

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОМЕХ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ПО ВХОДУ СТВОЛА РЕТРАНСЛЯТОРА

**А. В. Брыдченко* , В. А. Гриднев,
Д. А. Груздев, М. А. Мирошник**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: baw1979@mail.ru

Аннотация

Военные сети спутниковой связи функционируют в условиях воздействия комплексов радиоподавления противника. Для подавления сети необходимо поставить преднамеренную помеху либо по входу ствола ретранслятора связи, либо по входу станций спутниковой связи, работающих в этой сети. Учитывая особенности построения сети спутниковой связи, наиболее вероятным представляется воздействие комплекса радиоэлектронного подавления по входу ствола ретранслятора. В статье приведена методика определения параметров помех, воздействующих по входу ствола ретранслятора.

Ключевые слова

Земная станция спутниковой связи, радиоразведка, радиоэлектронное подавление.

Информация о статье

УДК 654.026

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 02.03.2019, принята к печати 30.12.19.

Ссылка для цитирования: Брыдченко А. В., Гриднев В. А., Груздев Д. А., Мирошник М. А. Методика определения параметров помех, воздействующих по входу ствола ретранслятора // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Том 7. № 4. С. 1–8. DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-4-1-8.

METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF INTERFERENCE AFFECTING THE INPUT OF THE REPEATER TRUNK

A. Brydchenko*, V. Gridnev, D. Gruzdev, M. Miroshnik

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: baw1979@mail.ru

Abstract—Military satellite communication networks operate under the influence of enemy radio suppression systems. To suppress the network, it is necessary to put a deliberate interference either at the entrance of the trunk of the communication repeater, or at the entrance of satellite communication stations operating in this network. Taking into account the peculiarities of building a satellite communication network, the most likely effect is the radio-electronic suppression complex at the entrance of the repeater trunk. The article presents a method for determining the parameters of interference affecting the input of the repeater trunk.

Keywords—Earth station for satellite communications, radio intelligence, electronic suppression.

Article info

Article in Russian.

Received 02.03.2019, accepted 30.12.19.

For citation: Brydchenko A., Gridnev V., Gruzdev D., Miroshnik M.: Method for Determining the Parameters of Interference Affecting the Input of the Repeater Trunk // Telecom IT. 2019. Vol. 7. Iss. 4. pp. 1–8 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-4-1-8.

В настоящее время системы спутниковой связи имеют важное значение для устойчивого управления силовыми и государственными структурами РФ, что обусловлено следующими факторами:

- высокой оперативностью развертывания устойчивых направлений связи;
- возможностью размещения станций спутниковой связи непосредственно на мобильных пунктах управления и объектах ВС РФ;
- возможностью создания высококачественных линий связи большой протяженности между регионами, не имеющими общих границ, а также через территории, не контролируемые ВС РФ, другими войсками и войсковыми формированиями, включая моря и океаны.

Одной из основных особенностей функционирования военной системы спутниковой связи (ВССС) является воздействие средств радиоразведки (РР) радиоэлектронного подавления (РЭП) противника на линии спутниковой связи (ЛСС).

Воздействие противника на ЛСС может осуществляться в двух направлениях:

- на участке земная станция (ЗС) – ретранслятор связи (РС);
- на участке РС – ЗС.

Наиболее вероятно воздействие комплекса РР и РЭП по входу ствола ретранслятора, так как воздействие по входу ЗС вызывает ряд существенных трудностей:

- сложность постановки помехи, попадающей в диаграмму направленности ЗС, вызванная узкой ее характеристикой;
- подавление одной ЗС не вызовет подавление сети в целом.

Таким образом, необходимо разработать методику определения параметров помех, воздействующих по входу ствола ретранслятора, для исключения или компенсации ее воздействия.

В статье предлагается методика определения параметров помех, состоящая из следующих этапов:

1. Определение соотношения полос частот сигнала Δf_c и помехи Δf_{Π} ;
2. Определение совпадения полос частот сигнала и помехи;
3. Определение интенсивности помехи \tilde{P}_{Π} ;
4. Определение степени подавления сигнала помехой h^2 .

Рассмотрим подробнее каждый из этапов.

1 Определение соотношения частотных полос помехи и информационного сигнала

По соотношению ширины частотных полос помехи Δf_{Π} и информационного сигнала Δf_c различают:

- заградительные (широкополосные) помехи;
- прицельные (узкополосные) помехи.

Заградительные (широкополосные) помехи [1] имеют ширину частотной полосы, превышающую удвоенную частотную полосу сигнала ($\Delta f_{\Pi} > 2\Delta f_c$). Это позволяет подавлять одновременно несколько радиоэлектронных средств (РЭС) без точного наведения передатчика помех по частоте.

Прицельные (узкополосные) помехи [1] имеют ширину частотной полосы, равную или превышающую до двух раз ширину частотной полосы сигнала, подавляемого РЭС ($\Delta f_{\Pi} < 2\Delta f_c$). Эффективность их воздействия зависит от точности совмещения частотных полос помехи и сигнала.

2 Определение совпадения частотных полос сигнала и помехи

По совпадению частотных полос сигнала и помехи выделяются три класса помех:

- несовпадающие с сигналом;
- частично совпадающие с сигналом;
- совпадающие с сигналом.

Полосы частот сигнала и несовпадающих с ним помех не пересекаются ($\Delta f_{\Pi} \cap \Delta f_c = \emptyset$), а именно:

- нижняя частота спектра сигнала f_{HC} больше верхней частоты спектра помехи $f_{\text{ВП}}$ ($f_{\text{HC}} > f_{\text{ВП}}$), если помеха расположена на частотной оси ниже сигнала (рис. 1);
- $f_{\text{BC}} (f_{\text{HP}} > f_{\text{BC}})$, если помеха расположена на частотной оси выше сигнала.

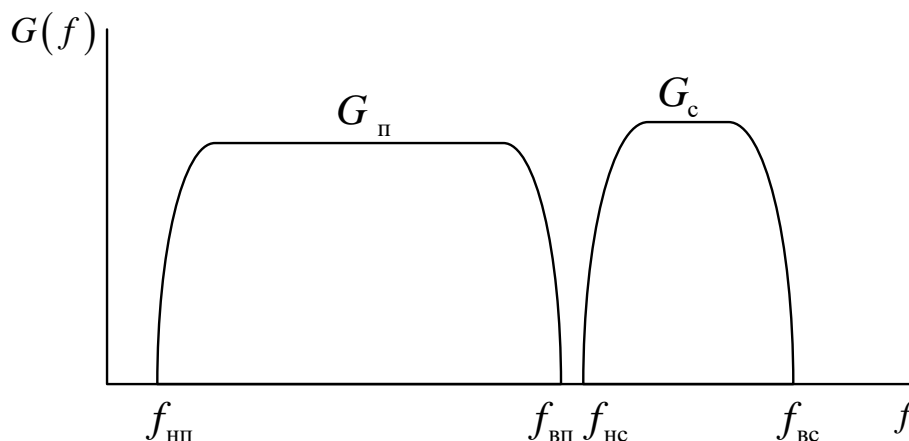


Рис. 1. Спектры сигнала и несовпадающей с сигналом помехи нижняя частота спектра помехи $f_{\text{нп}}$ больше верхней частоты спектра сигнала

Полоса частот помехи, частично совпадающей с сигналом, будет перекрывать часть полосы частот сигнала ($\Delta f_{\text{п}} \cap \Delta f_{\text{с}} \neq \emptyset$), а именно:

- $f_{\text{вс}} > f_{\text{вп}} > f_{\text{нс}} > f_{\text{нп}}$, если полосы частот сигнала и помехи пересекаются в нижней области частот сигнала;
- $f_{\text{вп}} > f_{\text{вс}} > f_{\text{нп}} > f_{\text{нс}}$, если полосы частот сигнала и помехи пересекаются в верхней области частот сигнала.

Под помехами, совпадающими с сигналом, понимаются помехи, полосы частот которых полностью попадают в полосу частот сигнала или полностью перекрывают ее ($\Delta f_{\text{п}} \cap \Delta f_{\text{с}} = \Delta f_{\text{п}}$ или $\Delta f_{\text{п}} \cap \Delta f_{\text{с}} = \Delta f_{\text{с}}$), а именно:

- $(f_{\text{нс}} > f_{\text{нп}}) \& (f_{\text{вп}} > f_{\text{вс}})$, если полоса частот помехи перекрывает полосу частот сигнала;
- $(f_{\text{нп}} \geq f_{\text{нс}}) \& (f_{\text{вп}} \leq f_{\text{вс}})$, если полоса частот помехи полностью попадает в полосу частот сигнала.

3 Определение интенсивности помехи

По интенсивности различают три класса помех [1]: сильные, средние, слабые.

Очевидно, что критерий классификации помехи по ее интенсивности должен отражать отношение мощностей сигнала и помехи с учетом избирательности приемника.

Можно дать следующее определение: «Класс помехи по интенсивности отражает степень ухудшения качества канала связи в случае, если помеха совпадет с сигналом по частоте наихудшим образом, а именно, если в полосу частот сигнала попадет максимальная мощность помехи».

Предположим, что приемник выделяет только полосу частот, занимаемую сигналом $\Delta f_{\text{с}}$. Тогда мощность помехи, определяющая ее классификацию по интенсивности, вычисляется через спектральную плотность мощности помехи $G_{\text{п}}$ [2]:

$$\tilde{P}_{\Pi} = \max_{f_1, f_2} \int_{f_1}^{f_2} G_{\Pi}(f) df, \text{ где } f_2 - f_1 = \Delta f_c. \quad (1)$$

Иллюстрация выражения (1) представлена на рис. 2. Таким образом, классификация по интенсивности отражает потенциальное свойство помехи подавлять информационный сигнал.

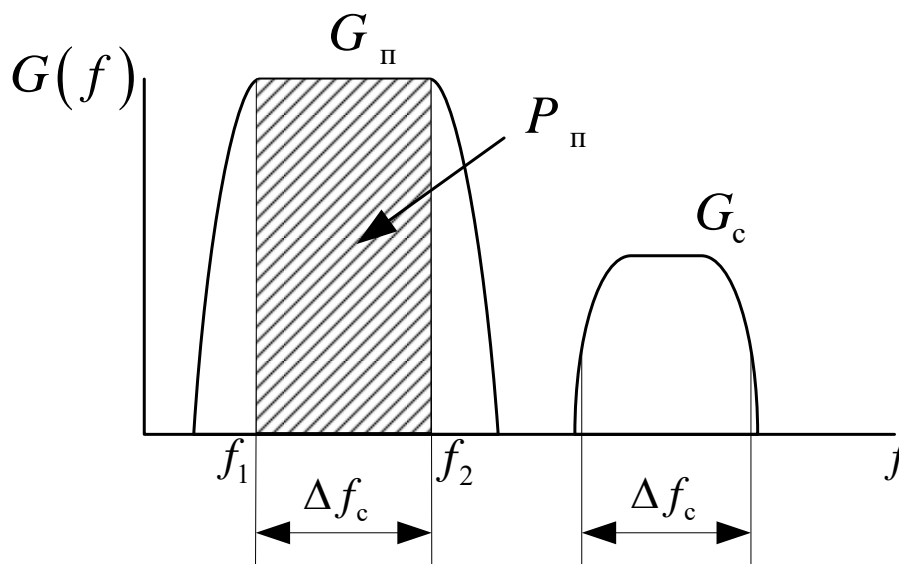


Рис. 2. Иллюстрация к вычислению классификационной мощности помехи

Мощность сигнала определяется выражением:

$$P_c = \int_{f_{nc}}^{f_{bc}} G_c(f) df.$$

Исходя из приведенного определения, для классификации помехи по интенсивности необходимо:

- а) задать шкалу для оценки вероятности битовой ошибки $p_{\text{ош}}$ в канале;
- б) зная вид модуляции сигнала и шкалу для оценки $p_{\text{ош}}$, определить шкалу для оценки отношения сигнал-шум на входе демодулятора h^2 ;
- в) зная шкалу h^2 и мощность сигнала P_c , определить шкалу для оценки помехи по интенсивности.

В качестве примера рассмотрим классификацию помехи по интенсивности для сети спутниковой связи ТЗУ.

Исходя из требований к качеству канала связи, задается шкала для оценки вероятности битовой ошибки $p_{\text{ош}}$:

«отлично», если $p_{\text{ош}} \leq 10^{-5}$;

«удовлетворительно», если $10^{-5} < p_{\text{ош}} \leq 10^{-3}$;

«неудовлетворительно», если $p_{\text{ош}} > 10^{-3}$.

В сети ТЗУ на участке ЗС – РС используется сигнал ОФМ. Поэтому, зная шкалу для $p_{\text{ош}}$ и воспользовавшись графиком рис. 3 [2], определим шкалу для h^2 . На рис. 3 показана расчетная зависимость $p_{\text{ош}}(h_0)$ для сигнала ОФМ, где $h_0 = 10 \lg h^2$. Определив по графику h_0 , вычислим соответствующие значения $h^2 = 10^{0,1h_0}$:

«отлично», если $h^2 \geq h_{\text{отл}}^2$, где $h_{\text{отл}}^2 = 7,9$;

«удовлетворительно», если $h_{\text{уд}}^2 \leq h^2 < h_{\text{отл}}^2$, где $h_{\text{уд}}^2 = 4,0$;

«неудовлетворительно», если $h^2 < h_{\text{уд}}^2$.

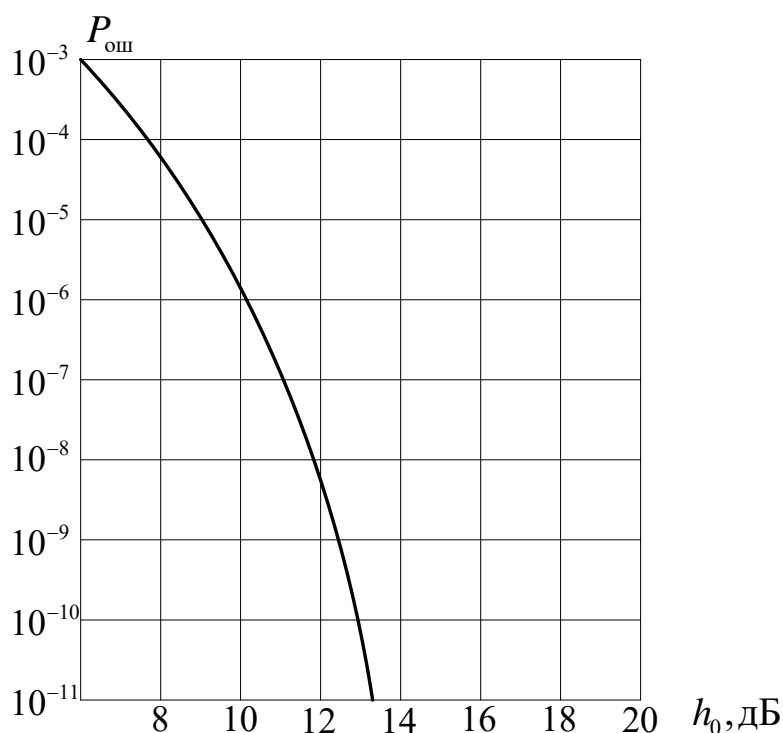


Рис. 3. График для определения вероятности ошибки по известному отношению сигнал-шум для ОФМ

Зная шкалу для h^2 , определим шкалу для оценки помехи по интенсивности:

«сильная помеха», если $\tilde{P}_{\text{п}} > P_{\text{с}} / h_{\text{уд}}^2$, где $h_{\text{уд}}^2 = 4,0$;

«средняя помеха», если $P_{\text{с}} / h_{\text{отл}}^2 < \tilde{P}_{\text{п}} \leq P_{\text{с}} / h_{\text{уд}}^2$, где $h_{\text{отл}}^2 = 7,9$;

«слабая помеха», если $\tilde{P}_{\text{п}} \leq P_{\text{с}} / h_{\text{отл}}^2$.

4 Определение степени подавления сигнала помехой

По степени подавления сигнала помехи целесообразно разделить на три класса: подавляющие, частично подавляющие, неподдавляющие.

Рассмотрим подавления сигнала помехой в пространстве «частота – мощность». Как и ранее, предположим, что приемник выделяет только полосу частот,

занимаемую сигналом Δf_c . Увяжем классификацию помехи с величиной h^2 , которая в данном случае (рис. 4) определяется как:

$$h^2 = \int_{f_{\text{НС}}}^{f_{\text{ВС}}} G_c(f) df / \int_{f_{\text{НС}}}^{f_{\text{ВС}}} G_{\text{П}}(f) df. \quad (2)$$

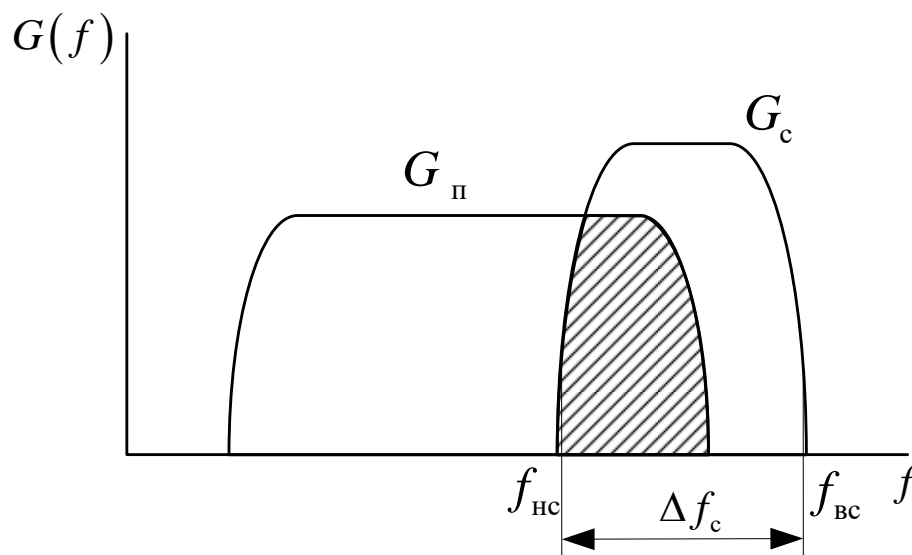


Рис. 4. Иллюстрация к вычислению h^2

Знаменатель выражения (2) есть мощность помехи, попавшая в полосу частот полезного сигнала и, следовательно, в полосу пропускания приемника.

По аналогии с методикой классификации помехи по ее интенсивности изложим методику классификации помехи по степени подавления сигнала:

1. Задать шкалу для оценки вероятности битовой ошибки $p_{\text{ош}}$ в канале.
2. Зная вид модуляции сигнала и шкалу для оценки $p_{\text{ош}}$, определить шкалу для оценки отношения сигнал-шум на входе демодулятора h^2 .
3. Зная шкалу h^2 и мощность сигнала P_c , определить шкалу для оценки помехи по степени подавления сигнала:

«подавляющая помеха», если $\int_{f_{\text{НС}}}^{f_{\text{ВС}}} G_{\text{П}}(f) df > P_c / h_{\text{уд}}^2$;

«частично подавляющая помеха», если $P_c / h_{\text{отл}}^2 < \int_{f_{\text{НС}}}^{f_{\text{ВС}}} G_{\text{П}}(f) df \leq P_c / h_{\text{уд}}^2$;

«неподавляющая помеха», если $\int_{f_{\text{НС}}}^{f_{\text{ВС}}} G_{\text{П}}(f) df \leq P_c / h_{\text{отл}}^2$.

Заключение

Таким образом, результатами работы методики являются параметры помехи, воздействующей по входу ствола ретранслятора. Знание параметров помехи позволит сформировать эффективное противодействие.

Литература

1. Палий А. И. Радиоэлектронная борьба. М. : Военное издательство, 1989. 127 с.
2. Спутниковая связь и вещание: Справочник. – 2-е изд. / Под ред. Л. Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1988. 344 с.

References

1. Paliy A. I. Radioelektronnaya borba. M. : Voennoye izdatelstvo. 1989. 127 s.
2. Sputnikovaya svyaz i veshchaniye: Spravochnik. – 2-e izd. / Pod red. L. Ya. Kantora. – M.: Radio i svyaz. 1988. 344 s.

- | | |
|--|--|
| <i>Брыдченко
Александр Владимирович</i> | – кандидат технических наук, преподаватель, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, baw1979@mail.ru |
| <i>Гриднев
Василий Александрович</i> | – преподаватель, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, vagridnev161962@mail.ru |
| <i>Груздев
Дмитрий Анатольевич</i> | – заместитель начальника кафедры – начальник учебной части, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, gruzdev.d1977@mail.ru |
| <i>Мирошник
Максим Александрович</i> | – начальник цикла – старший преподаватель, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, mirochnic1972@mail.ru |
| <i>Brydchenko Alexander</i> | – Candidate of Engineering Sciences, Lecturer, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, baw1979@mail.ru |
| <i>Gridnev Vasiliy</i> | – Lecturer, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, vagridnev161962@mail.ru |
| <i>Gruzdev Dmitry</i> | – Deputy Head of the Department – Head of the Educational Unit, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, gruzdev.d1977@mail.ru |
| <i>Miroshnik Maxim</i> | – Head of the Cycle – Senior Lecturer, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, mirochnic1972@mail.ru |