

МЕТОД ФИЛЬТРАЦИИ ЦИФРОВЫХ РАДИОКАНАЛОВ С ЧАСТОТНОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ ОТ ИМИТОПОМЕХ

Орошук И.М.

Тихоокеанский военно-морской институт
690034, Владивосток, ул. Громова, д.10, кв.7,
тлф.- (4232)237-573, E-mail: Oroshchuk@yandex.ru

Аннотация. В работе представлен метод фильтрации цифровых радиоканалов с частотной манипуляцией от имитопомех, действующих в момент сеанса связи. Метод основан на сканировании и выделении пораженных моментов сигнала, после чего методом логических операций осуществляется фильтрация (очистка) пораженного сигнала. Предложенный метод позволяет обеспечивать защиту цифровых каналов различного назначения от несанкционированных вторжений, а также может быть использован для фильтрации сигналов пораженных мощными селективными, непреднамеренными помехами.

Тенденции развития современных систем радиосвязи, основанные на автоматизации процедур обработки сигналов и сообщений, способствуют повышению устойчивости их работы. Автоматизация обработки сигналов и самих сообщений построена на принципах адаптации к естественным дестабилизирующим факторам среды распространения радиоволн и к особенностям эксплуатации сети. Защита таких радиосетей, чаще всего, ограничена использованием методов идентификации, аутентификации и криптозащиты информации. В узлах обработки сигнала в высокочастотном (ВЧ) и низкочастотном (НЧ) трактах существенных мер защиты от несанкционированных воздействий не применяется. В результате, такие радиоканалы становятся все уязвимее новому виду несанкционированных воздействий, основанному на применении имитационных помех, под влиянием которых нарушается функционирование узлов детектирования сигналов, избыточного декодирования, синхронизации, регулировки уровня, частоты, маршрутизации сообщений и других процедур, предусмотренных протоколом радиосети. Действие имитационных помех такого типа [1] основано на применении близких по структуре с используемыми в автоматизированных системах радиосвязи (АСР) сигналами, и отличающихся лишь в пределах параметров естественных дестабилизирующих факторов, но имеющих отличную от них тенденцию изменений, в результате чего такие помехи обладают еще максимальной скрытностью воздействия. Таким образом, в современных условиях развития сетей радиосвязи возникает серьезная проблема их защиты от нового вида воздействий. Кроме того, в силу широкого внедрения АСР во все сферы деятельности, данная проблема приобретает глобальный характер.

Для решения такого рода проблем проведено ряд исследований, в результате которых разработан метод защиты АСР от имитопомех, действующих в процессе сеанса связи. Исследования показали, что при использовании частотной манипуляции проявляются наиболее устойчивые признаки имитопомех радиоканала [2-4]. Данные признаки наблюдаются в ВЧ тракте радиоканала при различии полезного сигнала и имитопомехи по частоте. В этот момент имитопомеха наносит наибольший информационный ущерб АСР – в этом случае идет навязывание противоположного информационного сигнала (происходит трансформация знака). В случае совпадения частот, имитопомеха не изменяет сигнал полезного сообщения. Исследования показали, что в момент различия частот полезного сигнала и имитопомехи $f_S \neq f_N$ в ВЧ тракте приема происходят биения амплитуды, а также девиация фазы и частоты (рис. 1). В случае равенства частот $f_S = f_N$ амплитуда сигнала постоянна и может измениться лишь по уровню в зависимости от фазового сдвига между сигналом и имитопомехой [2-4].

Анализ показал, что наиболее устойчивым признаком наличия в канале имитопомехи является биение уровня сигнала, амплитуда которого зависит только от уровня полезного сигнала. Глубина девиации частоты и фазы зависит от соотношения уровней имитопомехи к сигналу, и при значительном ее увеличении данный признак может быть замаскирован флуктуационными помехами, в результате чего использование этих признаков для обнаружения имитопомех нецелесообразно.

Учитывая особенности признаков имитоподачи, предлагаемый метод основан на выделении моментов различия частот сигнала и имитоподачи по биениям амплитуды (см. рис. 1), на интервале которых формируются импульсы (рис. 2). При сложении по *mod 2* сформированных импульсов U_b с информационной последовательностью пораженной имитоподачей U_{S+I} выполняется фильтрация (очистка) сигнала U_ϕ .

Конструктивно реализация данного метода основана на выполнении операций выделения

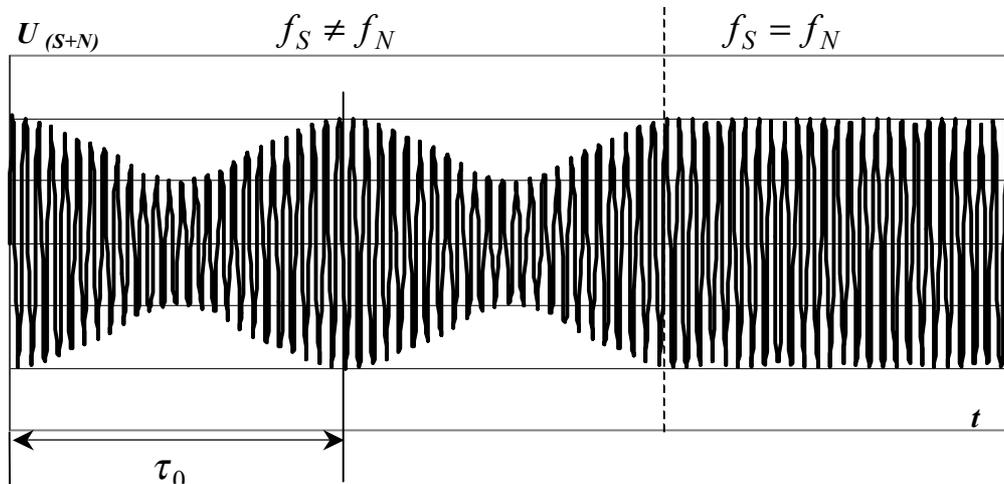


Рис. 1. Изменения сигнала в высокочастотном тракте приема в процессе имитоподачи

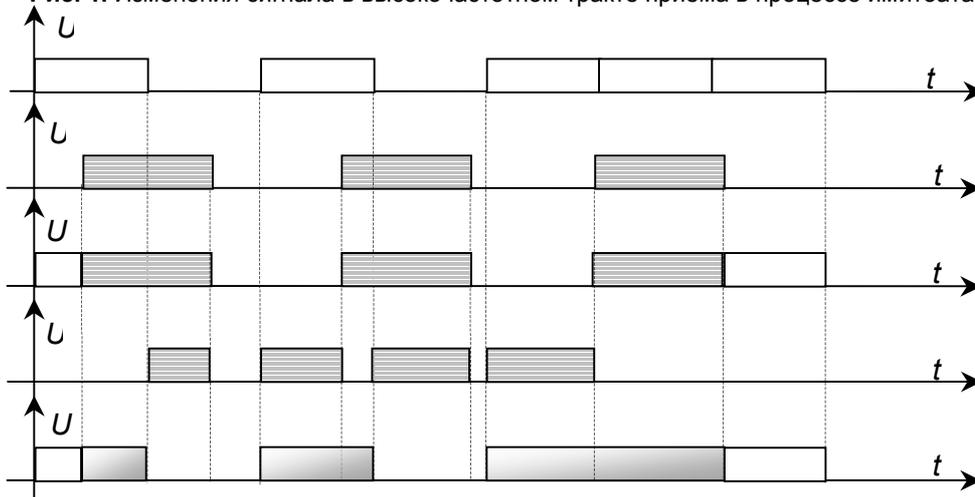


Рис. 2. Пояснение принципа информационной фильтрации (очистки) сигнала

моментов биений с помощью амплитудного детектора, фильтрации продетектированного сигнала, формирования импульсов, фиксирующих моменты биения сигнала, и непосредственно операции фильтрации (очистки) пораженной информационной последовательности от имитоподач (рис. 3). В связи со случайностью фазовых характеристик имитоподачи, для выделения амплитудных биений использован способ некогерентного приема. После амплитудного детектора устанавливается полосовой фильтр частотной селекции, служащий для выделения сигнала биений. Верхняя граничная частота фильтра ограничена установленным в канале частотным сдвигом Δf , а нижняя – определяется разрешающей способностью последующих блоков цепи и уровнем флуктуационных помех. Основная цель ограничения полосы частот снизу – выделение моментов биений за счет не пропускания постоянной составляющей продетектированного сигнала (рис. 4), возникающей в момент совпадения частот сигнала и имитоподачи (см. рис. 1).

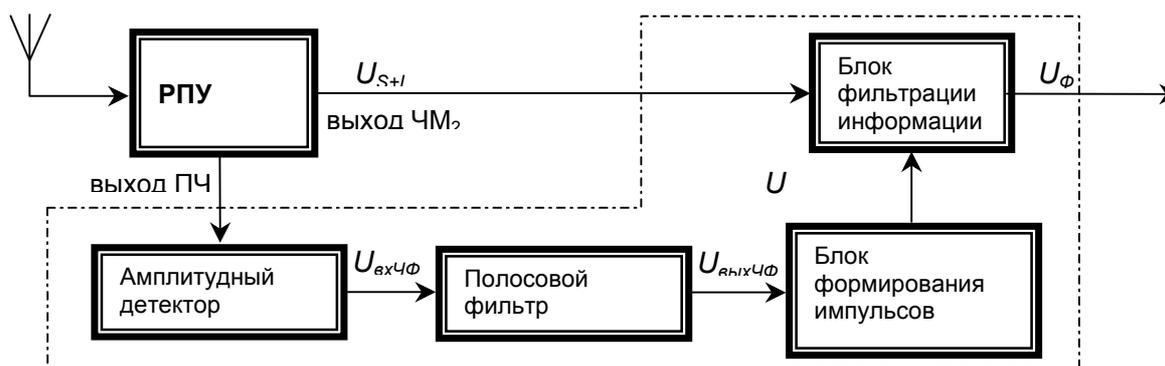


Рис. 3. Функциональная схема устройства фильтрации имитопомех

После частотной селекции сигнал биений поступает на блок формирования импульсов, длительность которых должна быть равна длительности зафиксированных биений. При этом возникают дополнительные технологические сложности их обработки, связанные с малым числом периодов биения укладываемых на протяжении длительности проявляющегося признака (см. рис. 1). Число периодов биений определяется, прежде всего, соотношением $(\Delta f/B)$ частотного сдвига Δf к скорости манипуляции B , а также точностью синхронизации имитопомехи с сигналом по НЧ, исходя из чего способ выделения признаков имеет ограниченную разрешающую способность.

Сформированные импульсы биений и пораженная информационная последовательность поступают на блок фильтрации информации, где после сложения этих сигналов по $\text{mod } 2$ восстанавливается полезный сигнал.

Таким образом, рассмотренный метод позволяет восстанавливать пораженный имитопомехой сигнал, погрешность восстановления которого определяется, прежде всего, отношением уровней полезного сигнала к флуктуационной помехе, установленным соотношением частотного сдвига к скорости манипуляции в канале связи $\Delta f/B$, а также точностью синхронизации имитопомехи с сигналом по НЧ.

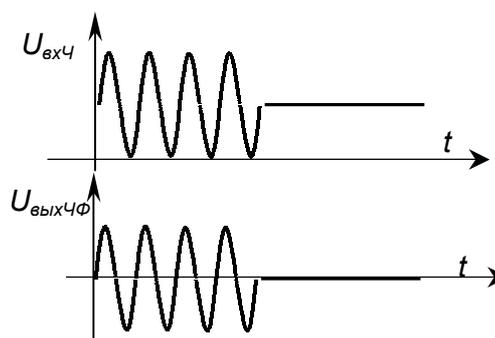


Рис. 4. Пояснение процесса частотной селекции в полосовом фильтре

Литература:

1. Орошук И.М. Оценка влияния десинхронизирующих имитопомех на цифровые автоматизированные системы радиосвязи. // Третья международная конференция. «Цифровая обработка сигналов и их применение» Российское НТОРЭС им. А.С. Попова, Москва, 2000, Докл. – 1. – С. 219-224.
2. Oroschuk I. The statistical detection method of unauthorized intrusions in the rayleigh fading channel // 1st IEEE International Conference on Circuits and Systems for Communications. Proceedings. St. Petersburg, – 2002. – pp. 424-427. (на английском)
3. Орошук И.М. Метод обнаружения и фильтрации имитационных помех в рэлеевских каналах с замираниями // Безопасность информационных технологий: Москва, МИФИ. – № 3. – 2002. – 10 с.
4. Орошук И.М., Аксенов В.П. Технологические особенности применения десинхронизирующих имитопомех в автоматизированных системах связи // Международная конференция по телекоммуникациям (IEEE/ICC2001/ St. Petersburg), Санкт-Петербург, 2001. – 4 с.

THE FILTERING METHOD OF THE DIGITAL RADIO CHANNELS BY THE FREQUENCY SHIFT KEYING FROM THE IMITOHINDRENCES

Oroshchuk I.

Pacific Naval Institute
10-7 Gromova street, Vladivostok, 690034, RUSSIA,
phone (4232) 237-573, E-mail: Oroshchuk@yandex.ru

Abstract. The filtering method of the digital radio channels with the frequency shift keying from imitohindrances at the moment of the session attack is represented in the report. The method is based on scanning and extraction of the signal staggered moments. After that the staggered signal is filtering (cleaning up) by the method of logic operations. The offered method allows to ensure protection of the different designation digital channels against unauthorized intrusions, and also can be used for the filtering of signals by staggered power selective hindrances.

The tendencies of the modern radio communication systems development based on automation of the signal processing procedures and messages, promote boosting of their noise stability. The automation of signal processing and messages is constructed on principles of the fitting to the natural destabilizing factors of the radio propagation environment and to features of the network operations. The protection of such radio networks, more often, restricted to usage of the identification, authentication and information security classification methods. In blocks of the signal processing in high-frequency (HF) and low-frequency (LF) paths of essential methods of protection from unauthorized effects is not applied. In result, such radio channels become more vulnerable to the new aspect of unauthorized effects based on application of imitative hindrances, under which influence blocks of the signals detection, decoding action, synchronization, level adjustment, frequency, the messages routings and other procedures established by the network protocol, disturb performance. The action of imitohindrances of such type [1] is based on application close on structure with used in automated radio communication systems (ARCS) by signals, and parameters, distinguished only in limits, of the natural destabilizing factors, but having other tendency, therefore such interferences have some more maximum stealthiness of effect. Thus, in modern conditions of development of the radio communication networks there is the serious problem of their protection from the new aspect of effects. Besides, by virtue of wide implantation ARCS in all spheres of activity the given problem acquires global character.

For such decision of problems the series of probings is carried out, as the result of which is developed the method of protection ARCS from imitohindrances influencing during the session. The probings have shown, that at usage of the frequency shift keying appear the steadiest indication of the radio channel imitoattack [2-4]. This indication are watched in the radio channel path HF when the useful signal and imitohindrances frequencies are various (fig. 1). In this moment the imitohindrance realizes the greatest information injury for ARCS - there is imposing the opposite information signal (signal transformation).

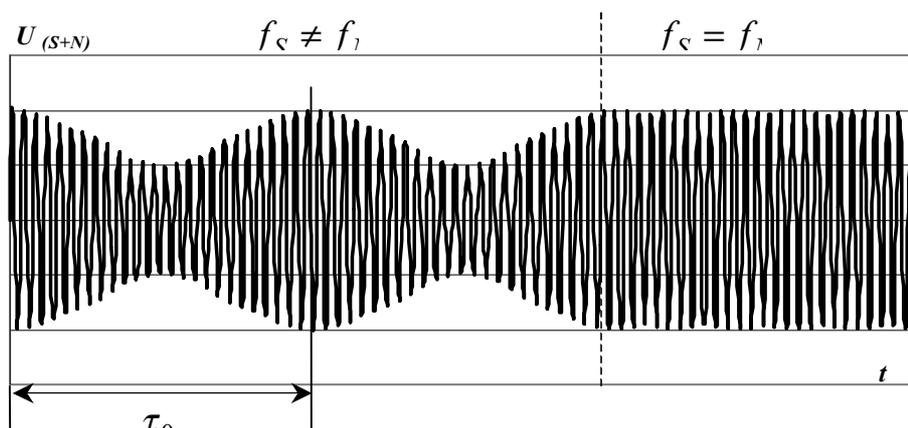


Fig. 1. Variations of the signal in the high-frequency receive path during imitoattack

At the moment of the frequencies coincidence, the **imitohindrance** does not change the signal of the useful message. The probings have shown, that in the moment when frequencies of the useful signal and the imitohindrance are various ($f_S \neq f_N$) occur the beat of the amplitude, and also phase deviation and frequencies in the receive path HF. In case of the frequencies equality ($f_S = f_N$) the signal amplitude is fixed and the level can vary only depending on phase shift between the signal and imitohindrance [2-4].

The analysis has shown, that the steadiest indication of presence in the channel of imitohindrance is the signal beat, which amplitude depends only on the useful signal level. The depth of the frequency deviation and phase depends on the ratio of the imitohindrance and signal levels, and at its significant magnifying such indication can be disguised by the fluctuation noise, therefore usage of such indication for

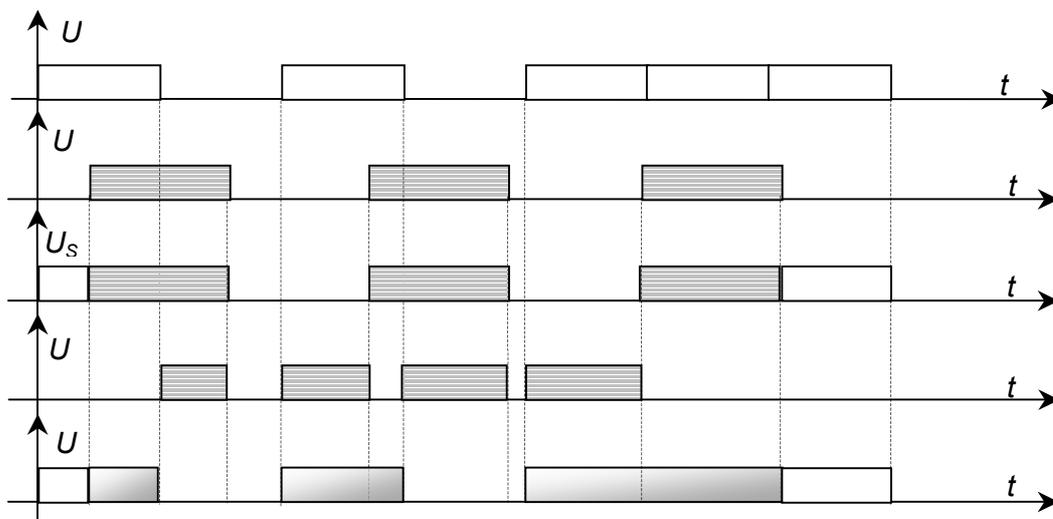


Fig. 2. The explain of the signal filtering principle (cleaning up) from hindrances

detection of imitohindrances is inexpedient. Taking into account features of imitoattack indication, the offered method is based on extraction of the moments of the signal and imitohindrance distinction frequencies of on beat amplitude, on which interval the pulses are formed (fig. 2). In result, at addition on $mod\ 2$ generated pulses U_b with the information sequence by staggered interference U_{s+i} are executed the signal filtering (cleaning up) U_f .

References:

1. Oroshchuk I.M. Assessment of influencing of the destabilizing imitohindrances on the digital automated radio communication systems // 3rd International Conference «Digital signal processing and its applications» Moscow, Russia. Proceed. – 1. – 2000. – pp. 219-224. (in English and Russian)
2. Oroshchuk I. The statistical detection method of unauthorized intrusions in the rayleigh fading channel // 1st IEEE International Conference on Circuits and Systems for Communications. Proceedings. St. Petersburg, – 2002. – pp. 424-427. (in English)
3. Oroshchuk I.M. The method of detection and filtering of imitative hindrances in rayleigh fading channels // The information technologies security: Moscow, MIFI. - № 3. - 2002. - 10 pp. (in Russian)
4. Oroshchuk I.M., Aksenov V.P. Technological features of the destabilizing imitohindrances application in automated communication systems // International Conference on Communications IEEE/ICC2001/ St.Petersburg. – 4 pp. (in Russian)