



УКРАЇНА

(19) UA (11) 47398 (13) C2

(51) 6 H04J1/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИЙМАЧ ЧАСТОТНО-МОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ /ВАРІАНТИ/

1

2

(21) 96072836

(22) 16 07 1996

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р

(72) Максимов Володимир Васильович, Степлов Василь Куприянович, Бушанський Анатолій Володимирович, Уваров Ростислав Васильович

(73) Максимов Володимир Васильович, Степлов Василь Куприянович, Бушанський Анатолій Володимирович, Уваров Ростислав Васильович

(56) US, 4025923, 24 05 1977 WO, 8605938, 09 10 1988 US, 4856085, 08 08 1989 EP 0576078, 29 12 1993 EP, 0576084, 29 12 1993 US, 54045589, 04 04 1995 EP, 0629053, 14 12 1994 RU, 2007885, 15 02 1994 US, 5418805, 16 05 1995 US, 5465410, 07 11 1995

(57) 1 Приемник частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, отличающийся тем, что к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные синхронный режекторный фильтр, снабженный управляющим устройством, и следящий фильтр, подключенный к ограничителю, второй выход частотного детектора подключен к цепи обратной связи, соединенной с реактивным элементом, который подключен к следящему фильтру

2 Приемник частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, отличающийся тем, что к выходу усилителя промежуточной частоты подключен синхронный режекторный фильтр, снабженный управляющим устройством и соединенный с узкополосным синхронным фильтром промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, к второму выходу частотного детектора подключено управляющее устройство, соединенное с узкополосным синхронным фильтром

3 Приемник частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты,

а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, отличающийся тем, что к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные синхронный режекторный фильтр, снабженный управляющим устройством, широкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты и узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, второй выход частотного детектора соединен с управляющими устройствами, выходы которых подключены к широкополосному синхронному фильтру и узкополосному синхронному фильтру соответственно

4 Приемник частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, отличающийся тем, что к выходу усилителя промежуточной частоты подключен узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого подключен к ограничителю, второй выход частотного детектора соединен с управляющим устройством, подключенным к узкополосному синхронному фильтру промежуточной частоты, ко входу усилителя высокой частоты подключен широкополосный синхронный фильтр высокой частоты, снабженный управляющим устройством

5 Приемник частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, отличающийся тем, что к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные широкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты и узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, второй выход частотного детектора соединен с управляющими устройствами, выходы которых соединены с широкополосным синхронным фильтром и узкополосным синхронным фильтром соответственно, ко входу усилителя высокой частоты подключен широкополосный синхронный фильтр высокой частоты, снабженный управляющим устройством

(13) C2

(11) 47398

(19) UA

щим устройством

6 Приемник частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, отличающийся тем, что к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные синхронный режекторный фильтр снабженный управляющим устройством, широкополосный синхронный

фильтр промежуточной частоты и узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, выход частотного детектора соединен с управляющими устройствами, выходы которых подключены к широкополосному синхронному фильтру и узкополосному синхронному фильтру соответственно, ко входу усилителя высокой частоты подключен широкополосный синхронный фильтр, снабженный управляющим устройством

Изобретение относится к технике связи и может быть использовано в системах связи, в том числе космической, радиолокации и других областях

Все широкополосные системы модуляции обеспечивают высокую помехоустойчивость при условии, что отношение сигнала и помехи на входе приемника больше некоторого предельного /порогового/ значения. При условии, когда сигнал меньше, чем пороговое значение, широкополосные системы теряют свои преимущества за счет резкого снижения помехоустойчивости.

Имеется возможность путем усовершенствования схемы приемника снизить порог помехоустойчивости и тем самым увеличить дальность связи при той же самой мощности передатчика. Эта проблема стала особенно актуальной в связи с разработкой сверхдальних космических систем связи.

Известные методы снижения порога помехоустойчивости при частотной модуляции /ЧМ/ основаны на принципе "сжатия" спектра сигнала в приемнике. Ширина полосы пропускания обычного ЧМ приемника выбирается такой, чтобы вмещать полезный сигнал в любой момент времени за период модуляции. Эта полоса намного превышает полосу частот передаваемого сообщения. Наличие априорной информации о скорости изменения частоты сигнала позволяет осуществить слежение за этой частотой узкополосным приемником, что достигается введением обратной связи по частоте или применением следающего фильтра промежуточной частоты /1,2/.

Известен приемник с отрицательной обратной связью по частоте, содержащий прямой тракт из последовательно соединенных смесителя /СМ/, усилителя промежуточной частоты /УПЧ/, а также цепь обратной связи, состоящую из частотного детектора /ЧД/, усилителя и управляемого генератора /1/. В отличие от систем фазовой автоподстройки частоты /ФАПЧ/, в которых изменение по частоте достигается синфазированием задающего и управляемого напряжений, в указанном приемнике с частотной

автоподстройкой /ЧАП/ эта задача решается в результате непосредственного измерения разности частот задающего и управляемого напряжений и уменьшения этой разности. В указанном приемнике полоса пропускания тракта промежуточной частоты может быть уменьшена в несколько раз

без заметных искажений сигнала и во столько же раз снижен порог помехоустойчивости.

Однако, это предельное снижение порога не достигается вследствие того, что при глубокой обратной связи существенное влияние на помехоустойчивость оказывают шумы, попадающие с полезным сигналом на вход управляемого генератора. Эксперименты показали, что введение обратной связи позволяет снизить порог на 3-8 дБ.

Аналогичные результаты получаются и в схеме приемника ЧМ сигналов со следящим фильтром, принятого за прототип /2/. Приемник содержит последовательно соединенные усилитель высокой частоты /УВЧ/, смеситель с подключенным к нему гетеродином и усилитель промежуточной частоты /УПЧ/, следающий фильтр, ограничитель, частотный детектор /ЧД/, цепь обратной связи /ЦС/ и реактивный элемент /РЭ/.

Отличие приемника со следящим фильтром от приемника с ЧАП заключается в том, что элементом, перестраиваемым под действием низкочастотного выходного сигнала, является узкополосный следающий фильтр в тракте промежуточной частоты. При этом входной тракт, УПЧ, ограничитель и ЧД выполняются широкополосными, как и в обычном приемнике ЧМ сигнала. Следающий фильтр представляет собой узкополосный LC-контур, перестраиваемый по частоте. Предельное значение выигрыша по порогу в указанном приемнике такое же, как и в приемниках с ЧАП.

Следует заметить, что в рассмотренных схемах следающего приема преобразования сигнала и помех к шуму на выходе не изменяют отношения сигнала к шуму на выходе приемника при работе выше порога. Так, уменьшение девиаций сигнала и помех в полосе модулирующих частот происходит в равной степени. В приемнике со следящим фильтром девиация сигнала не изменяется, однако узкополосный следающий фильтр подавляет лишь составляющие входного шума, лежащие вне "активного" участка спектра сигнала.

Задачей изобретения является повышение помехоустойчивости устройств связи путем использования в схемах приемников частотно-модулированных сигналов синхронных фильтров в качестве следающих фильтров.

Синхронные фильтры обладают способностью выделять полезный сигнал, уровень которого лежит ниже уровня шумов, что делает перспективным их применение в системах частотной ав-

топодстройки приемника для снижения порога помехоустойчивости

Однако, простая подмена следящего LC-контура на следящий синхронный фильтр/СФ/ не дает выигрыша в снижении порога, т.к. использовать высокие селективные свойства СФ мешает ограничение, накладываемое на полосу частот узкополосного фильтра - она должна быть не менее удвоенной высшей модулирующей частоты. В настоящее время авторам неизвестны приемники ЧМ сигналов, в которых бы использовались СФ в качестве следящих фильтров

Поставленная задача решается тем, что в приемнике частотно-модулированных сигналов, содержащем последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, согласно изобретению к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные синхронный режекторный фильтр и следящий фильтр, подключенный к ограничителю, второй выход частотного детектора подключен к цепи обратной связи, соединенной с реактивным элементом, который подключен к следящему фильтру

Поставленная задача решается также тем, что в приемнике частотно-модулированных сигналов, содержащем последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, согласно изобретению к выходу усилителя промежуточной частоты подключен синхронный режекторный фильтр, снабженный управляющим устройством, и соединенный с узкополосным синхронным фильтром промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, к выходу частотного детектора подключено управляющее устройство, соединенное с узкополосным синхронным фильтром промежуточной частоты

Задача решается также тем, что в приемнике частотно-модулированных сигналов, содержащем последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, согласно изобретению к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные следящий режекторный фильтр, снабженный управляющим устройством, широкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты и узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, второй выход частотного детектора соединен с управляющими устройствами каждый, выходы которых подключены к широкополосному синхронному фильтру промежуточной частоты и узкополосному синхронному фильтру промежуточной частоты

Задача решается тем, что в приемнике частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также

ограничитель, соединенный с частотным детектором, согласно изобретению к выходу усилителя промежуточной частоты подключен узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого подключен к ограничителю, второй выход частотного детектора соединен с вторым управляющим устройством, ко входу усилитель высокой частоты подключен широкополосный синхронный фильтр высокой частоты, снабженный управляющим устройством

Задача решается тем, что в приемнике частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, согласно изобретению к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные широкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты и узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, второй выход частотного детектора соединен с управляющими устройствами, выходы которых соединены с широкополосным синхронным фильтром промежуточной частоты и узкополосным синхронным фильтром промежуточной частоты соответственно, ко входу усилителя высокой частоты подключен широкополосный синхронный фильтр высокой частоты, снабженный управляющим устройством

Задача изобретения решается тем, что в приемнике частотно-модулированных сигналов, содержащий последовательно соединенные усилитель высокой частоты, смеситель, снабженный гетеродином, и усилитель промежуточной частоты, а также ограничитель, соединенный с частотным детектором, согласно изобретению к выходу усилителя промежуточной частоты подключены последовательно соединенные синхронный режекторный фильтр, с управляющим устройством, широкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты и узкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, выход которого соединен с ограничителем, второй выход частотного детектора соединен с управляющими устройствами, выходы которых подключены к широкополосному синхронному фильтру промежуточной частоты и узкополосному синхронному фильтру промежуточной частоты соответственно, ко входу усилителя высокой частоты подключен широкополосный синхронный фильтр промежуточной частоты, снабженный управляющим устройством

Устройство поясняется чертежами, где на фиг 1-3 представлены структурные схемы приемников ЧМ сигналов с синхронными фильтрами в трактах ПЧ: фиг 1- с режекторным и следящим фильтром на базе LC-контура, фиг 2- с режекторным и узкополосным следящими фильтрами, фиг 3- с режекторным, широкополосным и узкополосным следящими фильтрами. На фиг 4-6 представлены структурные схемы приемников ЧМ сигналов с широкополосным СФ в тракте ВЧ и СФ в тракте ПЧ: фиг 4- со следящим СФ, фиг 5- с широкополосным и следящим СФ, фиг 6- с режекторным, широкополосным и узкополосным следящи-

ми фильтрами

На чертежах цифрами обозначены

1- усилитель высокой частоты /УВЧ/, 2- смеситель, 3-первый гетеродин, 4- усилитель промежуточной частоты /УПЧ/, 5- синхронный режекторный фильтр /СРФ/, 6-первое управляющее устройство, 7- следящий фильтр, 8-ограничитель, 9- частотный детектор /ЧД/, 10-реактивный элемент /РЭ/, 11- цепь обратной связи, 12-узкополосный синхронный фильтр тракта промежуточной частоты /УСФПЧ/, 13- второе управляющее устройство, 14- третье управляющее устройство, 15- широкополосный синхронный фильтр тракта промежуточной частоты /ШСФПЧ/, 16- широкополосный синхронный фильтр тракта высокой частоты/ШСФВЧ/, 17- четвертое управляющее устройство

На всех схемах предполагается прохождение сигнала в направлении стрелок/отсутствует влияние последующих каскадов на предыдущие/, а также то, что синхронные фильтры согласованы с предыдущими и последующими каскадами и не вносят помех коммутации. Устройства, изображенные на чертежах, работают аналогично прототипу. На фиг 1 показано включение СРФ в традиционную схему ЧМ приемника со следящим фильтром. Улучшение помехоустойчивости достигается введением в тракт промежуточной частоты узкополосного режекторного синхронного фильтра 5, управляемого с помощью устройства 6 на несущей ПЧ, и подавляющего выбросы узкополосного шума несущей ПЧ. Эффект использования СРФ в этой схеме заключается в подавлении несущей частоты шумовой дорожки. Так, например, при отношении $U_{\text{сигнал}}/U_{\text{шум}} = 10$ подавление несущей на 20дБ/ в 10 раз/ пропорционально подавит и все флуктуационные выбросы. Если выбрать полосу пропускания СРФ равной 100Гц, то на частоте 6,5МГц получим минимальное число коммутаций 62070, что будет соответствовать коэффициенту подавления помех $k_n = 46,21$ дБ. Время переходного процесса в СРФ при данном числе коммутаций составит $9,55 \times 10^{-3}$ с. Видно, что все выбросы узкополосного шума при этом можно свести к значению $U_{\text{шум}}$ и выигрыш в снижении помехоустойчивости составит 20дБ. Учитывая, что порог

помехоустойчивости в этом приемнике снижается и за счет использования следящего фильтра, общий выигрыш составит 25-29дБ.

На фиг 2,3 следящий фильтр на LC-контуре заменен следящим синхронным фильтром, что позволяет реализовать дополнительные возможности снижения порога за счет подавления помех в УСФПЧ. Кроме того, с той же целью введен ШСФПЧ. На фиг 4-6 введен ШСФВЧ с целью снижения порога непосредственно в тракте ВЧ, а тракт ПЧ представляет собой комбинацию трактов ПЧ по фиг 2-3. При соблюдении условий согласования и совпадения числа емкостей в 15 и 12 функции устройства 14 может выполнять и устройство 13, при этом данная схема будет выглядеть как на фиг 3а. В случае неперестраиваемого устройства 15 при соблюдении условий согласования и совпадения числа емкостей в 5 и 15 функции устройства 14 может выполнять устройство 6, при этом данная схема будет выглядеть как на фиг 3б. В случае неперестраиваемого устройства 15 и несовпадения числа емкостей в 5 и 15 устройство 14 является неперестраиваемым и данная схема будет выглядеть как на фиг 3в. Данные замечания справедливы и для фиг 4-6.

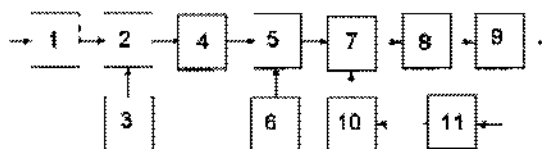
Наибольший выигрыш в снижении порога помехоустойчивости по сравнению с традиционной схемой следящего LC-контра в тракте ПЧ дает схема ЧМ приемника фиг 6, что обусловлено комбинированным включением ШСФВЧ, ШСФПЧ, СРФ и УСФПЧ. Кроме того, все предложенные варианты

приемников дают выигрыш в отношении сигнал/помеха на выходе, а приемники по фиг 4-6 позволяют выделять полезный сигнал под шумами. Все введенные синхронные фильтры снабжены собственными управляющими устройствами. Указанные управляющие устройства выполнены на базе коммутируемых транзисторов.

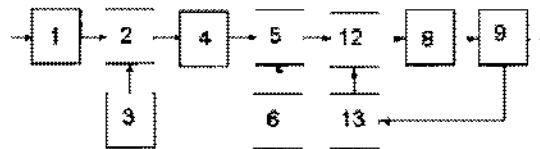
Список литературы

1 Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность устройств связи — М. Связь, 1972 - 256с.

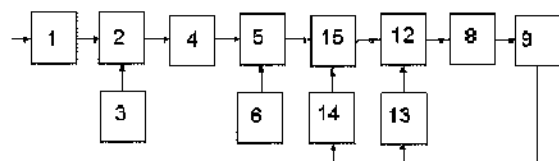
2 Зюко А.Г., Коробов Ю.Ф. Теория передачи сигналов — М. Связь, 1972 - 249с.



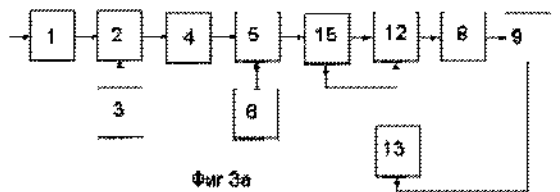
Фиг 1



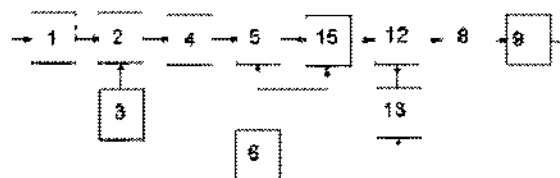
Фиг 2



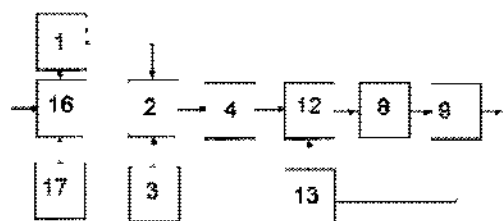
Фиг.3



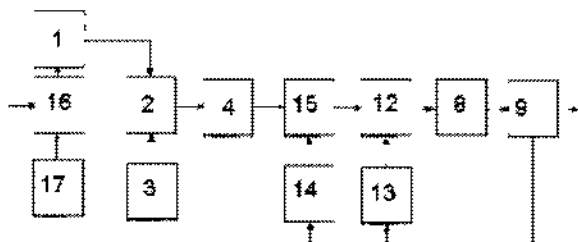
Фиг. 3а



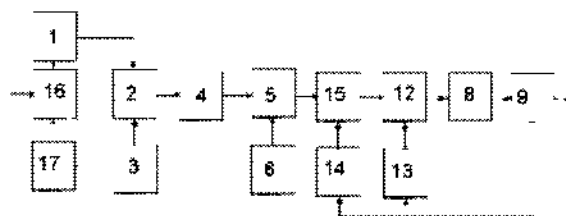
Фиг. 3б



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71