



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04B 5/02 (2019.08); H04B 13/02 (2019.08); H04B 5/0081 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019114549, 13.05.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.05.2019Дата регистрации:
20.12.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.05.2019

(45) Опубликовано: 20.12.2019 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,
ФГАОУ ВО СФУ, отдел правовой охраны и
защиты интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),
Боев Никита Михайлович (RU),
Изотов Андрей Викторович (RU),
Сушков Артем Александрович (RU),
Бурмитских Антон Владимирович (RU),
Клешнина Софья Андреевна (RU),
Батурин Тимур Нугзарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

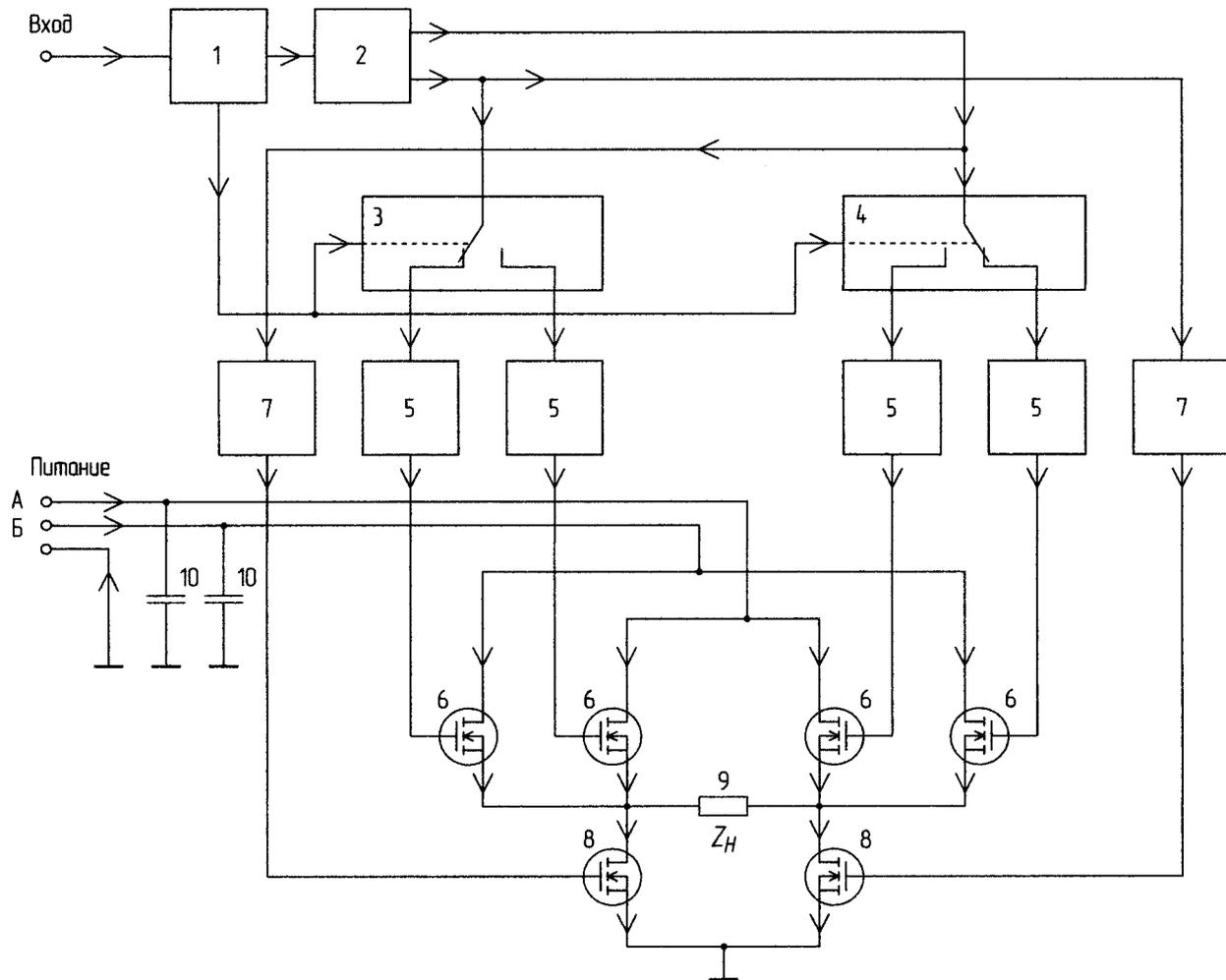
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Сибирский федеральный
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2013196593 A1, 01.08.2013. RU
2663228 C2, 02.08.2018. RU 148832 U1, 20.12.2014.
RU 2123760 C1, 20.12.1998.

(54) ПЕРЕДАТЧИК СИСТЕМЫ БЛИЖНЕПОЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СВЯЗИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике связи, в частности магнитной связи, предназначено для организации канала передачи информации посредством модулирования низкочастотных магнитных полей и может быть использовано при разработке различных подземных, подводных и других систем связи. Передатчик содержит цифровой 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 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 управления транзисторами мостовой схемы по сигналу с первого выхода модулятора. Техническим результатом изобретения является повышение спектральной эффективности системы ближнепольной магнитной связи при одновременном обеспечении широкой полосы пропускания передающей магнитной антенны. 2 ил.



Фиг. 1

RU 2709790 C1

RU 2709790 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H04B 5/02 (2019.08); H04B 13/02 (2019.08); H04B 5/0081 (2019.08)

(21)(22) Application: **2019114549, 13.05.2019**

(24) Effective date for property rights:
13.05.2019

Registration date:
20.12.2019

Priority:
(22) Date of filing: **13.05.2019**

(45) Date of publication: **20.12.2019 Bull. № 35**

Mail address:
**660041, g. Krasnoyarsk, pr. Svobodnyj, 79, FGAOU
VO SFU, otdel pravovoj okhrany i zashchity
intellektualnoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Belyaev Boris Afanasevich (RU),
Boev Nikita Mikhajlovich (RU),
Izotov Andrej Viktorovich (RU),
Sushkov Artem Aleksandrovich (RU),
Burmitskikh Anton Vladimirovich (RU),
Kleshnina Sofya Andreevna (RU),
Baturin Timur Nugzarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sibirskij federalnyj universitet"
(RU)**

(54) **TRANSMITTER OF NEAR-FIELD MAGNETIC COMMUNICATION SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: communication equipment.

SUBSTANCE: invention relates to communication engineering, particularly magnetic communication, and is intended for organizing an information transmission channel by modulating low-frequency magnetic fields and can be used in designing various underground, underwater and other communication systems. Transmitter has a digital modulator with two outputs; at the first output a single-bit discrete frequency- or phase-shift keyed signal is formed, and at the second output there is a digital signal corresponding to the amplitude of the transmitted signal. Outputs of modulator are connected to bridge voltage inverter, and number of transistors in each upper arm of bridge circuit

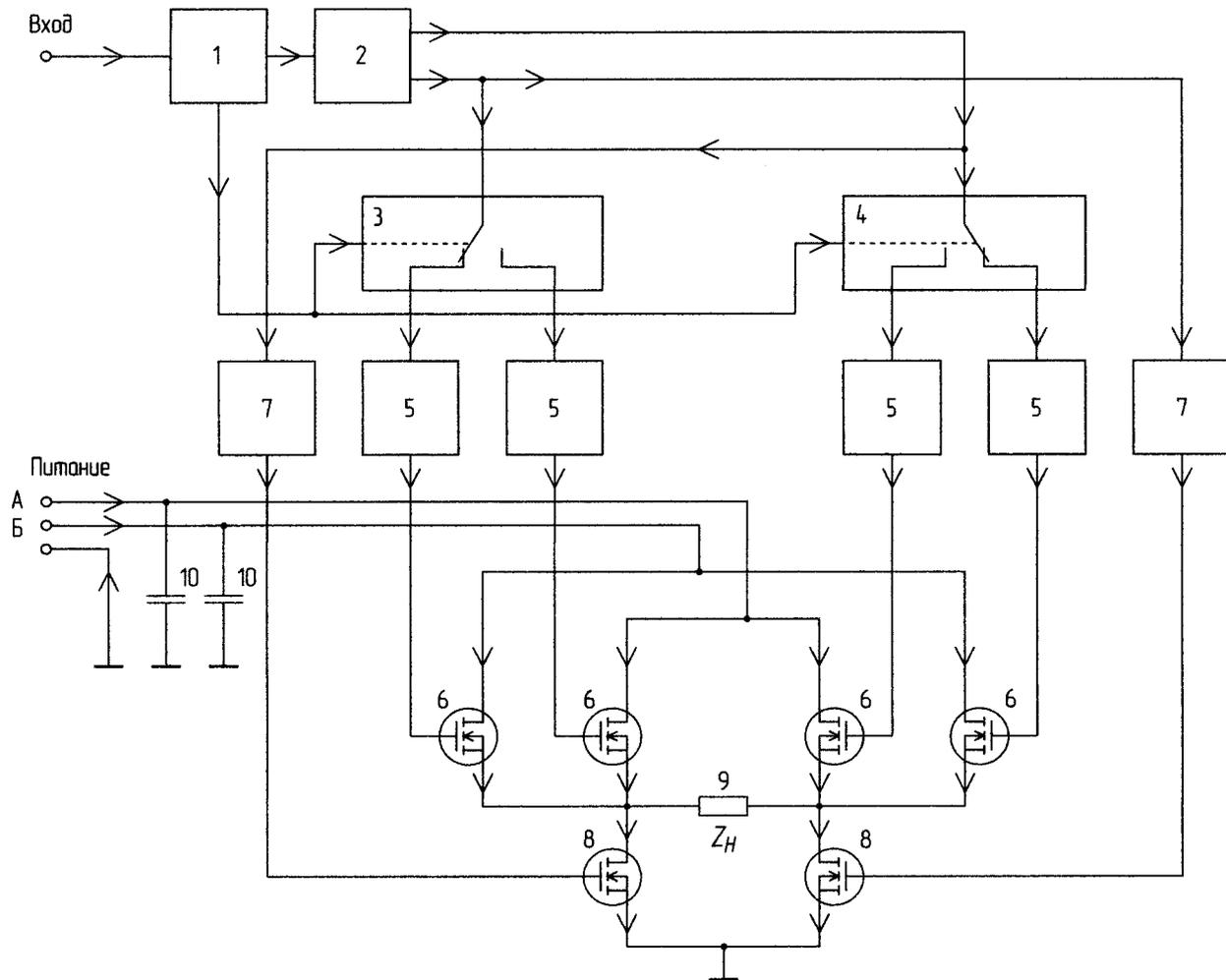
corresponds to number of levels of amplitudes of signals of selected type of digital manipulation. Selection of operating pair of transistors of upper arms is performed using a multiplexer controlled by a signal from the second output of the modulator, and frequency and phase of transistor switching are set by a circuit for controlling transistors of the bridge circuit as per the signal from the first output of the modulator.

EFFECT: technical result is high spectral efficiency of near-field magnetic communication system while providing wide bandwidth of transmitting magnetic antenna.

1 cl, 2 dwg

RU 2 709 790 C1

RU 2 709 790 C1



Фиг. 1

RU 2709790 C1

RU 2709790 C1

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

5 Известен способ беспроводной передачи данных посредством модулирования магнитных полей и устройство для его осуществления [Патент США US 2008/0171512, МПК H04B 5/0, опубл. 17.06.2008]. Передатчик устройства выполнен на основе схемы прямого цифрового синтеза (ПЦС), предназначенной для формирования сигнала с двоичной частотной или фазовой манипуляцией. Для управления схемой ПЦС
10 используется микроконтроллер. Выходной сигнал схемы ПЦС через развязывающий трансформатор поступает на усилитель мощности, а затем на передающую антенну.

Недостатком известного устройства является низкая спектральная эффективность системы связи, что является результатом применения простейших видов цифровой модуляции. Тогда как при малых расстояниях между передатчиком и приемником
15 системы связи наблюдается, как правило, большой энергетический запас, который можно использовать для увеличения пропускной способности системы связи при фиксированной полосе частот.

Известен также способ формирования магнитных полей и устройство для его осуществления [Патент США US 2009/0322640, МПК H01Q 7/08, опубл. 31.12.2009].
20 Сигнал от модулятора системы связи поступает на линейный усилитель мощности, нагрузкой которого является первичная обмотка трансформатора на тороидальном сердечнике. Вторичная обмотка трансформатора подключается к передающей рамочной магнитной антенне.

Недостатком известного устройства является низкая энергетическая эффективность, что связано с применением линейного усилителя мощности для формирования сигнала
25 в передающей рамочной магнитной антенне.

Известно также портативное устройство для связи через землю, выбранное в качестве прототипа [Патент США US 2013/0196593, МПК H04B 13/02, опубл. 01.08.2013, (прототип)]. Передатчик устройства содержит цифровой сигнальный процессор,
30 выполняющий функции модулятора полезного сигнала. Применяемый вид цифровой модуляции - четырехпозиционная фазовая манипуляция (QPSK). Выход цифрового сигнального процессора подключен к микроконтроллеру, выполняющему функцию широтно-импульсного модулятора. Выходной сигнал с микроконтроллера преобразовывается в аналоговый вид с помощью цифро-аналогового преобразователя,
35 а затем подается на драйверы, нагрузкой которых являются затворы полевых транзисторов схемы мостового инвертора напряжения. Нагрузкой мостовой схемы является резонансная передающая магнитная антенна.

Недостатками конструкции-прототипа являются узкая полоса частот резонансной передающей магнитной антенны и низкая спектральная эффективность системы связи.
40 Последнее связано с применением созвездий цифровой модуляции с низкой позиционностью, что оправдано на больших расстояниях между передатчиком и приемником системы связи. Однако это не позволяет эффективно использовать спектральный ресурс канала связи при малых расстояниях в подвижных системах ближнепольной магнитной связи, когда наблюдается существенный энергетический
45 запас.

Техническим результатом изобретения является повышение спектральной эффективности системы ближнепольной магнитной связи при одновременном обеспечении широкой полосы пропускания передающей магнитной антенны.

Заявляемый результат достигается тем, что в передатчике системы ближнепольной магнитной связи, включающем цифровой модулятор, схему мостового инвертора напряжения, драйверы транзисторов, передающую магнитную антенну, новым является то, что цифровой модулятор имеет два выхода, на первом выходе формируется
5 одноразрядный частотно- или фазоманипулированный сигнал, который подается на схему формирования сигналов управления транзисторами мостовой схемы, с выхода которой сигналы подаются напрямую на драйверы управления транзисторами нижних плеч мостовой схемы и через два мультиплексора на драйверы управления
10 транзисторами верхних плеч мостовой схемы, при этом управляющие входы мультиплексоров подключены ко второму выходу цифрового модулятора, формирующему сигнал управления амплитудой, мостовая схема содержит по два или более транзисторов в каждом верхнем плече, которые запитаны от отдельных источников питания, а нагрузкой мостовой схемы является передающая магнитная антенна.

15 Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием цифрового модулятора, имеющего два выхода - сигнал на первом выходе промодулирован по частоте/фазе, а сигнал с второго выхода содержит информацию об амплитуде передаваемого сигнала.

Вторым существенным отличием является наличие схемы мостового инвертора
20 напряжения, в которой в каждом верхнем плече имеется по два или более транзисторов, запитанных от отдельных источников питания. Выбор рабочей пары транзисторов верхних плеч осуществляется с помощью мультиплексора, управляемого цифровым модулятором.

Данное изобретение поясняется чертежами: на фиг. 1 показана блок-схема
25 передатчика системы ближнепольной магнитной связи, а на фиг. 2 показан пример формируемого передатчиком созвездия - амплитудно-фазовая манипуляция с шестнадцатипозиционным созвездием.

Передатчик системы ближнепольной магнитной связи включает в себя (фиг. 1) цифровой квадратурный амплитудный модулятор (1), ко входу которого подключен
30 сигнал от внешнего источника данных. Модулятор (1) имеет два выхода: первый выход подключен к блоку (2) формирования сигналов управления транзисторами мостовой схемы; второй выход подключен к управляющим входам мультиплексоров (3) и (4). Выходы блока (2) формирования сигналов управления транзисторами мостовой схемы подключены через мультиплексоры (3) и (4) к драйверам (5) транзисторов верхних плеч
35 мостовой схемы (6) и подключены напрямую к драйверам (7) транзисторов (8) нижних плеч мостовой схемы. Выходы драйверов (5) и (7) подключены к транзисторам мостовой схемы (6) и (8), нагрузкой (9) которой является передающая магнитная антенна. Мостовая схема имеет два транзистора (8) нижнего плеча, а число транзисторов (6) в каждом верхнем плече равно числу выходов мультиплексоров (3) и (4), числу силовых
40 конденсаторов (10) мостовой схемы, числу питающих напряжений устройства и числу дискретных уровней амплитуды усилителя мощности. В случае, если для построения схемы мостового инвертора напряжения используются полевые транзисторы с технологическими диодами, дополнительно используются элементы, предотвращающие протекание токов между источниками питания А, Б (фиг. 1) через технологические
45 диоды транзисторов верхних плеч. Для этой цели могут использоваться, например, последовательно соединенные диоды, полевые транзисторы противоположной проводимости и др. С помощью передатчика системы ближнепольной магнитной связи, выполненного согласно блок-схеме (фиг. 1), можно реализовать, например,

шестнадцатипозиционную амплитудно-фазовую манипуляцию (фиг. 2).

Передатчик системы ближнепольной магнитной связи работает следующим образом.

Цифровой сигнал от внешнего источника данных поступает на вход (фиг. 1)

квадратурного амплитудного модулятора (1), формирующего сигнальное созвездие фазовой манипуляции (PSK), амплитудно-фазовой манипуляции (APSK) или частотной манипуляции (FSK), причем вид манипуляции определяется на программном уровне и может изменяться в процессе работы устройства для эффективного использования спектрального и энергетического ресурса канала связи. В силу того, что мощность сигнала изменяется обратно пропорционально шестой степени от расстояния между передатчиком и приемником, при расположении приемника системы связи вблизи передатчика используют спектрально-эффективные виды манипуляции высокого порядка, а на больших расстояниях - энергетически-эффективные виды манипуляции. Модулятор (1) выполняет перенос спектра полезного сигнала на несущую частоту и выдает на своем первом выходе, подключенном к блоку (2) формирования сигналов управления транзисторами мостовой схемы, одноразрядный дискретный сигнал, промодулированный по частоте/фазе, а на втором выходе, подключенном к мультиплексорам (3) и (4) выдает цифровой код, соответствующий амплитуде передаваемого сигнала. Например, для амплитудно-фазовой манипуляции APSK-16 (фиг. 2) сигнал на первом выходе модулятора (1) модулируется по фазе с дискретностью 30°, а два значения одноразрядного сигнала на втором выходе соответствуют двум значениям амплитуды передаваемого сигнала. При этом с помощью мультиплексоров (3) и (4) происходит выбор рабочей пары транзисторов верхних плеч мостовой схемы, подключенных к разным источникам питающего напряжения (Питание А, Б на фиг. 1). Блок (2) формирования сигналов управления транзисторами мостовой схемы формирует задержку переключения транзисторов полумостовых схем во избежание протекания сквозных токов (dead-time), а также обеспечивает защиту мостовой схемы от протекания сквозного постоянного тока через нагрузку. Драйверы (5) и (7) транзисторов (6) и (8) формируют управляющие сигналы для управления транзисторами (6) и (8) в импульсном режиме. Таким образом, мостовой инвертор напряжения формирует в нагрузке (9) промодулированный передаваемыми данными сигнал. В случае, если в качестве нагрузки (9) используется высокочастотная нерезонансная магнитная рамочная антенна, в процессе работы устройства происходит обмен реактивной энергией между индуктивной нагрузкой (9) и блоками силовых конденсаторов (10).

Заявляемое устройство передатчика системы ближнепольной магнитной связи было изготовлено и испытано. За счет того, что в передатчике возможно переключение между различными видами цифровой манипуляции с высокой спектральной эффективностью и с высокой энергетической эффективностью удастся максимально использовать доступные возможности канала ближнепольной магнитной связи. Одновременно с этим усилитель мощности передатчика выполнен по простой схеме мостового инвертора напряжения без использования широтно-импульсной модуляции, что позволяет получить высокую энергетическую эффективность устройства в целом.

(57) Формула изобретения

Передатчик системы ближнепольной магнитной связи, включающий цифровой модулятор, схему мостового инвертора напряжения, драйверы транзисторов, передающую магнитную антенну, отличающийся тем, что цифровой модулятор имеет два выхода, на первом выходе формируется одноразрядный частотно- или

фазоманипулированный сигнал, который подается на схему формирования сигналов управления транзисторами мостовой схемы, с выхода которой сигналы подаются напрямую на драйверы управления транзисторами нижних плеч мостовой схемы и через два мультиплексора на драйверы управления транзисторами верхних плеч мостовой схемы, при этом управляющие входы мультиплексоров подключены ко второму выходу цифрового модулятора, формирующему сигнал управления амплитудой, мостовая схема содержит по два или более транзисторов в каждом верхнем плече, которые запитаны от отдельных источников питания, а нагрузкой мостовой схемы является передающая магнитная антенна.

10

15

20

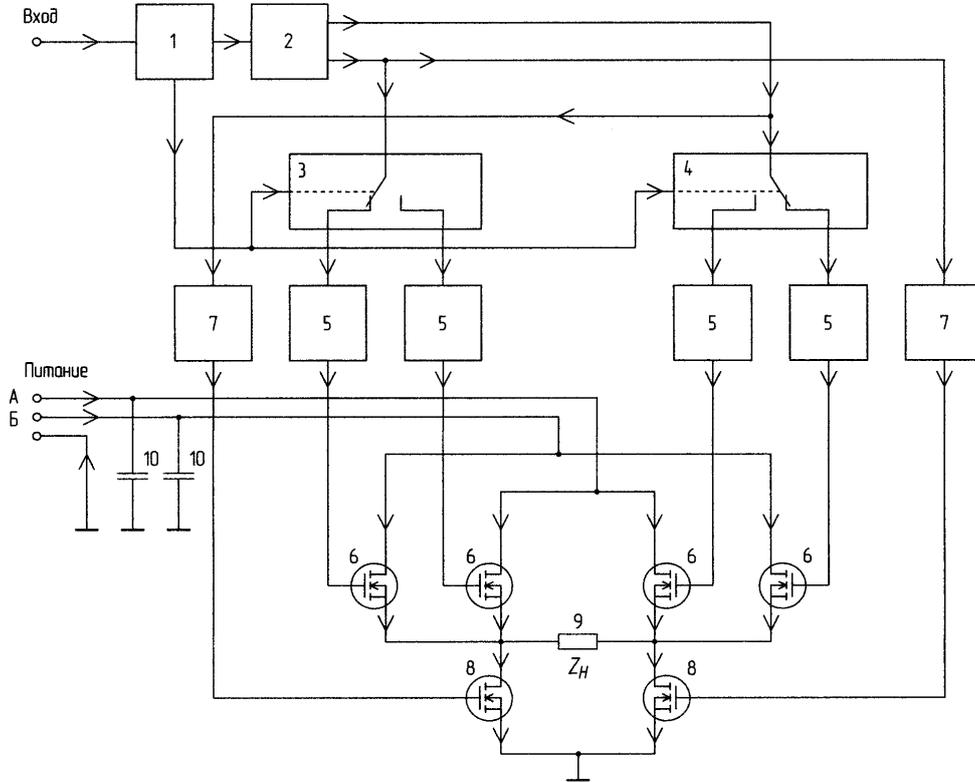
25

30

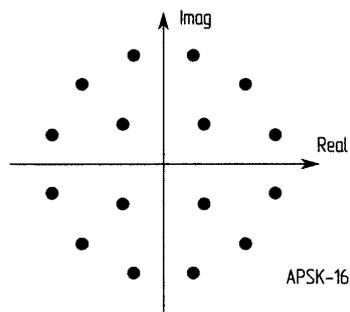
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2