

Лештаев В.Э.

Курсант

4 курс, факультет «Радиотехнические комплексы»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Самойлов И.Е.

Курсант

4 курс, факультет «Радиотехнические комплексы»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Тетерин Н.Г.

Курсант

4 курс, факультет «Радиотехнические комплексы»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Шутиков А.К.

Курсант

4 курс, факультет «Радиотехнические комплексы»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Научный руководитель: Павлов Ю.Ю. старший преподаватель

*Старший преподаватель кафедры «Радиотехнического
вооружения»*

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

АНАЛИЗ АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ И ИХ

ХАРАКТЕРИСТИКИ

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды и характеристики активных шумовых помех, таких как амплитудно, частотно и фазо-модулированные помехи. Чем представляются данные помехи, а так же за счет чего они образуются. Делается вывод с обобщением всех этих данных.

Ключевые слова: помеха, шум, характеристика, излучение, зондирующий сигнал, колебания, электромагнитные излучения.

Annotation. The article discusses the main types and characteristics of active noise interference, such as amplitude, frequency and phase-modulated interference. What is the data interference, as well as due to what they are formed. A conclusion is made with a summary of all these data.

Keywords: interference, noise, characteristic, radiation, probe signal, oscillations, electromagnetic radiation.

Помеха представляется случайной функцией времени. Случайную функцию непрерывную во времени называют случайным процессом. Случайные функции характеризуются своими распределениями. Применяются так же числовые характеристики в виде моментов распределения.

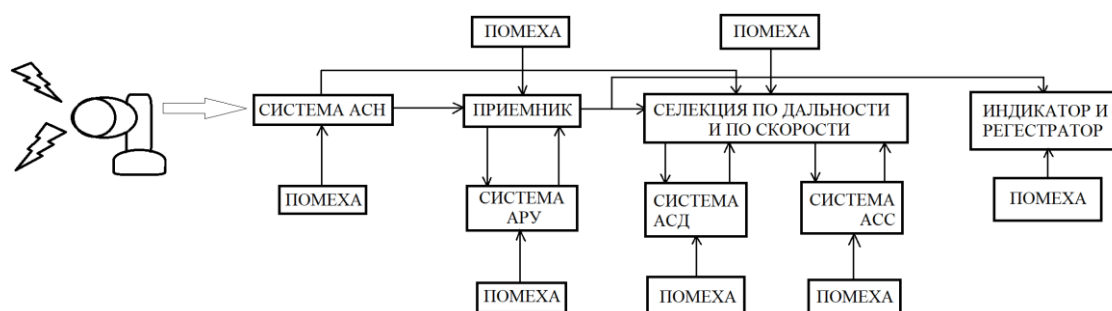


Рисунок 1: Радиолокационная станция как объект радиоэлектронного подавления.

$$\text{Эффективность помехи} - K_{nc} = \left(\frac{P_n}{P_c} \right)_{\text{вх}},$$

при этом $K_{nc} \geq K_{\text{под.РЛС}}$.

Обычно рассматриваются стационарные случайные процессы – так принято называть случайные процессы, статистические характеристики которых одинаковы во всех сечениях. Этот процесс стационарен в узком смысле, если любая его n – мерная плотность вероятности инварианта относительно временного сдвига τ :

$$p(x_1, \dots, x_n, t_1, \dots, t_n) = p(x_1, \dots, x_n, t_1 + \tau, \dots, t_n + \tau)$$

Если же ограничить требования тем, что математическое ожидание m и дисперсия σ^2 процесса не зависли от времени, а функция корреляции зависела лишь от разности $\tau = |t_2 - t_1|$, то есть $R(t_1, t_2) = R(\tau)$, то подобный случайный процесс будет стационарен в широком смысле. Понятно, что из стационарности в узком смысле следует стационарность в широком смысле, но не наоборот.

Активные помехи.

Активные помехи – это электромагнитные излучения, создаваемые источником радиоволн, затрудняющие или исключают прием полезных сигналов радиоэлектронными средствами и выделение из них информации. То есть в основе возникновения активных помех лежит явление излучения электромагнитных волн сторонними источниками с целью подавления или затруднения работы радиолокационных станций.

По происхождению активные помехи могут быть естественными и искусственными.

Естественные активные помехи – это помехи природного происхождения, источниками которых являются электромагнитные излучения Солнца, звезд и космического пространства, тепловое излучение атмосферы и Земли, а так же грозовые разряды. В пределах полосы пропускания радиоприемных устройств спектральные плотности мощности этих помех постоянны, следовательно, их воздействие на РЭС эквивалентно воздействию внутреннего шума приемника (белого шума). **Белый шум** представляет собой случайный процесс с равномерным спектром, то есть $A(f) = A_0 = \text{const}$

Искусственные активные помехи – это помехи, создаваемые устройствами, излучающими энергию электромагнитных колебаний. В зависимости от целей создания они могут быть непреднамеренными и преднамеренными.

К **непреднамеренным помехам** можно отнести промышленные помехи и взаимные помехи, создаваемые соседними РЭС. В настоящее время

важную роль начинают играть взаимные помехи, так как по мере стремительного увеличения числа используемых радиоэлектронных средств резко возрастает опасность их взаимных влияний.

Преднамеренные активные помехи создаются специально для подавления РЭС. Поэтому вызывают большой интерес, с точки зрения помехозащищенности РЭС.

По характеру воздействия на РЭС помехи делятся на маскирующие и имитирующие.

Так же активные шумовые помехи делятся на непрерывные и импульсные.

Первые представляют собой непрерывные и немодулированные или модулированные по амплитуде и частоте (фазе) гармонические колебания. Причем модуляция может осуществляться и шумовым напряжением. Поэтому помеха и называется шумовой.

Для создания импульсных помех используется немодулированные или имеющие случайную модуляцию по амплитуде длительности и периоду следования последовательности радиоимпульсов, то есть последовательность шумовых импульсов с несущей частотой, равной частоте излучения, подавляемого РЭС. По интенсивности воздействия все вышеперечисленные помехи разделяются на слабые, средние и сильные (подавляющие).

Слабые по интенсивности помехи по энергетическому уровню превышают полезные сигналы, вызывают потерю до 15% полезной информации и не снижают возможности выполнения РЭС боевых задач. Средние по уровню соизмеримы с полезными сигналами, вызывают потерю до 50% полезной информации и снижают возможности выполнения РЭС боевых задач. Сильные (подавляющие) значительно превышают по уровню полезные сигналы. Их воздействие приводит к потере более 75% полезной информации, что исключает выполнение РЭС боевых задач.

Шумовые помехи.

Прямошумовые помехи представляют собой шумы, параметры которых сохраняются примерно постоянными в широком диапазоне частот, поэтому по своим характеристикам они близки к “белому” шуму, обладающему наилучшими маскирующими свойствами среди других видов помех. Самой распространенной моделью прямошумовой помехи (узкополосного шума) является квазигармоническое колебание вида $n_{nu}(t) = \text{Re}(U(1 + m \times \cos(\Omega t)) \times \exp(j(2\pi f_0 t + \varphi_0)))$, где f_0 – центральная частота помехи, $U(t) = |U(t)|\exp(j \times \arg(U(t)))$ – комплексная огибающая, представляющая собой нормальный случайный процесс с релеевским распределением амплитуды и равновероятной фазой. Прямошумовая помеха отличается от “белого шума” ограниченностью спектра.

Непрерывные модулированные помехи представляют собой гармонические электромагнитные колебания, модулированные по амплитуде, частоте и одновременно по амплитуде и частоте. В качестве модулирующего напряжения может быть использовано и напряжение шума.

Амплитудно-модулированные помехи образуются модуляцией амплитуды и несущего колебания передатчика гармоническими колебаниями с частотой Ω и коэффициентом модуляции m .

$$n_{AM}(t) = \text{Re}(U(1 + m \times \cos(\Omega t)) \times \exp(j(2\pi f_0 t + \varphi_0)))$$

В результате модуляции огибающая высокочастотных колебаний изменяется в соответствии с характером изменения модулирующего напряжения.

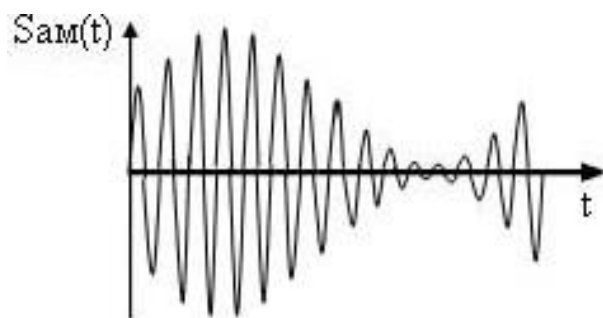


Рисунок 2: Огибающая высокочастотных колебаний.

При воздействии на радиоприемные устройства амплитудно-модулированные помехи маскируют или искажают полезный сигнал. Эти помехи могут быть использованы для нарушения радиосвязи и работы систем автосопровождения целей по угловым координатам, используемых в РЛС с коническим сканированием луча антенны.

Частотно-модулированные помехи образуются путем изменения во времени несущей частоты передатчика f_n в соответствии с законом изменения амплитуды и частоты модулирующего колебания

$$f_n(t) = f_0 + \Delta f \times \frac{U_n(t)}{U_{n\max}}$$

где f_0 – несущая частота; Δf – девиация частоты помехи; $U_n(t)$ – закон изменения амплитуды модулирующего напряжения.

Амплитудно-модулированные помехи представляют собой незатухающие гармонические колебания, модулированные по амплитуде шума. Математическая модель такой помехи описывается выражением

$$n_{AMШ}(t) = \text{Re}(U(1 + m \times \xi(t)) \times \exp(j(2\pi f_0 t + \varphi_0)))$$

где m – коэффициент амплитудной модуляции; а ξ – низкочастотный шум.

Энергетический спектр АМШ помех состоит из дискретной составляющей на частоте несущей и двух боковых полос, обладающих симметрией амплитуд и фаз. Эффективная полоса помехи определяется

удвоенной шириной спектра модулирующего шума. По эффективности воздействия на РЭС такая помеха близка к прямошумовой, однако в энергетическом отношении значительно ей уступает вследствие малого уровня боковых составляющих.

Частотно-модулированные шумовые помехи создаются при модуляции по частоте несущего колебания флуктуационным шумом. Ширина и характер спектра ЧМШ зависят от вероятностных и спектральных характеристик модулирующего случайного напряжения и индекса частотной девиации, равного отношению девиации частоты к ширине спектра модулирующей функции.

Фазо-модулированные шумовые помехи представляют собой высокочастотные колебания, модулированные по фазе шумом. Форма и ширина спектра ФШМ помехи зависят от формы и ширины спектра модулирующего шума и эффективного значения фазы $\Delta\varphi_{эф}$.

Для фазовой модуляции с параметром $\Delta\varphi_{эф} < 1$ при постоянной спектральной плотности мощности модулирующего шума в полосе частот $0 < f < f_{max}$ энергетический спектр помехи состоит из дискретной составляющей на частоте несущего колебания и двух шумовых полос. По форме он схож со спектром АМШ помехи, а его ширина примерно зависит от ширины спектра модулирующего шума. При $\Delta\varphi_{эф} \gg 1$ спектр помехи имеет форму гауссовой кривой, а его ширина зависит от ширины спектра модулирующего шума и эффективного значения фазы. Данные выводы подтверждаются результатами имитационного моделирования.

Список использованной литературы:

1. Осмоловский, С. А. Стохастические методы передачи данных. — М.: Радио и связь, 1991. — 240 с.
2. Отт, Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах / Пер. с англ. — М.: Мир, 1979. — 318 с.

3. Защита от радиопомех / Под ред. М. В. Максимова. — М.: Советское радио, 1976. — 496 с.
4. Трахтман, А. М., Трахтман, В. А. Основы теории дискретных сигналов на конечных интервалах. — М.: Советское радио, 1975. — 208 с.
5. Варакин, Л. Е. Теория систем сигналов. — М.: Советское радио, 1978. — 375 с.
6. Лаврентьев А.М., Пискунов А.В., Маринцев Ю.Н., Красников Ю.В. Радиотехнические системы обнаружения и сопровождения целей. Учебное пособие. Изд. ЯВВУ ПВО, 2016 - 160-173с.