

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМ ЦИФРОВОГО
ЗВУКОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ**

АНТОНЕНКО А.Н.
Концерн РРТ

ВЫХОДЕЦ А.В.
ГП УНИИРТ

ЮРЧЕНКО В.В.
Национальная радиоккомпания Украины

**COMPARATIVE ESTIMATION OF SYSTEMS OF DIGITAL
SOUND BROADCASTING**

ANTONENKO A.N., VYKHODETS A.V., YURCHENKO V.V.

Организацию цифрового звукового радиовещания (ЦЗР) в Украине необходимо осуществлять с учетом мировых тенденций внедрения новых технологий.

Таким образом, для Украины очень важен наискорейший выбор системы ЦЗР и начало осуществления программы внедрения сетей цифрового звукового радиовещания, иначе ей грозит как отставание в удовлетворении социальных потребностей общества, так и неконкурентоспособности отечественного оборудования на мировом и внутреннем рынках.

Широкое использование прогрессивной цифровой технологии для реализации радиовещательных систем способно решить возникшие проблемы улучшения качества звукового вещания. Для разработки цифровой системы радиовещания DAB, которая обеспечила бы качество радиовещания, сравнимое с качеством, получаемым при использовании компакт-дисков, была бы нечувствительна к многолучевости приема, позволила бы увеличить число передаваемых вещательных программ и увеличить количество различных услуг, под эгидой СЕРТ (The Conference of European Postal and Telecommunication Administration) и EBU (European Broadcasting Union) в 1987 г. была организована исследовательская группа, получившая название "Eureka-147". Эта группа разработала систему цифрового радиовещания T-DAB (Terrestrial Digital Audio Broadcasting) [1].

Технический комитет всемирной конференции по вопросам радиовещания (Union Technical Committee of World Conference of Broadcasting) рекомендовал систему "Eureka-147" для организации наземной (terrestrial), спутниковой, гибридной (спутниковой и наземной) и кабельной сетей радиовещания.

Первые передачи в системе DAB начались в 1995 году. В настоящее время сотни DAB передатчиков работают практически во всех странах Европы. В отдельных странах (Германия, Швеция, Англия и др.) покрытие территории цифровым звуковым радиовещанием в формате DAB приближается к 90 %.

В 2006 г. на Региональной конференции радиосвязи [2] был принят план выделения частотных каналов в полосе частот 174...230 МГц. В основу разработки плана был положен метод планирования выделений на основе одночастотных синхронных сетей. С этой целью территория Украины была разделена на 81 зону выделения. В работе [3] приведены соответствующие частотные блоки.

В системе DAB в одном радиоканале с полосой 1,536 МГц и скоростью передачи цифровых сигналов равно 2,4 Мбит/с, возможна передача нескольких радиопрограмм с разным качеством, включая и качество компакт-дисков при разных форматах звука: двухканальные

стерео, пространственное звучание (Dolby Surround, Dolby Prologic) и (Dolby Digital).

В дополнение к вещательным программам предусматривается до нескольких десятков каналов с дополнительной сервисной информацией. Необходимо отметить, что в системе вещания T-DAB используются передатчики небольшой мощности 0,5 – 1 кВт, что из расчета на одну программу позволяет существенно понизить энергопотребление.

Алгоритм сжатия сигнала источника соответствует стандарту MPEG-2 ISO/IEC 13818-3 Layer 2 [3]. Исследования, проводимые по оценке качества воспринимаемых звуковых сигналов, привели к следующему выводу: применение сжатия стандарта MPEG-2 Layer 2 при кодировании высококачественных звуковых сигналов требует пропускной способности канала при передаче одного монофонического сигнала не менее 128, а лучше 192 кбит/с. При передаче стереофонических сигналов (2 канала) соответственно 256 и 384 кбит/с.

Такие значения скорости цифрового потока при передаче сигналов звукового вещания, учитывая появившиеся новые стандарты сжатия источника сигнала (MP3, MP4), в настоящее время нельзя считать удовлетворительными.

В настоящее время наблюдается замедление распространения системы T-DAB.

Система цифрового радиовещания DRM (Digital Radio Mondiale) появилась значительно позже системы DAB. С целью ее разработки в 1998 г. был создан Консорциум DRM. Членами этого консорциума в настоящее время являются более 150 различных организаций, находящихся во многих странах всех континентов.

Начиная с 2003 г., начались цифровые передачи в системе DRM [4].

Эта система предназначена для организации цифрового звукового вещания в диапазонах ниже 30 МГц, т.е. диапазонах длинных, средних и коротких волн. Количество передатчиков уже насчитывается десятками. Преимуществом системы DRM при охвате высококачественным вещанием больших территорий является резкое снижение энергопотребления передатчиками (требуемая мощность которых на порядок ниже мощности аналоговых передатчиков).

Начиная с 2005 г. Консорциумом DRM ведется разработка полностью цифровой системы DRM+ для диапазона частот 87,5 – 108 МГц. В 2008 г. планируется провести полевые испытания и закончить разработку стандарта.

Эта система предназначена для организации цифрового звукового вещания.

Применение технологии MPEG-4 ISO/IEC 14496-3 позволяет дополнительно (по сравнению с алгоритмом сжатия MPEG-2 Layer 2) уменьшить скорость цифрового потока практически в 10 раз, что существенно экономит частотный ресурс при передаче по радиоканалу.

В системе DRM применена более эффективная модуляция – OFDM/QAM, а также сверточное кодирование, перемежение как битов, так и QAM-ячеек, обеспечивающее, в конечном итоге, лучшее использование радиочастотного ресурса и более высокий уровень защиты от ошибок.

Полоса частот, занимаемая цифровыми сигналами DRM+, равна 96 кГц, поэтому система полностью совместима с системой ОБЧ-ЧМ вещания, в которой разнос между несущими частотами принят равным 100 кГц (рис. 1). В цифровом потоке, равном 186 кбит/с, можно передавать до 4-х высококачественных программ звукового вещания.

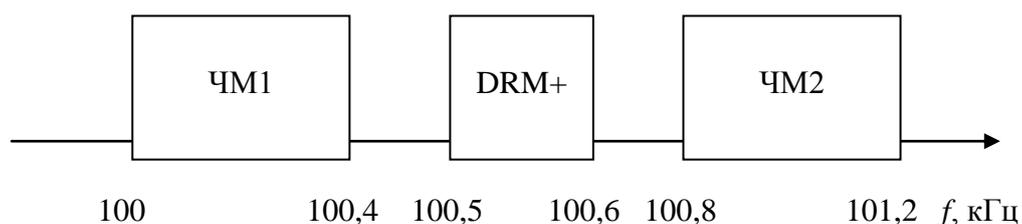


Рисунок 1 – Спектр сигнала системы DRM+ в диапазоне ОВЧ-ЧМ

В США разработана и широко используется система HD-радио. Эта система основана на технологии IBOC [5]. Система может использоваться как в гибридном варианте (передаются одновременно аналоговые сигналы и цифровые) (рис. 2), так и в цифровом.

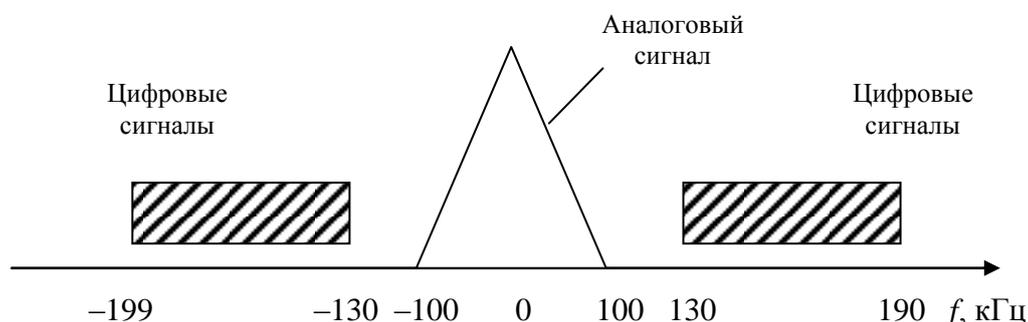


Рисунок 1 – Система HD-радио в гибридном варианте

В гибридной системе HD-радио для передачи аналоговых и цифровых сигналов требуется полоса частот радиоспектра, равная 400 кГц, причем для передачи и аналогового и цифрового сигнала используется по 200 кГц. Аналоговый сигнал передается в центральной полосе, а цифровые в двух боковых полосах по 100 кГц каждая (каждая из полос равна 70 кГц). Количество передаваемых программ в цифровом потоке равна 3 м, причем одна из программ дублирует программу, передаваемую в аналоговом канале.

Как и в системе DRM+ для сжатия сигналов источника используется технология стандарта MPEG-4. Модуляция OFDM сигнала – QPSK, позволяет обеспечить высокую помехоустойчивость системы.

В Украине и других европейских странах при организации стереофонического вещания с пилот-тоном в диапазоне с ЧМ для передачи аналогового сигнала требуется полоса частот 400 кГц, из которых собственно аналоговый сигнал занимает полосу 200 кГц, а остальные 200 кГц выполняют защитные функции.

Поскольку в Украине номинальные частоты в диапазоне 87,5 - 108 МГц кратны 100 кГц, т.е. разнос между несущими составляет 100 кГц, при частотном планировании системы HD-радио возникнут определенные трудности. Мешающими каналами для канала HD-радио будут являться каналы, несущие которых отстоят на 100, 200 и 300 кГц.

Так при частотном разнесе 100 кГц между полезной HD-станцией и мешающей появляется помеха от аналогового мешающего сигнала на полезный цифровой сигнал.

При частотном разнесе 300 кГц появляется помеха от цифрового мешающего сигнала на полезный цифровой.

При разнесе 200 кГц появляется помеха от аналогового сигнала на цифровой.

Однако, в каждой из цифровых полос спектра системы HD-радио контент одинаков, поэтому при появлении помех на любой из полос качество вещания не ухудшается. Это по-

вышает помехоустойчивость системы.

Система DRM первоначально разрабатывалась для использования в диапазоне с АМ, т.е. для частот ниже 30 МГц.

Главная цель, которую ставили при разработке системы – резко улучшить качество вещания по сравнению с аналоговым, особенно в диапазоне коротких волн, что позволит перевести вещательный ДКМВ диапазон из разряда информационного в разряд художественно-информационного.

В системе DRM может быть реализован режим гибридной передачи, когда АМ передатчик используется для передачи как аналогового, так и цифрового DRM сигнала. Такой режим передачи позволяет осуществить плавный переход от аналогового к чисто цифровому режиму передачи в диапазонах ниже 30 МГц.

Следует отметить, что как для гибридной передачи (одновременно передается как аналоговый, так и цифровой DRM сигнал), так и для передачи только цифровых DRM сигналов не требуется выделения дополнительных радиочастот. Могут быть задействованы радиочастоты, используемые в настоящее время для аналогового вещания. Условием передачи только цифровых DRM сигналов является требование уменьшения на 6 дБ мощности передатчика, используемого для аналоговых передач.

В действующем варианте системы DRM обеспечивается передача по радиоканалу с полосой 10, 18 и 20 кГц сигналов высококачественного радиовещания, имеющего полосу частот каждого канала звука, равную 40 Гц-15 кГц.

Еще одним достоинством системы DRM является узкая полоса частот радиоканала (4,5; 5,0; 9,0; 18; 20 кГц), что является необходимым условием успешного ее применения в диапазонах аналогового радиовещания с амплитудной модуляцией. В отличие от аналогового радиовещания, альтернативная ему система DRM обеспечивает передачу сигналов звукового радиовещания с качеством ЧМ вещания и без слышимых помех.

Система IBOC (In-Band-On-Channel) также разрабатывалась с целью улучшения качества звукового вещания по сравнению с АМ вещанием. Как и система DRM эта система – гибридная, т.е. позволяет одновременно передавать как аналоговые, так и цифровые сигналы. К достоинствам системы следует отнести возможность передачи стереофонических программ. Система в достаточном количестве обеспечена недорогими приемниками. Однако требуемая полоса радиоканала равна 30 кГц, что является несовместимым с принятым в Украине и европейских странах допустимым значением полосы радиоканала в системе с АМ, равном 20 кГц.

Система IBOC может работать в качестве полностью цифровой. В этом случае спектр цифровых сигналов занимает полосу, равную 20 кГц, что обеспечивает совместимость с принятыми в Европе требованиями к ширине полосы радиоканала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенно ценной при реализации систем DRM и IBOC является возможность покрытия больших территорий передатчиком с мощностью намного меньшей аналогового. Это позволяет обеспечить высококачественным вещанием территории с малой плотностью населения, в сельских районах и гористой местности.

Все рассмотренные выше системы ЦЗР T-DAB, DRM+, HD-радио в диапазоне ОБЧ обеспечивают высокое качество вещания близкое к качеству воспроизведения с CD.

Для передачи ЦЗР в системе T-DAB требуется полоса частот 1,56 МГц, в которой может быть передано 6-10 программ вещания с разным качеством.

В настоящее время промышленностью стран Европы выпущены десятки наименований переносных, автомобильных и стационарных приемников.

Основным недостатком этой системы сегодня является уже устаревшая технология сжатия данных MPEG-2 Layer 2. Система DAB ориентирована на применение большого числа передатчиков (3-6), работающих в синхронном режиме и обеспечивающая покрытием территории с большой плотностью населения. Она малоэффективна для обеспечения покрытия районов с малой плотностью населения, что характерно для сельских районов и горной местности.

В итоге на практике эти недостатки перевесили такие несомненные преимущества стандарта, как возможность создания одночастотной (синхронной) сети вещания и ее универсальность, что привело к замедлению распространения системы DAB в мире.

Система DRM+ предназначена для работы в диапазоне 87,5 - 108 МГц. Требуемая полоса частот - 96 кГц, что свидетельствует о достаточно экономном использовании радиочастотного спектра. Могут передаваться до четырех программ вещания. Система совместима с эксплуатируемыми в этом диапазоне частот станциями ОВЧ-ЧМ вещания.

Основным недостатком системы в настоящее время является отсутствие недорогих приемников.

Гибридная система HD-радио также предназначена для работы в диапазоне 87,5 - 108 МГц. Требуемая полоса частот составляет 400 кГц, из которых 200 кГц используется для передачи аналогового сигнала и 200 кГц (в двух боковых полосах) – для цифрового. Для радиоприема сигналов HD-радио выпущено достаточное количество наименований сравнительно недорогих автомобильных, переносных и стационарных приемников.

К недостаткам системы следует отнести неэкономное использование радиочастотного спектра и слабую совместимость с существующей системой ОВЧ-ЧМ вещания.

Полностью цифровая система HD-радио также занимает полосу 400 кГц. Возможна передача до 8 вещательных программ. Недостатки системы те же, что и у гибридной.

К преимуществам системы DRM+ и HD-радио в сравнении с DAB можно отнести то, что при их внедрении не требуется:

- построения принципиально новой передающей сети;
- полной замены радиопередающего оборудования (необходима лишь его модернизация).

Системы цифрового вещания для диапазонов ДВ, СВ и КВ – IBOC и DRM позволяют существенно улучшить качество звукового вещания по сравнению с вещанием с АМ. Причем в системе IBOC в связи с более широкой полосой радиоканала (30 кГц) возможно осуществить стереофонические передачи.

Система обеспечена достаточным количеством доступных по цене приемников.

Система DRM позволяет осуществлять цифровое вещание с достаточно хорошим качеством. Однако высокая стоимость приемного устройства препятствует ее широкому распространению.

В настоящее время разработаны мощные передатчики с КПД более 90%, предназначенные для использования как в системе DRM, так и в системе IBOC.

Завершая обзор цифровых систем радиовещания потенциально пригодных для организации цифрового вещания, следует указать на сложность выбора системы в настоящее время.

Если в настоящее время проектировать вещательную сеть ЦЗР в диапазоне 87,5...108 МГц, то наибольшую готовность к реализации имеет система HD-радио. Это относится как к модуляторам и передатчикам, так и к большому разнообразию недорогих приемников.

Однако, учитывая то, что частотный ресурс в диапазоне ОВЧ-ЧМ практически полностью исчерпан, в настоящее время невозможно обеспечить частотными каналами большое количество станций HD-радио. Кроме того, для снижения уровня взаимных помех между аналоговыми ЧМ станциями и HD-радио необходимо увеличить существующее терри-

ториальное разнесение станций с ЧМ.

Система DRM+ еще не прошла полевых испытаний и подобно системе DRM также не обеспечена достаточным количеством недорогих приемников.

Таким образом, нет полных технических данных, способствующих однозначному выбору системы.

Кроме того, выбор системы может быть осуществлен только после проведения полевых испытаний в Украине и тщательного технико-экономического анализа принятого решения.

Литература

- 1 ETS 300 401: Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers. RTSI, February, 1995.
- 2 Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях районов 1 и 3 в полосах частот 174-230 МГц и 470 - 862 МГц (РКР-06) Женева, 2006 г.
- 3 Выходец А.В., Ганжа С.Н., Лапин В.А. Цифровое звуковое радиовещание / Под общ. ред. Н.К. Михайлова. – Одесса: "Феникс", 2006. – 272 с.
- 4 ETSI EN 101 980 V1.1 (2001-09) DRM System Specification.
- 5 Document ITU-R CE/22E. Digital system C. System description.
- 6 Выходец А.В., Юрченко В.В. Цифровое звуковое радиовещание в СВ и диапазонах // Праці УНДІРТ. - № 4(32). - 2002. - С. 24 - 30.