL),

ВАН ДЕР ЗАНДЕН Хенрикус Теодорус
(NL)

(73) Патентообладатель(и):

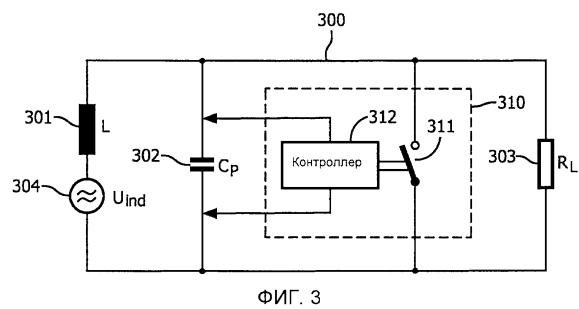
КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

(54) ДИНАМИЧЕСКАЯ РЕЗОНАНСНАЯ СОГЛАСУЮЩАЯ СХЕМА ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ
ПРИЕМНИКОВ ЭНЕРГИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике связи и может использоваться в беспроводных системах связи. Технический результат состоит в повышении надежности связи. Для этого резонансная согласующая схема (310) для согласования резонансной частоты беспроводной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности содержит переключатель (311), соединенный параллельно с резонансным элементом (302) беспроводной системы передачи энергии; и контроллер (312), соединенный с переключателем (311) и сконфигурированный с

возможностью обнаружения пересечения уровня нулевого напряжения сигнала, проходящего через резонансный элемент (302), и замыкания переключателя (311) в течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения уровня нулевого напряжения, при этом замыкание переключателя (311) в течение заранее заданного промежутка времени добавляет любое одно из индуктивного значения и емкостного значения к резонансной частоте беспроводной системы передачи энергии. 10 з.п. ф-лы, 15 ил.



ФИГ. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014110045/07, 06.08.2012**(24) Effective date for property rights:
06.08.2012

Priority:

(30) Convention priority:
16.08.2011 US 61/523,947;
29.06.2012 US 61/666,040(43) Application published: **27.09.2015** Bull. № 27(45) Date of publication: **10.09.2016** Bull. № 25(85) Commencement of national phase: **17.03.2014**(86) PCT application:
IB 2012/054006 (06.08.2012)(87) PCT publication:
WO 2013/024396 (21.02.2013)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "JURidicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

VAFFENSHMIDT Eberkhard (NL),
SEMPEL Adrianus (NL),
VAN GOR Dejev Villem (NL),
VAN DER ZANDEN KHenrikus Teodorus (NL)

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)(54) **DYNAMIC RESONANCE MATCHING CIRCUIT FOR WIRELESS ENERGY RECEIVERS**

(57) Abstract:

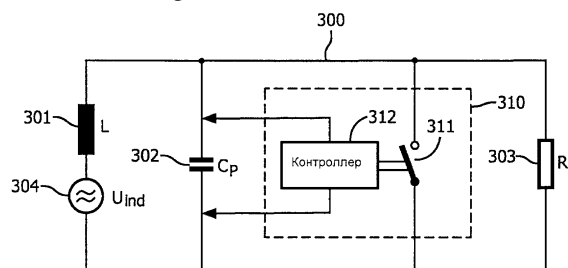
FIELD: radio engineering and communications.

SUBSTANCE: invention relates to communication equipment and can be used in wireless communication systems. For this purpose, resonance matching circuit (310) for matching wireless energy transmission system resonance frequency with frequency of power signal comprises switch (311), connected in parallel with resonant element (302) of wireless energy transmission system; and controller (312), connected to switch (311) and configured to detect crossing zero voltage level signal, passing through resonant element (302), and closing switch (311) during predetermined period of time in case of crossing zero voltage level, wherein circuit switch (311) during predetermined period of

time adds any one of inductive and capacitance value to resonance frequency of wireless energy transmission system.

EFFECT: high reliability of communication.

11 cl, 15 dwg



ФИГ. 3

Эта заявка испрашивает приоритет предварительной заявки на патент США № 61/523947, поданной 16 августа 2011, и предварительной заявки на патент США № 61/666040, поданной 29 июня 2012.

Область техники

5 Изобретение в целом относится к беспроводным системам передачи энергии и, в частности, к способам динамической настройки резонансной частоты таких систем.

Беспроводная передача энергии означает подачу электроэнергии без каких-либо проводов или контактов. Таким образом, питание электронных устройств выполняется через беспроводную среду. Одним популярным применением для беспроводной передачи
10 энергии является зарядка портативных электронных устройств, например, мобильных телефонов, портативных ЭВМ и т.п.

Один способ беспроводной передачи энергии осуществляется с помощью индуктивной системы питания. В такой системе электромагнитная индуктивность между источником питания (передатчик) и устройством (приемник) позволяет осуществлять бесконтактную
15 передачу энергии. И передатчик и приемник оснащены электрическими катушками, и когда катушки физически сближаются, электрический сигнал проходит от передатчика к приемнику.

В индуктивных системах питания генерируемое магнитное поле сконцентрировано в пределах катушек. В результате передача энергии принимающему полю приемника
20 сильно сконцентрирована в пространстве. Это явление создает горячие точки в системе, что ограничивает эффективность системы. Для улучшения эффективности передачи энергии необходима высокая добротность каждой катушки. Для этого катушка должна характеризоваться оптимальным отношением индуктивности к активному
сопротивлению, состоять из материалов с низким сопротивлением и изготавливаться
25 с использованием литцендрата для уменьшения скин-эффекта. Катушки должны иметь сложную геометрическую конфигурацию, чтобы исключать токи Фуко. Поэтому для эффективных индуктивных систем питания требуются дорогие катушки. Конструкция для индуктивной беспроводной системы передачи энергии, используемой на большой площади, будет нуждаться во множестве дорогих катушек.

Емкостная связь является другим способом беспроводной передачи энергии. Этот способ преимущественно используется в приложениях по зондированию и передаче
30 данных. Автомобильная радиоантенна, приклеенная к окну, с принимающим элементом внутри автомобиля, является примером емкостной связи. Способ емкостной связи также используется для бесконтактной зарядки электронных устройств. Для таких применений
35 зарядный блок (реализующий емкостную связь) работает на частотах за пределами собственной резонансной частоты устройства.

Емкостная система передачи энергии может также использоваться для передачи энергии на больших площадях, имеющих плоскую структуру, например, окнах, стенах и т.п. Примером такой емкостной системы передачи энергии является система 100,
40 изображенная на фиг. 1. Как показано на фиг. 1, типичная конструкция такой системы включает в себя пару электродов 111, 112 приемника, соединенных с нагрузкой 120, и катушку индуктивности 130. Система 100 также включает в себя пару электродов 141, 142 передатчика, соединенных с силовым устройством 150 возбуждения, и изолирующий
слой 160.

45 Пара электродов 141, 142 передатчика расположена с одной стороны изолирующего слоя 160, а электроды 111, 112 приемника расположены с другой стороны изолирующего слоя 160. Такое расположение формирует емкостное сопротивление между парой электродов 141, 142 передатчика и электродами 111, 112 приемника.

Силовое устройство 150 возбуждения генерирует сигнал мощности, который может быть беспроводным образом передан от электродов 141, 142 передатчика к электродам 111, 112 приемника для питания нагрузки 120. Эффективность беспроводной передачи энергии улучшается, когда частота сигнала мощности совпадает с частотой

последовательного резонанса системы 100. Частота последовательного резонанса системы 100 является функцией величины индуктивности катушки 130 индуктивности и/или катушки 131 индуктивности, а также емкостного сопротивления между парой электродов 141, 142 передатчика и электродами 111, 112 приемника (см. C1 и C2 на фиг. 1). Емкостное сопротивление и катушка(и) индуктивности компенсируют друг друга на резонансной частоте, результатом чего является низкоомная схема. Нагрузка 120 может быть, например, светодиодом, лентой светодиодов, лампой, компьютером, громкоговорителями и т.п.

Электрическая схема 200 системы 100 представлена на фиг. 2. Максимальная передача энергии достигается, когда частота сигнала мощности U_{gen} близка к последовательному резонансу схемы. Схема содержит нагрузку R_L , резистор R_S (представляющий собой сопротивление катушки индуктивности), конденсаторы C_1 и C_2 и катушку индуктивности L_S . Последовательный резонанс определяется значениями конденсаторов C_1 и C_2 и катушки L_S индуктивности. Значения конденсаторов C_1 и C_2 и катушки L_S индуктивности выбираются так, что они компенсируют друг друга на рабочей частоте сигнала U_{gen} . Поэтому только последовательный резонанс катушки R_S индуктивности и соединение электродов ограничивают передачу энергии. Следует принять во внимание, что это позволяет передавать сигналы переменного тока (AC), характеризующиеся большой амплитудой и низкими частотами.

И для емкостных, и для индуктивных систем передачи энергии энергия передается эффективно, когда частота входной мощности переменного тока совпадает с резонансной частотой в приемнике. Например, в емкостной системе, которая включает в себя индуктивный элемент, такой как система, показанная на фиг. 1 и 2, резонансная частота катушки(ек) индуктивности и емкостного сопротивления должна быть в значительной степени согласована с частотой сигнала мощности переменного тока.

Один подход для согласования резонансной частоты приемника, состоит в использовании переменных резонансных элементов, например, катушек с переменной индуктивностью. Однако такой подход может быть громоздким, дорогим или неподходящим для применения. Другой подход заключается в изменении рабочей частоты силового устройства 150 возбуждения. Однако это может быть неприемлемым решением в системе, которая включает в себя множество нагрузок, потому что частота не может динамически регулироваться так, чтобы все нагрузки в системе имели одинаковую резонансную частоту. Например, изменение частоты сигнала мощности для согласования резонансной частоты первой нагрузки может привести к тому, что второе устройство выйдет из резонансного состояния. Таким образом, необходимо решение, как добиться согласования резонанса принимающей схемы, не изменяя рабочую частоту сигнала мощности и не изменяя резонансные емкостные или индуктивные значения устройства.

Поэтому было бы полезно обеспечить решение для беспроводных систем передачи энергии, которое обеспечивает оптимальную передачу энергии, динамически добиваясь согласования резонанса в таких системах.

Краткое изложение сущности изобретения

Некоторые варианты воплощения, раскрытые здесь, включают в себя резонансную

согласующую схему для согласования резонансной частоты беспроводной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности. Схема содержит переключатель, соединенный параллельно с резонансным элементом беспроводной системы передачи энергии; и контроллер, соединенный с переключателем и сконфигурированный с
 5 возможностью обнаружения пересечения уровня нулевого напряжения сигнала, проходящего через резонансный элемент, и замыкания переключателя в течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения уровня нулевого напряжения, при этом замыкание переключателя течение заранее заданного промежутка времени добавляет любое одно из индуктивного значения и емкостного значения к
 10 резонансной частоте беспроводной системы передачи энергии.

Некоторые варианты воплощения, раскрытые здесь, также включают в себя резонансную согласующую схему для согласования резонансной частоты беспроводной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности. Схема содержит переключатель, соединенный последовательно с резонансным элементом беспроводной
 15 системы передачи энергии; контроллер, соединенный с переключателем и сконфигурированный с возможностью обнаружения пересечения уровня нулевого тока сигнала, проходящего через резонансный элемент, и размыкания переключателя течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения уровня нулевого тока, при этом размыкание переключателя течение заранее заданного промежутка
 20 времени добавляет любое одно из индуктивного значения и емкостного значения к резонансной частоте беспроводной системы передачи энергии.

Некоторые варианты воплощения, раскрытые здесь, также включают в себя резонансную согласующую схему для согласования резонансной частоты емкостной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности. Система содержит
 25 переключатель, соединенный последовательно с индуктивным элементом емкостной системы передачи энергии; контроллер, соединенный с переключателем и сконфигурированный с возможностью обнаружения пересечения уровня нулевого тока сигнала, проходящего через индуктивный элемент, и размыкания переключателя течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения уровня нулевого
 30 тока, при этом размыкание переключателя течение заранее заданного промежутка времени добавляет любое одно из индуктивного значения и емкостного значения к резонансной частоте емкостной системы передачи энергии, при этом резонансная частота является функцией индуктивного элемента, емкостного сопротивления, сформированного между электродами приемника и электродами передатчика емкостной
 35 системы передачи энергии, и любого одного из индуктивного значения и емкостного значения.

Некоторые варианты воплощения, раскрытые здесь, также включают в себя резонансную согласующую схему для согласования резонансной частоты емкостной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности. Схема содержит
 40 переключатель, соединенный параллельно с индуктивным элементом емкостной системы передачи энергии; контроллер, соединенный с переключателем и сконфигурированный с возможностью обнаружения пересечения уровня нулевого напряжения сигнала, проходящего через индуктивный элемент, и замыкания переключателя в течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения уровня нулевого
 45 напряжения, при этом замыкание переключателя в течение заранее заданного промежутка времени добавляет любое из индуктивного значения и емкостного значения к резонансной частоте беспроводной системы передачи энергии, при этом резонансная частота является функцией индуктивного элемента, емкостного сопротивления,

сформированного между электродами приемника и электродами передатчика емкостной системы передачи энергии, и любого одного из индуктивного значения и емкостного значения.

Краткое описание чертежей

5 Объект, который рассматривается как изобретение, отчетливо указан и четко заявлен в формуле изобретения в конце патентного описания. Указанные выше и другие признаки и преимущества изобретения будут очевидны из следующего подробного описания, взятого в сочетании с прилагаемыми чертежами.

Фиг. 1 является схемой емкостной системы передачи энергии;

10 Фиг. 2 является электрической схемой емкостной системы передачи энергии;

Фиг. 3 является принципиальной схемой, изображающей индуктивный приемник для передачи энергии с резонансной согласующей схемой, реализованной в соответствии с одним вариантом воплощения;

Фиг. 4 является графиком, изображающим работу резонансной согласующей схемы;

15 Фиг. 5 является электрической схемой, изображающей индуктивный приемник для передачи энергии с резонансной согласующей схемой, реализованной в соответствии с другим вариантом воплощения;

Фиг. 6А и 6В являются электрическими схемами, изображающими иллюстративные подключения резонансной согласующей схемы, основанной на пересечении уровня нулевого напряжения, в индуктивном приемнике для передачи энергии;

20 Фиг. 7А и 7В являются электрическими схемами, изображающими иллюстративные подключения резонансной согласующей схемы, основанной на пересечении уровня нулевого напряжения, в индуктивном приемнике для передачи энергии; и

25 Фиг. 8, 9 и 10 являются электрическими схемами, изображающими емкостные системы передачи энергии с резонансной согласующей схемой, реализованной в соответствии с различными вариантами воплощения;

Фиг. 11 является схемой, изображающей активный выпрямитель, предназначенный для выполнения операции переключения резонансной согласующей схемы в соответствии с вариантом воплощения; и

30 Фиг. 12А и 12В изображают иллюстративные шаблоны переключений активного выпрямителя.

Описание предпочтительных вариантов воплощения

Важно отметить, что раскрытые варианты воплощения являются лишь примерами многих полезных применений новаторских идей настоящего документа. Вообще, 35 утверждения, сделанные в описании настоящей заявки, не обязательно ограничивают любое из различных заявленных изобретений. Более того, некоторые утверждения могут относиться к некоторым признакам изобретения, но не к другим признакам. В общем, если не указано иное, одиночных элементов может быть несколько и наоборот, без потери общности. На чертежах одинаковые ссылочные позиции относятся к 40 одинаковым частям на некоторых чертежах.

Различные варианты воплощения, раскрытые здесь, включают в себя согласующую резонансную схему, предназначенную для динамического согласования резонансной частоты беспроводной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности переменного тока (АС) без изменения частоты сигнала мощности переменного тока 45 (АС). Как обсуждалось выше, передача энергии оптимальна, когда резонансная частота системы практически совпадает с частотой сигнала мощности переменного тока (АС).

Фиг. 3 изображает иллюстративную и неограничивающую схему электрической схемы приемника 300, который является приемником индуктивной системы передачи

энергии. Приемник 300 включает в себя схему 310 согласования резонансной частоты, в соответствии с одним вариантом воплощения. Приемник 300 дополнительно включает в себя конденсатор (C_p) 302, который соединен параллельно с катушкой (L) 301 индуктивности. Катушка 301 индуктивности и конденсатор 302 формируют

5 параллельную резонансную частоту в индуктивной системе передачи энергии. Приемник 300 также включает в себя нагрузку (R_L) 303. Хотя это не показано на фиг. 3, нагрузка 303 обычно включает в себя активный выпрямитель, сглаживающий конденсатор и электрический элемент (например, светодиод, лампу и т.д.), которому поставляется электроэнергия.

10 Переменное магнитное поле со стороны передатчика (не показано) индуцирует напряжение в катушке 301 индуктивности, которое представлено источником U_{ind} 304 напряжения. Частота источника U_{ind} напряжения равна рабочей частоте, то есть частоте генерируемого сигнала переменного тока (AC) со стороны передатчика. Однако

15 резонансная частота катушки 301 индуктивности и конденсатора 302 не совпадает с рабочей частотой. В варианте воплощения, резонансная частота немного выше, чем рабочая частота.

В соответствии с одним вариантом воплощения, резонансная согласующая схема 310 соединена параллельно с конденсатором 302 и нагрузкой 303. Резонансная

20 согласующая схема 310 включает в себя переключатель 311 и контроллер 312, который управляет работой переключателя 311. В частности, в одном варианте воплощения, контроллер 312 обнаруживает пересечение уровня нулевого напряжения на конденсаторе 302, то есть переход от положительного потенциала к отрицательному потенциалу и наоборот. Когда обнаружено пересечение уровня нулевого напряжения, контроллер

25 312 замыкает переключатель 311 в течение заранее заданного промежутка времени.

Контроллер 312 может быть реализован с использованием одного или более аналоговых компараторов, обеспечивающих выходные сигналы генератору импульсов. Генератор импульсов производит короткий импульс при пересечении уровня нулевого

напряжения. Таким образом, короткий импульс замыкает и размыкает переключатель

30 311 при обнаружении пересечения уровня нулевого напряжения. Длительность короткого импульса регулируется в генераторе импульсов. Другие варианты осуществления контроллера 312 для обнаружения пересечения уровня нулевого напряжения будут очевидны для средних специалистов в области техники.

Переключатель 311, когда он замкнут, обеспечивает короткое замыкание нагрузки

35 303. Как отмечалось выше, переключатель 311 замкнут в течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения уровня нулевого напряжения. В одном варианте воплощения, заранее заданный период времени обычно короче, чем половина периода рабочей частоты. Если переключатель 311 замыкается вскоре после пересечения уровня нулевого напряжения, ток в схеме короткого замыкания имеет

40 виртуальную емкостную составляющую. С другой стороны, замыкая переключатель непосредственно перед пересечением уровня нулевого напряжения, ток в схеме короткого замыкания имеет виртуальную индуктивную составляющую. Каждая из виртуальных мнимых индуктивной и емкостной составляющих имеет эффект

45 дополнительного виртуального конденсатора или виртуальной катушки индуктивности. Значение каждой из виртуальных мнимых индуктивной и емкостной составляющих является функцией заранее заданного промежутка времени, в течение которого переключатель, которым управляет контроллер 312, замкнут. Таким образом, регулируя продолжительность времени, в течение которого переключатель 311 замкнут, значение

каждой из виртуальных мнимых индуктивной и емкостной составляющих может быть установлено таким образом, что схема находится в резонансе на рабочей частоте.

В частности, когда переключатель 311 замыкается вскоре после положительного пересечения уровня нулевого напряжения (то есть пересечения от отрицательного потенциала к положительному потенциалу), генерируется короткий положительный импульс тока. Частотная составляющая этого короткого положительного импульса тока имеет фазовый сдвиг почти -90° относительно фазы источника U_{ind} 304 напряжения. Это соответствует дополнительному емкостному току, который добавляется в резонансный контур, состоящий из катушки 301 индуктивности и конденсатора 302. Таким образом, переключатель 311 рассматривается как виртуальный конденсатор, который уменьшает общую резонансную частоту емкостной системы (как определено выше). Продолжительность короткого положительного импульса тока (то есть, длительность времени, в течение которого переключатель замкнут) определяет амплитуду тока и, таким образом, величину виртуальной емкости. Если переключатель 311 замкнут непосредственно до пересечения уровня нулевого напряжения, короткий импульс тока генерируется в обратном направлении. Таким образом, основная частота импульса тока имеет фазовый сдвиг $+90^\circ$ относительно фазы источника U_{ind} 304 напряжения. Это соответствует виртуальной катушке индуктивности, которая увеличивает резонансную частоту.

Поэтому, регулируя продолжительность короткого импульса (то есть время, в течение которого переключатель 311 остается замкнутым) и момент замыкания переключателя 311 (то есть до или после пересечения уровня нулевого напряжения) можно добиться согласования частоты последовательного резонанса беспроводной системы передачи энергии и рабочей частоты сигнала мощности.

Далее будет описана работа схемы 310 согласования частоты последовательного резонанса со ссылкой на фиг. 4, которая иллюстрирует работу резонансного контура 310 во временной области.

Если резонансный контур 310, состоящий из катушки 301 индуктивности и конденсатора 302, может свободно осциллировать, то резонансный период завершается в некоторый момент времени. Оптимально конец цикла возбуждения должен совпадать с началом каждого резонансного цикла. Однако в случае, показанном на фиг. 4, цикл 410 возбуждения немного длиннее, чем резонансный цикл 420. В соответствии раскрытыми здесь с вариантами воплощения, резонансный цикл 420 задерживается так, что новый резонансный цикл начинается одновременно с новым циклом возбуждения. В течение этого времени задержки состояние тока и напряжение резонансного контура должны сохраняться так, что по истечении времени задержки схема ведет себя точно так же, как перед началом задержки. Состояние резонансного контура "замораживается" на это время задержки путем управления работой переключателя 311, как обсуждалось выше.

Как показано на фиг. 4, кривая 401 представляет период возбуждения индуцированного напряжения U_{ind} 304 питания (фиг. 3). Один полупериод обозначен как цикл 410 возбуждения на фиг. 4. Кривая 402 соответствует резонансному напряжению на конденсаторе 302 (фиг. 3). Полупериод резонансного напряжения конденсатора оканчивается до цикла 410 возбуждения. Это характеризуется тем, что потенциал напряжения на конденсаторе 302 достигает нулевого значения. В этом состоянии резонансный ток через катушку 301 индуктивности, показанный в виде кривой 403, достигает своего максимального значения.

Чтобы "заморозить" это состояние до начала следующего цикла возбуждения, замыкается переключатель 311, как обозначено с помощью сигнала 405 переключения. Пока переключатель 311 замкнут, напряжение на конденсаторе 302 остается равным нулю, а ток через катушку 301 индуктивности остается на максимальном значении. В момент достижения цикла возбуждения, переключатель 311 снова размыкается, с помощью подачи сигнала 405 переключения. Затем резонансное состояние схемы, состоящей из катушки 301 индуктивности и конденсатора 302, снова совпадает с циклом возбуждения.

Фиг. 5 показывает иллюстративную неограничивающую схему электрической схемы приемника 500, который может быть реализован в индуктивной системе передачи энергии. В соответствии с этим вариантом воплощения, приемник 500 включает в себя резонансную согласующую схему 510, катушку 501 индуктивности, конденсатор 502 и нагрузку 503. Хотя это не показано на фиг. 5, нагрузка 503 обычно включает в себя выпрямитель, сглаживающий конденсатор и электрический элемент (например, светодиод, лампу и т.д.), которому подается электроэнергия.

Резонансная согласующая схема 510 выполняет динамическое согласование частоты параллельного резонанса и включает в себя переключатель 511, а также контроллер 512, который управляет работой переключателя 511. Переменное магнитное поле со стороны передатчика (не показан) индуцирует напряжение в катушке 501 индуктивности, которое представлено источником 504 напряжения. Частота сигнала U_{ind} 504 равна рабочей частоте. Резонансная частота катушки 501 индуктивности и конденсатора 502 не совпадает с рабочей частотой сигнала U_{ind} 504.

В соответствии с этим вариантом воплощения, резонансная согласующая схема 510 соединена последовательно с конденсатором 502 и нагрузкой 503. Контроллер 512 обнаруживает, когда ток, текущий через конденсатор 502, пересекает нулевой уровень (то есть отсутствие тока). Когда ток равен нулю, контроллер 512 размыкает переключатель 511 в течение заранее заданного промежутка времени. Когда переключатель 511 разомкнут, конденсатор 502 заряжен на максимальном напряжении. После этого контроллер 512 замыкает переключатель 511, и в результате конденсатор 502 может быть разряжен, и начинается следующий резонансный цикл. Промежуток времени, в течение которого переключатель 511 остается разомкнут, может регулироваться. В иллюстративном варианте воплощения этот период времени является временем, которое короче, чем половина периода при рабочей частоте.

Замыкание переключателя 511 до окончания резонансного цикла переводит резонансную частоту приемника 500 в другое состояние, которое совпадает с конечным состоянием резонансного цикла. Таким образом, замыкая переключатель 511, резонансный цикл, который длиннее, чем цикл возбуждения, может быть сокращен, чтобы совпадать с циклом возбуждения.

В резонансной согласующей схеме 510 операция размыкания и замыкания переключателя 511 при пересечении уровня нулевого тока генерирует импульс напряжения. Импульс напряжения добавляется к резонансному напряжению, которое может иметь индуктивную или емкостную составляющую напряжения, в зависимости от того, генерируется ли импульс напряжения до или после обнаружения пересечения уровня нулевого тока. Генерирование дополнительного индуктивного или емкостного напряжения соответствует дополнительной переменной виртуальной катушке индуктивности или конденсатору. Дополнительная переменная виртуальная катушка индуктивности или конденсатор могут использоваться для согласования резонансной частоты приемника 500 и рабочей частоты сигнала мощности. Контроллер 512 может

быть реализован с использованием одного или более аналоговых компараторов так, что их выходы обеспечиваются генератору импульсов.

Резонансные согласующие схемы, которые основаны на обнаружении пересечения уровня нулевого напряжения и тока, могут быть соединены иначе, чем показано на 5 фиг. 3 и 5. Например, как изображено на фиг. 6А, приемник 600 включает в себя резонансную согласующую схему 610, основанную на пересечении уровня нулевого напряжения, соединенную параллельно с конденсатором 601 и последовательно с 10 нагрузкой 602. В компоновке фиг. 6А контроллер 612 обнаруживает пересечение уровня нулевого напряжения на конденсаторе 601 и переключает переключатель 611 при обнаружении такого пересечения, как обсуждалось подробно выше.

В другой возможной компоновке, изображенной на фиг. 6В, приемник 620 включает в себя резонансную согласующую схему 610, основанную на пересечении уровня нулевого напряжения, соединенную параллельно с катушкой индуктивности 621 и 15 источником 622 индуцированного напряжения приемника 620. В компоновке фиг. 6В контроллер 612 обнаруживает пересечение уровня нулевого напряжения на катушке 621 индуктивности и переключает переключатель 611 при переходе через нулевое напряжение, как обсуждалось выше. В показанных на фиг. 6А и 6В компоновках приемники 610 и 620 являются последовательными резонансными контурами.

Фиг. 7А и 7В изображают неограничивающие компоновки резонансной согласующей 20 схемы 710, основанной на пересечении уровня нулевого тока, входящей в состав резонансной схемы приемника 700 (фиг. 7А) и 720 (фиг. 7В).

На фиг. 7А приемник 700 включает в себя резонансную согласующую схему 710, соединенную последовательно с конденсатором 701. Контроллер 712 обнаруживает 25 изменения электрического тока через конденсатор 701 и переключает переключатель 711 около нулевого уровня электрического тока, как обсуждалось выше.

В компоновке, показанной на фиг. 7В, приемник 720 включает в себя резонансную согласующую схему 710, соединенную последовательно с катушкой 721 индуктивности. Контроллер 712 обнаруживает изменения электрического тока через катушку 721 30 индуктивности и переключает переключатель 711 около нулевого уровня электрического тока, как обсуждалось выше.

Резонансные согласующие схемы, обсуждаемые здесь, могут также работать в емкостных системах передачи энергии, таких как система, которая обсуждалась выше со ссылкой на фиг. 1 и 2. Различные варианты воплощения для подключения 35 резонансных согласующих схем к емкостной системе передачи энергии описаны ниже со ссылкой на фиг. 8, 9 и 10.

Как отмечалось выше, резонансная частота емкостной системы передачи энергии является функцией емкостного сопротивления, формируемого между электродами передатчика и приемника, и индуктивных элементов такой системы. Емкостное 40 сопротивление между электродами передатчика и приемника изображено как С1 и С2 на фиг. 8, 9, и 10.

В иллюстративной и неограничивающей электрической схеме, показанной на фиг. 8, в приемнике 810 емкостной системы 800 передачи энергии резонансная согласующая 45 схема 820 подключена последовательно между катушкой 811 индуктивности и нагрузкой 812. Резонансная согласующая схема 820 включает в себя контроллер 821 и переключатель 822. Аналогично работе согласующей схемы 500, контроллер 821 обнаруживает пересечение уровня нулевого тока, протекающего через катушку 811 индуктивности. Когда ток равен нулю, контроллер 821 размыкает переключатель 822.

В резонансной согласующей схеме 820 операция размыкания и замыкания

переключателя 822 при обнаружении пересечения уровня нулевого тока генерирует импульс напряжения на переключателе 822. Импульс напряжения добавляется к резонансному напряжению и может иметь фазовый сдвиг относительно фазы тока, в зависимости от того, появляется ли импульс до или после пересечения уровня нулевого тока. Таким образом, генерируется дополнительное индуктивное или емкостное напряжение, которое эффективно является дополнительной переменной виртуальной катушкой индуктивности или конденсатором. Дополнительные виртуальные индуктивные или емкостные величины могут быть реализованы для согласования резонансной частоты приемника 810 с рабочей частотой сигнала мощности, генерируемого силовым устройством 831 возбуждения.

В другом варианте воплощения, показанном на фиг. 9, в приемнике 910 емкостной системы 900 передачи энергии резонансная согласующая схема 920 подключена параллельно катушке индуктивности 911 и нагрузке 912. Резонансная согласующая схема 920 включает в себя контроллер 921 и переключатель 922. Контроллер 921 обнаруживает уровень напряжения на катушке 911 индуктивности для обнаружения пересечения уровня нулевого напряжения. При обнаружении пересечения уровня нулевого напряжения контроллер 921 замыкает переключатель 922 в течение заранее заданного промежутка времени. Этот промежуток времени обычно короче, чем половина периода при рабочей частоте сигнала мощности переменного тока (АС), генерируемого силовым устройством 931 возбуждения. Когда переключатель 922 замкнут, происходит короткое замыкание нагрузки 912. Если период замыкания переключателя идет сразу после пересечения нулевого уровня, ток в схеме короткого замыкания имеет виртуальную емкостную составляющую. Если переключатель 922 замыкается перед пересечением нуля, ток в схеме короткого замыкания имеет виртуальную индуктивную составляющую. Эта виртуальная мнимая составляющая имеет эффект дополнительного виртуального конденсатора или катушки индуктивности, таким образом, согласуя резонансную частоту приемника 910 с рабочей частотой сигнала мощности переменного тока (АС). Как отмечалось выше, изменяя длину импульса, вызывающего короткое замыкание, величина виртуальной индуктивности/емкости может быть установлена так, что схема приемника находится в резонансе на рабочей частоте сигнала мощности переменного тока (АС), генерируемого силовым устройством 931 возбуждения.

Фиг. 10 показывает емкостную систему 1000 передачи энергии, которая включает в себя приемник 1010 и резонансную согласующую схему 1020. В изображенном на фиг. 10 варианте воплощения резонансная согласующая схема 1020 подключена параллельно катушке 1011 индуктивности. Параллельная компоновка соединена последовательно с нагрузкой 1012. Резонансная согласующая схема 1020 включает в себя контроллер 1021 и переключатель 1022.

В конфигурации, изображенной на фиг. 10, дополнительная виртуальная индуктивная величина генерируется путем замыкания переключателя 1022, когда контроллером 1021 резонансной согласующей схемы 1020 обнаружено пересечение уровня нулевого напряжения сигнала мощности. Сигнал мощности является сигналом переменного тока (АС), генерируемым силовым устройством 1031 возбуждения. Переключатель 1022 замкнут в течение заранее заданного промежутка времени, который обычно короче, чем половина периода при рабочей частоте сигнала мощности переменного тока (АС).

В одном варианте воплощения изобретения, работа переключателя, входящего в состав любой из резонансных согласующих схем, обсуждаемых выше, может выполняться активным выпрямителем. Как отмечалось выше, нагрузка беспроводной

системы передачи энергии обычно включает в себя активный выпрямитель, сглаживающий конденсатор и электрический элемент (например, светодиод, лампу и т.д.), которому подается электроэнергия. Как правило, выпрямитель используется для преобразования сигнала переменного тока (AC) в сигнал постоянного тока (DC), и реализован он с использованием диодного моста. В иллюстративном варианте воплощения, изображенном на фиг. 11, активный выпрямитель 1100 реализован с использованием активных переключателей (S1, S2, S3 и S4) вместо диодов диодного моста. Путем реализации активных переключателей, как изображено на фиг. 11, работа переключателя любой из резонансных согласующих схем, описанных выше, может достигаться путем одновременного замыкания двух переключателей (S1, S2, S3 и S4) так, что они вызывают короткое замыкание через конденсатор С.

Порядок переключений для переключателей (S1, S2, S3 и S4) активного выпрямителя 1100 для работы на основании пересечения уровня нулевого напряжения изображен на фиг. 12А.

Порядок переключений для переключателей (S1, S2, S3 и S4) активного выпрямителя 1100 для работы на основании пересечения уровня нулевого тока изображен на фиг. 12В.

В другом варианте воплощения переключатель резонансной согласующей схемы, например, как проиллюстрировано в любом из вариантов воплощения, раскрытых подробно выше, может использоваться для модулирования сигнала данных по сигналу мощности. Это достигается асимметричным переключением переключателя около пересечения уровня нулевого напряжения, так что протекает дополнительная действительная составляющая тока. Эта составляющая тока может использоваться для генерации сигнала модуляции нагрузки для передачи данных стороне передатчика беспроводной системы передачи энергии.

Следует отметить, что резонансная согласующая схема в любом из вариантов воплощения, раскрытых подробно выше, может быть подключена в емкостной системе передачи энергии или в индуктивной системе передачи энергии, которая включает в себя множество приемников. Соответственно, резонансная частота каждого приемника управляется его резонансной согласующей схемой. В результате резонансные частоты множества приемников могут быть независимо согласованы с рабочей частотой сигнала мощности.

Хотя различные варианты воплощения были описаны довольно детально и с некоторыми подробностями, изобретение не должно ограничиваться какими-либо из этих подробностей, или вариантами воплощения, или определенным вариантом воплощения, а должно толковаться со ссылкой на прилагаемую формулу изобретения для обеспечения максимально широкой интерпретации формулы изобретения с учетом предшествующего уровня техники и, следовательно, для эффективного охвата предполагаемого объема изобретения. Кроме того, описание выше описывает изобретение с точки зрения вариантов воплощения, предусмотренных изобретателем, для которых было доступно достаточное описание, несмотря на это несущественные модификации изобретения, не предусмотренные в настоящее время, могут, тем не менее, представлять его эквиваленты.

Формула изобретения

1. Резонансная согласующая схема для согласования резонансной частоты емкостной системы передачи энергии с частотой сигнала мощности, содержащая:
переключатель, соединенный последовательно с резонансным индуктивным

элементом емкостной системы передачи энергии или соединенный параллельно с резонансным индуктивным элементом; и

контроллер, соединенный с переключателем и сконфигурированный с возможностью обнаружения пересечения нулевого уровня тока, проходящего через резонансный индуктивный элемент, когда переключатель соединен последовательно с резонансным индуктивным элементом, и размыкания переключателя на заранее заданный промежуток времени при обнаружении пересечения уровня нулевого тока, или сконфигурирован для обнаружения пересечения нулевого уровня напряжения на резонансном индуктивном элементе, когда переключатель подключен параллельно с резонансным индуктивным элементом, и замыкания переключателя в течение заранее заданного промежутка времени при обнаружении пересечения нулевого уровня напряжения,

при этом размыкание/замыкание переключателя в течение заранее заданного промежутка времени добавляет любое одно из значений индуктивности и значений емкости к резонансной частоте емкостной системы передачи энергии.

2. Схема по п. 1, в которой переключатель размыкается непосредственно перед пересечением нулевого уровня тока или непосредственно после пересечения нулевого уровня тока.

3. Схема по п. 1, в которой заранее заданный промежуток времени меньше, чем половина периода частоты сигнала энергии.

4. Схема по п. 1, дополнительно содержащая емкостное сопротивление, формируемое между электродами приемника и электродами передатчика емкостной системы передачи энергии.

5. Схема по п. 4, в которой резонансный индуктивный элемент подключен последовательно с емкостным сопротивлением, и резонансный индуктивный элемент подключен последовательно или параллельно с нагрузкой.

6. Схема по п. 4, в которой заранее заданный промежуток времени меньше, чем половина периода частоты сигнала мощности.

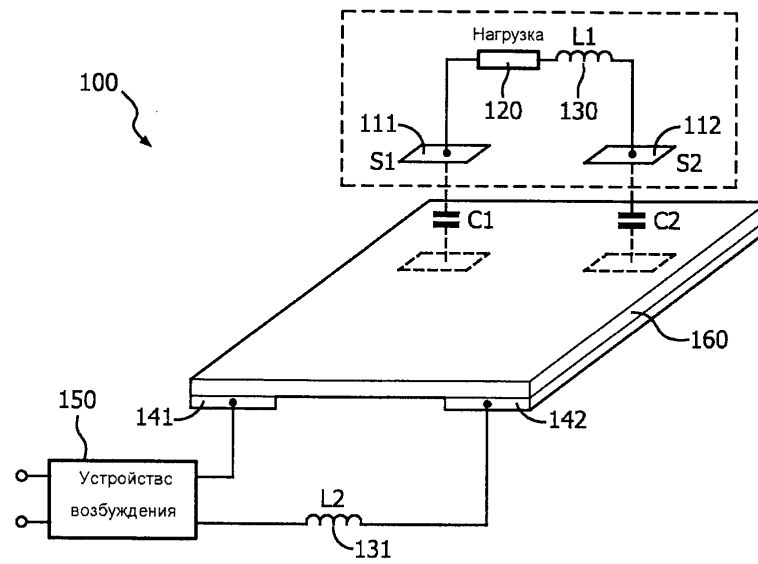
7. Схема по п. 1, в которой резонансная частота является функцией резонансного индуктивного элемента, емкостного сопротивления, формируемого между электродами приемника и электродами передатчика емкостной системы передачи энергии, и любого из индуктивного значения и емкостного значения.

8. Схема по п. 7, в которой заранее заданный промежуток времени меньше, чем половина периода частоты сигнала мощности.

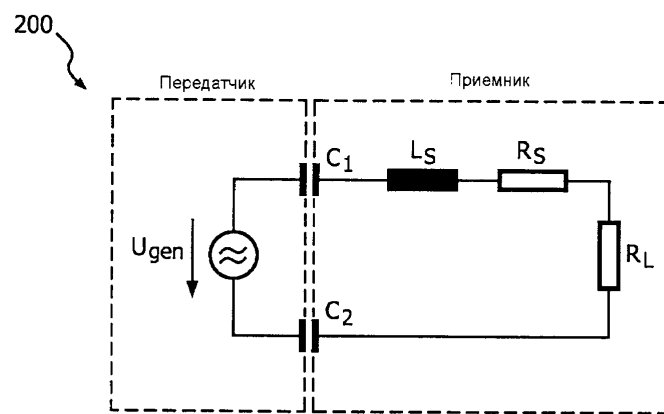
9. Схема по любому из пп. 1, 4 и 7, в которой операция переключения переключателя выполняется активным выпрямителем.

10. Схема по любому из пп. 1, 4 и 7, в которой емкостная система передачи энергии включает в себя множество приемников, при этом резонансная согласующая схема соединена с каждым приемником из множества приемников для независимого согласования резонансной частоты приемника.

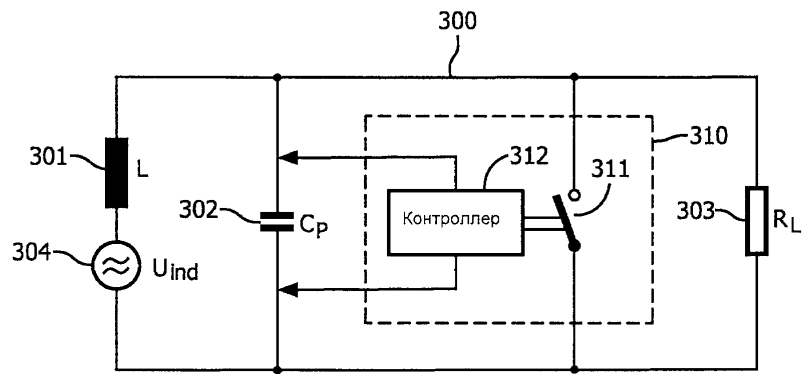
11. Схема по любому из пп. 1, 4 и 7, в которой переключатель дополнительно сконфигурирован с возможностью модулирования сигнала данных по сигналу мощности.



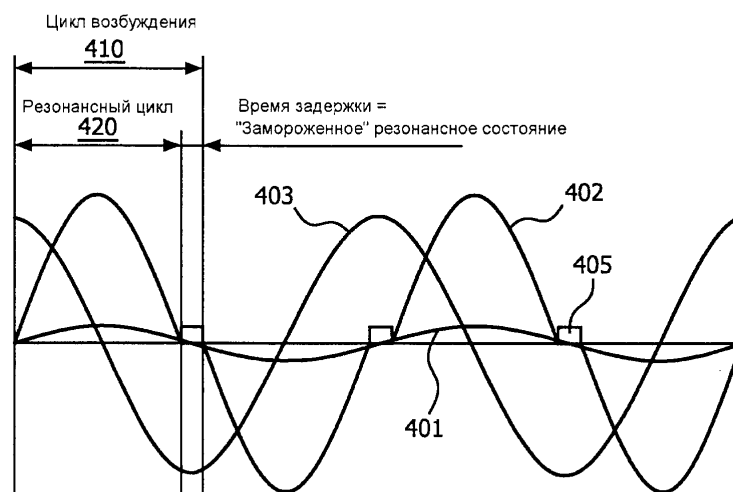
ФИГ. 1



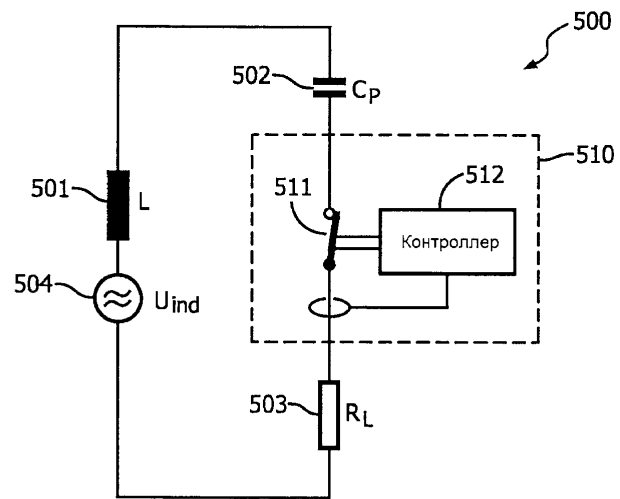
ФИГ. 2



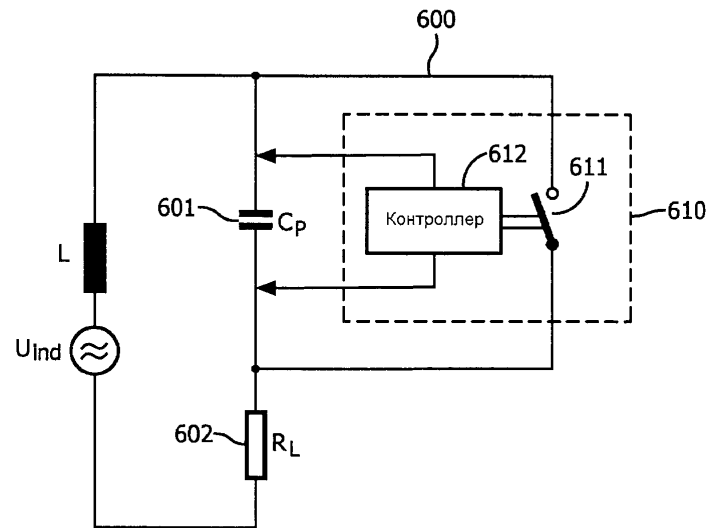
ФИГ. 3



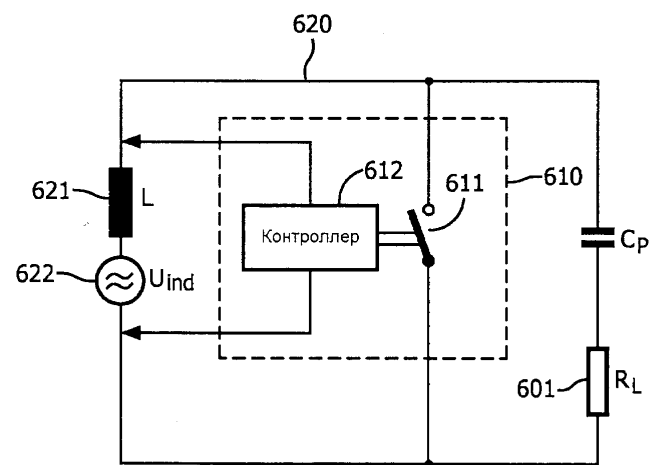
ФИГ. 4



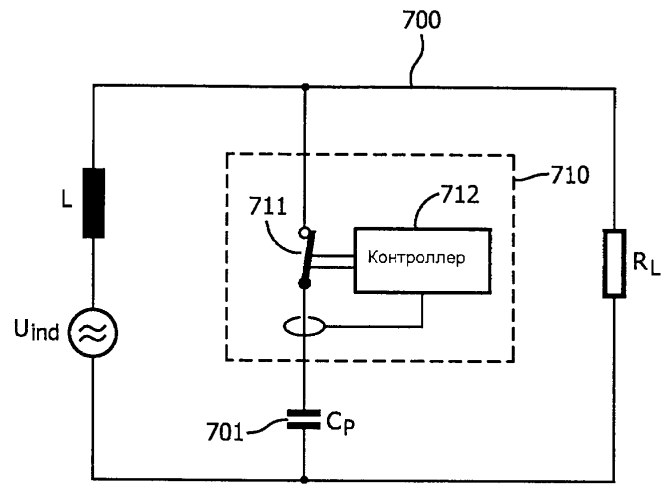
ФИГ. 5



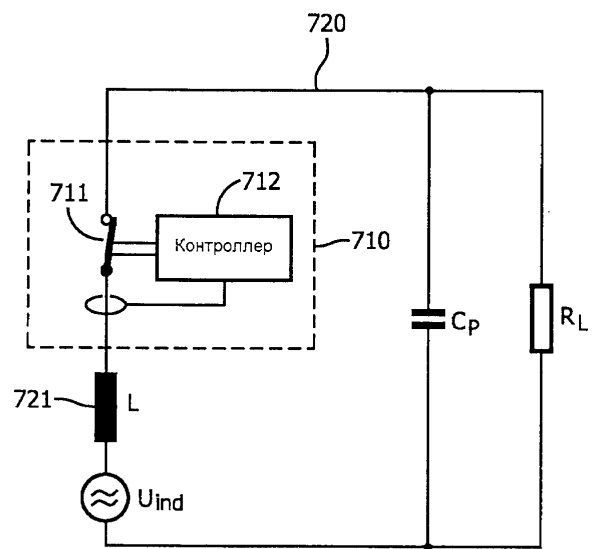
ФИГ. 6А



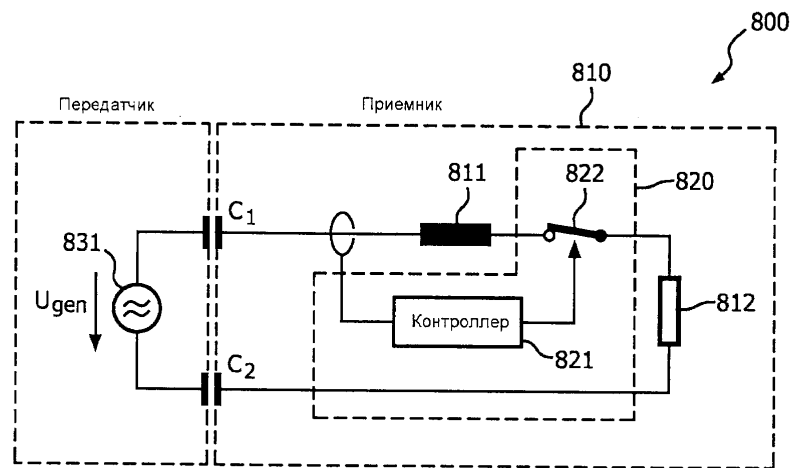
ФИГ. 6В



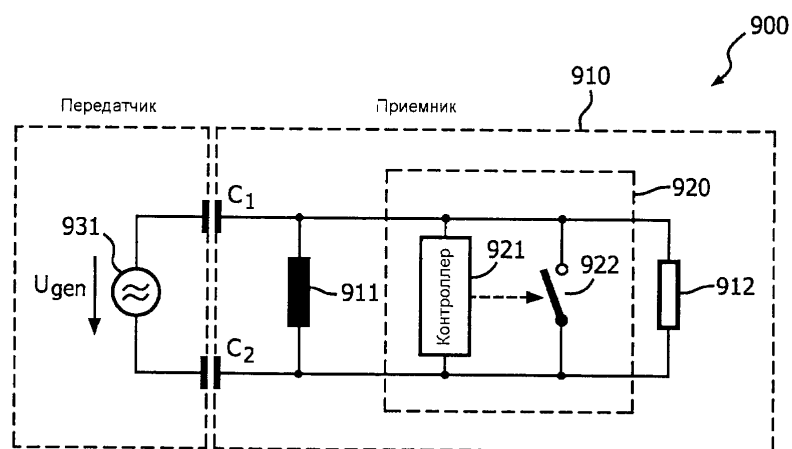
ФИГ. 7А



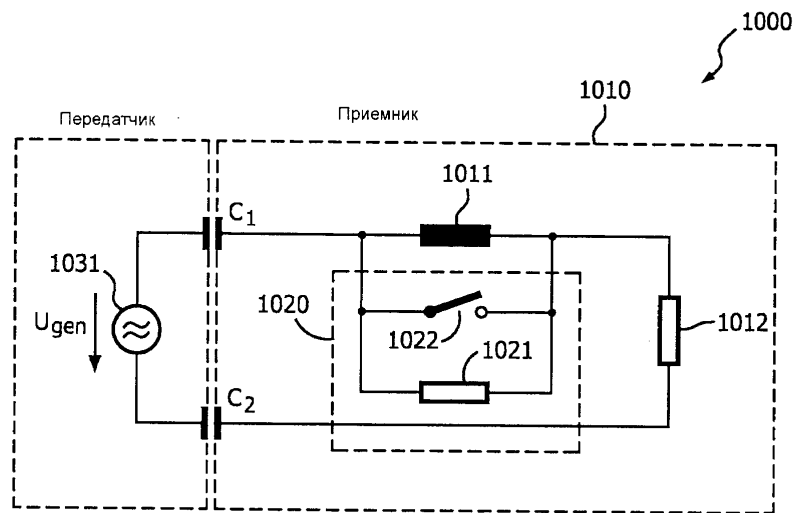
ФИГ. 7В



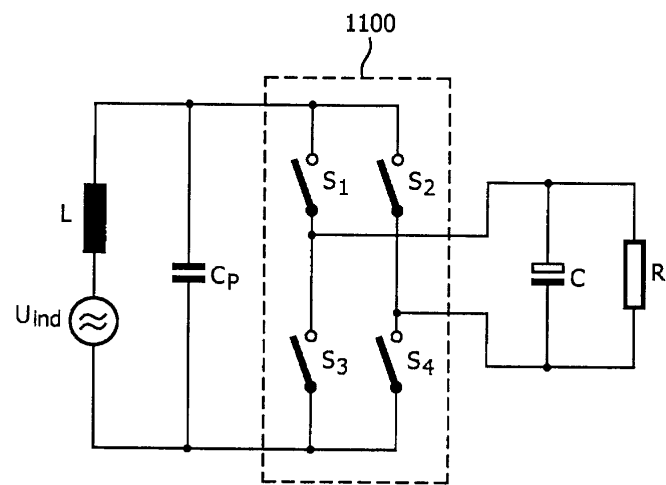
ФИГ. 8



ФИГ. 9



ФИГ. 10



ФИГ. 11

