



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 079 971⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁶ H 04 B 1/10

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93033324/09, 25.06.1993

(46) Дата публикации: 20.05.1997

(56) Ссылки: 1. Заявка Японии N 62-31862, кл. H 04 B 1/10, 1982. 2. Заявка Японии N 62-61179, кл. H 04 B 1/10, 1987. 3. Авторское свидетельство СССР N 1788583, кл. H 04 B 1/10, 1993.

(71) Заявитель:

Ленинградский электротехнический институт
связи им.проф.М.А.Бонч-Бруевича

(72) Изобретатель: Богачев С.В.

(73) Патентообладатель:

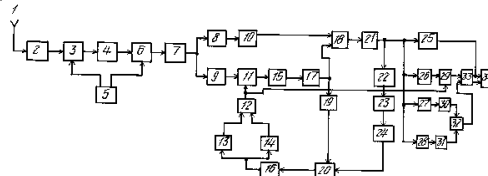
Ленинградский электротехнический институт
связи им.проф.М.А.Бонч-Бруевича

(54) РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ГАРМОНИЧЕСКИХ ПОМЕХ

(57) Реферат:

Радиоприемное устройство амплитудно-модулированных сигналов с компенсацией гармонических помех. Изобретение относится к области радиотехники и может быть использовано в радиовещании и радиосвязи. Задачей изобретения является увеличение эффективности компенсации путем увеличения допустимого порогового значения отношения помехи к сигналу на входе радиоприемного устройства. Решение данной задачи обеспечивается введением в устройство, содержащее (фиг. 1) последовательно соединенные амплитудный детектор 25 и сумматор 34, а также формирователь сигнала биений 26, коммутатор 33, связанный выходами с сумматором 34, последовательно соединенные первый фильтр нижних частот 27, первый дополнительный амплитудный детектор 30 и элемент сравнения 32, выход которого связан с управляющим входом коммутатора 33, а второй вход соединен с выходом второго дополнительного амплитудного детектора 31 вход которого подключен к выходу фильтра верхних частот 28, вход которого соединен со входами первого фильтра нижних частот 27, формирователя сигнала биений 26 и амплитудного детектора 25, усилительно-преобразовательного тракта, включающего последовательно соединенные антенну 1, резонансный усилитель радиочастоты 2, первый преобразователь частоты 3, резонансный усилитель первой промежуточной частоты 4, второй преобразователь частоты 6 и первый резонансный усилитель второй

промежуточной частоты 7, а также синтезатор частот 5, выходы которого подключены соответственно ко вторым входам первого и второго преобразователя частот 3 и 6, полученный на выходе усилительно-преобразовательного тракта амплитудно-модулированный сигнал разделяется на сигналы несущей и двойной боковой частот с помощью введенных узкополосного режекторного фильтра несущей частоты 8, полосового фильтра 10, узкополосных фильтров несущей частоты 9 и 15, которые затем складываются во втором сумматоре 18 в соответствующих соотношениях, обеспечиваемых первым регулируемым усилителем несущей 11. Управление регулировкой осуществляется регулятором усилителем несущей 11. Управление регулировкой осуществляется регулятором усиления 12, компараторами верхнего и нижнего уровней 13 и 14, фазовым детектором 20 с фильтром нижней частоты 16, формирователями прямоугольных колебаний 19 и 24 и амплитудным ограничителем 22 с полосовым фильтром 23. Эта регулировка осуществляется по уровню помехи благодаря тому, что устройство отделяет помеху от сигнала. При этом одновременно осуществляется регулировка коэффициента усиления регулируемого усилителя сигнала биений. 1 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 079 971** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **H 04 B 1/10**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93033324/09, 25.06.1993

(46) Date of publication: 20.05.1997

(71) Applicant:
 Leningradskij ehlektrotekhnicheskij institut
 svjazi im.prof.M.A.Bonch-Bruevicha

(72) Inventor: Bogachev S.V.

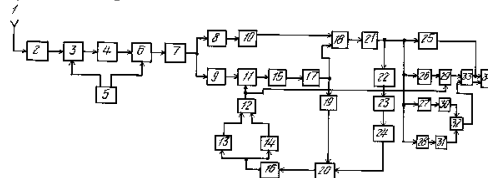
(73) Proprietor:
 Leningradskij ehlektrotekhnicheskij institut
 svjazi im.prof.M.A.Bonch-Bruevicha

(54) **AMPLITUDE-MODULATED SIGNAL RECEIVER INCORPORATING HARMONIC INTERFERENCE CORRECTION PROVISION**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering; broadcasting and radio communications. SUBSTANCE: receiver has series-connected amplitude detector 25 and adder 34, as well as beat signal shaper 26, switch 33 whose outputs are coupled with adder 34, series-connected first low-frequency filter 27, first additional amplitude detector 30, and comparison element 32 whose output is connected to control input of switch 33 and second input is connected to output of second additional amplitude detector 31 whose input is connected to output of high-frequency filter 28 whose input is connected to inputs of first low-frequency filter 27, beat signal shaper 26, and amplitude detector 25, amplifier-converter channel incorporating series-connected antenna 1, radio-frequency resonant amplifier 2, first frequency converter 3, first intermediate-frequency resonant amplifier 4, second frequency converter 6, and first resonant amplifier 7 of second intermediate frequency, as well as frequency synthesizer 5 whose outputs are connected to second inputs of first and second frequency converter 3 and 6, respectively; amplitude-modulated signal built up across output of amplifier-converter channel is

separated into carrier-frequency signal and double side frequency signal by means of narrow-band carrier-frequency rejection filter 8, band filter 10, narrow-band carrier-frequency filters 9,10; then these signals are added in second adder 18 in appropriate proportions afforded by first adjustable carrier-frequency amplifier 11. Control is effected by gain control 12, high- and low-level comparators 13, 14, phase detector 20 with low-frequency filter 16, square-wave shapers 19,24, and amplitude limiter 22 with band filter 23. This control is effected according to interference level due to provision for separating interference from signal. Gain control of adjustable beat-signal amplifier is effected simultaneously. EFFECT: improved efficiency of interference correction due to increasing permissible threshold value of interference-to-signal ratio at receiver input. 1 dwg



Предлагаемое изобретение относится к области радиотехники и может быть использовано в радиовещании и радиосвязи.

В реальных условиях радиоприема, особенно в тяжелой электромагнитной обстановке на входе амплитудного детектора имеется как желательный, так и нежелательный сигналы. В результате биений этих сигналов в детекторе возникает помеха с частотой биений, что ухудшает отношение сигнал/помеха на выходе линейного тракта радиоприемного устройства. Существуют различные радиоприемники, включающие устройства, улучшающие отношение сигнал/помеха на выходе радиоприемного устройства.

Известен приемник амплитудно-модулированных (АМ) сигналов [1] содержащий первый полосовой фильтр, пропускающий сигнал несущей и сигнал нижней боковой полосы, второй полосовой фильтр, пропускающий сигнал несущей и сигнал верхней боковой полосы, блок переключения, который в первом состоянии последовательно соединяет первый фильтр со вторым, а во втором состоянии второй фильтр с первым, ограничитель, перемножитель. В первом состоянии блока переключения на перемножитель поступают выходные сигналы ограничителя, а также первого фильтра и выделяется продетектированный сигнал нижней боковой полосы. Во втором состоянии блока переключения на перемножитель поступают выходные сигналы ограничителя, а также второго фильтра и выделяется продетектированный сигнал верхней боковой полосы. Таким образом выбирается та боковая полоса, в которой отсутствует помеха. Недостатками этого устройства являются: 1) ручное переключение при выборе боковых полос; 2) в случае действия помех в обоих боковых полосах избавиться полностью от помехи не представляется возможным; 3) при выборе боковых полос будет перерыв в приеме сообщения.

Известен приемник АМ сигналов [2] который имеет селектор для выбора выходных сигналов детекторов верхней и нижней боковых полос и отличается тем, что содержит блоки, выделяющие составляющие биения с сигналами соседних станция, содержащихся в выходных сигналах детектора, и коммутатор, сравнивающий выходные сигналы этих блоков выбора. Выходным сигналом компаратора управляется селектор. Тем самым выбирается сигнал без помехи.

Недостатком устройства является невозможность исключить помехи, действующие независимо в верхней и нижней боковых полосах, и при выборе боковых полос будет кратковременный перерыв в приеме сообщения.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство компенсации гармонических помех в радиоприемниках

амплитудно-модулированных сигналов [3] выбранное за прототип, которое содержит последовательно соединенные амплитудный детектор, вход которого является входом устройства, и сумматор, а также формирователь сигнала биений, коммутатор, первый и второй выходы которого

подключены ко входам сумматора, последовательно соединенные фильтр нижних частот, первый дополнительный амплитудный детектор и элемент сравнения, включенные между входом устройства и управляющим входом коммутатора, последовательно соединенные фильтр верхних частот и второй дополнительный амплитудный детектор, включенные между входом устройства и другим входом элемента сравнения, а формирователь сигнала биений выполнен в виде последовательно соединенных ограничителя, частотного детектора и интегрирующей цепи и включен между входом устройства и входом коммутатора.

При действии на входе устройства АМ сигнала с гармонической помехой формирователь сигнала биений выделяет гармоническую помеху и через коммутатор этот сигнал поступает на сумматор, куда с выхода амплитудного детектора поступает суммарный сигнал, содержащий желательный сигнал и сигнал помехи. В сумматоре происходит компенсация сигнала помехи, а на выходе устройства имеется только желательный сигнал. Фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, дополнительные детекторы и элемент сравнения служат для управления при помощи коммутатора сумматором, который в зависимости от того, в какой боковой полосе действует помеха, работает либо как сумматор, либо как вычитатель. Однако в устройстве из-за разных законов изменения амплитуды и фазы суммарного колебания компенсация возможна только для определенного порогового значения отношения помехи к сигналу. При превышении этого порога эффективность компенсации уменьшается. И чем больше превышает порог, тем сильнее падает эффективность компенсации.

Задачей изобретения является увеличение эффективности компенсации путем увеличения допустимого порогового значения отношения помехи к сигналу на входе радиоприемного устройства.

Решение данной задачи обеспечивается тем, что в радиоприемное устройство АМ сигналов, содержащее последовательно соединенные амплитудный детектор и сумматор, выход которого является выходом устройства, формирователь сигнала биений, коммутатор, первый и второй выходы которого подключены ко входам первого сумматора, последовательно соединенные первый фильтр нижних частот, первый дополнительный амплитудный детектор и элемент сравнения, выход которого подключен к управляющему входу коммутатора, последовательно соединенные фильтр верхних частот и второй дополнительный амплитудный детектор, выход которого подключен к другому входу элемента сравнения, а входы амплитудного детектора, формирователя сигнала биений, первого фильтра нижних частот и фильтра верхних частот объединены, введены последовательно соединенные антенна, резонансный усилитель радиочастоты, первый преобразователь частоты, резонансный усилитель первой промежуточной частоты, второй преобразователь частоты и первый резонансный усилитель второй

промежуточной частоты, а также синтезатор частот, первый и второй выходы которого подключены соответственно ко вторым входам первого и второго преобразователей частоты, последовательно соединенные узкополосный режекторный фильтр несущей частоты, первый полосовой фильтр, второй сумматор, второй резонансный усилитель второй промежуточной частоты, амплитудный ограничитель, второй полосовой фильтр, первый формирователь прямоугольных колебаний, фазовый детектор и второй фильтр нижних частот, последовательно соединенные первый узкополосный фильтр несущей частоты, первый регулируемый усилитель несущей частоты, второй узкополосный фильтр несущей частоты и фазовращатель, а также регулятор усиления, первый и второй компараторы, второй формирователь прямоугольных колебаний и второй регулируемый усилитель, при этом выход первого резонансного усилителя второй промежуточной частоты соединен со входами узкополосного режекторного фильтра несущей частоты и первого узкополосного фильтра несущей частоты, выход фазовращателя подключен ко второму входу второго сумматора и входу второго формирователя прямоугольных колебаний, выход которого подключен ко второму входу фазового детектора, выход второго фильтра нижних частот соединен со входами первого и второго компараторов, выходы которых подключены к соответствующим входам регулятора усиления, выход которого соединен со вторым входом первого регулируемого усилителя, выход второго резонансного усилителя второй промежуточной частоты подключен ко входу амплитудного детектора, выход формирователя сигнала биений подключен к первому входу второго регулируемого усилителя, второй вход которого соединен с выходом регулятора усиления, а выход ко входу коммутатора.

Введенные отличия позволяют увеличить допустимое пороговое значение отношения помехи к сигналу на входе радиоприемного устройства, поскольку полученный на выходе усилительно-преобразовательного тракта (выход первого усилителя второй промежуточной частоты) амплитудно-модулированный сигнал разделяется с помощью режекторного, полосового фильтров и узкополосных фильтров несущей на сигналы несущей и двойной боковой, которые затем складываются во втором сумматоре в соответствующих соотношениях, обеспечиваемых первым регулируемым усилителем несущей. Управление регулировкой осуществляется регулятором усиления, компараторами верхнего и нижнего уровней, фазовым детектором и фильтром нижней частоты, формирователем прямоугольных колебаний и амплитудным ограничителем с полосовым фильтром. Эта регулировка осуществляется по уровню помехи благодаря тому, что устройство отделяет помеху от сигнала. При этом одновременно осуществляется регулировка коэффициента усиления регулируемого усилителя сигнала биений. В результате этого эффективность компенсации повышается.

На чертеже приведена структурная схема

предлагаемого устройства.

Устройство содержит последовательно соединенные антенну 1, резонансный усилитель радиочастоты 2 (УРЧ), первый преобразователь частоты 3 (Пр. 1), резонансный усилитель первой промежуточной частоты 4 (УПЧ 1), второй преобразователь частоты 6 (Пр. 2) первый резонансный усилитель второй промежуточной частоты (1 УПЧ 2) 7, а также синтезатор частот 5 выходы которого подключены ко вторым входам соответственно первого и второго преобразователей частоты 3 и 6; узкополосный режекторный фильтр несущей частоты 8, первый узкополосный фильтр несущей частоты 9, первый полосовой фильтр 10, первый регулируемый усилитель несущей 11, регулятор усиления 12, первый и второй компараторы 13 и 14, второй узкополосный фильтр несущей 15, второй фильтр нижних частот 16, фазовращатель 17, второй сумматор 18, второй формирователь прямоугольных колебаний 19, фазовый детектор 10, второй резонансный усилитель второй промежуточной частоты 21, амплитудный ограничитель 22, второй полосовой фильтр 23, первый формирователь прямоугольных колебаний 24, амплитудный детектор 25, формирователь сигнала биений 26, первый фильтр нижних частот 27, фильтр верхних частот 28, второй регулируемый усилитель 29, первый дополнительный амплитудный детектор 30, второй дополнительный амплитудный детектор 31, элемент сравнения 32, коммутатор 33, первый сумматор 34. При этом выход первого резонансного усилителя второй промежуточной частоты 7 подключен ко входам узкополосного режекторного фильтра несущей частоты 8 и первого узкополосного фильтра несущей частоты 9, выход которого подключен к первому входу первого регулируемого усилителя несущей 11, второй вход которого соединен с выходом регулятора усиления 12, ко входам которого подключены выходы первого 13 и второго 14 компараторов, входы которых подключены к выходу второго фильтра нижних частот 16. Вход второго фильтра нижних частот 16 соединен с выходом фазового детектора 20, первый вход которого соединен с выходом первого формирователя 24, а второй вход с выходом второго формирователя 19, вход которого связан с выходом фазовращателя 17. Вход фазовращателя 17 соединен с выходом первого регулируемого усилителя несущей 11, вход которого подключен к выходу первого регулируемого усилителя 11. Выход первого полосового фильтра 10 подключен к первому входу второго сумматора 18, второй вход которого соединен с выходом фазовращателя 17. Выход второго сумматора 18 соединен со входом второго резонансного усилителя второй промежуточной частоты 21, выход которого подключен ко входу амплитудного детектора 25 к входу амплитудного ограничителя 22, выход которого соединен со входом второго полосового фильтра 23, выходом подключенного ко входу первого формирователя прямоугольных колебаний 24, выход которого соединен с первым входом фазового детектора 20. Вход формирователя сигнала биений 26 связан со входами

амплитудного детектора 25, первого фильтра нижних частот 27 и фильтра верхних частот 28, выход которого подключен ко входу второго дополнительного амплитудного детектора 31, выход которого соединен с одним из входов элемента сравнения 32, к другому входу которого подключен выход первого дополнительного амплитудного детектора 30, вход которого соединен с выходом первого фильтра нижних частот 27. Выход элемента сравнения 32 соединен с одним из входов коммутатора 33, ко второму входу которого подключен выход второго регулируемого усилителя 29, первый вход которого соединен с выходом формирователя сигнала биений 26, а второй вход с выходом регулятора усиления 12. Выход амплитудного детектора 25 подключен к первому выходу коммутатора 33 и одному из входов первого сумматора 34, второй вход которого соединен со вторым выходом коммутатора 33. Выход сумматора 34 является выходом устройства.

Работа предлагаемого устройства осуществляется следующим образом.

Последовательно соединенные антенна 1, УРЧ 2, ПР₁ 3, ПР₁ 3, УПЧ₁ 4, синтезатор 5, ПР₂ 6, 1 УПЧ₂ 7 представляют собой главный тракт приема радиоприемного устройства с двойным преобразованием частоты типа "Катрон", "Рябина", "Гюйс", "Филипс", подробно описанных в (1. О.В.Головин Профессиональные радиоприемные устройства декаметрового диапазона, М. Радио и связь, 1985).

Амплитудно-модулированный радиосигнал с преобразованной несущей во вторую промежуточную частоту с выхода блока 1 УПЧ₂ 7 поступает на режекторный фильтр несущей частоты 8 и на первый узкополосный фильтр несущей частоты 9. С выхода режекторного фильтра несущей 8 сигнал без несущей поступает на первый полосовой фильтр 10 с полосой пропускания, равной необходимой для выравнивания амплитудно-частотной характеристики сигнала, с выхода которого сигнал поступает на первый вход второго сумматора 18. С выхода первого узкополосного фильтра несущей частоты 9 сигнал несущей без боковых полос поступает на первый вход первого регулируемого усилителя несущей 11, где усиливается. Коэффициент усиления усилителя регулируется регулятором усиления 12 в зависимости от уровня помехи, нагрузкой первого регулируемого усилителя несущей 11 является второй узкополосный фильтр несущей 15 через фазовращатель 17, служащий для корректировки фазы несущей с сигналом без несущей. Сигнал несущей поступает на второй вход второго сумматора 18, где происходит суммирование усиленного сигнала несущей с сигналом без несущей. С выхода второго сумматора 18 амплитудно-модулированный сигнал с более высоким уровнем несущей поступает на вход второго резонансного усилителя второй промежуточной частоты 21, с выхода которого сигнал подается на вход амплитудного ограничителя 22, а также на вход амплитудного детектора 25, формирователя сигнала биений 26, первого фильтра нижних частот 27 и фильтра верхних частот 28. С выхода амплитудного ограничителя 22 ограниченный по амплитуде, но модулированный по фазе при действии

помехи сигнал через второй полосовой фильтр 23 поступает на первый формирователь прямоугольных колебаний 24, где формируются фазомодулированные прямоугольные колебания, с выхода первого формирователя прямоугольных колебаний 24 этот сигнал поступает на первый вход фазового детектора 20, на второй вход которого в качестве опорного напряжения после фазовращателя 17 через второй формирователь прямоугольных колебаний 18 подается сигнал несущей частоты. С выхода фазового детектора 20 продетектированный сигнал через второй фильтр нижних частот 16 подается на первый и второй компараторы 13 и 14, которые управляют регулятором усиления 12, первым усилителем несущей 11 и вторым регулируемым усилителем 29. При действии гармонической помехи на желательный сигнал образуется суммарное колебание, изменяющееся по амплитуде и фазе. Компенсация помехи осуществляется в первом сумматоре 34. При увеличении помехи до уровня, когда отношение помехи к сигналу превышает допустимое пороговое значение, срабатывает первый компаратор 13 и управляет регулятором усиления 12, который увеличивает коэффициент усиления первого регулируемого усилителя несущей 11 и второго регулируемого усилителя 29 до тех пор, пока отношение помехи к сигналу не снизится до допустимого при уменьшении уровня помехи. Когда отношение помехи к сигналу ниже допустимого, срабатывает второй компаратор 14, а при помощи регулятора усиления 12 уменьшается коэффициент усиления первого регулируемого усилителя несущей 11 и второго регулируемого усилителя 29 до тех пор, пока отношение помехи к сигналу не будет допустимым. В случае когда помеха отсутствует, коэффициент усиления первого регулируемого усилителя несущей 11 и второго регулируемого усилителя 29 равны единице.

Таким образом, при превышении допустимого значения отношения помехи к сигналу эффективность компенсации значительно выше.

Реализация блоков устройства может быть следующей.

Блоки резонансного усилителя радиочастоты 2, антенны 1, первого преобразователя частоты 3, резонансного усилителя первой промежуточной частоты 4, синтезатора частот 5, второго преобразователя частоты 6, первого резонансного усилителя второй промежуточной частоты 7, а также второго резонансного усилителя второй промежуточной частоты 21 могут быть реализованы по схемам и на элементах, описанных в (1) и (2. Б.М.Богданович, Радиоприемные устройства с большим динамическим диапазоном, М. Радио и связь, 1984). Узкополосный режекторный фильтр несущей частоты 8, первый узкополосный фильтр несущей частоты 9, первый полосовой фильтр 10, второй узкополосный фильтр несущей 15, второй полосовой фильтр 23, первый фильтр нижних частот 27, фильтр верхних частот 28, могут быть выполнены по обычной схеме на С элементах или в виде монолитных кварцевых фильтров, ПАВ фильтров, описанных в (1). Фильтр

нижних частот 16 выполнен в виде РС цепи. Компараторы 13 и 14 и регулятор усиления 12 выполнены по схеме, описанной в (2). Сумматоры 34 и 18 выполнены аналогично прототипу. Первый регулируемый усилитель несущей 11, регулятор усиления 12, фазовращатель 17, второй дополнительный амплитудный детектор 31 и первый дополнительный амплитудный детектор 30 могут быть выполнены по схемам, описанным в (2) и (3. В.И.Горшков, Радиоэлектронные устройства, М. Радио и связь, 1984). Фазовый детектор 20 может быть выполнен по схеме, приведенной в (4. В.В.Палшков, Радиоприемные устройства, М. Радио и связь, 1984). Первый формирователь прямоугольных колебаний 24 и второй формирователь прямоугольных колебаний 19 выполнены по схеме, приведенной в (5. Е.И.Манаев, Основы радиоэлектроники, М. Радио и связь, 1985). Амплитудный детектор 25, формирователь сигнала биений 26, элемент сравнения 32 и коммутатор 33 могут быть выполнены как в прототипе. Амплитудный ограничитель 22 может быть выполнен по схемам, приведенным в (3 или 5). Регулируемый усилитель 29 может быть выполнен также, как регулируемый усилитель 11.

Формула изобретения:

Радиоприемное устройство амплитудно-модулированных сигналов с компенсацией гармонических помех, содержащее последовательно соединенные амплитудный детектор и первый сумматор, выход которого является выходом устройства, формирователь сигнала биений, коммутатор, первый и второй выходы которого подключены к входам первого сумматора, последовательно соединенные первый фильтр нижних частот, первый дополнительный амплитудный детектор и элемент сравнения, выход которого подключен к управляющему входу коммутатора, последовательно соединенные фильтр верхних частот и второй дополнительный амплитудный детектор, выход которого подключен к другому входу элемента сравнения, а входы амплитудного детектора, формирователя сигнала биений, первого фильтра нижних частот и фильтра верхних частот объединены, отличающееся

тем, что введены последовательно соединенные антенна, резонансный усилитель радиочастоты, первый преобразователь частоты, резонансный усилитель первой промежуточной частоты, второй преобразователь частоты и первый резонансный усилитель, второй промежуточной частоты, а также синтезатор частот, первый и второй выходы которого подключены соответственно к вторым входам первого и второго преобразователей частоты, последовательно соединенные узкополосный режекторный фильтр несущей частоты, первый полосовой фильтр, второй сумматор, второй резонансный усилитель, второй промежуточной частоты, амплитудный ограничитель, второй полосовой фильтр, первый формирователь прямоугольных колебаний, фазовый детектор и второй фильтр нижних частот, последовательно соединенные первый узкополосный фильтр несущей частоты, первый регулируемый усилитель несущей частоты, второй узкополосный фильтр несущей частоты и фазовращатель, а также регулятор усиления, первый и второй компараторы, второй формирователь прямоугольных колебаний и второй регулируемый усилитель, при этом выход первого резонансного усилителя второй промежуточной частоты соединен с входами узкополосного режекторного фильтра несущей частоты и первого узкополосного фильтра несущей частоты, выход фазовращателя подключен ко второму входу второго сумматора и входу второго формирователя прямоугольных колебаний, выход которого подключен к второму входу фазового детектора, выход второго фильтра нижних частот соединен со входами первого и второго компараторов, выходы которых подключены к соответствующим входам регулятора усиления, выход которого соединен с вторым входом первого регулируемого усилителя, выход второго резонансного усилителя второй промежуточной частоты подключен ко входу амплитудного детектора, выход формирователя сигнала биений подключен к первому входу второго регулируемого усилителя, второй вход которого соединен с выходом регулятора усиления, а выход к входу коммутатора.

50

55

60