

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 01.09.2021 16:07:43

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

Практическая работа № 4

Методы сигнальной помехозащиты радиолиний

4.1 Цель практической работы.

Цель практической работы состоит в ознакомлении с методами сигнальной помехозащиты радиолиний в системах беспроводной связи.

Перед выполнением практических заданий студенты должны ориентироваться в основных аспектах теоретических основ радиотехники, иметь представление о принципах функционирования средств беспроводной связи, знать основы радиоэлектронного подавления, владеть методами расчета математических выражений с использованием математических пакетов MathCad или MathLab.

В результате выполнения практического задания студенты должны освоить основные методы сигнальной помехозащиты радиолиний в системах беспроводной связи.

4.2. Краткие теоретические сведения

Помехозащита радиолиний

Способность радиолинии работать в условиях воздействия естественных помех называется **помехоустойчивостью**. Способность радиолинии работать в условиях воздействия организованных помех называется **помехозащищенностью**.

Помехозащита разделяется на два класса:

- 1) пространственная помехозащита (за счет низкого уровня боковых лепестков приемной антенны, по которым действует помеха, а также формирования «нулей» диаграммы направленности приемной антенны в направлении на источник помех);
- 2) сигнальная помехозащита за счет широкополосных методов модуляции.

При сигнальной помехозащите спектр излучаемого сигнала искусственно расширяется за счет применения фазоманипулированных псевдошумовых сигналов (ПШС) или псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ), либо за счет комбинированного метода модуляции ПШС-ППРЧ.

Если злоумышленник ставит заградительную шумовую помеху N_o во всей полосе частот нашего сигнала, так что на входе приемной антенны нашей радиостанции спектральная плотность шумовой заградительной помехи есть N_{on} , то вероятность ошибки на бит в нашем приемнике будет определяться величиной отношения h^2 энергии полезного сигнала к энергии суммарной помехи:

$$h^2 = \frac{E_{\text{с}}}{N_0 + N_{\text{оп}}}$$

где h^2 - отношение энергии полезного сигнала к энергии суммарной помехи;

E_6 - энергия бита полезного принимаемого сигнала на выходе приемной антенны, N_0 - спектральная плотность аддитивных шумов приемной системы, N_{on} - спектральная плотность шумовой заградительной помехи:

$$N_{on} = P_n / \Delta f,$$

где P_n - мощность помехи на выходе приемной антенны, Δf - полоса частот широкополосного сигнала (полоса частот приемного тракта радиосистемы).

Из теории потенциальной помехоустойчивости следует, что вероятность ошибки на бит определяется только энергией бита и не зависит от формы сигнала (с широкополосной модуляцией, узкополосной модуляцией и др.), переносящего этот бит.

При $N_{on} \gg N_0$ для порогового значения $h^2 = h^2_{пор}$ получим

$$h^2_{пор} = \frac{E_6}{N_{on}} = \frac{P_c \tau_0}{P_n / \Delta f} = \frac{P_c \Delta f}{P_n R},$$

где $t_0 = 1/R$ - длительность информационного бита, R — скорость передачи информации (бит/с).

Обозначим через базу B широкополосного сигнала отношение $B = \Delta f / R = \Delta f * \tau_0 \gg 1$. Тогда сигнальная помехозащита, определяемая как такое отношение помеха-сигнал P_n / P_c , при котором обеспечивается работа радиолинии с заданным качеством (обеспечивается требуемое отношение $h^2_{пор}$), равна

$$P_n/P_c = B/h^2_{пор}$$

Отсюда следует, что помехозащита радиолинии повышается при уменьшении скорости передачи информации R , расширении полосы частот широкополосного сигнала Δf и уменьшении величины $h^2_{пор}$. В помехозащищенных радиолиниях критерий оптимальности помехоустойчивого кода - максимальный энергетический выигрыш кода.

Уравнение помехозащиты

Радиолиния должна быть работоспособной при электромагнитной импульсной излучаемой мощности (ЭИИМ) станции помех $P_{nx} * G_{nx} >$ где P_{nx} - мощность помехового сигнала на входе передающей антенны станции помех, G_{nx} - коэффициент усиления передающей антенны станции помех. Величина $P_{nx} * G_{nx}$ задается моделью РЭБ. Тогда ЭИИМ нашей станции $P_c * G_c$ в радиолиниях без замираний сигнала определяется из уравнения помехозащиты

$$P_c G_c = P_{пх} G_{пх} + h^2_{пор} - B - G_{бок} + \left(\frac{r_c}{r_n} \right)^2, \text{ дБВт}$$

где $G_{бок}$ - относительный уровень бокового лепестка (или «нуля» диаграммы направленности приемной антенны) в направлении на помеху, r_c — дальность связи, r_n - расстояние от станции помех до приемника нашей РЭС.

На рис. 4.1 представлена функциональная схема помехозащищенной радиолинии. Смена рабочей частоты при ППРЧ или формы ПШС в радиолинии должна происходить

по закону, неизвестному злоумышленнику, т. е. этот закон должен определяться устройством криптозащиты (шифратором). На рис. 4.2 показан вид радиосигнала с ППРЧ.

Злоумышленнику выгодно ставить не заградительную шумовую помеху, а более энергетически выгодные помехи, к которым относятся:

узкополосные помехи;

ретранслированные помехи;

несущая, модулированная по частоте шумовым сигналом в части или во всей полосе сигнала Δf ;

хаотическая, импульсная шумовая помеха с большой скважностью.

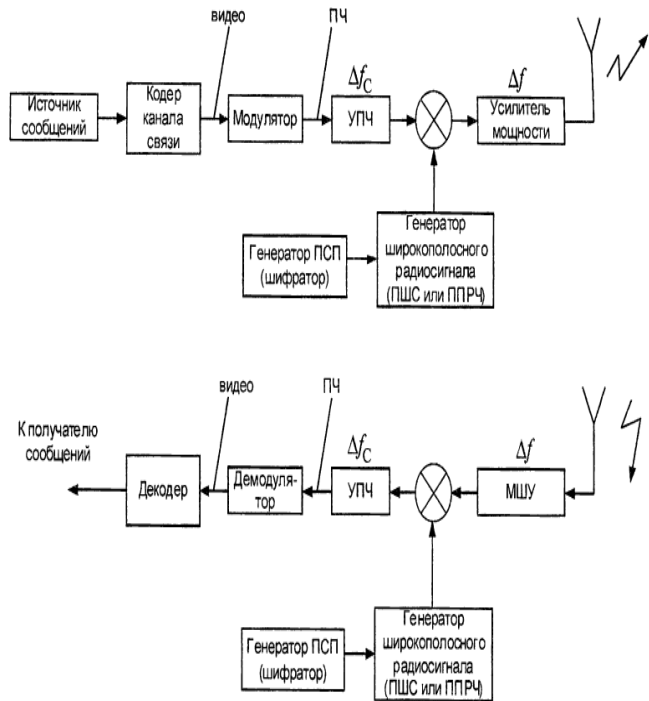


Рис. 4.1. Функциональная схема помехозащищенной радиолинии (ПСП — псевдослучайная двоичная последовательность)

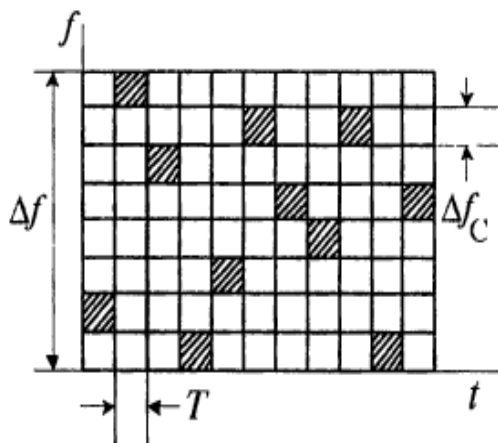


Рис. 4.2. Частотно-временная диаграмма сигнала с ППРЧ (T - время работы радиолинии на одной частоте)

В разрабатываемой радиолинии должны быть предусмотрены меры, парирующие вышеуказанные помехи, чтобы вынудить злоумышленника ставить наименее энергетически выгодную для него заградительную шумовую помеху во всей полосе частот широкополосного сигнала. При этом злоумышленник создает помехи и своим собственным радиосредствам в максимально широкой полосе частот.

Узкополосные помехи должны быть подавлены в приемнике режекторными фильтрами. Ретранслированные помехи могут быть полностью подавлены при быстрой ППРЧ. Хаотические импульсные помехи могут быть сделаны малоэффективными при перемежении символов и использовании мощного кода с исправлением ошибок.

4.3. Практическое задание

Задание 1.

Перевозимая станция помех системе спутниковой связи в диапазоне частот 8 ГГц для постановки помех спутниковому ретранслятору имеет антенну диаметром 5 м и мощность излучения 10 кВт. Определите ЭИИМ станции помех.

Задание 2.

Станция помех спутниковому ретранслятору в диапазоне частот **8 ГГц** имеет ЭИИМ **90 дБВт**. Используя уравнение помехозащиты радиолиний, определите требуемую ЭИИМ станции спутниковой связи при следующих условиях:

- скорость передачи информации **$R = 2,4$ кбит/с**;

полоса частот используемого псевдошумового сигнала в радиолинии **36 МГц** (полоса частот одного ствола спутникового ретранслятора);

$$r_c = r_n;$$

пространственная помехозащита спутникового ретранслятора не используется;

требуемая величина E_{σ}/N_0 на выходе приемной антенны ретранслятора составляет величину $E_{\sigma}/N_0 = 8$ дБ.

При излучаемой станцией спутниковой связи мощности радиосигнала 50 Вт определить необходимый диаметр

передающей антенны станции спутниковой связи, при котором обеспечивается помехозащита радиолинии, если коэффициент усиления антенны:

$$G_c = k_{ин} \pi^2 (d/\lambda)^2.$$

4.4 Контрольные вопросы

1. На сколько классов и каких разделяется помехозащита?
2. Какими факторами определяется вероятность ошибки на бит в приемнике подавляемой РЭС?
3. Какие факторы и как повышают помехозащиту радиолинии?
4. Привести выражение для уравнения помехозащиты и пояснить параметры, входящие в это выражение
5. Изобразить функциональную схему помехозащищенной радиолинии и пояснить принцип ее работы
6. Пояснить принцип работы РЭС с ППРЧ на примере частотно-временной диаграммы с ППРЧ-сигнала

4.5. Библиографический список

4.5.1 Основная литература

1. Лукьянюк С.Г. Теория электрической связи. Сигналы, помехи и системы передачи: учебное пособие. / С. Г. Лукьянюк, А. М. Потапенко. – Курск.: Юго-Зап. гос. ун-т., 2012. - 223с.

2. Максименко В. Н. Защита информации в сетях сотовой подвижной связи. / В. Н. Максименко, В. В. Афанасьев, Н. В. Волков ; под ред. О. Б. Макаревича. - М. : Горячая линия - Телеком, 2007. - 360 с.

3. Романец Ю. В., П. А. Тимофеев, В. Ф. Шаньгин; Защита информации в компьютерных системах и сетях/ под ред. В. Ф. Шаньгина - 2-е изд., перераб. и доп. - М. Радио и связь 2001 - 376 с. ил.

4. Конспект лекций по курсу «Защита информации в системах беспроводной связи»

4.5.2 Дополнительная литература

1. С.В. Кунегин. Системы передачи информации. Курс лекций. - М. В/ч 33965, 1997, - 317 с.

2. Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учебное пособие / И. М. Тепляков. - М. : Радио и связь, 2004. - 328 с.

3. Основы теории радиоэлектронной борьбы/под ред. Н.Ф. Николенко. - М. Военное издательство. 1987. – 351 с.

4. Осипов А. С. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП : учебник / А.С. Осипов ; под науч.ред. Е.Н. Гарина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 344 с.

5. РД. АС. Защита от НСД к информации. Классификация АС и требования по защите информации. – М.: Гостехкомиссия России, 1992.

