



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H04B 5/0031 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020121907, 26.06.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.06.2020

Дата регистрации:  
14.12.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.06.2020

(45) Опубликовано: 14.12.2020 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,  
стр. 38, ИФ СО РАН, отдел патентной и  
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Боев Никита Михайлович (RU),  
Креков Сергей Дмитриевич (RU),  
Изотов Андрей Викторович (RU),  
Сушков Артем Александрович (RU),  
Горчаковский Александр Антонович (RU),  
Говорун Илья Валериевич (RU),  
Лемберг Константин Вячеславович (RU),  
Подшивалов Иван Валерьевич (RU),  
Грушевский Евгений Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО  
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2709790 C1, 20.12.2019. RU  
2709789 C1, 20.12.2019. RU 2663228 C2,  
02.08.2018. RU 148832 U1, 20.12.2014. WO  
2013071426 A1, 23.05.2013. US 20180062439 A1,  
01.03.2018. БЕЛЯЕВ Б.А. и др.  
Проектирование малогабаритного  
нелинейного усилителя мощности  
портативного приемопередатчика системы  
ближнепольной магнитной связи, XIII  
Международная (см. прод.)

(54) Цифровой передатчик ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией

(57) Реферат:

Цифровой передатчик ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией предназначен для организации канала связи посредством модулирования низкочастотных магнитных полей. Устройство содержит передающую магнитную антенну с отводами, модулятор с двумя выходами, на первом выходе которого формируется одноразрядный частотно- или

фазоманипулированный сигнал, а на втором выходе - цифровой сигнал, соответствующий амплитуде передаваемого символа, при этом первый выход квадратурного модулятора подключен к устройству формирования управляющих сигналов мостового инвертора напряжения, а второй - к управляющему входу мультиплексора, новым является то, что передающая магнитная антенна имеет отводы и,

соответственно, мостовой инвертор напряжения имеет несколько соединенных с антенной полумостов, причем общее число выводов передающей магнитной антенны равно числу полумостов и определяется как  $N=A+1$ , где  $A$  - число дискретных уровней амплитуд символов сигнального созвездия цифровой манипуляции, при этом первый полумост управляется через

драйверы по сигналам напрямую от устройства формирования управляющих сигналов, а другие полумосты управляются через мультиплексор. Техническим результатом изобретения является снижение сложности изготовления цифрового передатчика ближнепольной магнитной системы связи. 2 ил.

(56) (продолжение):

научно-практическая конференция, посвященная 55-летию ТУСУРа, 29 ноября - 1 декабря 2017, с. 46-49.

RU 2738410 C1

RU 2738410 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H04B 5/0031* (2020.08)

(21)(22) Application: **2020121907, 26.06.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**26.06.2020**

Registration date:  
**14.12.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **26.06.2020**

(45) Date of publication: **14.12.2020 Bull. № 35**

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,  
str. 38, IF SO RAN, otdel patentnoj i  
izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Boev Nikita Mikhajlovich (RU),  
Krekov Sergej Dmitrievich (RU),  
Izotov Andrej Viktorovich (RU),  
Sushkov Artem Aleksandrovich (RU),  
Gorchakovskij Aleksandr Antonovich (RU),  
Govorun Ilya Valerievich (RU),  
Lemberg Konstantin Vyacheslavovich (RU),  
Podshivalov Ivan Valerevich (RU),  
Grushevskij Evgenij Olegovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)  
(RU)**

(54) **DIGITAL TRANSMITTER OF NEAR-FIELD MAGNETIC COMMUNICATION SYSTEM WITH AMPLITUDE-PHASE MANIPULATION**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: digital transmitter of near-field magnetic communication system with amplitude-phase manipulation is intended for arrangement of communication channel by modulation of low-frequency magnetic fields. Device comprises a transmitting magnetic antenna with taps, a modulator with two outputs, at the first output of which a single-bit frequency- or phase-shift keyed signal is generated, and at second output is digital signal corresponding to transmitted symbol amplitude, wherein first output of quadrature modulator is connected to device for generating control signals of bridge voltage inverter, and second - to control input of multiplexer, novel is that transmitting magnetic antenna has taps and,

respectively, bridge voltage inverter has several half-bridges connected to antenna, wherein total number of outputs of transmitting magnetic antenna is equal to number of half-bridges and is defined as  $N=A+1$ , where A is number of discrete levels of symbols amplitudes of signal constellation of digital manipulation, wherein first half-bridge is controlled through drivers by signals directly from device for generation of control signals, and other half-bridges are controlled through multiplexer.

EFFECT: reduced complexity of making a digital transmitter of near-field magnetic communication system.

1 cl, 2 dwg

Изобретение относится к области передачи информации, а более конкретно - к устройствам для организации канала связи посредством модулирования переменных магнитных полей и может быть использовано для связи с различными подземными, подводными и другими объектами.

5 Известно портативное устройство для беспроводной связи через землю [Патент США US2013/0196593, МПК H04B 13/02, опубл. 01.08.2013]. Модуляция сигнала в устройстве осуществляется цифровым сигнальным процессором, формирующем четырехпозиционную фазовую манипуляцию (QPSK). Выход модулятора подключен к микроконтроллеру, на основе которого реализована функция широтно-импульсного  
10 модулятора. С выхода микроконтроллера сигнал поступает на вход цифро-аналогового преобразователя, а затем на усилитель мощности системы связи. Усилитель мощности построен по схеме мостового инвертора напряжения на четырех полевых транзисторах. Нагрузкой инвертора является резонансная цепь, состоящая из передающей катушки индуктивности и резонансной емкости.

15 Недостатком известного устройства является узкая полоса пропускания передающей магнитной антенны, что связано с последовательным включением в цепь передающей катушки и емкости, образующей с катушкой резонансный контур. Другим недостатком известного устройства является низкая спектральная эффективность системы связи, что обусловлено применением цифровой модуляции с низкой позиционностью. Тогда  
20 как при малых расстояниях между передатчиком и приемником в ближнепольных магнитных системах связи наблюдаются значительные отношения сигнал/шум, которые могут быть использованы для увеличения пропускной способности канала связи при фиксированной полосе частот путем повышения позиционности созвездия.

Известен передатчик системы ближнепольной магнитной связи, выбранный в качестве  
25 прототипа [Патент РФ RU2709790, МПК H04B 5/02, H04B 13/02, H04B 5/0081, опубл. 20.12.2019]. Передатчик содержит цифровой квадратурный модулятор с двумя выходами, на первом выходе формируется одноразрядный дискретный частотно- или фазоманипулированный сигнал, а на втором выходе - цифровой сигнал, соответствующий амплитуде передаваемого сигнала. Выходы модулятора подключены  
30 к мостовому инвертору напряжения, причем число транзисторов в каждом верхнем плече мостовой схемы соответствует числу уровней амплитуд сигналов выбранного вида цифровой манипуляции. Выбор рабочей пары транзисторов верхних плеч происходит с использованием мультиплексора, управляемого сигналом со второго выхода модулятора, а частота и фаза переключения транзисторов задаются схемой  
35 управления транзисторами мостовой схемы по сигналу с первого выхода модулятора.

Недостатком конструкции-прототипа является высокая сложность, что вызвано требованием к использованию нескольких источников питания мостового инвертора напряжения. Причем число источников питания в прототипе равно числу дискретных  
40 уровней амплитуд созвездия сигналов выбранного вида цифровой манипуляции, что трудно реализуется в компактных портативных системах ближнепольной магнитной связи.

Техническим результатом изобретения является снижение сложности изготовления цифрового передатчика ближнепольной магнитной системы связи.

Заявляемый результат достигается тем, что в цифровом передатчике ближнепольной  
45 магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией, включающем передающую магнитную антенну, цифровой квадратурный модулятор с двумя выходами, на первом выходе которого формируется одноразрядный частотно- или фазоманипулированный сигнал, а на втором выходе - цифровой сигнал,

соответствующий амплитуде передаваемого символа, при этом первый выход квадратурного модулятора подключен к устройству формирования управляющих сигналов мостового инвертора напряжения, а второй выход подключен к управляющему входу мультиплексора, новым является то, что передающая магнитная антенна имеет отводы и, соответственно, мостовой инвертор напряжения имеет несколько соединенных с антенной полумостов, причем общее число выводов передающей магнитной антенны равно числу полумостов и определяется как  $N=A+1$ , где  $A$  - число дискретных уровней амплитуд символов сигнального созвездия цифровой манипуляции, при этом первый полумост управляется через драйверы по сигналам напрямую от устройства формирования управляющих сигналов, а другие полумосты управляются через мультиплексор.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием отводов у передающей магнитной антенны. В соответствии с этим, мостовой инвертор напряжения имеет число полумостов, равное общему числу выводов магнитной антенны. Это позволяет реализовать требуемый вид цифровой манипуляции с заданным числом дискретных уровней амплитуд точек на сигнальном созвездии. При этом, в отличие от конструкции-прототипа, используется один источник питающего напряжения мостового инвертора, что позволяет упростить конструкцию устройства.

Таким образом, перечисленные выше отличительные от прототипа признаки позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна».

Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Данное изобретение поясняется чертежами: на фиг. 1 показана блок-схема цифрового передатчика ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией, а на фиг. 2 показан пример формируемого передатчиком сигнального созвездия - амплитудно-фазовая манипуляция с тридцатидвухпозиционным созвездием (APSK-32).

Цифровой передатчик ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией содержит (фиг. 1) цифровой квадратурный амплитудный модулятор (1), имеющий вход, который подключен к выходу внешнего цифрового источника передаваемых данных, и два выхода. Первый выход - одноразрядный, цифровой, подключен ко входу устройства (2) формирования управляющих сигналов мостового инвертора напряжения. Второй выход подключен к управляющему входу цифрового двухканального мультиплексора (3). Сигнальные входы мультиплексора (3) подключены к выходам устройства (2) формирования управляющих сигналов, а выходы - к драйверам (4) транзисторов (5) мостового инвертора напряжения. Нагрузкой мостового инвертора напряжения является передающая магнитная антенна с отводами, секции которой имеют эквивалентное сопротивление потерь (6) и индуктивность (7). Например, для формирования сигнала цифровой манипуляции с тремя дискретными уровнями амплитуд (APSK-32, фиг. 2) используется мостовой инвертор напряжения, состоящий из четырех полумостов (фиг. 1) - (8), (9), (10) и (11) и передающая магнитная антенна с четырьмя выводами. Таким образом, общее число выводов магнитной антенны равно числу полумостов и равно  $N=A+1$ , где  $A$  - число дискретных уровней амплитуд сигнального созвездия цифровой манипуляции. Каждая секция магнитной антенны содержит равное количество витков. Первый вывод магнитной антенны

подключен к первому полумосту (8), второй отвод магнитной антенны подключен к полумосту (9), третий отвод к полумосту (10) и последний вывод магнитной антенны подключен к последнему полумосту (11). Для предотвращения протекания тока через  
 5 встроены диоды транзисторов (5) применяется, например, их встречное включение (фиг. 1), а при выборе транзисторов (5) и расчете снабберных цепей учитывается максимально возможное повышение напряжения на выводах передающей магнитной антенны за счет взаимной индукции между отдельными секциями передающей магнитной антенны.

Цифровой передатчик ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-  
 10 фазовой манипуляцией работает следующим образом. Рассмотрим работу устройства на примере формирования цифровой тридцатидвухпозиционной амплитудно-фазовой манипуляции APSK-32 (сигнальное созвездие показано на фиг. 2). Цифровой сигнал от внешнего источника данных поступает на вход (фиг. 1) квадратурного амплитудного модулятора (1), формирующего два сигнала: первый сигнал - одnorазрядный  
 15 фазоманипулированный сигнал; второй сигнал - цифровой сигнал, соответствующий амплитуде передаваемого символа. Первый сигнал с выхода модулятора (1) поступает на вход устройства (2) формирования управляющих сигналов мостового инвертора напряжения, на выходе которого формируются два сигнала управления драйверами  
 (4) транзисторов (5) мостового инвертора напряжения. Сигналы управления напрямую  
 20 поступают на драйверы (4) транзисторов (5) первого полумоста (8) и через мультиплексор (3) на один из полумостов (9), (10) или (11), выбор конкретного полумоста определяется вторым цифровым сигналом с выхода квадратурного амплитудного модулятора (1). Например, при формировании символов с наименьшей амплитудой (четыре внутренних точки созвездия на фиг. 2) работают первый полумост  
 25 (8) и четвертый полумост (11); при формировании символов со средней амплитудой (двенадцать точек созвездия на фиг. 2) работают первый полумост (8) и третий полумост (10); при формировании символов с максимальной амплитудой (шестнадцать внешних точек созвездия на фиг. 2) работают первый полумост (8) и второй полумост (9). Таким образом, с учетом равного количества витков в каждой секции передающей магнитной  
 30 антенны:

- при работе первого полумоста (8) и второго полумоста (9) обеспечивается наибольший магнитный момент -  $M$ ;
- при работе первого полумоста (8) и третьего полумоста (10) магнитный момент падает приблизительно вдвое (примерно в четыре раза снижается ток из-за увеличения  
 35 импеданса и в два раза возрастает количество витков) -  $\sim M/2$ ;
- при работе первого полумоста (8) и четвертого полумоста (11) магнитный момент составляет  $\sim M/3$ .

Как видно, заявленный технический результат достигается при фиксированном, в отличие от устройства-прототипа, напряжении питания мостовой схемы.

40 В сравнении с прототипом цифровой передатчик ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией является более простым в изготовлении. Устройство может быть рекомендовано для применения в портативных малопотребляющих системах цифровой ближнепольной магнитной связи.

#### 45 (57) Формула изобретения

Цифровой передатчик ближнепольной магнитной системы связи с амплитудно-фазовой манипуляцией, включающий передающую магнитную антенну, цифровой квадратурный модулятор с двумя выходами, на первом выходе которого формируется

одноразрядный частотно- или фазоманипулированный сигнал, а на втором выходе - цифровой сигнал, соответствующий амплитуде передаваемого символа, при этом первый выход квадратурного модулятора подключен к устройству формирования управляющих сигналов мостового инвертора напряжения, а второй выход подключен к управляющему входу мультиплексора, отличающийся тем, что передающая магнитная антенна имеет отводы и, соответственно, мостовой инвертор напряжения имеет несколько соединенных с антенной полумостов, причем общее число выводов передающей магнитной антенны равно числу полумостов и определяется как  $N=A+1$ , где  $A$  - число дискретных уровней амплитуд символов сигнального созвездия цифровой манипуляции, при этом первый полумост управляется через драйверы по сигналам напрямую от устройства формирования управляющих сигналов, а другие полумосты управляются через мультиплексор.

15

20

25

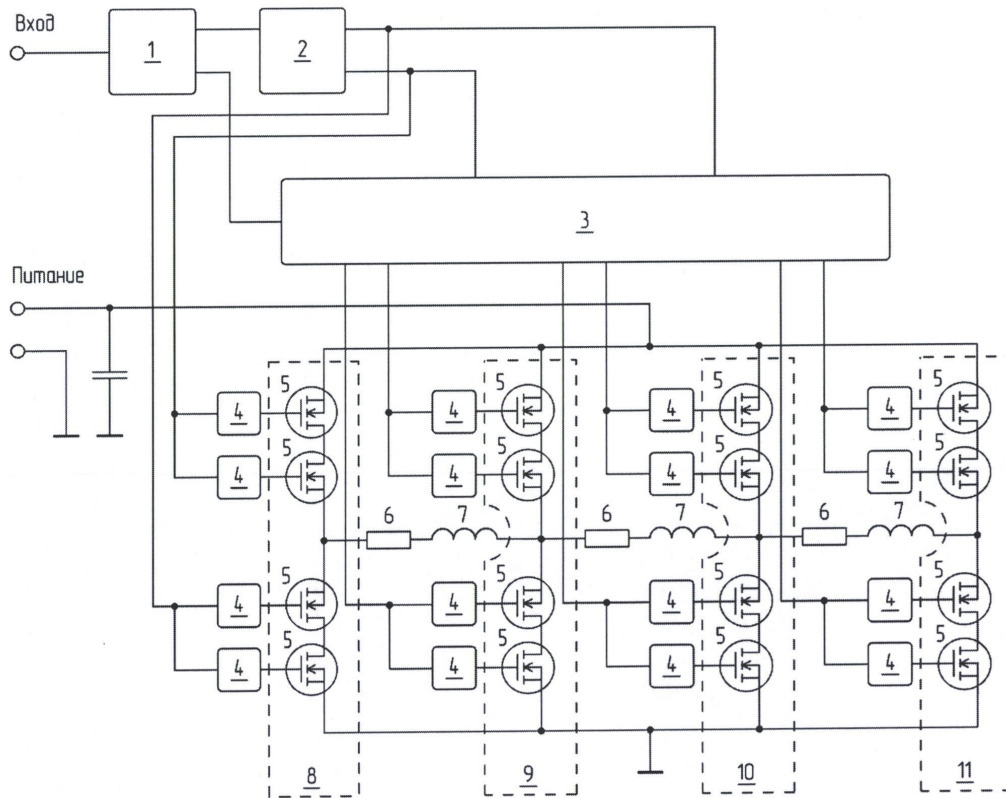
30

35

40

45

1



Фиг. 1

2



