



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011118404/08, 06.05.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.05.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.05.2011

(45) Опубликовано: 10.07.2012 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2246794 C1, 20.02.2005. RU 2020767
C1, 30.09.1994. SU 1587659 A1, 23.08.1990.
EP 746931 B1, 02.11.2005.

Адрес для переписки:

194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3,
ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ, Бюро
изобретательства

(72) Автор(ы):

Бобровский Вадим Игоревич (RU),
Бурятов Александр Петрович (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU),
Лапицкий Владимир Францевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

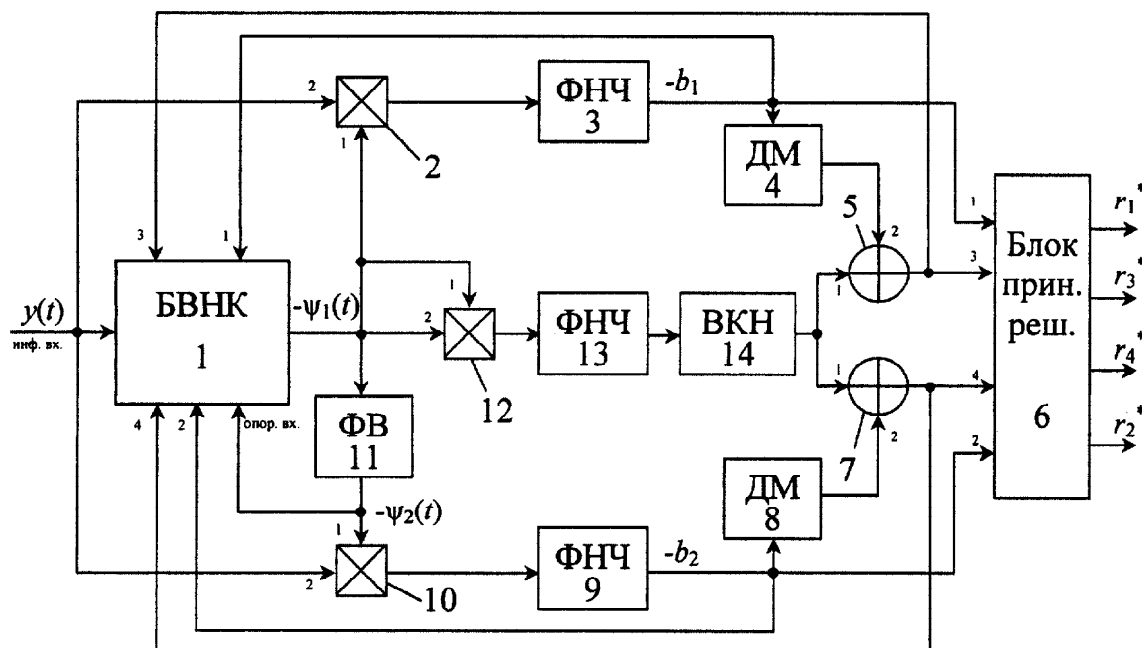
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СВЯЗИ имени маршала Советского Союза
С.М. Буденного" Министерства обороны
Российской Федерации (RU)

**(54) ДЕМОДУЛЯТОР СИГНАЛОВ ШЕСТНАДЦАТИПОЗИЦИОННОЙ КВАДРАТУРНОЙ
АМПЛИТУДНОЙ МАНИПУЛЯЦИИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к демодуляторам радиоприемных устройств, применяемым на линиях многоканальной цифровой связи и в сетях множественного доступа, а также может быть использовано в области цифрового радиовещания и цифрового телевидения.

Достижимый технический результат - повышение помехоустойчивости. Устройство содержит блок выделения несущего колебания, три перемножителя, три фильтра нижних частот, два диодных моста, два сумматора, фазовращатель, блок принятия решения и вычислитель компенсирующего напряжения. 2 ил.



1. – блок выделения несущего колебания
2. – первый перемножитель
3. – первый фильтр нижних частот
4. – первый диодный мост
5. – первый сумматор
6. – блок принятия решения
7. – второй сумматор
8. – второй диодный мост
9. – второй фильтр нижних частот
10. – второй перемножитель
11. – фазовращатель
12. – третий перемножитель
13. – третий фильтр нижних частот
14. – вычислитель компенсирующего напряжения

Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 455 778** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

H04L 13/18 (2006.01)

H04L 27/22 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2011118404/08, 06.05.2011

(24) Effective date for property rights:
06.05.2011

Priority:

(22) Date of filing: 06.05.2011

(45) Date of publication: 10.07.2012 Bull. 19

Mail address:

194064, Sankt-Peterburg, Tikhoretskij pr., 3,
VOENNAJa AKADEMIJa SVJaZI, Bjuro
izobretatel'stva

(72) Inventor(s):

**Bobrovskij Vadim Igorevich (RU),
Burjatov Aleksandr Petrovich (RU),
Dvornikov Sergej Viktorovich (RU),
Lapitskij Vladimir Frantsevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya
"VOENNAJa AKADEMIJa SVJaZI imeni
marshala Sovetskogo Sojuza S.M. Budennogo"
Ministerstva oborony Rossijskoj Federatsii (RU)**

(54) DEMODULATOR FOR SIXTEEN-POSITION QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION

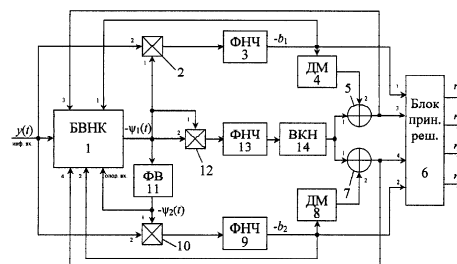
(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: device contains carrier selection unit, three multipliers, three low-pass filters, two diode bridges, two diode adding units, phase changer, decision block and compensating voltage calculator.

EFFECT: improving interference resistance.

2 dwg



1. – блок выделения несущего колебания
2. – первый перемножитель
3. – первый фильтр нижних частот
4. – первый диодный мост
5. – первый сумматор
6. – блок принятия решения
7. – второй сумматор
8. – второй диодный мост
9. – второй фильтр нижних частот
10. – второй перемножитель
11. – фазовращатель
12. – третий перемножитель
13. – третий фильтр нижних частот
14. – вычислитель компенсирующего напряжения

Фиг.1

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к демодуляторам радиоприемных устройств, применяемым на линиях многоканальной цифровой связи и в сетях множественного доступа, а также может быть использовано в области цифрового радиовещания и цифрового телевидения.

Известен демодулятор сигналов шестнадцатипозиционной квадратурной амплитудной манипуляции (патент RU №2013018, МПК⁵ H04L 27/22, 1994 г.), который содержит два фазовых детектора, одно решающее устройство, один четырехпозиционный модулятор, два вычитателя, один фильтр, один генератор, управляемый напряжением, два переключателя и два ограничителя.

Недостатком данного аналога является наличие манипуляционной составляющей в цепи управления частотой генератора, управляемого напряжением, что вызывает дополнительную дисперсию фазы опорного колебания и снижает реальную помехоустойчивость приема. (Помехоустойчивость - способность устройств приема выполнять свои функции с требуемым качеством в условиях воздействия помех. Различают реальную и потенциальную помехоустойчивость. Реальная помехоустойчивость - это помехоустойчивость с учетом работы реального приемника, который может быть и неоптимальным. Потенциальная помехоустойчивость - предельно допустимая помехоустойчивость, которая обеспечивается идеальным приемником. В отличие от реальной помехоустойчивости при потенциальной помехоустойчивости оценивается воздействие помех при оптимальном способе приема для данного метода передачи. При одних и тех же условиях приема повышение потенциальной помехоустойчивости приемника влечет повышение его реальной помехоустойчивости.)

Известен также демодулятор сигналов шестнадцатипозиционной квадратурной амплитудной манипуляции (патент RU №2020767, МПК⁵ H04L 27/22, 1994 г.), содержащий первый и второй аттенюаторы, решающий блок, первый, второй, третий, четвертый пятый и шестой сумматоры, первый и второй перемножители (в материалах прототипа названные первым и вторым фазовыми детекторами), первый и второй фильтры нижних частот, первый, второй и третий перемножители, первый и второй квантователи, петлевой фильтр, управляемый генератор и фазовращатель. Вторые входы фазовых детекторов соединены с входом демодулятора, а их выходы через последовательно соединенные первый фильтр нижних частот, первый перемножитель, второй фильтр нижних частот и второй перемножитель подключены к первому и второму входам первого сумматора соответственно. Входы первого и второго квантователей соединены с выходами первого и второго фильтров нижних частот соответственно. Петлевой фильтр соединен через управляемый генератор с первым входом первого фазового детектора непосредственно, а с первым входом второго фазового детектора - через фазовращатель. Входы решающего блока соединены с выходами первого и второго квантователей, а выходы решающего блока являются выходами демодулятора, кроме того, выходы первого и второго квантователей соединены с первыми входами второго и третьего сумматоров соответственно. Вторые выходы первого и второго квантователей через первый и второй аттенюаторы соединены соответственно с вторыми входами второго и третьего сумматоров, выходы которых соединены со вторыми входами второго и первого перемножителей соответственно. Первые выходы первого и второго квантователей соединены с первым и вторым входами четвертого сумматора соответственно. Выходы первого и второго аттенюаторов соединены соответственно с первым и вторым входами пятого сумматора. Выход пятого сумматора соединен с входом

третьего перемножителя, второй вход которого соединен с выходом четвертого сумматора. Выход третьего перемножителя соединен с первым входом шестого сумматора, второй вход которого соединен с выходом первого сумматора, а выход - с входом петлевого фильтра. Первый вход первого сумматора и вторые входы второго, 5 третьего и четвертого сумматоров являются инверсными.

Недостатком данного аналога является относительно низкая помехоустойчивость из-за возможных изменений амплитуд синфазной и квадратурной составляющих сигнала, что обусловлено отсутствием возможности адаптации параметров сигнала 10 при воздействии дестабилизирующих факторов (например, замираний сигнала).

Наиболее близким по технической сущности и выполняемым функциям аналогом (прототипом) к заявляемому является демодулятор многопозиционных сигналов (патент RU №2246794, МПК⁷ H04L 27/22, 2003 г.), содержащий блок выделения 15 несущего колебания, первый, второй и третий перемножители, первый, второй и третий фильтры нижних частот, первый и второй диодные мосты, первый и второй сумматоры, фазовращатель и блок принятия решения, первый, второй, третий и четвертый выходы которого являются соответствующими выходами демодулятора.

Информационный вход блока выделения несущего колебания является входом 20 демодулятора и подключен к вторым входам первого и второго перемножителей.

Первый, второй, третий и четвертый управляющие входы блока выделения несущего колебания подключены соответственно к первому, второму, третьему и четвертому входам блока принятия решений, а опорный вход блока выделения несущего колебания подключен к выходу фазовращателя и первому входу второго 25 перемножителя. Выход блока выделения несущего колебания подключен к входу фазовращателя, первому входу первого перемножителя и к первому и второму входам третьего перемножителя, выход которого подключен к входу третьего фильтра нижних частот, выход которого подключен к первым входам первого и второго 30 сумматоров. Вторые входы первого и второго сумматоров подключены соответственно к выходам первого и второго диодных мостов, а выходы первого и второго сумматоров подключены соответственно к третьему и четвертому входам блока принятия решения. Входы первого и второго диодных мостов подключены к выходам соответственно первого и второго фильтров нижних частот, входы которых 35 подключены соответственно к выходам первого и второго перемножителей.

При такой совокупности описанных элементов и связей достигается некоторое повышение помехоустойчивости из-за возможных изменений амплитуд синфазной и квадратурной составляющих сигнала, что обусловлено возможностью адаптации 40 параметров сигнала при воздействии дестабилизирующих факторов (например, замираний сигнала).

Однако устройство-прототип имеет недостаток, связанный с относительно невысокой реальной помехоустойчивостью, вызванной реализацией детектирования группового сигнала в соответствии с критерием оптимальности минимум вероятности 45 ошибки на групповой символ. Такое детектирование не является оптимальным в случае минимизации вероятности ошибки на каждый бит группового символа, например, при многопользовательском детектировании [1].

Целью изобретения является повышение реальной помехоустойчивости 50 детектирования многопозиционных сигналов с шестнадцатипозиционной квадратурной амплитудной манипуляцией (КАМ-16) на основе реализации критерия оптимальности минимум вероятности ошибки на каждый бит группового символа.

Поставленная цель достигается тем, что в известном демодуляторе

многопозиционных сигналов КАМ-16, содержащем блок выделения несущего колебания (БВНК) 1, первый 2, второй 10 и третий 12 перемножители, первый 3, второй 9 и третий 13 фильтры нижних частот, первый 4 и второй 8 диодные мосты, первый 5 и второй 7 сумматоры, фазовращатель 11 и блок принятия решения 6, первый, второй, третий и четвертый выходы которого являются соответствующими выходами демодулятора, информационный вход БВНК 1 является входом демодулятора и подключен к вторым входам первого 2 и второго 10 перемножителей, первый, второй, третий и четвертый управляющие входы БВНК 1 подключены соответственно к первому, второму, третьему и четвертому входам блока принятия решений 6, а опорный вход БВНК 1 подключен к выходу фазовращателя 11 и первому входу второго перемножителя 10, выход БВНК 1 подключен к входу фазовращателя 11, первому входу первого перемножителя 2 и к первому и второму входам третьего перемножителя 12, выход которого подключен к входу третьего фильтра нижних частот 13, вторые входы первого 5 и второго 7 сумматоров подключены к выходам соответственно первого 4 и второго 8 диодных мостов, а выходы первого и второго сумматоров подключены соответственно к третьему и четвертому входам блока принятия решения 6, входы первого 4 и второго 8 диодных мостов подключены к выходам соответственно первого 3 и второго 9 фильтров нижних частот, входы которых подключены соответственно к выходам первого 2 и второго 10 перемножителей, дополнительно введен вычислитель компенсирующего напряжения (ВКН) 14, вход которого подключен к выходу третьего фильтра нижних частот 13, а выход ВКН 14 подключен к первым входам первого 5 и второго 7 сумматоров.

Перечисленная новая совокупность существенных признаков обеспечивает повышение реальной помехоустойчивости за счет реализации детектирования передаваемых двоичных информационных параметров поступающего на вход сигнала в соответствии с критерием оптимальности минимум вероятности ошибки на каждый бит группового символа.

Заявляемое устройство поясняется чертежами, на которых показаны:
на фиг.1 функциональная схема демодулятора многопозиционных сигналов;
на фиг.2 функциональная схема ВКН.

Заявленный демодулятор многопозиционных сигналов, показанный на фиг.1, содержит БВНК 1, первый 2, второй 10 и третий 12 перемножители, первый 3, второй 9 и третий 13 фильтры нижних частот, первый 4 и второй 8 диодные мосты, первый 5 и второй 7 сумматоры, фазовращатель 11, блок принятия решения 6 и ВКН 14.

Информационный вход БВНК 1 является входом демодулятора и подключен к вторым входам первого 2 и второго 10 перемножителей. Первый, второй, третий и четвертый управляющие входы БВНК 1 подключены соответственно к первому, второму, третьему и четвертому входам блока принятия решений 6, а опорный вход БВНК 1 подключен к выходу фазовращателя 11 и первому входу второго перемножителя 10. Выход БВНК 1 подключен к входу фазовращателя 11, первому входу первого перемножителя 2 и к первому и второму входам третьего перемножителя 12, выход которого подключен к входу третьего фильтра нижних частот 13. Вторые входы первого 5 и второго 7 сумматоров подключены к выходам соответственно первого 4 и второго 8 диодных мостов. Выходы первого и второго сумматоров подключены соответственно к третьему и четвертому входам блока принятия решения 6. Первый, второй, третий и четвертый выходы блока принятия решения 6 являются соответствующими выходами демодулятора. Входы первого 4 и

второго 8 диодных мостов подключены к выходам соответственно первого 3 и второго 9 фильтров нижних частот, входы которых подключены соответственно к выходам первого 2 и второго 10 перемножителей. Вход ВКН 14 подключен к выходу третьего фильтра нижних частот 13, а выход ВКН 14 подключен к первым входам

БВНК 1 предназначен для выделения инверсного колебания синфазной составляющей группового сигнала из смеси группового сигнала и шума адаптивно к изменению сопутствующих параметров входного сигнала. БВНК может быть реализован различным образом, в частности по схеме, показанной на фиг.2 патента RU №2246794, МПК⁷ H04L 27/22, 2003 г.

Перемножители 2, 10 и 12, входящие в демодулятор, идентичны, предназначены для формирования и демодуляции сложных сигналов. Могут быть использованы аналоговый перемножитель марки 526 ПС1 и другие, описанные в книге [3] на с.200-202, рис.7.11.

Фильтры нижних частот 3, 9 и 13 предназначены для интегрирования произвольно изменяющегося напряжения на интервале длительности символов разделяемых сигналов, описаны в книге [4] на с.120-128, рис.6.7.

Блок принятия решения 6 предназначен для принятия решения о принимаемых символах по правилу, описываемому функцией Хевисайда. Его схема известна, и, в частности, блок принятия решения на основе компараторов, формирующих сигналы на выходе с логическими уровнями «1» или «0» в зависимости от наличия положительного или отрицательного напряжения на входе, описан в книге [3] на с.202-205, рис.7.1.

Диодные мосты 4 и 8 предназначены для инвертирования отрицательных уровней напряжения, известны и описаны в книге [5] на с.551, 555.

Сумматоры 5 и 7 предназначены для формирования на выходе значений, соответствующих разности напряжений, подаваемых на второй и первый входы, известны и описаны в книге [2] на с.110.

ВКН 14 предназначен для вычисления компенсирующего напряжения g_{rp} , требуемого для детектирования второго и четвертого битов группового символа, передаваемого с помощью сигнальной конструкции КАМ-16. ВКН 14 функционирует в соответствии с алгоритмом, приведенным на фиг.2, и может быть реализован на базе цифрового процессора TMS320C64xx [6].

Заявляемое устройство работает следующим образом.

На вход демодулятора многопозиционных сигналов поступает смесь группового сигнала КАМ-16 и аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ). Выделение первого и второго оценочных значений двоичных информационных параметров соответствует корреляционному приему и происходит путем детектирования непосредственно в блоке принятия решения. Выделение третьего и четвертого оценочных значений двоичных информационных параметров осуществляется в два этапа. На первом этапе производится компенсация составляющей многопозиционного сигнала, соответствующая его первому и второму информационным параметрам. На втором этапе в соответствии с корреляционным приемом в блоке принятия решения происходит детектирование третьего и четвертого битов. Адаптация к изменению параметров сигнала при воздействии дестабилизирующих факторов (например, замираний сигнала) обеспечивается обратными связями с входов блока принятия решения и выхода фазовращателя.

Функциональная схема демодулятора многопозиционных сигналов, реализующего

выполнение описанных функций, приведена на фиг.1.

Поступающая на вход демодулятора многопозиционных сигналов смесь аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ) и 16-позиционного сигнала с квадратурно-амплитудной манипуляцией, закодированного манипуляционным кодом (МК) Грея, имеет вид:

$$y(t) = s(r, t) + n(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}), \quad t_k = kT, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где $s(r, t) = s_1(r_1, t) + s_3(r_1, r_3, t) + s_2(r_2, t) + s_4(r_2, r_4, t) + n(t)$ - групповой сигнал КАМ-16;

$$s_1(r_1, t) = (-1)^{r_1} \psi_1(t); \quad s_3(r_1, r_3, t) = \frac{1}{2}(-1)^{r_1+r_3} \psi_1(t); \quad s_2(r_2, t) = (-1)^{r_2} \psi_2(t);$$

$$s_4(r_2, r_4, t) = \frac{1}{2}(-1)^{r_2+r_4} \psi_2(t) \quad - \text{составляющие группового сигнала};$$

$r = (r_1, r_2, r_3, r_4)$ - шестнадцатеричный информационный параметр закодированного в МК Грея группового сигнала КАМ-16 (группового сигнала) на интервале $t \in [t_k, t_{k+1})$;

$r_i, i = \{1, 2, 3, 4\}$ - двоичные информационные параметры (ИП) (передаваемые биты);

$s_1(r_1, t), s_2(r_2, t), s_3(r_1, r_3, t), s_4(r_2, r_4, t)$ - аддитивные составляющие группового сигнала;

$\psi_i(t), i = \{1, 2\}$ - колебания синфазной и квадратурной составляющих группового

сигнала; $n(t)$ - АБГШ; T - период передачи сигналов КАМ-16.

Выделение первого r_1^* и второго r_2^* оценочных значений двоичных ИП происходит следующим образом.

Поступающая на вход смесь $y(t)$, определяемая (1), подается одновременно на информационный вход БВН 1 и вторые входы первого 2 и второго 10

перемножителей, которые в совокупности с первым 3 и вторым 9 ФНЧ образуют соответственно первый и второй корреляторы. В первом корреляторе происходит свертка смеси $y(t)$ и инверсного колебания синфазной составляющей группового сигнала - $\psi_1(t)$ поступающего с выхода БВН 1. Аналогичным образом во втором корреляторе происходит свертка смеси $y(t)$ и инверсного колебания квадратурной составляющей группового сигнала - $\psi_2(t)$, поступающего с выхода ФВ 11 и отличающегося $\psi_1(t)$ поворотом фазы колебания на 90 градусов.

В результате в каждый момент времени $t_k, k = 1, 2, 3, \dots$ на выходах первого 3 и второго 9 ФНЧ формируются напряжения, величины которых пропорциональны значениям b_1 и b_2 :

$$b_i = - \int_{t_{k-1}}^{t_k} y(t) \psi_i(t) dt; \quad i = \{1, 2\}. \quad (2)$$

Данные напряжения в каждый момент времени $t_k, k = 1, 2, 3, \dots$ подаются на первый и второй входы блока принятия решений (БПР) 6, где в соответствии с правилом (3):

$$r_i^* = \text{rect}(b_i); \quad \text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}; \quad i = \{1, 2, 3, 4\} \quad (3)$$

принимается решение об оценочных значениях двоичных ИП (битах) r_1^* и r_2^* .

Выделение оценочных значений третьего r_3^* и четвертого r_4^* двоичных ИП происходит следующим образом.

Инверсное колебание синфазной составляющей группового сигнала $\psi_1(t)$ с выхода БВН 1 подается на первый и второй входы третьего перемножителя 12, который в совокупности с третьим ФНЧ 13 образует третий коррелятор, на выходе которого в каждый момент времени $t_k, k = 1, 2, 3, \dots$ образуется уровень напряжения h_1^2 ,

пропорциональный величине

$$E_1 = - \int_{t_{k-1}}^{t_k} \psi_1^2(t) dt. \quad (4)$$

В первом 5 и втором 7 сумматорах данный уровень напряжения вычитается из напряжений $|b_i|$, $i=1, 2$ (b_i определяем выражением (2) с инверсными отрицательными значениями), поступающих с выходов первого 4 и второго 8 диодных мостов (ДМ). С выхода первого 5 и второго 7 сумматоров результирующие уровни напряжения поступают соответственно на третий и четвертый входы БПР 6, в котором в соответствии с правилом (3) принимаются решения об информационных параметрах (битах) r_3^* и r_4^* .

ВКН 14, алгоритм функционирования которого представлен на фиг.2, работает следующим образом.

На вход ВКН 14 с выхода третьего фильтра нижних частот 13 поступает сигнал с напряжением h_1^2 , уровень которого пропорционален величине E_1 , определяемой (4). Значение величины данного сигнала является исходным значением для алгоритма функционирования ВКН. После ввода исходного значения h_1^2 во втором блоке блок-схемы алгоритма вычисления, представленного на фиг.2, вычисляется величина X , численно равная гиперболическому тангенсу величины h_1^2 . После чего в третьем и четвертом блоках вычисляются численные значения A и B . В пятом блоке вычисляется численное значение, равное половине натурального логарифма отношения A к B . В шестом блоке осуществляется формирование уровня компенсирующего напряжения $g_{гр}$, пропорционального численному значению, вычисленному в шестом блоке блок-схемы алгоритма вычисления, и подача его на выход ВКН 14. Данный уровень компенсирующего напряжения $g_{гр}$ является составляющей многопозиционного сигнала, соответствующей его первому r_1 и второму r_2 информационным параметрам.

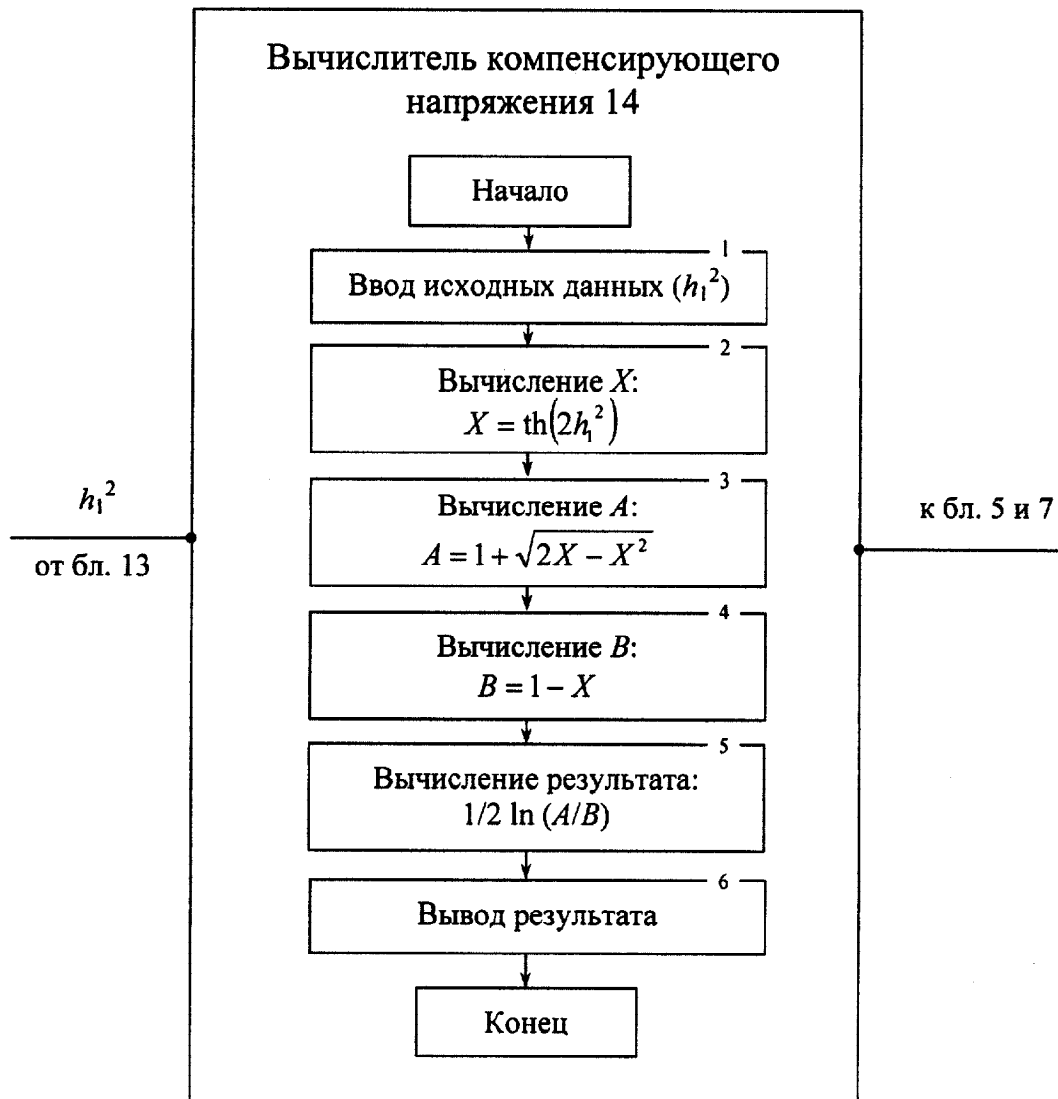
Таким образом, при такой совокупности существенных признаков в заявляемом устройстве за счет формирования компенсирующего напряжения $g_{гр}$ производится детектирование шестнадцатипозиционных сигналов квадратурной амплитудной манипуляции в соответствии с критерием оптимальности минимум вероятности ошибки на каждый бит группового символа, что обеспечивает повышение реальной помехоустойчивости детектирования многопозиционных сигналов с шестнадцатипозиционной квадратурной амплитудной манипуляцией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобровский В.И. Многопользовательское детектирование / Под ред. Д.Л.Бураченко. Ульяновск: Изд-во «Вектор-С», 2007. - 348 с.
2. Применение операционных усилителей и линейных интегральных схем / Фолькенберри, Пер. с англ. Л.М.Наймарка. - М.: Мир, 1985, с. 113.
3. Сикарев А.А., Лебедев С.Н. Микроэлектронные устройства формирования и обработки сложных сигналов. - М.: Радио и связь, 1983. - 216 с.
4. Справочник по расчету линейных радиотехнических цепей / Б.Ф.Емелин. - Л.: ВАС, 1966. - с.220.
5. Диоды и их зарубежные аналоги. Справочник в 3 томах. Том 1. - М.: 1998.
6. TMS320C6455 Fixed-Point Digital Signal Processor. - Texas Instruments, 2005 (<http://www.ti.com>).

Формула изобретения

Демодулятор многопозиционных сигналов, содержащий блок выделения несущего колебания (БВНК), первый, второй и третий перемножители, первый, второй и третий фильтры нижних частот, первый и второй диодные мосты, первый и второй сумматоры, фазовращатель и блок принятия решения, первый, второй, третий и четвертый выходы которого являются соответствующими выходами демодулятора, информационный вход БВНК является входом демодулятора и подключен к вторым входам первого и второго перемножителей, первый, второй, третий и четвертый управляющие входы БВНК подключены соответственно к первому, второму, третьему и четвертому входам блока принятия решений, а опорный вход БВНК подключен к выходу фазовращателя и первому входу второго перемножителя, выход БВНК подключен к входу фазовращателя, первому входу первого перемножителя и к первому и второму входам третьего перемножителя, выход которого подключен к входу третьего фильтра нижних частот, вторые входы первого и второго сумматоров подключены к выходам соответственно первого и второго диодных мостов, а выходы первого и второго сумматоров подключены соответственно к третьему и четвертому входам блока принятия решения, входы первого и второго диодных мостов подключены к выходам соответственно первого и второго фильтров нижних частот, входы которых подключены соответственно к выходам первого и второго перемножителей, отличающийся тем, что дополнительно введен вычислитель компенсирующего напряжения, вход которого подключен к выходу третьего фильтра нижних частот, а выход вычислителя компенсирующего напряжения подключен к первым входам первого и второго сумматоров.



Фиг. 2