

УДК 621.396.97:621.969.975.3

**ГИБРИДНЫЕ АНАЛОГО/ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ
ДЛЯ ДИАПАЗОНА 87,5...108 МГц**

ВЫХОДЕЦ А.А.

ГП УНИИРТ

**HYBRID ANALOG/DIGITAL SYSTEMS OF VOICE BROADCASTING
FOR 87,5.108 MHz BROADBAND**

A.A.VYKHODETS

SE UNIIRT

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Международный Союз электросвязи рекомендует странам Европы осуществить к 2012 г. переход на цифровое вещание. Для Украины этот срок увеличен до 2015 г. Для того, чтобы этот переход к цифровому радиовещанию для населения в области радиовещания не оказался революционным, целесообразно использовать системы, так называемого гибридного аналого/цифрового звукового радиовещания, при котором одновременно передаются программы и в аналоговом и в цифровом формате. Это позволяет для приема аналоговых программ использовать аналоговые приемники, а для приема цифровых программ – цифровые приставки или цифровые приемники.

Особенно актуальным является разработка таких систем для диапазона 87,5...108 МГц, где используются системы с ЧМ. По прогнозам специалистов аналоговое ЧМ радиовещание будет использоваться и после 2015 г. Этому способствует хорошее качество стереофонического звуковоспроизведения, недорогие приемники и развитая передающая сеть.

В настоящее время нашли применение несколько гибридных систем цифрового радиовещания, разработанных для использования в диапазоне 87,5...108 МГц и основанных на модификации сложного стереофонического сигнала (ССС) системы с пилот-тоном [1].

**1. ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ
EMPX DRM**

К гибридным системам, предназначенных для плавного перехода от аналогового к цифровому звуковому вещанию, относится система EMPX DRM, предложенная специалистами Италии [2]. Как и в системе FMeXtra в этой системе для передачи цифровых сигналов используется обычный приемник ОВЧ-ЧМ.

Система основана на использовании системы стереофонического ОВЧ-ЧМ радиовещания с пилот-тоном [1].

В системе FM/DRM предлагается вместо пилот-тона и разностного сигнала S на поднесущей 38 кГц передавать сигнал DRM с полосой 20 кГц и амплитудой поднесущей 10%. Как утверждается в Рекомендации МС ЭР BS. 450-3, такая модификация стереофонического радиоспектра излучаемого сигнала позволяет обеспечить совместимость с монофонической системой вещания [3].

На рис. 1 показан спектр составного сигнала гибридной системы FM/DRM [2].

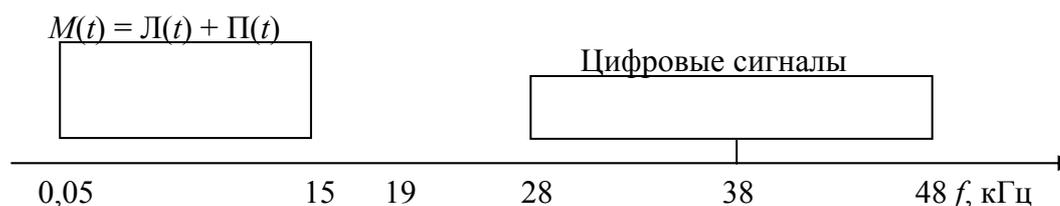


Рисунок 1 – Спектр составного сигнала гибридной системы FM/DRM, $L(t)$ и $P(t)$ – сигналы стереопары

Система позволяет одновременно осуществить передачу аналоговой монофонической программы (модулирующие сигналы $M(t) = L(t) + R(t)$) и цифровой, стереофонической.

Формирование цифровых сигналов осуществляется в формате цифровой системы DRM [4]. Передача цифровых сигналов осуществляется методом OFDM [5].

При организации передач используется линеаризованный ОБЧ-ЧМ передатчик. Прием монофонической программы осуществляется с помощью обычного приемника с ЧМ, для приема цифровых сигналов необходима специальная цифровая приставка или цифровой приемник формата DRM.

В настоящее время проходят полевые испытания системы, целью которых является определение ряда технических параметров: влияние эффекта Доплера, допустимая максимальная скорость при мобильном приеме, зона покрытия, мощность сигнала, т.е. разработка системы еще не завершена.

К недостаткам системы следует отнести утрату аналоговой стереофонической программы.

2. ГИБРИДНАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ЗВУКОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ FMEХTRA

Для передачи цифровых сигналов в системах гибридного цифрового вещания FMeXtra используются также лицензированные ОБЧ-ЧМ передатчики, разработанные для аналогового стереофонического вещания, так как цифровые сигналы передаются в составном стереосигнале ССС.

В системе FMeXtra используется полный составной сигнал ССС ОБЧ-ЧМ стереофонические системы с пилот-тоном [1], а в полосе 62...99 кГц передаются дополнительные цифровые данные и цифровой сигнал звука.

На рис. 2 показан спектр этой системы [6].

Уровень цифровых сигналов на 8 дБ ниже уровня сигналов RDS. Девиация несущей сигналами RDS составляет $\pm 4\%$ и девиация цифровыми сигналами соответственно $\pm 1,6\%$.

Приемник в системе FMeXtra обеспечивает прием как аналогового стереофонического сигнала звука, так и цифрового аудиосигнала.

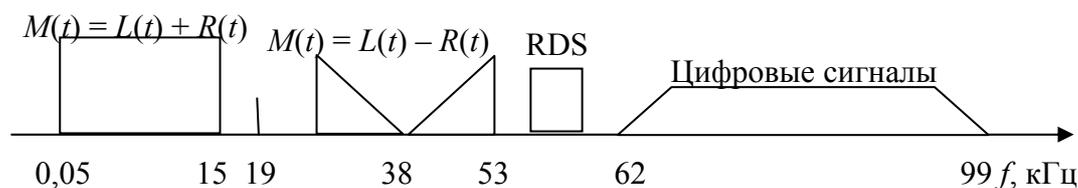


Рисунок 2 – Спектр составного сигнала гибридной цифровой системы FMeXtra

Система FMeXtra разработана сравнительно недавно. Появление массового приемника запланировано на 2009 г.

Кодирование источника сигнала осуществляется посредством кодеков AAC и HE AAC при частоте дискретизации 8 кГц (речевые передачи с телефонным качеством) и 96 кГц (качество стереофонического звука с окружением). Передача цифровых сигналов звука и информационных данных осуществляется методом OFDM [5].

Модуляция несущих символа OFDM может осуществляться методом QPSK, КАМ-16, КАМ-32.

Цифровой поток может быть равен 40 кбит/с при одновременной передаче цифровых сигналов и сигналов аналогового стереофонического радиовещания. При отключении разностного сигнала $S(t)$ и сигнала пилот-тона (монофонический сигнал $M(t)$ сохраняется) скорость цифрового потока может возрасти до 156 кбит/с, что позволяет одновременно передавать несколько высококачественных программ цифрового вещания.

В этом случае слушатели обычного ОВЧ-ЧМ вещания смогут принимать только монофонические передачи.

Помехозащищенность цифровых сигналов в полосе 62...99 кГц значительно меньше, чем помехозащищенность разностного сигнала $S(t)$ [7].

Поэтому разработчики системы рекомендуют использовать для передачи сигналов гибридной системы FMeXtra мощные передатчики, позволяющие в городских условиях обеспечить высокую напряженность поля в зоне обслуживания, достаточную для высококачественного приема аналоговых стереофонических сигналов.

3. ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ ЧМ/ОБП/DRM [7, 8]

На рис. 3 приведены спектральные характеристики ССС и цифровых сигналов. Монофонический сигнал $M(t) = L(t) + R(t)$ передается в полосе звуковых частот 0,03...15 кГц, разностный сигнал $S(t) = L(t) - R(t)$ передается с помощью однополосной модуляции в полосе 23...38 Гц. В полосе 41...53 кГц передается цифровой сигнал (рис. 3).

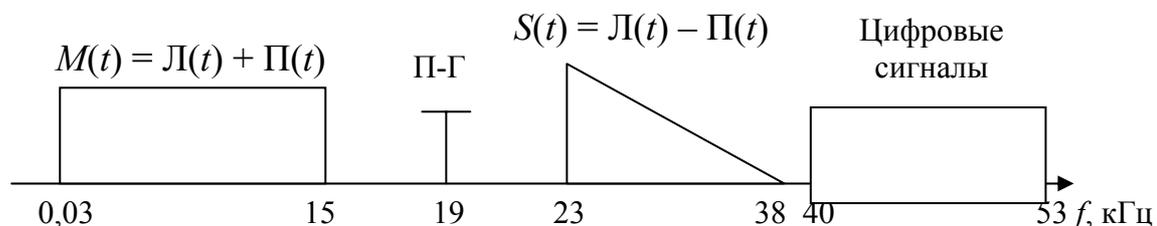


Рисунок 3 – Спектр сложного стереофонического сигнала и цифровых сигналов системы ЧМ/ОБП/DRM

В системе ЧМ/ОБП/DRM возможен прием аналоговых монофонического и стереофонических сигналов с помощью обычного ОВЧ-ЧМ приемника. Прием цифровых сигналов осуществляется с помощью специальной цифровой приставки или приемника. Наиболее подходящей для организации радиовещания в этом формате является система цифрового радиовещания DRM [4].

Формирование цифрового сигнала осуществляется методом OFDM [5].

Из-за особенности детектирования ЧМ колебаний, заключающихся в том, что мощность шума на выходе частотного детектора растет пропорционально квадрату частоты, при переходе от моно- к стереовещанию отношение сигнал/шум уменьшается.

Вследствие этого сокращается зона обслуживания при переходе к стереоприему.

В работе [9] показана возможность улучшения отношения сигнала к шуму в разностном канале. Предложено разностный сигнал формировать с помощью однополосной модуляции и передавать одну нижнюю боковую полосу (рис. 3.).

Осуществить такое преобразование позволяет применение синхронного детектирования в приемнике.

Такая система будет совместима с существующей и иметь более низкий уровень шумов, если частоты из-за низкочастотного детектора снизить с 53 кГц до 38 кГц.

В предложенной системе с улучшенной помехозащищенностью цифровые сигналы можно разместить в спектре ССС вместо верхней боковой полосы разностного сигнала (рис. 3). Формирование цифровых сигналов целесообразно осуществить с использованием технологии цифровой системы DRM [4].

На рис. 4 приведена структурная схема радиопередающего тракта системы ЧМ/ОБП/DRM.

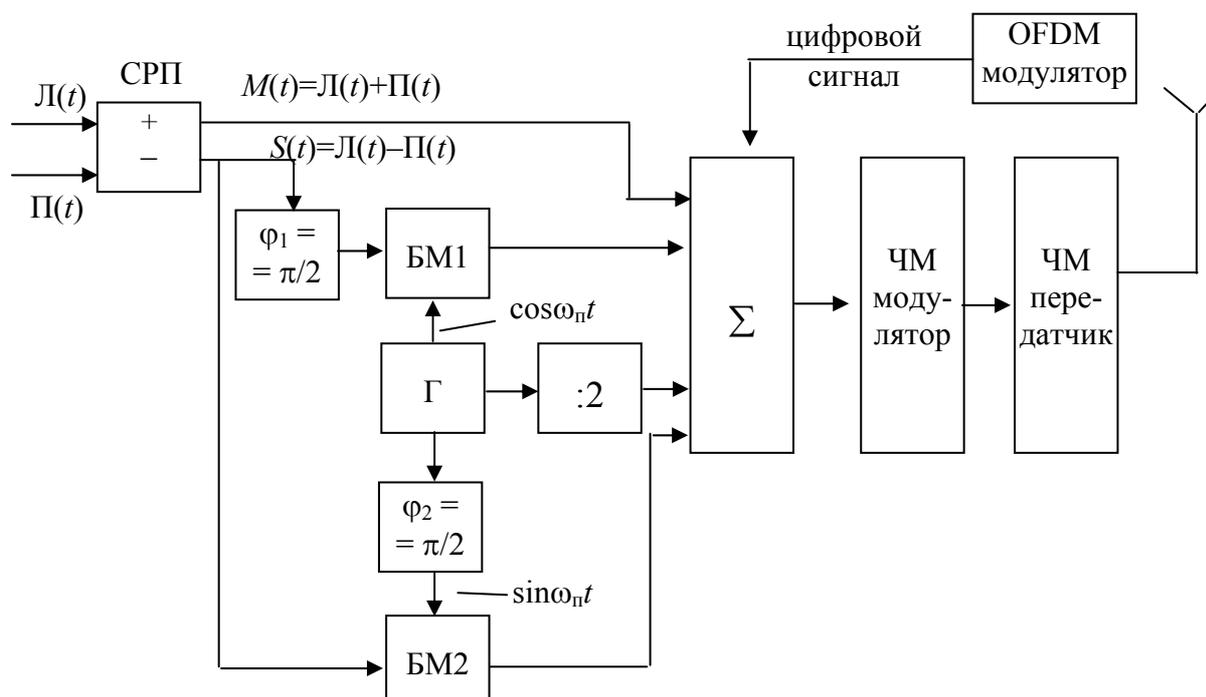


Рисунок 4 – Структурная схема радиопередающего тракта гибридной цифровой системы ЧМ/ОБП:

$A(t)$, $B(t)$ – сигналы стереопары; СРП – суммарно-разностный преобразователь; БМ – балансный модулятор; Г – генератор поднесущей; φ_1 – широкополосный фазовращатель; φ_2 – фазовращатель поднесущей на $\pi/2$; Σ – сумматор

Шумовые свойства стереофонической системы определяется структурой ССС и особенностями шумов на выходе частотного детектора. Расчеты показывают, что при передаче разностного сигнала в нижней ОБП отношение сигнала к шуму увеличится на 3,7 dB. Ухудшение шумовых свойств в цифровом канале остается, практически тем же, что и в разностном канале (рис. 3) системы стереофонического радиовещания с пилот-тоном.

Улучшение помехозащищенности в разностном канале позволяет увеличить зону уверенного приема стереофонического радиовещания.

В полосе 12 кГц (41...53 кГц), занимаемой цифровыми сигналами, используя технологию DRM кодирования источника, можно осуществить формирование цифрового потока системы DRM.

При использовании модуляции несущих символов OFDM 16-QAM и скорости сверточного кодирования $R = 0,62$ можно сформировать цифровой поток 28 кбит/с. В этом потоке, по рекомендации фирмы Telefunken, можно реализовать стереофоническую передачу (24 кбит/с), информационную речевую программу (2 кбит/с) и дополнительную сервисную информацию.

Таким образом, гибридная система FM/BBS/DRM позволяет осуществить передачу двух стереофонических программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая, что к 2015 г. в Украине должен быть обеспечен переход на цифровое вещание, целесообразно реализовать постепенный переход от аналогового к цифровому.

Наиболее подходящими аналого/цифровыми системами можно считать системы FMExtra и ЧМ/ОБП/DRM.

Реализация разработанной в Украине системы ЧМ/ОБП/DRM не представляет собой сложности. Система практически совместима с существующей системой ОБЧ-ЧМ, монофонического и стереофонического радиовещания, а цифровой модулятор и цифровая приставка к приемнику могут быть изготовлены на базе отечественных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4053-2001. Система стереофонічного звукового мовлення з пілот-тоном. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. Київ, Держстандарт України, 2001.
2. Document ITU-R 6E/459-E MPX DRM ENCAPSULATOR – A System for the transition period from analogue to digital in broadcasting service band. II April, 2007.
3. Recommendation ITU-R BS 450-3. Transmission Standards for FM Sound Broadcasting at VHF.
4. ETSI EN 101 980 V1.1 (2001-09) DRM System Specification.
5. Рихтер С.Г. Цифровое радиовещание. – М.: Горячая линия, Телеком, 2004. – 352 с.
6. Federal Network Agency/ FMextra Compatibility Measurement. Germany, September, 2007.
7. Выходец А.А., Захарин В.М. Юрченко В.В. Гибридная система цифрового ОБЧ-ЧМ радиовещания // ТРК –2009–№2–С.86-87
8. ITU-R Document 6A/92-E Ukraine – Hybrid system FM/SSB/DRM for transition period from analog to digital broadcasting 13 October 2008.
9. Выходец А.В., Захарин В.М. Система стереофонического МВ-ЧМ вещания с повышенной помехозащищенностью // Праці УНДІРТ. – 2000. – № 2(33). – С. 56-59.