



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11)**2 727 353** (13) **C9**

(51) МПК  
*H04W 88/04* (2009.01)  
*H04W 52/52* (2009.01)  
*H04W 52/16* (2009.01)  
*H04L 29/08* (2006.01)  
*H04W 84/00* (2009.01)  
*H04B 7/15* (2006.01)

(12) **СКОРРЕКТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(52) СПК

*H04B 7/15564* (2020.02); *H04W 84/047* (2020.02); *H04W 84/042* (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2020106747, 13.02.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.02.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.02.2020

(45) Опубликовано: 21.07.2020

(15) Информация о коррекции:  
Версия коррекции №1 (W1 C1)(48) Коррекция опубликована:  
01.09.2020 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

111672, Москва, ул. Городецкая, 9, к. 1, кв. 235,  
Воробьеву С.В.

(72) Автор(ы):

Воробьев Сергей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Воробьев Сергей Викторович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2463736 C2, 10.10.2012. RU  
2352067 C1, 10.04.2009. US 2005/0118949 A1,  
02.06.2005. US 2012/0120988 A1, 17.05.2012. US  
2008/0014863 A1, 17.01.2008. US 5095528 A1,  
10.03.1992.(54) СПОСОБ ЗАЩИТЫ РЕТРАНСЛЯТОРА ОТ ВОЗБУЖДЕНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО  
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиосвязи и предназначено для защиты от возбуждения одноканальных и многоканальных ретрансляторов, работающих в симплексном и дуплексном режимах. Техническим результатом является обеспечение непрерывной стабильной работы ретранслятора при максимально возможном в данных условиях усилении, и тем самым полностью исключаются возможность его возбуждения и помехи в радиосвязи. Для защиты ретранслятора от возбуждения последовательно принимают ретранслируемый сигнал на приемную антенну, усиливают в усилителе с электронной регулировкой коэффициента усиления, декоррелируют в декорреляторе с сохранением амплитудно-фазовых характеристик модуляции и временной структуры

ретранслируемого сигнала и излучают его через передающую антенну. Одновременно с этим измерителем мощности измеряют мощность сигнала на выходе ретранслятора, а коррелятором определяют значение корреляции между сигналами на входе и выходе ретранслятора, которое нормируют в функциональном делителе по отношению к измеренной мощности сигнала. Сигнал на выходе делителя обратно пропорционален коэффициенту изоляции антенн, и его используют как сигнал управления для автоматического изменения коэффициента усиления усилителя, устанавливая коэффициент усиления ретранслятора меньше чем коэффициент изоляции антенн на заданное значение. 4 н.п. ф-лы, 6 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H04W 88/04* (2009.01)  
*H04W 52/52* (2009.01)  
*H04W 52/16* (2009.01)  
*H04L 29/08* (2006.01)  
*H04W 84/00* (2009.01)  
*H04B 7/15* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(52) CPC

*H04B 7/15564* (2020.02); *H04W 84/047* (2020.02); *H04W 84/042* (2020.02)

(21)(22) Application: **2020106747, 13.02.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**13.02.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **13.02.2020**

(45) Date of publication: **21.07.2020**

(15) Correction information:  
**Corrected version no1 (W1 C1)**

(48) Corrigendum issued on:  
**01.09.2020 Bull. № 25**

Mail address:

**111672, Moskva, ul. Gorodetskaya, 9, k. 1, kv. 235,  
Vorobevu S.V.**

(72) Inventor(s):

**Vorobev Sergej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Vorobev Sergej Viktorovich (RU)**

(54) **METHOD OF REPEATER PROTECTION FROM EXCITATION AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering and communication.

SUBSTANCE: invention relates to radio communication and is intended for protection against excitation of single-channel and multi-channel repeaters operating in simplex and duplex modes. To protect the repeater from excitation, the repeated signal is successively received on the receiving antenna, amplified in the amplifier with electronic gain adjustment, decorrelated in a decorrelator with preservation of amplitude-phase characteristics of modulation and time structure of a repeated signal and emitted through a transmitting antenna. Simultaneously with this power meter, signal power is measured at repeater output, and correlator is used to determine

correlation value between signals at repeater input and output, which is normalized in functional divider relative to measured signal power. Signal at the output of the divider is inversely proportional to the coefficient of insulation of the antennae, and it is used as a control signal for automatic change of amplification factor of the amplifier, setting the gain of the repeater less than the insulation factor of the antennae by a given value.

EFFECT: providing continuous stable operation of a repeater with maximum amplification possible under given conditions, and thereby completely excluding the possibility of its excitation and interference in radio communication.

4 cl, 6 dwg



Область техники

Изобретение относится к области радиосвязи, и может быть использовано в ретрансляторах, не меняющих несущей частоты сигнала (ретрансляторы прямого усиления).

5 Уровень техники

Ретрансляторы применяются для расширения зоны покрытия беспроводной сети, или для улучшения качества обслуживания в локальных областях там, где недостаточна мощность радиосигнала.

10 Далее в настоящем изобретении под термином «ретранслятор» понимаются любые устройства или системы усиления, предназначенные для ретрансляции радиосигнала, которые характеризуется тем, что входные и выходные сигналы имеют одинаковую частоту.

Для приема и передачи сигналов на входе и выходе ретранслятора используют соответственно приемную и передающую антенны. Учитывая, что данные антенны 15 располагаются в зоне работы ретранслятора, то между ними может возникать паразитный канал связи, коэффициент передачи которого зависит от многих факторов, в том числе от расстояния между антеннами, наличия, типа и размера препятствий между ними, присутствия в зоне связи отражающих и рассеивающих поверхностей и т.п. Причем коэффициент передачи может меняться во времени при движении объектов 20 или/и ретранслятора, или изменении окружающей обстановки.

При определенном соотношении коэффициента усиления ретранслятора и коэффициента передачи паразитного канала связи может происходить возбуждение ретранслятора.

Мощность сигналов на входе и выходе ретранслятора можно представить в виде:

$$25 \quad P_{\text{вх}}(t) = P_c + D(t)P_{\text{вых}}, \quad (1)$$

$$P_{\text{вых}}(t) = K_0 P_{\text{вх}}(t) = K_0 [P_c + D(t)P_{\text{вых}}], \quad (2)$$

где

30  $P_{\text{вх}}$  - мощность сигналов на входе ретранслятора;

$t$  - время;

$P_c$  - мощность ретранслируемого сигнала на входе ретранслятора;

$D(t)$  - коэффициент передачи паразитного канала между антеннами ретранслятора, медленно меняющийся процесс;

35  $P_{\text{вых}}$  - мощность сигнала на выходе ретранслятора;

$K_0$  - коэффициент усиления ретранслятора.

Коэффициент усиления ретранслятора с учетом обратной связи через паразитный канал между антеннами с имеет вид:

$$40 \quad K(t) = \frac{P_{\text{вых}}(t)}{P_c}. \quad (3)$$

После преобразований с учетом (1) и (2)

$$K(t) = \frac{K_0}{1 - K_0 D(t)}. \quad (4)$$

45 Из (4) видно, что при

$$K_0 \geq \frac{1}{D(t)}, \quad (5)$$

коэффициент усиления ретранслятора с учетом обратной связи через антенны становится бесконечным или отрицательным, т.е. ретранслятор возбуждается.

Для характеристики обратной связи через антенны часто используется понятие коэффициента изоляции антенн, который является обратной величиной коэффициента передачи паразитного канала между антеннами ретранслятора, т.е.

$$Q(t) = \frac{1}{D(t)}, \quad (6)$$

где  $Q$  - коэффициент изоляции антенн.

Тогда из (5) получим условие возбуждения ретранслятора:

$$K_0 \leq Q(t). \quad (7)$$

Приведенное описание не учитывает фазовые соотношения сигналов на входе ретранслятора и в обратной связи через антенны, которые формируются случайным образом. При совпадении фаз сигналов возбуждение может начаться и при меньших значениях. С учетом этого, для обеспечения стабильности ретранслятора должно выполняться условие

$$K_0 \leq \gamma Q(t), \quad (8)$$

где  $\gamma < 1$  - защитный коэффициент.

При этом наибольший возможный коэффициент усиления ретранслятора в текущих условиях его работы будет равен:

$$K_0 = \gamma Q(t). \quad (9)$$

При этом обеспечивается наибольшая зона обслуживания ретранслятора в данных условиях его работы.

Таким образом для работы ретранслятора без возбуждения в реальных условиях эксплуатации необходимо, чтобы его коэффициент усиления никогда не превышал коэффициента изоляции антенн на определенное значение защитного коэффициента (обычно 15-20 дБ).

Известны различные способы защиты ретрансляторов от возбуждения. Например, в патенте США № US 7593689 «METHOD FOR DETECTING AN OSCILLATION IN AN ON-FREQUENCY REPEATER» описан способ обнаружения возбуждения ретранслятора путем измерения мощности выходного сигнала в два этапа. На первом этапе производится измерение мощности на выходе ретранслятора при его работе на передающую антенну, на втором этапе - при отключенной антенне. Отключение передающей антенны от ретранслятора позволяет полностью исключить паразитный канал между антеннами ретранслятора, и соответственно исключить в этот момент его возбуждение. Сравнение разности измеренных мощностей с заданным порогом позволяет выявить возбуждение ретранслятора. При выявлении возбуждения уменьшают коэффициент усиления ретранслятора на заданное значение с помощью усилителя с регулируемым усилением, введенным в цепь усиления сигнала. Сравнение измеренных мощностей сигналов, управление коэффициентом усиления ретранслятора, а также включение и отключение передающей антенны осуществляют цифровым контроллером, введенным в состав ретранслятора. Использование данного способа приводит к периодическим перерывам в ретрансляции сигналов на время отключения передающей антенны, что ухудшает качество связи. Способ позволяет выполнять регулировку только по факту возбуждения ретранслятора, что также ухудшает качество связи. В интервалы времени между циклами измерения мощность изоляция антенн не

контролируется, что может привести к возбуждению ретранслятора.

В патенте США №2012/0120988 A1 «REPEATER AND SELF-EXCITATION DETECTING METHOD AND SYSTEM» предлагается способ выявления возбуждения ретранслятора в следующей последовательности:

- 5 - проводят измерение выходной мощности сигнала ретранслятора и сравнивают ее с заданным порогом, который соответствует возбуждению;
- при превышении порога снижают коэффициент усиления ретранслятора на заданное значение и проверяют линейность зависимости изменения выходной мощности ретранслятора от коэффициента усиления. Нелинейная зависимость является признаком
- 10 возбуждения. В этом случае снижают усиление ретранслятора;
- повторяют цикл до получения линейной зависимости уровня выходной мощности от коэффициента усиления ретранслятора.

Устройство, осуществляющее этот способ, содержит в частности измеритель выходной мощности, усилитель ретранслируемого сигнала с управляемым коэффициентом

15 усиления и контроллер управления устройством. Данный способ позволяет выполнять регулировку усиления ретранслятора только по факту возбуждения. Кроме того, регулировка усиления производится итерационно до момента прекращения возбуждения, т.е. в процессе регулировки возбуждение продолжается, что ухудшает качество связи.

В способе обнаружения и устранения колебаний в усилителе сотовой связи и

20 устройстве для его осуществления, описанные в патенте США 7409186 B2 «DETECTION AND ELIMINATION OF OSCILLATION WITHIN CELLULAR NETWORK AMPLIFIERS», для связи ретранслятора с мобильными абонентами и базовой станцией используются приемные и передающие антенны, для управления коэффициентом усиления ретранслятора в цепь усиления ретранслируемого сигнала введен усилитель с

25 управляемым коэффициентом усиления, для управления его коэффициентом усиления и измерения мощности ретранслируемого сигнала используется схема управления. Обнаружение возбуждения ретранслятора проводят путем измерения входной и выходной мощностей ретранслируемого сигнала, при двух различающихся

30 коэффициентах усиления ретранслятора и сравнивают полученные значения с заданными порогами. В зависимости от полученного результата сравнения корректируют коэффициент усиления ретранслятора в большую или меньшую стороны. Процедуру повторяют до получения требуемых уровней мощности.

По данному способу, как и по предыдущему, регулировку усиления выполняют только по факту возбуждения. Кроме того, регулировка усиления производится

35 итерационно до момента прекращения возбуждения, т.е. в процессе регулировки возбуждение продолжается, что ухудшает качество связи.

Наиболее близким аналогом предлагаемого изобретения, является способ и устройство, описанные в патенте США 5095528 «REPEATER WITH FEEDBACK OSCILLATION CONTROL». По данному способу измеряют мощности ретранслируемого

40 сигнала на входе и выходе ретранслятора, и сравниваются с заранее допустимыми порогами, а также вычисляют коэффициент усиления ретранслятора. Коэффициент усиления ретранслятора уменьшается дискретно на определенное значение, если измеренная выходная мощность превышает заданный порог, а также если вычисленный коэффициент усиления ретранслятора больше чем заданное значение. Такая процедура

45 проводится итерационно пока не будут достигнуты заданные значения.

Устройство по патенту США 5095528 содержит приемную и передающие антенны, усилитель мощности для усиления и ретрансляции радиосигналов, включающий усилитель с управляемым коэффициентом усиления, измерители входной и выходной

мощности ретранслятора, микропроцессор для измерения и вычисления указанных выше величин, сравнения их с заданными порогами и управления коэффициентом усиления ретранслятора.

По данному способу, как и по предыдущему, регулировку усиления ретранслятора 5 выполняют только по факту возбуждения. Кроме того, регулировка усиления производится итерационно до момента прекращения возбуждения, т.е. в процессе регулировки возбуждение продолжается, что ухудшает качество связи.

Таким образом известные способы и устройства защиты ретрансляторов от 10 возбуждения сначала выявляют факт наличия возбуждения после чего производят корректировку усиления ретранслятора, причем данный процесс носит итерационный характер и требует определенного времени, в течение которого ретранслятор может сохранять возбуждение и (или) ухудшать качество связи.

Предлагаемый способ защиты ретранслятора от возбуждения и устройство для его 15 осуществления позволяют непрерывно измерять коэффициент изоляции между приемной и передающей антеннами ретранслятора, и сообразно с текущим значением изоляции устанавливать допустимый коэффициент усиления ретранслятора в соответствии с условием (9). Это обеспечивает непрерывную стабильную работу ретранслятора при максимально возможном в данных условиях усилении, и тем самым полностью 20 исключаются возможность его возбуждения и помехи в радиосвязи.

Раскрытие сущности изобретения

В соответствии с предлагаемым способом защиты ретранслятора от возбуждения 25 осуществляют: последовательно прием ретранслируемого сигнала на приемную антенну, его усиление усилителем с управляемым коэффициентом усиления, проводят декорреляцию ретранслируемого сигнала с сохранением его амплитудно-фазовых характеристик модуляции и временной структуры (например, но не ограничиваясь, 30 путем задержки сигнала или смещением по частоте), усиление (при необходимости) и излучение ретранслируемого сигнала через передающую антенну. Одновременно с этим определяют мощность ретранслируемого сигнала на выходе ретранслятора и вычисляют корреляцию между сигналами на входе и выходе ретранслятора, и нормируют 35 ее по отношению к мощности сигнала на выходе ретранслятора. Значение нормированной корреляционной функции, выраженной физической величиной (например, но не ограничиваясь, напряжением или током), или в численном выражении, используют как управляющий сигнал для управления коэффициентом усиления усилителя с управляемым коэффициентом усиления и ретранслятора в целом.

В многоканальных ретрансляторах с разделением каналов по частоте, в том числе 40 в дуплексных ретрансляторах этот управляющий сигнал используют также для изменения коэффициента усиления управляемых усилителей в других каналах.

При описанных действиях на входе коррелятора действует сумма ретранслируемого 45 сигнала и выходного сигнала, который проник через паразитный канал связи между приемной и передающей антеннами, причем в результате действия декоррелятора, коррелированными оказываются сигналы паразитного канала. Таким образом на выходе коррелятора формируется сигнал пропорциональный мощности сигналов с выхода ретранслятора и проникшего через паразитный канал. Сигнал с выхода коррелятора нормируют по отношению к мощности сигнала на выходе ретранслятора. 50 Полученный сигнал пропорционален коэффициенту передачи паразитного канала между антеннами, и используется для управления коэффициентом усиления ретранслятора с учетом требуемого защитного коэффициента от возбуждения.

Поскольку описанные процессы измерения, вычисления и управления являются

непрерывными, не требуют каких-либо переключений и изменений при ретрансляции сигнала, то предлагаемый способ не оказывает воздействия на процесс ретрансляции и соответственно на работу системы связи в целом.

Аналитически процесс обработки сигнала в ретрансляторе можно пояснить следующим образом.

В общем виде сигнал на входе ретранслятора можно описать выражением:

$$S_{\text{вх}}(t) = S_c(t) + D(t)S_{\text{вых}}(t), \quad (10)$$

где

$S_{\text{вх}}$  - сигнал на входе ретранслятора;

$S_c$  - ретранслируемый сигнал;

$S_{\text{вых}}$  - сигнал на выходе ретранслятора:

$$S_{\text{вых}}(t) = K_0 S_{\text{вх}}^-(t) = K_0 [S_c^-(t) + D(t)S_{\text{вых}}^-(t)], \quad (11)$$

где

- знак декорреляции сигнала по отношению к исходному сигналу. На выходе коррелятора с точностью до постоянной величины получим:

$$\begin{aligned} R\{S_{\text{вх}}, S_{\text{вых}}\} &= R\{[S_c(t) + D(t)S_{\text{вых}}(t)], [S_c^-(t) + D(t)S_{\text{вых}}^-(t)]\} = \\ &= R[S_c(t), S_c^-(t)] + R[S_c(t), D(t)S_{\text{вых}}^-(t)] + \\ &+ R[D(t)S_{\text{вых}}(t), S_c^-(t)] + R[D(t)S_{\text{вых}}(t), (t)S_{\text{вых}}^-(t)], \end{aligned} \quad (12)$$

$$R[S_c(t), S_c^-(t)] = 0, \quad (13)$$

$$\text{где } R[S_c(t), D(t)S_{\text{вых}}^-(t)] = 0, \quad (14)$$

$$R[D(t)S_{\text{вых}}(t), (t)S_{\text{вых}}^-(t)] = 0, \quad (15)$$

т.к. эти сигналы не коррелированы. Таким образом

$$R\{S_{\text{вх}}, S_{\text{вых}}\} = R[D(t)S_{\text{вых}}(t), S_c^-(t)]. \quad (16)$$

Или с учетом (11)

$$R\{S_{\text{вх}}, S_{\text{вых}}\} = D(t)K_0 R[S_c^-(t), S_c^-(t)] = D(t)P_{\text{вых}} \quad (17)$$

Нормируя (17) относительно измеренной выходной мощности ретранслятора получим сигнал пропорциональный коэффициенту передачи паразитного канала связи между антеннами:

$$D(t) = \frac{R\{S_{\text{вх}}, S_{\text{вых}}\}}{P_{\text{вых}}}. \quad (18)$$

С учетом защитного коэффициента сигнал управления усилением ретранслятора

$$U(t) = \frac{D(t)}{\gamma}. \quad (19)$$

Этой величиной, представленной физически в виде напряжения или тока, или в цифровом виде, осуществляют обратно пропорциональное управление коэффициентом усиления усилителя и соответственно ретранслятора в целом.

Здесь ретранслируемый сигнал представлен обобщенно, поэтому данный способ защиты ретранслятора от возбуждения может применяться ко всем типам радиосигналов, а также их совместным комбинациям, которые могут быть описаны

приведенными выражениями.

Устройство для осуществления данного способа содержит канал ретрансляции сигнала, состоящий из включенных последовательно приемной антенны (1), цепи ретрансляции (2) и передающей антенны (3). При этом цепь ретрансляции (2) содержит, как минимум, усилитель с управляемым коэффициентом усиления (4), первый вход (5) которого является входом цепи ретрансляции. По второму входу (6) управляют коэффициентом усиления усилителя (4). Также в составе цепи ретрансляции (2) имеется измеритель выходной мощности сигнала (7), подключенный своим входом к выходу цепи ретрансляции (2).

Устройство отличается тем, что в цепь ретрансляции (2) последовательно после усилителя с управляемым коэффициентом усиления (4) включен декоррелятор (8) (например, но не ограничиваясь, линия задержки или преобразователь частоты) выход которого является выходом цепи ретрансляции, также в устройство введен коррелятор (9), и функциональный делитель сигнала (10), имеющий входы делимого и делителя (11). Один вход коррелятора (9) подключен параллельно с первым входом (5) усилителя с управляемым коэффициентом усиления (4), а второй вход подключен к выходу декоррелятора (8). Выход коррелятора (9) подключен к входу делимого функционального делителя (10), а другой вход делителя (11) подключен к выходу измерителя выходной мощности (7). Выход функционального делителя (10) подключен ко входу управления (6) коэффициентом усиления усилителя (4). При этом характеристика изменения коэффициента усиления усилителя имеет обратно пропорциональную зависимость от уровня сигнала управления, т.е. при увеличении сигнала управления коэффициент усиления усилителя и ретранслятора в целом уменьшаются.

В многоканальных ретрансляторах с разделением каналов по частоте (фиг. 2), в том числе в дуплексных ретрансляторах, как минимум один из каналов содержит цепь ретрансляции (2). При этом управляющий сигнал (12) с выхода функционального делителя (10) используют также для изменения коэффициентов усиления управляемых усилителей (4) в других каналах ретрансляции.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показана структурная схема устройства защиты ретранслятора от возбуждения. На фиг. 2 показана структурная схема применения изобретения в многоканальном ретрансляторе, в том числе в дуплексном режиме. На фиг. 3 представлен пример схемы декоррелятора с переносом по частоте. На фиг. 4 показан пример схемы квадратурного коррелятора, а на фиг. 5 пример схемы упрощенного квадратурного коррелятора. На фиг. 6 представлен пример схемы реализации коррелятора на промежуточной частоте.

Осуществление изобретения

В соответствии с изобретением ретранслятор с защитой от возбуждения содержит (фиг. 1) канал ретрансляции сигнала, состоящий из включенных последовательно приемной антенны (1), цепи ретрансляции (2) и передающей антенны (3). При этом цепь ретрансляции (2) содержит, как минимум, последовательно соединенные усилитель с управляемым коэффициентом усиления (4), и декоррелятор (8) выход которого является выходом цепи ретрансляции (2). Также цепь ретрансляции (2) содержит коррелятор (9), функциональный делитель (10) и измеритель выходной мощности (7). Один вход коррелятора (9) соединен параллельно со входом усилителя с управляемым коэффициентом усиления (4), а другой вход подключен к выходу декоррелятора (8). Выход коррелятора (9) подключен ко входу делимого функционального делителя (10),

другой вход делителя (знаменателя) (11) функционального делителя (10) подключен к выходу измерителя выходной мощности (7). Выход функционального делителя (10) подключен ко входу (6) управления коэффициентом усиления усилителя (4). При этом характеристика изменения коэффициента усиления усилителя (4) имеет обратно пропорциональную зависимость от уровня сигнала управления (12), т.е. при увеличении сигнала управления (12) коэффициент усиления усилителя (4) и ретранслятора в целом уменьшаются. При этом между приемной (1) и передающей (3) антеннами присутствует паразитный канал связи (13).

Одним из вариантов реализации декоррелятора (8), сохраняющего амплитудно-фазовые характеристики модуляции и временную структуру ретранслируемого сигнала, является линия задержки на время, превышающее ширину функции корреляции ретранслируемого сигнала.

В общем виде ретранслируемый сигнал можно представить в виде:

$$S_c(t) = A_c(t) \cos[\omega t + \varphi(t) + \psi], \quad (20) \text{ где}$$

$S_c$  - ретранслируемый сигнал на входе ретранслятора;

$A_c$  - мгновенная амплитуда сигнала;

$\omega$  - несущая частота;

$\varphi$  - мгновенная фаза;

$\psi$  - случайная начальная фаза.

При прохождении такого сигнала через линию задержки с задержкой на время  $\tau$  получим

$$S_d(t) = A_c(t - \tau) \cos[\omega(t - \tau) + \varphi(t - \tau) + \psi(\tau)] = S_c(t - \tau), \quad (21)$$

где  $S_d$  - сигнал на выходе декоррелятора.

Таким образом, сигнал на выходе такого декоррелятора (8) будет полностью соответствовать входному сигналу задержанному на время  $\tau$ . При этом если время задержки превышает ширину корреляционной функции сигнала, то сигналы на входе и выходе декоррелятора (8) будут некоррелированными.

Другим вариантом реализации декоррелятора (8) может быть использование смещения ретранслируемого сигнала по частоте с помощью смесителя, например, в соответствии со схемой на фиг. 3. Такой декоррелятор (8) содержит смеситель (14), первый вход которого соответствует входу декоррелятора (8), на второй вход смесителя подается гармоническое колебание от генератора (15). Выход смесителя (14) подключен ко входу полосового фильтра (16), выход которого является выходом декоррелятора (8). В этом случае на выходе декоррелятора (8) сформируется сигнал:

$$S_d(t) = A_c(t) \cos[(\omega + \Delta\omega)t + \varphi(t) + \psi], \quad (22)$$

где

$\Delta\omega$  - частота смещения спектра ретранслируемого сигнала.

Если спектры сигналов на входе и выходе такого декоррелятора не перекрываются, то эти сигналы будут некоррелированными, при этом амплитудно-фазовые характеристики модуляции и временная структура ретранслируемого сигнала сохраняются.

Один из вариантов построения коррелятора (9) показан на фиг. 4. Коррелятор (9) построен по схеме квадратурного перемножителя сигналов и содержит: два перемножителя (16), первые входы которых объединены и являются первым входом коррелятора (9). К выходу каждого перемножителя (16) последовательно подключены

фильтры нижних частот (17) и квадраторы (18), сигналы с выходов квадраторов (18) суммируются в сумматоре (19). К выходу сумматора (19) подключен функциональный модуль извлечения квадратного корня (20), выход которого является выходом коррелятора (9). Второй вход коррелятора (9) подключен ко второму входу первого  
5 перемножителя (16), а также через фазовращатель на  $90^\circ$  (21) - ко второму входу второго перемножителя (16).

Сигнал на первом входе коррелятора (9) с учетом выражений (10), (11), (20) и (21) (здесь рассматривается вариант с задержкой) описывается выражением:

$$10 \quad S_{\text{вх}}(t) = A_c(t) \cos[\omega t + \varphi(t) + \psi] + \\ + D(t)A_c(t - \tau) \cos[\omega(t - \tau) + \varphi(t - \tau) + \theta], \quad (23)$$

где  $\theta$  - случайная фаза.

На второй вход коррелятора (9) поступает сигнал, соответствующий выражению (21). Можно показать, что после обработки этих сигналов в соответствии со схемой на  
15 фиг. 4, на выходе такого коррелятора с точностью до постоянного коэффициента будет действовать сигнал:

$$S_k(t) = D(t) \overline{A_c^2(t - \tau)} = D(t) P_{\text{вых}}, \quad (24)$$

20 где  $\overline{X}$  - усреднение по времени, которое осуществляется фильтрами нижних частот (17).

Таким образом, представленное техническое решение коррелятора (9) соответствует вычислению корреляции сигналов по выражению (17).

Другой вариант реализации коррелятора показан на фиг. 5. В отличие от  
25 предыдущего варианта на фиг. 4, здесь функциональные операции возведения сигнала в степень (18) заменены на вычисление модуля огибающей (22), например, с помощью амплитудного детектора, введен блок выделения максимального значения огибающих (23), а сумматор (19) дополнен третьим входом, при этом исключена операция извлечения квадратного корня. Т.к. амплитуды сигналов в квадратурных каналах пропорциональны  
30 корреляции входных сигналов, то на выходе такой схемы формируется сигнал пропорциональный коэффициенту корреляции входных сигналов, т.е.

$$S_k(t) \sim D(t) P_{\text{вых}}. \quad (25)$$

В ретрансляторах с усилением сигналов на промежуточной частоте коррелятор  
35 может быть построен по схеме, показанной на фиг. 6, которая содержит последовательно включенные смеситель (16), входы которого являются входами коррелятора, узкополосный полосовой фильтр (24) и детектор огибающей (22), выход которого является выходом коррелятора (9). На входы такого коррелятора подаются сигналы на несущих (промежуточных) частотах, смещенных относительно друг друга. Например,  
40 на один вход перемножителя (16) подаются сигнал (23), а на другой:

$$S_d(t) = A_c(t - \tau) \cos[\omega_2(t - \tau) + \varphi(t - \tau) + \psi(\tau)]. \quad (26)$$

После перемножения сигналов в перемножителе (16) и фильтрации полосовым фильтром (24), получим

$$45 \quad S_\Phi(t) = D(t) \overline{A_c^2(t - \tau)} \cos[\Delta\omega(t) + \theta]. \quad (27)$$

Усреднение огибающей осуществляет полосовой фильтр (23). После амплитудного детектора (22) получим:

$$S_k(t) = D(t) \overline{A_c^2(t - \tau)} = D(t) P_{\text{вых}}, \quad (28)$$

что соответствует вычислению корреляции сигналов по выражению (17). Таким образом, нормируя сигналы (24), или (25), или (28) (в зависимости от реализации устройства) в соответствии с (18) и (19) осуществляется регулировка усиления ретранслятора и тем самым обеспечивается его защита от возбуждения.

(57) Формула изобретения

1. Способ защиты ретранслятора от возбуждения, включающий прием ретранслируемых сигналов на приемную антенну, их усиление в усилителе с электронной регулировкой коэффициента усиления, передачу ретранслируемых сигналов через передающую антенну и измерение мощности сигнала на выходе ретранслятора, отличающийся тем, что для его защиты от возбуждения непрерывно измеряют коэффициент изоляции приемной и передающей антенн и управляют коэффициентом усиления усилителя таким образом, чтобы отношение коэффициентов усиления ретранслятора и коэффициента изоляции антенн всегда было меньше единицы в заданное число раз, при этом для измерения изоляции антенн перед подачей ретранслируемого сигнала на передающую антенну проводят его декорреляцию с сохранением амплитудно-фазовых характеристик модуляции и временной структуры ретранслируемого сигнала и определяют значение корреляции между сигналами на входе и выходе ретранслятора, которое нормируют по отношению к измеренной мощности сигнала на выходе ретранслятора, полученный результат обратно пропорционален коэффициенту изоляции антенн, и его используют как сигнал управления для автоматического изменения коэффициента усиления усилителя.

2. Способ защиты многоканального ретранслятора от возбуждения, содержащего более одного канала ретрансляции, в том числе работающих в дуплексном режиме, при этом каждый канал ретрансляции содержит регулируемый усилитель с электронной регулировкой коэффициента усиления, отличающийся тем, что как минимум один из каналов ретрансляции осуществляет способ защиты от возбуждения по п. 1, а защиту от возбуждения остальных каналов осуществляют путем управления коэффициентом усиления регулируемых усилителей этих каналов сигналом управления, полученным из канала, осуществляющего способ по п. 1.

3. Устройство защиты ретранслятора от возбуждения, осуществляющее способ по п. 1, содержит включенные последовательно приемную антенну, цепь ретрансляции и передающую антенну, при этом цепь ретрансляции содержит усилитель с управляемым коэффициентом усиления, первый вход которого является входом цепи ретрансляции, второй вход является входом управления коэффициентом усиления усилителя, также в составе цепи ретрансляции имеется измеритель выходной мощности сигнала, подключенный своим входом к выходу цепи ретрансляции, отличающееся тем, что в цепь ретрансляции последовательно после усилителя с управляемым коэффициентом усиления включен декоррелятор, выход которого является выходом цепи ретрансляции, также в устройство введены коррелятор и функциональный делитель, имеющий вход делимого и вход делителя, при этом один вход коррелятора подключен параллельно с первым входом усилителя с управляемым коэффициентом усиления, а второй вход подключен к выходу декоррелятора, выход коррелятора подключен к входу делимого функционального делителя, вход делителя которого подключен к выходу измерителя выходной мощности, выход функционального делителя подключен ко второму входу усилителя с управляемым коэффициентом усиления, при этом характеристика изменения

коэффициента усиления усилителя имеет обратно пропорциональную зависимость от уровня управляющего сигнала, поступающего с выхода функционального делителя, т.е. при увеличении этого сигнала коэффициент усиления усилителя и ретранслятора в целом уменьшается.

- 5 4. Устройство защиты многоканального ретранслятора от возбуждения, осуществляющее способ по п. 2, содержит более одного канала ретрансляции, в том числе работающих в дуплексном режиме, при этом каждый канал ретрансляции содержит регулируемый усилитель с электронной регулировкой коэффициента усиления, отличающееся тем, что как минимум один из каналов ретрансляции содержит цепь
- 10 ретрансляции по п. 3, при этом выход функционального делителя этой цепи ретранслятора подключен ко вторым входам усилителей с управляемым коэффициентом усиления остальных каналов ретрансляции.

15

20

25

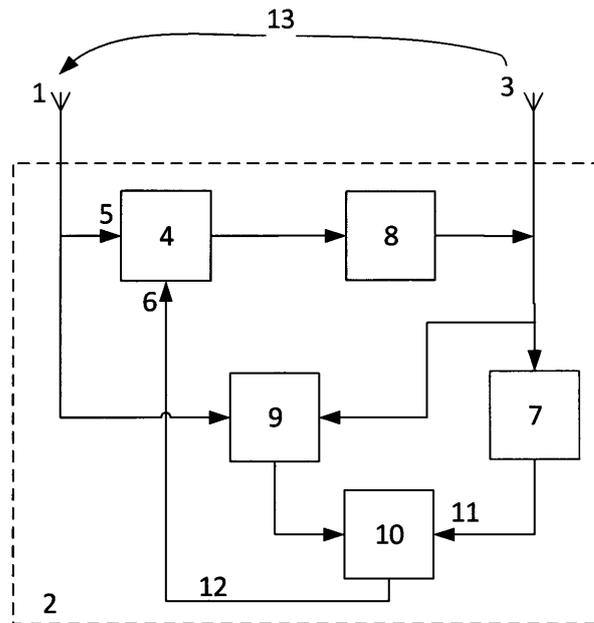
30

35

40

45

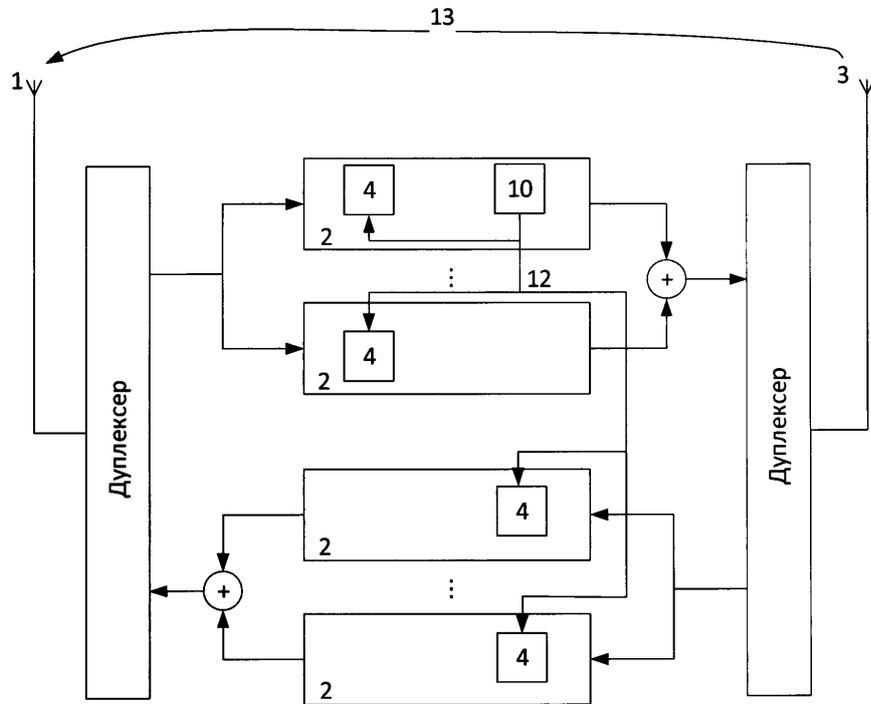
1



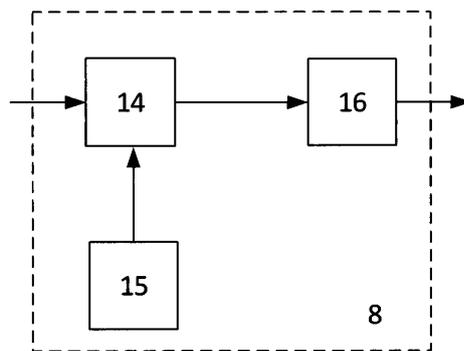
- 1 – приемная антенна
- 2 – цепь ретрансляции
- 3 – передающая антенна
- 4 – усилитель с управляемым коэффициентом усиления
- 5 – первый вход усилителя
- 6 – вход управления усилением
- 7 – измеритель мощности
- 8 – декоррелятор
- 9 – коррелятор
- 10 – функциональный делитель
- 11 – вход делителя (знаменателя)
- 12 – сигнал управления коэффициентом усиления усилителя
- 13 – паразитный канал связи между антеннами

Фиг.1

2

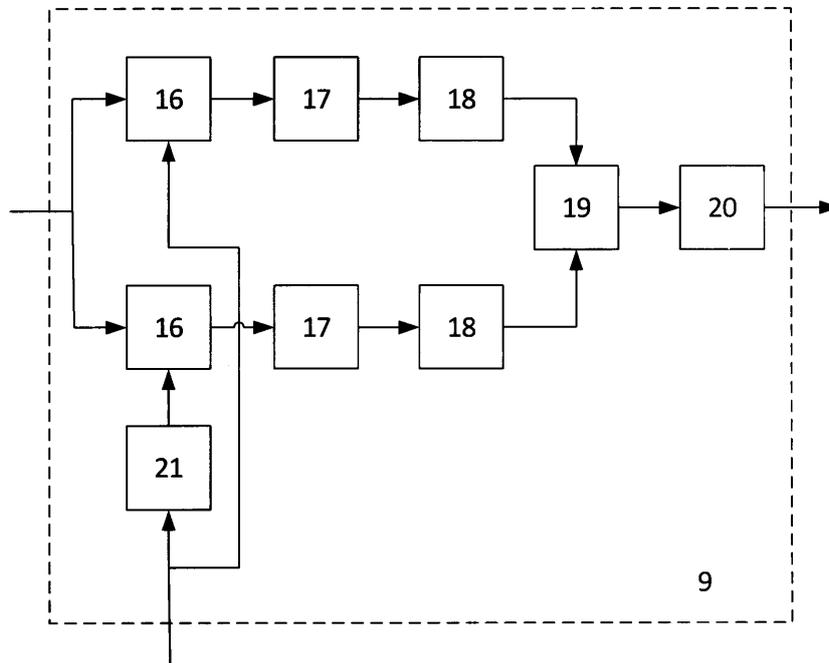


Фиг. 2



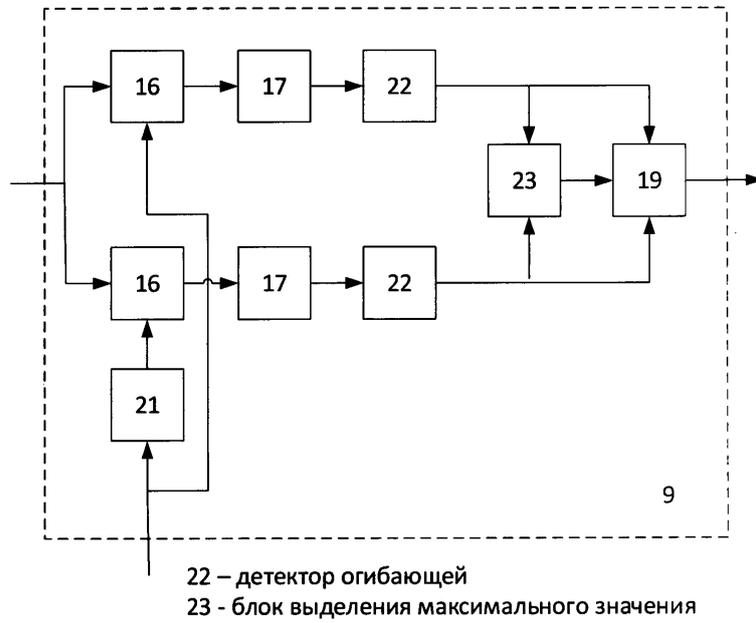
- 14 – смеситель
- 15 – генератор
- 16 - полосовой фильтр

Фиг. 3

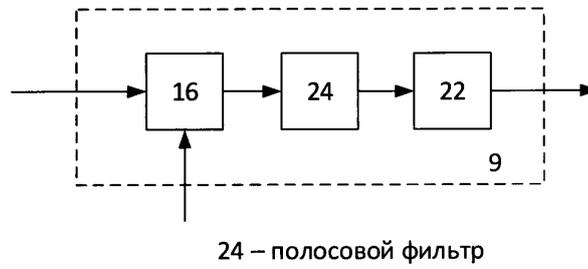


- 16 – перемножитель
- 17 – фильтр нижних частот
- 18 – квадратор
- 19 – сумматор
- 20 – функциональный модуль
- 21 – фазовращатель

Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6