

ГОРШЕНИН В. В., КИСЕЛЁВ А. В.

СУЖЕНИЕ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ПРИЕМНИКА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Рассмотрено сужение полосы пропускания радиоприемника фазомодулированных сигналов, достигаемое за счет уменьшения коэффициента скругления спектра сигнала трактом приемника. Показано, что при этом может быть получено существенное увеличение селективности по соседнему каналу при допустимых изменениях чувствительности и уровня межсимвольной интерференции.

Одной из наиболее актуальных проблем, возникающих при проектировании и эксплуатации радиоприемных устройств цифровых сигналов, является обеспечение требуемой селективности по соседнему каналу. Традиционное сужение полосы пропускания приемника в этом случае недопустимо, поскольку приводит к возникновению межсимвольной интерференции (МСИ), повышающей вероятность ошибочного приема.

Как известно [1], МСИ отсутствуют, если фазовый спектр сигнала линейен, а амплитудный спектр $Y(\omega)$ удовлетворяет условию частичной симметрии относительно частоты Найквиста (обозначим ее $\omega_N = \pi/T_S$, где T_S — длительность символа)

$$Y(\omega_N - |\omega|) = 1 - Y(\omega_N + |\omega|), 0 \leq |\omega| \leq \omega_N. \quad (1)$$

Невыполнение этого условия приводит к появлению МСИ — перекрытию символьных сигналов в отсчетных точках. Это вызывает снижение вероятности безошибочного приема и реальной чувствительности приемника.

При выполнении (1) ширина спектра сигнала и соответственно полоса пропускания приемника могут изменяться в диапазоне $2..4\omega_N$. Реальная же

ширина полосы пропускания с учетом возможных неточностей установки рабочих частот передатчика и приемника оказывается еще большей. Причем это расширение увеличивается по мере перехода к более «гладкому» спектру. Такой спектр не выгоден с точки зрения эффективности использования частотного диапазона и повышения селективности приемника по соседнему каналу. Вместе с тем, к сглаживанию прибегают, стремясь уменьшить МСИ, возникающие при неточной работе системы символьной синхронизации приемника.

Таким образом, имеет место противоречие. Повышение чувствительности требует расширения спектра с выполнением (1), но это расширение недопустимо, так как приводит к снижению чувствительности вследствие возрастающих помех по соседнему каналу. Разрешение этого противоречия видится в том, что при наличии помех по соседнему каналу адаптивно должна меняться не только полоса пропускания приемника, но и форма АЧХ в этой полосе. Причем так, чтобы при любом значении полосы выполнялось условие симметрии (1). При низком уровне помех по соседнему каналу целесообразно брать широкую полосу приемника, переходя на обработку сигналов с тем спектром, который формирует передатчик. При появлении интенсивных помех — сужать полосу пропускания, увеличивая подавление помехи по соседнему каналу. При этом для устранения МСИ при любом значении полосы пропускания должно выполняться (1).

По сути, при неизменном спектре выходного сигнала передатчика амплитудно-частотная характеристика тракта до детекторной обработки приемника (модуль коэффициента передачи $|K_P(j\omega)|$) должна удовлетворять следующему условию:

$$|K_P(j(\omega - \omega_0))| \sim Y_P(\omega) / Y_0(\omega), \quad (2)$$

где « $\sim$ » — символ пропорциональности; $Y_0(\omega)$, $Y_P(\omega)$ — амплитудные спектры комплексной огибающей сигнала передатчика и сигнала с меньшей шириной спектра, формируемого в тракте приемника и удовлетворяющего (1); ω_0 — рабочая частота тракта (фазо-частотная характеристика при этом должна оставаться линейной).

Выполнение этих требований обеспечивает сужение полосы пропускания без возникновения МСИ. Например, при $Y_P(\omega) = Y_0(\omega)$ в пределах полосы пропускания получаем $|K(j\omega)| = 1$, что и стремятся реализовать при классическом построении приемника. Таким образом, предлагается возложить на приемный тракт дополнительную функцию. При появлении помех по соседнему каналу он должен осуществлять преобразование спектра сигнала в соответствии с (2).

Цель работы — оценить эффективность предлагаемого сужения полосы пропускания с точки зрения изменения отношения сигнал/шум, увеличения