

ОСОБЕННОСТИ РАДИОПРИЕМА СИГНАЛОВ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ DRM+ В ПЕРЕДАЮЩЕЙ СИНХРОННОЙ СЕТИ

ВЫХОДЕЦ А.А.
ГП УНИИРТ

HYBRID SYSTEM DRM+ SIGNALS RECEPTION FEATURES IN SYNCHRONOUS TRANSMITTING NETWORK

VYKHODETS A.A

Система DRM+ это расширение стандарта DRM на частоты ОБЧ - диапазона. Новая система использует логическую структуру и существующие наработки стандарта DRM, изменены только параметры OFDM-модуляции для ширины полосы 100 кГц [1].

Для совместимости с большинством распределений частот в ОБЧ - диапазоне ширина полосы DRM+ сигнала составляет около 100 кГц.

На рис. 1 показана диаграмма ОБЧ спектра, в котором размещен спектр радиосигналов аналоговых ОБЧ-ЧМ станций FM1 и FM2 и спектр радиосигналов станции ОБЧ DRM+.

Ширина спектра в системе DRM+ составляет около 96 кГц, что дает возможность передавать до 4 – 8 стереопрограмм.

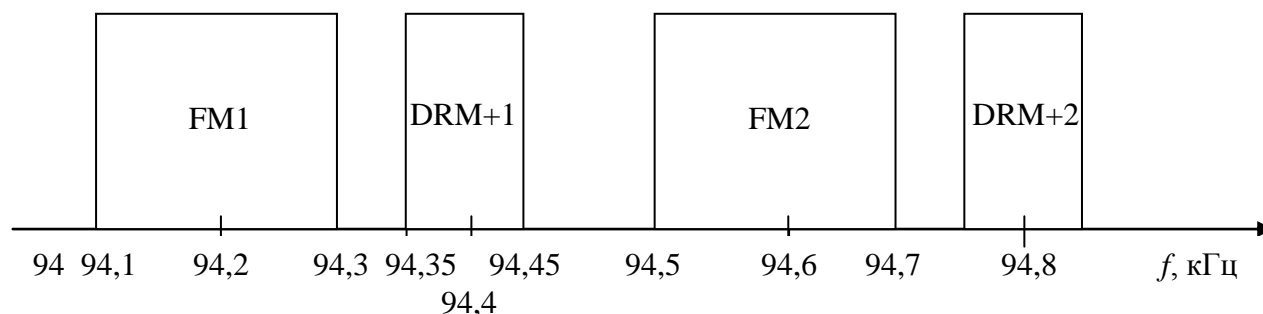


Рисунок 1 – Диаграммы ОБЧ спектра

Для формирования цифрового сигнала в системе DRM+ используется модуляция OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex – мультиплексирование ортогонально разделенных несущих).

OFDM сигнал можно записать как:

$$S(nT) = \text{Re} \left[\sum_{k=0}^{N-1} C_k \exp(j2\pi kn/N) \right], n = 0, 1, \dots, N-1, \dots \quad (1)$$

где C_k – информационный параметр, $N = T_u/T$, T_u – длительность полезной части OFDM символа, $T = 1/F$ – тактовый интервал, F – тактовая частота, n – номер отсчета.

Если в соответствии с формулой обратного дискретного преобразования Фурье (ОДПФ) выполнить вычисление вещественной и мнимой частей, а затем осуществить цифро-

аналоговые преобразования, то получим следующее выражение:

$$S(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_{Ik} \cos(2\pi f_k t) - \sum_{k=0}^{N-1} C_{Qk} \sin(2\pi f_k t) = I(t) - Q(t), \quad (2)$$

где $f_k = f_0 + \frac{k}{T_s}$, f_0 – граничная частота. Частота f_k представляет собой k -ую гармонику

основной частоты $1/T_s$, то есть величины, обратной длительности полезной части символа и равной расстоянию между частотами соседних несущих. $Q(t)$ – мнимая часть (квадратурная составляющая), $I(t)$ – вещественная часть (синфазная составляющая).

Если после вычисления вещественной $I(t)$ и мнимой $Q(t)$ частей (ОДПФ) умножить вещественную (синфазную) часть на колебание $\cos 2\pi ft$, а мнимую (квадратурную) на колебание $\sin 2\pi ft$, то при суммировании произведений получим OFDM радиосигнал, смещенный по частоте на значение f .

$$S(t) = I(t)\cos 2\pi ft - Q(t)\sin 2\pi ft. \quad (3)$$

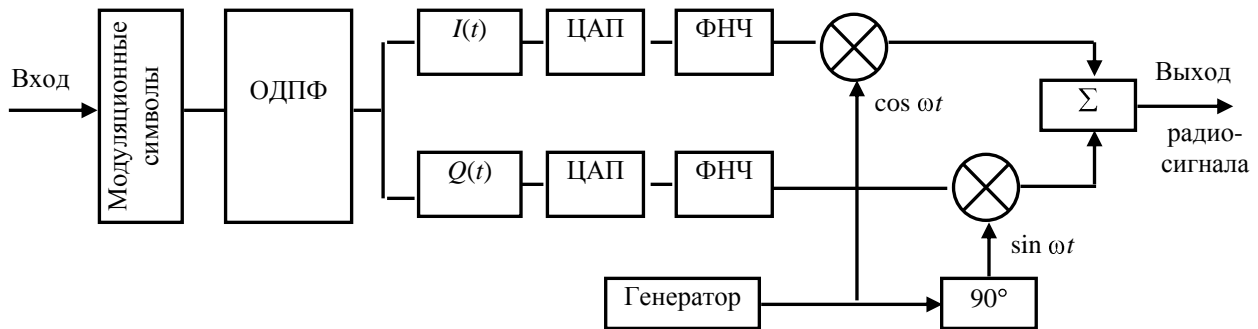


Рисунок 2 – Структурная схема модулятора OFDM

Таким образом, в системе DRM+ цифровые радиосигналы формируются на выходе модулятора OFDM (рис. 2).

$$U_{ц} = U_0[I(t)\cos\omega t - Q(t)\sin\omega t]. \quad (4)$$

На входе цифрового приемника сигналы от синхронных передатчиков П1 и П2 суммируются:

$$U_{\Sigma\Pi}(t) = U_{\Pi1}(t) + U_{\Pi2}(t - \tau) = U_{01}\{I(t)\cos\omega t - Q(t)\sin\omega t + D[I(t - T)\cos\omega(t - \tau) - Q(t - T)\sin\omega(t - \tau)]\}. \quad (5)$$

$$\text{где } D = \frac{U_{02}}{U_{01}},$$

$$T = \tau + \tau_0,$$

τ – разность времени пробега электромагнитных волн от радиовещательных станций к месту приема,

τ_0 – временная разность прихода цифровых модулирующих сигналов на входы модуляторов передатчиков П1 и П2.

Для уверенного разделения символов OFDM при одновременном радиоприеме сигналов от разных передатчиков, работающих в синхронной сети, между ними имеется так называемый "защитный интервал" длительностью T_g (рис. 3).

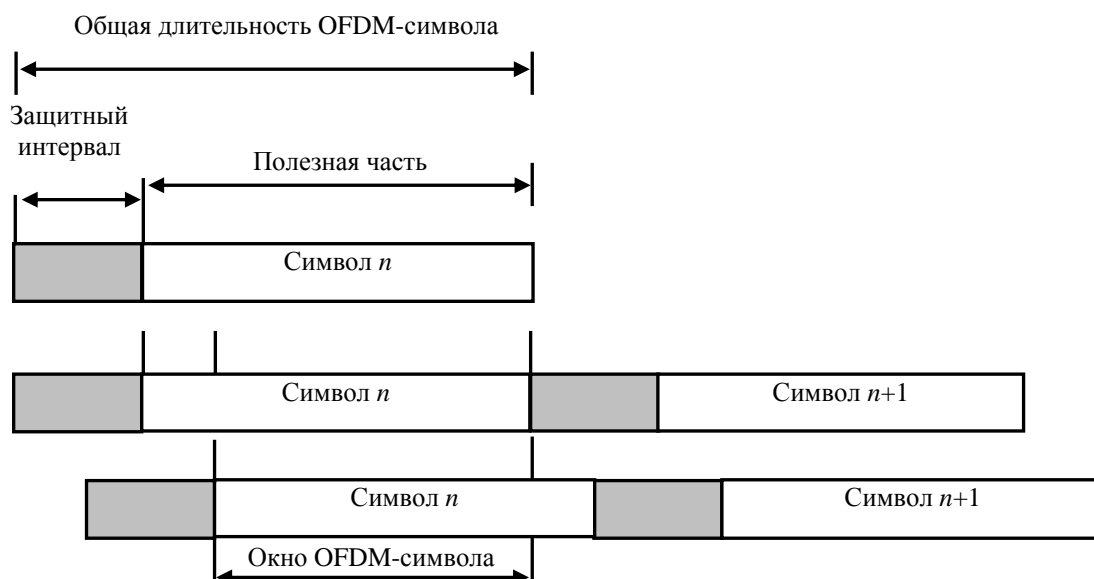


Рисунок 3 – К вопросу о защитном интервале OFDM символа

Выражение (5) представляет собой сумму двух OFDM символов перенесенных в область радиочастот.

Если $T < T_g$, то мощности символов OFDM конструктивно складываются [2], поэтому в приемнике радиосигнал OFDM будет обрабатываться при напряжении:

$$U_{\Sigma}(t) = U_{01} \sqrt{(1 + D^2)} [I(t)\cos\omega t - Q(t)\sin\omega t]$$

Литература

- 1 ETSI EN 101 980 v.1.1 (2001 – 09) DRM System Specification.
- 2 Рихтер С.Г. Цифровое радиовещание. – М.:Горячая линия-Телеком, 2004. – 352 с.