

УДК 681.84.087

ОСОБЕННОСТИ РАДИОПРИЕМА СИГНАЛОВ OFDM ГИБРИДНОЙ АНАЛОГО–ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ЧМ/ОБП/DRM В СИНХРОННОЙ СЕТИ ОБЧ-ЧМ ПЕРЕДАТЧИКОВ

ВЫХОДЕЦ А.А.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

FEATURES OF RADIO RECEPTION OF HYBRID ANALOG – DIGITAL SYSTEM FM/SSB/DRM OFDM SIGNAL IN SYNCHRONOUS VHF-FM TRANSMITTERS NETWORK

VYKHODETS. A.A.

Odessa national academy of telecommunications n.a. O.S. Popov

Гибридные системы – это системы радиовещания, предназначенные для одновременной передачи аналоговых и цифровых сообщений. Разрабатывались с целью обеспечения плавного перехода от аналогового к цифровому звуковому радиовещанию. Радиоприемные устройства, находящиеся у населения, позволяют осуществить прием аналоговых программ. Для приема цифровых программ требуются специальные цифровые приставки или цифровые приемники. Гибридные цифровые системы вещания разработаны как для диапазона ОБЧ, так и для частотного диапазона ниже 30 МГц.

На рис. 1 приведен спектр аналогового сложного стереофонического сигнала (ССС) в полосе 0,03 – 38 кГц и цифровых сигналов системы DRM [1,3].

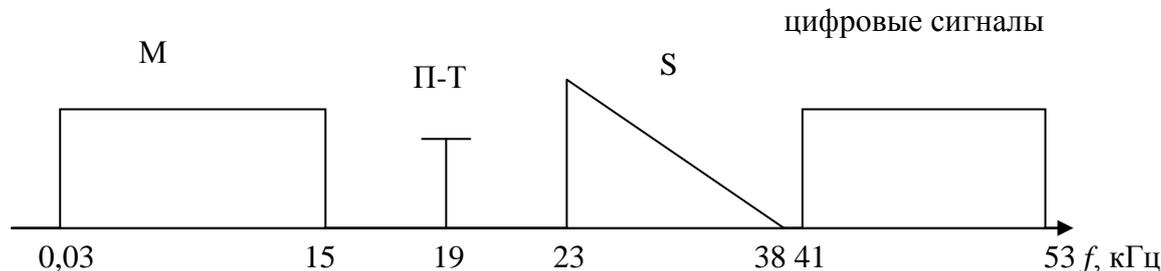


Рисунок 1. Спектр аналогового сигнала ССС системы стереофонического радиовещания с пилот-тоном и цифровые сигналы системы DRM [1]

Формирование радиосигналов OFDM в системе DRM осуществляется в модуляторе OFDM [4]

Радиосигнал OFDM на выходе модулятора на длительности интервала T_s описывается формулой

$$G(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_{I_k} \cos[2\pi(f_n - kF)t] - \sum_{k=0}^{N-1} C_{Q_k} \sin[2\pi(f_n - kF)t] \quad (1)$$

На выходе цифрового передатчика сигнал (1) может быть представлен в виде

$$G(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_k \cos[2\pi(f_n - kF)t - \psi_k], \quad t_1 \leq t \leq t_1 + lT_s, \quad (2)$$

где t_1 – произвольный начальный момент начала передачи;
 l – число поданных посылок;

T_s – длительность символа OFDM;

N – число каналов радиосигнала;

$F = \frac{1}{T_u}$ – основная частота OFDM сигналов;

T_u – длительность полезной части интервала T_s (длительность интервала ортогональности);

C_{I_k} и C_{Q_k} – модуляционные символы сигнала OFDM;

$f_{\Pi} = 53$ кГц – поднесущая частота;

$$C_k = \sqrt{C_{I_k}^2 + C_{Q_k}^2},$$

$$\psi_k = \arctg \frac{C_{Q_k}}{C_{I_k}}.$$

Если на вход приемника поступают сигналы от двух синхронных ОВЧ-ЧМ передатчиков, имеющих между собой временной сдвиг τ , то в соответствии с формулой (3) [2] суммарный сигнал на выходе частотного детектора

$$u_{\Sigma\text{ЧМ}} = \{(a_1 + 1)[U_{\text{ССС}}(t) + aG(t)] - a_1[U_{\text{ССС}}(t - \tau) + aG(t - \tau)]\}, \quad (3)$$

Суммарный сигнал OFDM (3) равен сумме основного и задержанного на время τ сигналов

$$u_{\Sigma\Pi} = a \left\{ (a_1 + 1) \sum_{k=0}^{N-1} C_k \cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)t + \psi_k] - a_1 \sum_{k=0}^{N-1} C_k \cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)(t - \tau) - \psi_k] \right\}, \quad (4)$$

где $a(a_1 + 1)$ – коэффициент передачи первого канала, а aa_1 – коэффициент передачи второго канала.

Рассмотрим результат суммирования двух составляющих суммарного сигнала (4) с частотой $(f_{\Pi} - kF)$

$$(a_1 + 1)\cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)t + \psi_k] - a_1\cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)(t - \tau) - \psi_k] =$$

$$= C_k M_k \cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)t - \psi_k - \gamma_k], \quad (5)$$

где

$$M_k = a \sqrt{1 + 2(a_1^2 + a_1)(1 - \cos \varphi_k)}, \quad (6)$$

$$\varphi_k = (-2\pi kF\tau + 2\pi f_{\Pi}\tau), \quad \gamma_k = -\arctg \frac{a_1 \sin \varphi_k}{1 + a_1(1 - \cos \varphi_k)}.$$

Результирующее напряжение радиосигнала OFDM на входе приемника с учетом (5)

$$U_{\Sigma}(t) = \sum_{k=0}^{N-1} M_k C_k \cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)t + \psi_k + \gamma_k]. \quad (7)$$

Или в более компактном виде результирующий сигнал

$$U_{\Sigma}(t) = \sum_{k=0}^{N-1} A_k \cos[2\pi(f_{\Pi} - kF)t + \Phi_k], \quad (8)$$

где $A_k = M_k C_k$, $\Phi_k = \psi_k + \gamma_k$.

Сравнивая (8) и (2) видим, что выражения совпадают и сигнал (8) может быть принят также как и исходный (2).

Однако это относится к случаю, когда длительность временной задержки τ не превышает длительности защитного интервала T_g [4].

При этом с точки зрения обработки многолучевого сигнала (от нескольких передатчиков) приемник не различает, поступает ли сигнал от ближайшего передатчика или от какого-либо другого с соответствующей задержкой, но несущего точно такую же информацию [5,6].

Таким образом, в системе передачи цифровых сигналов (OFDM), когда задержка во времени не превышает длительности защитного интервала, имеет место конструктивное эффективное взаимное сложение сигналов от каждого передатчика сети. Однако, если использование защитного интервала и устраняет межсимвольные помехи в условиях синхронной работы передатчиков, они не позволяют устранить влияния частотно-избирательного замирания.

Проанализируем выражение M_k при изменении D от 0 до 1.

При перемещении приемника на территории между синхронными передатчиками изменяются значения D и τ , а следовательно, изменяются значения M_k и фазы ϕ_k . Это означает, что из-за частотно-избирательных замираний некоторые частотные диапазоны спектра принимаемого сигнала будут ослаблены и происходит искажение амплитуды и фазы каждой несущей частоты.

Если приемник OFDM должен выполнить когерентную демодуляцию сигнала, ему требуется выполнить коррекцию фазы и амплитуды каждой несущей. После быстрого преобразования Фурье эта задача решается с помощью корректора (эквалайзера). Такой процесс носит название “оценка и коррекция канала”. [5].

Для оценки канала и, как следствие, для коррекции сигналов КАМ используется набор специальных пилот несущих, разбросанных в частотной и временной области, в сочетании с интерполяционной фильтрацией для оценки характеристики канала. Эти технические решения обуславливают высокую надежность и устойчивость приема в системе DRM.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выходец А.А., Захарин В.М Система ЧМ/ОБП/DRM для постепенного перехода от аналогового к цифровому радиовещанию в диапазоне 87,5...108 МГц // Зв’язок – 2009 –№ 3 С.12-14
2. Выходец А. А. Переходные искажения стереофонических сигналов в системе синхронного ОВЧ-ЧМ вещания с повышенной помехозащищенностью // Зв’язок – 2009 –№ 1 –С. 46-48
3. Державний стандарт України. Система стереофонічного звукового мовлення з пілот-тоном. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. ДСТУ 4053-2001 –[Чинний від 2001р.] – К.Держстандарт України, 2001.–6 с.
4. Рихтер С. Г. Цифровое радиовещание. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 362 с.
5. Ahmad R.S, Bahai, Burton R. Saltzberg, Mustafa Ergen Multi- Carrier Digital Communications Theory and Applications of ODDM.// Springer Science + Business Media, Inc. – 2004
6. ETSI EN 101 980 V1.1 (2001-9) DRM System Specification