

Алгоритм радиоэлектронного подавления УКВ радиостанции с ППРЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Ступин К.В.

Матюшков А.Л. – к.т.н., доцент

В современных системах связи (СС) в интересах повышения помехозащищенности и разведзащищенности используют режим псевдослучайной перестройки радиочастоты (ППРЧ). Анализ помехоустойчивости ЛРС передачи дискретных сообщений с ППРЧ свидетельствует о высоком потенциале при использовании их в системах связи в условиях применения противником средств радиоэлектронного подавления. Таким образом, СС использующие ППРЧ являются основой информационного обеспечения и управления войсками. При этом необходимо исследовать вопросы помехоустойчивости (для собственных СС) и оптимального подавления (для СС противника) сигналов с ППРЧ. Для противодействия сигналам с ППРЧ необходимы станции активных помех (САП). Для разработки такой станции, необходим эффективный алгоритм подавления ППРЧ. Поэтому, целью данной работы является разработка алгоритма для подавления ППРЧ в УКВ диапазоне. Для этого необходимо рассчитать эффективный алгоритм, отвечающий современным требованиям в РЭБ.

При методе ППРЧ расширение спектра обеспечивается путем скачкообразного изменения несущей частоты в выделенном для работы СРС диапазоне W_s . Под скачкообразным изменением частоты следует понимать периодическую перестройку одной частоты или нескольких частот, используемых для передачи сигналов. Сигналы с ППРЧ можно рассматривать как последовательность в общем случае модулированных радиоимпульсов, несущие частоты которых перестраиваются в диапазоне W_s . Число перестраиваемых частот и порядок их чередования определяются псевдослучайными кодами.

На рисунках 1 и 2 приведены основные элементы структурных схем передатчика и приемника систем радиосвязи с ППРЧ при цифровой одноканальной модуляции:

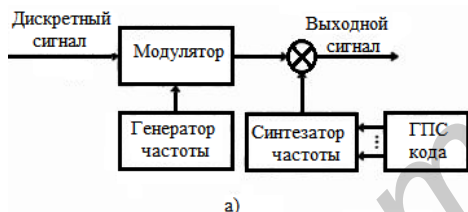


Рис. 1 – Структурная схема передатчика системы радиосвязи с ППРЧ

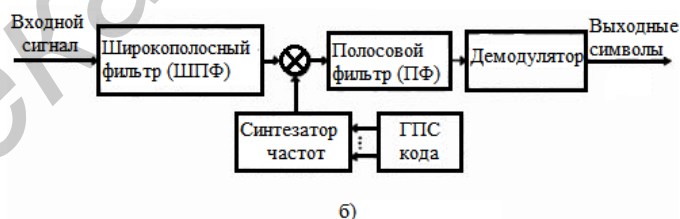


Рис. 2 – Структурная схема приемника системы радиосвязи с ППРЧ

Приемное устройство может воспринимать помехи не только в полосе основного канала приема, но и за её пределами. Как видно из рисунка 3, радиоприемник имеет побочные каналы приема и в нем могут проявляться так называемые внеполосные эффекты.

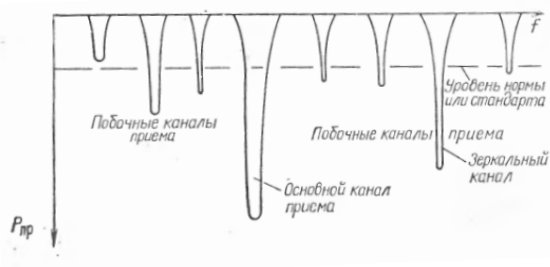


Рис. 3 – Основные и побочные каналы приема сигнала

К внеполосным эффектам в приемниках при действии большого по уровню сигнала помехи относятся блокирование и перекрестное искажение.

Блокирование проявляется в изменении уровня сигнала или отношения сигнал/шум на выходе радиоприемника при действии радиопомехи, частота которой не совпадает с частотами основного и побочного каналов. Блокирование возникает в УРЧ и смесителях из-за нелинейного закона изменения коэффициента переда-

чи полезного сигнала при действии помехи.

Пусть на вход нелинейного элемента с характеристикой

$$i = b_0 + b_1 u + b_2 u^2 + b_3 u^3 + \dots$$

Действует сумма напряжений сигнала и помехи

$$u(t) = u_c(t) + u_n(t) = U_{mc} \cos \omega_c t + U_{mnp} \cos \omega_n t.$$

Производя подстановку и выделив составляющую тока первой гармоники полезного сигнала, получим

$$i_{\omega_c}(t) = U_{mc} \left(b_1 + \frac{3}{4} b_3 U_{mc}^2 + \frac{3}{2} b_3 U_{mnp}^2 \right) \cos \omega_c t. \quad (1)$$

Второй и третий члены в скобках определяют изменение усиления за счет нелинейности третьего порядка. Если $b_3 < 0$, то ток на выходе при действии помехи будет уменьшаться. Для случая когда $b_1 + \frac{3}{4} b_3 U_{mc}^2 + \frac{3}{2} b_3 U_{mnp}^2 = 0$, выходной ток будет отсутствовать и полезный сигнал на выходе приемника не пройдет – он будет заблокирован. Для исключения блокирования полезного сигнала необходимо, чтобы $b_3 = 0$.

Следует отметить, что второй член в выражении (1) при реальных уровнях полезного сигнала в приемнике значительно меньше величины b_1 , поэтому при анализе им обычно пренебрегают. То же самое можно сказать и про третий член, если величины U_{mnp} и U_{mc} будут соизмеримы. Для того чтобы эффект блокирования заметно проявлялся, необходимо выполнить условия $U_{mnp} \gg U_{mc}$. Таким образом, уровень помехи должен быть значительно выше уровня полезного сигнала. Поэтому эффект блокирования называется эффектом большего сигнала.

Пусть теперь напряжение помехи, поступающее на вход нелинейного элемента, имеет амплитудную модуляцию

$$u_n(t) = U_{mnp}(1 + m_n \cos \Omega_n t) \cos \omega_n t.$$

Тогда формула (1) примет вид (вторым членом в скобках по указанной выше причине пренебрегаем)

$$i_{\omega_c}(t) = U_{mc} \left(b_1 + \frac{3}{2} b_3 U_{mnp}(1 + m_n \cos \Omega_n t) \right) \cos \omega_c t.$$

Из этой формулы следует, что усиление полезного сигнала меняется по закону модуляции напряжения помехи. Это равносильно переносу модуляции помехи на полезный сигнал. В этом сущность эффекта перекрестных искажений.

Эффекты блокирования и перекрестных искажений проявляются только при действии полезного сигнала. При этом частота помех должна быть в пределах полосы пропускания тракта УРЧ.

На основе вышеописанных фактов, можно сделать вывод о возможности подавления передатчика ППРЧ, воздействуя на побочный канал приема, уменьшая отношение сигнал/шум, делая прием сигнала невозможным.

Список использованных источников:

1. Под редакцией Николаенко Н.Ф. Основы теории радиоэлектронной борьбы. – М.: Воениздат, 1987. — 351 с.
2. Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты // под ред. В.И. Борисова; изд. 2-е, перераб. И доп. – М.: РадиоСофт, 2008. – 512 с.
3. Чердынцев, В. А. Системы передачи информации с расширением спектра сигналов : учебно - метод. пособие / В. А. Чердынцев, В. В. Дубровский. - Мн. : БГУИР, 2009. - 130 с. : ил.