

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В УКРАИНЕ

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 неконкурентоспособность 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 (Швеция, Англия, Дания 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 компрессии источника сигнала соответствует стандарту MPEG 2 ISO/IEC 13818-3 Layer 2 [3]. Исследования, проводимые по оценке качества воспринимаемых звуковых сигналов, привели к следующему выводу: применение компрессии стандарта MPEG 2 Layer 2 при кодировании высококачественных звуковых сигналов требует пропускной

способности канала при передаче одного моносигнала 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 компрессии источника сигнала (MP3, MP4), в настоящее время нельзя считать удовлетворительными.

Для передачи ЦЗР в системе 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.

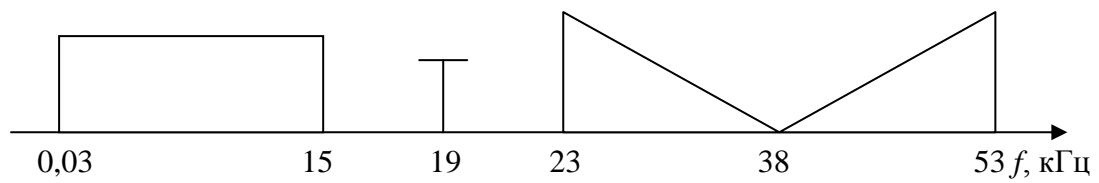
Основным недостатком этой системы сегодня является уже устаревшая технология компрессии данных MPEG 2 Layer 2. Система DAB ориентирована на применение большого числа передатчиков (3-6), работающих в синхронном режиме и обеспечивающая покрытием территории с большой плотностью населения. Она малоэффективна 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.

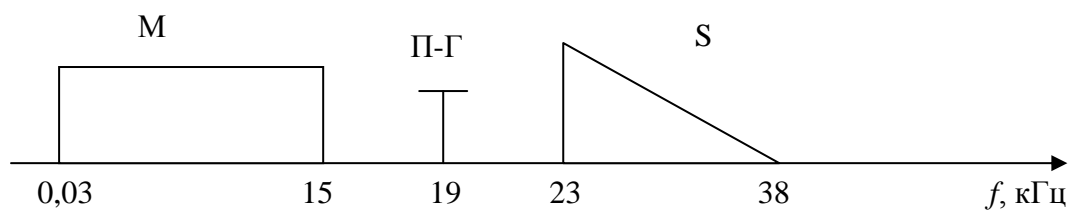
В настоящее время ведется разработка системы DAB+, в которой будут учтены отдельные недостатки системы DAB. Однако о сроках завершения работы пока неизвестно.

Гибридные цифровые системы цифрового звукового радиовещания

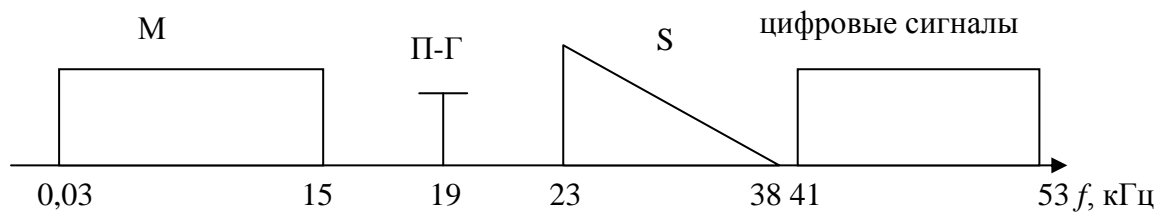
СИСТЕМА ЧМ/ОБП/DRM ДЛЯ ПОСТЕПЕННОГО ПЕРЕХОДА ОТ АНАЛОГОВОГО К ЦИФРОВОМУ РАДИОВЕЩАНИЮ В ДИАПАЗОНЕ 87,5...108 МГц



а)



б)



в)

Спектральные характеристики сложного стереофонического сигнала ССС (а, б); спектральная характеристика ССС и цифровых сигналов (в)

Гибридная система FMeXtra

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

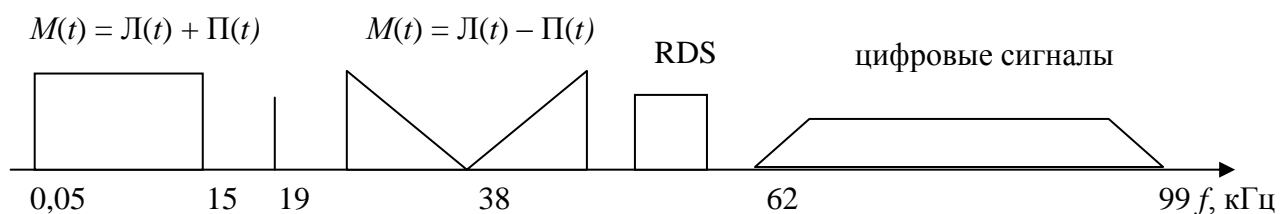


Диаграмма спектра составного сигнала гибридной цифровой системы FMeXtra

Система FMeXtra разработана сравнительно недавно. Появление массового приемника ожидается в 2008 г.

К гибридным системам, предназначенным для плавного перехода от аналогового к цифровому звуковому вещанию, относится система FM/DRM, предложенная специалистами Италии.

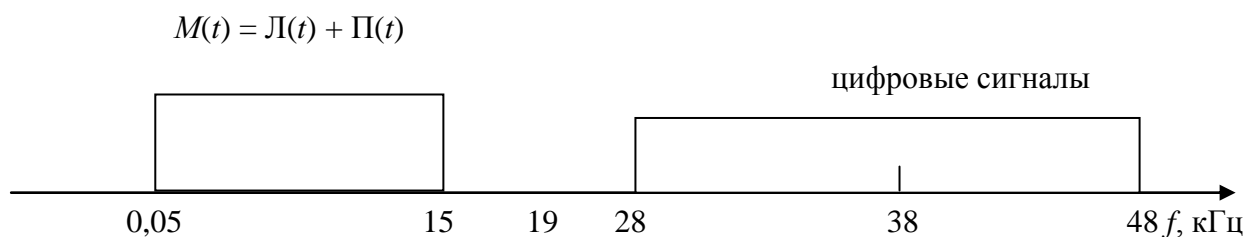


Диаграмма спектра составного сигнала гибридной цифровой системы FM/DRM,

Л(t) и П(t) – сигналы стереопары

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.

Система цифрового радиовещания DRM (Digital Radio Mondiale) появилась значительно позже системы DAB. С целью ее разработки в 1998 г. был создан DRM Консорциум. 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 (Всемирное цифровое радио) [6].

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 энергопотребление передатчиками (требуемая мощность которых на порядок ниже мощности аналоговых передатчиков).

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.

Применение технологии MPEG-4 ISO/IEC 14496-3 позволяет дополнительно (по сравнению с алгоритмом компрессии 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.

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

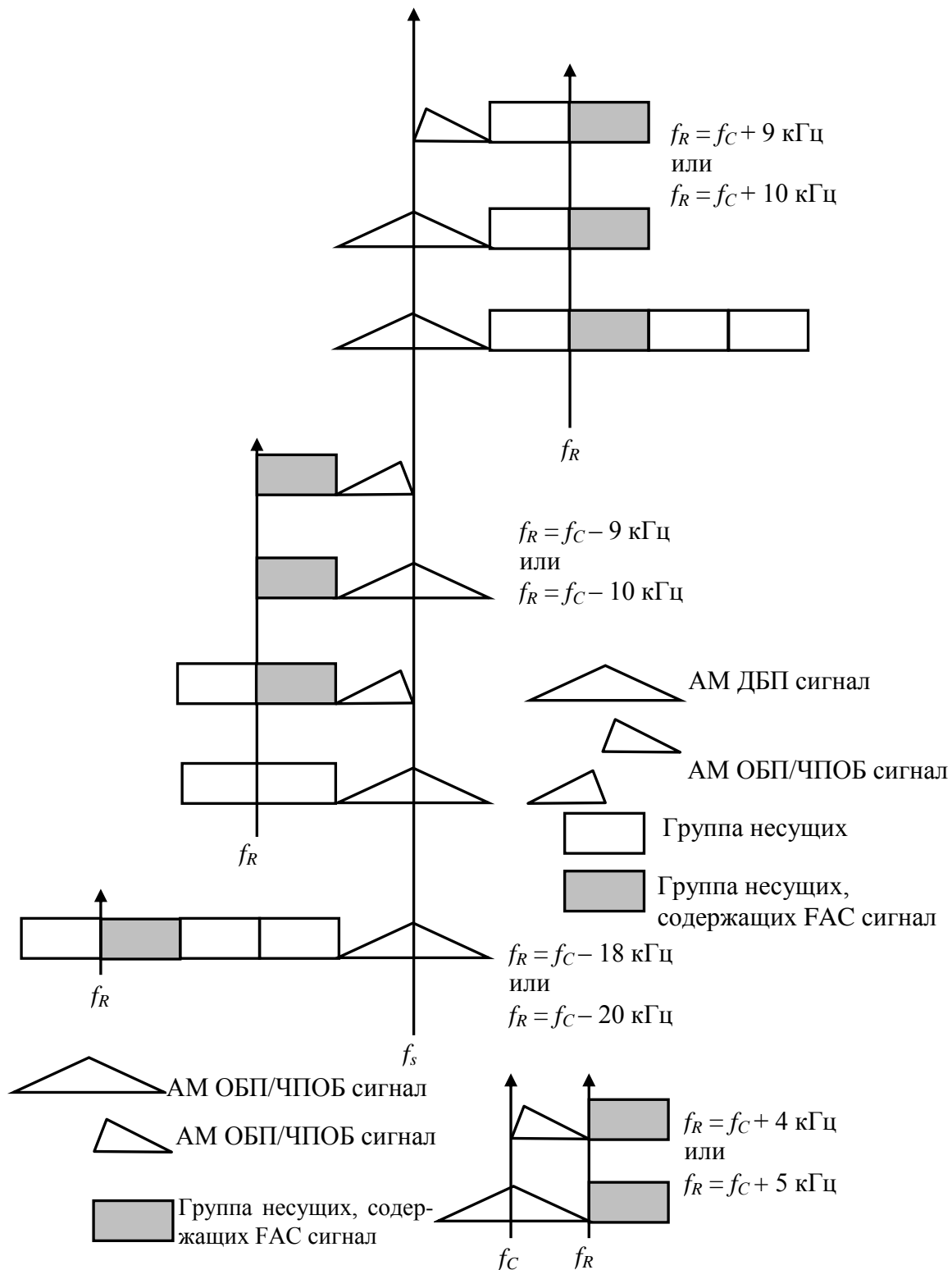


Рисунок 1. Пример использования радиоканала при совместной передаче AM и DRM

Существующий стандарт DRM, как показано выше, разработан для радиовещания в диапазоне МВ, СВ и КВ.

Начиная с 2005 г., Консорциумом DRM ведется разработка полностью цифровой системы DRM+ для диапазонов 57...68 МГц, 66...74 МГц, 76...90 МГц, 87,5...108 МГц.

Система DRM+ – это расширение стандарта DRM на указанных выше диапазонах частот.

Новая система использует логическую структуру и существующие наработки стандарта DRM.

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.

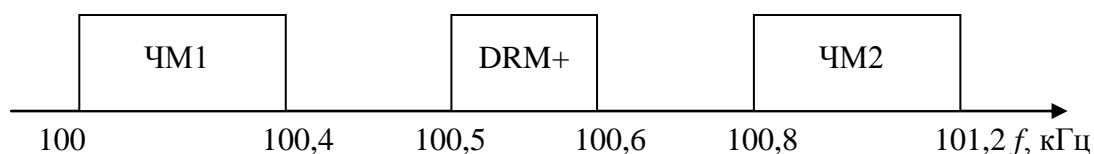


Рисунок 2 – Спектр системы DRM+ в диапазоне ОБЧ-ЧМ

Система рассчитана для работы с задержкой канала до 600 мкс и доплеровским сдвигом частоты 15 Гц. Модуляция несущих 4/16 КАМ.

Модификацию стандарта DRM на DRM + планируется завершить в 2009 г., тогда же закончить и полевые испытания.

Разработку рекомендаций МСЭ-Р, внедрение системы DRM + планируется закончить к 2012 г. К этому же году будет разработан соответствующий частотный план.

Приемников системы DRM+ в настоящее время практически нет. Разработан один образец и стоимость его достаточно высока.

Европейский союз вещателей планирует заменить существующую систему аналогового ОБЧ-ЧМ вещания на систему DRM+.

В США разработана и широко используется система цифрового радиовещания IBOC (In-Band-On-Channel) для диапазонов МВ и СВ.

Эта система разработана для работы как в «гибридном», так и в полностью цифровом режиме. В гибридном режиме цифровой сигнал передается в боковых полосах по обе стороны аналогового сигнала, а так же в той полосе, что и аналоговый сигнал, но с более низким уровнем (рисунок 2).

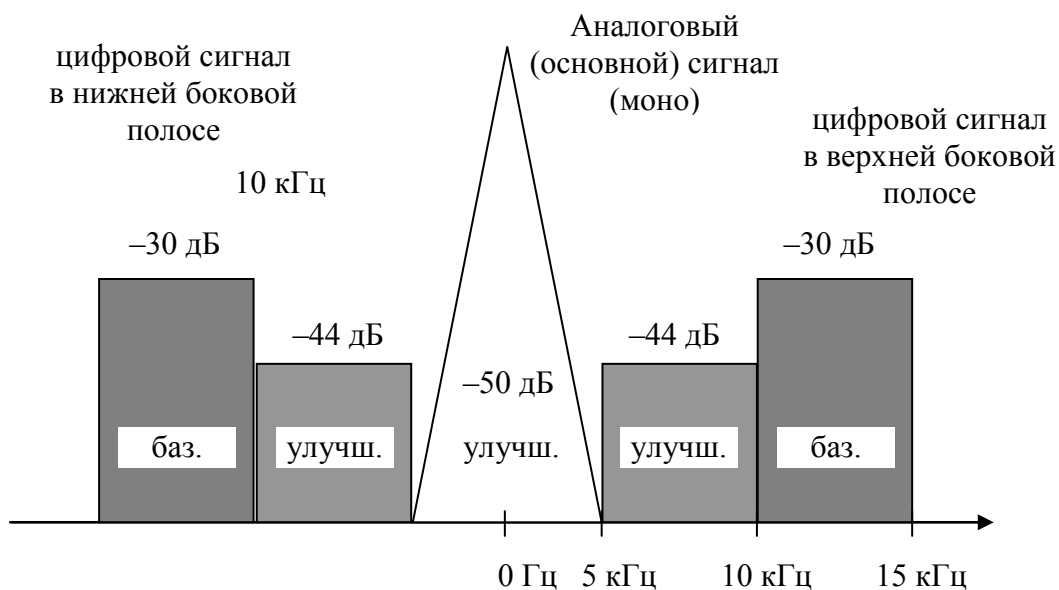


Рисунок 3 – Спектральная плотность мощности гибридного сигнала в цифровой системе IBOC в ДВ, СВ, КВ

Излучаемая мощность всех цифровых полос и поднесущих ниже мощности аналогового АМ канала.

В гибридной системе в цифровом канале информация передается со скоростью 20 кбит/с (базовые полосы) или 36 кбит/с (при добавлении улучшенной частотных полос).

В аналоговом и цифровом канале передается одна и та же звуковая передача.

К недостаткам системы следует отнести высокую чувствительность к искажениям вследствие многолучевости из-за интерференции земной и пространственной волн. В связи с этим передачи в ночное время практически не ведутся.

Система IBOC (In-Band-On-Channel) 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. 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.

На основе технологии IBOC в США разработана система HD Radio для диапазона 87,5...108 МГц.

Система может использоваться как в гибридном варианте (передаются одновременно аналоговые сигналы и цифровые) (рис. 2), так и в цифровом.

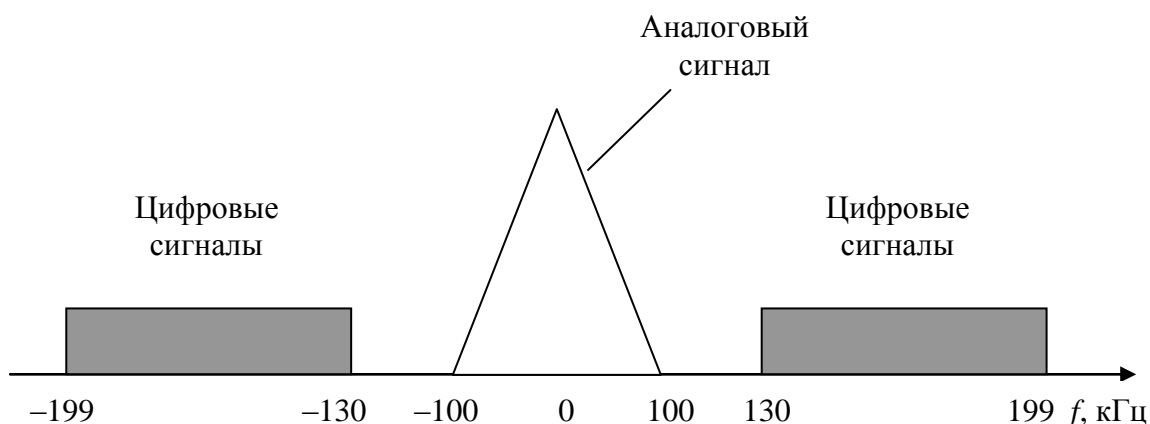


Рис. 3 – Спектр системы HD Radio

В гибридной системе HD Radio 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 компрессии сигналов источника используется технология стандарта MPEG-4. Модуляция OFDM сигнала - QPSK, позволяющая 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 разnose 100 кГц между полезной HD станцией и мешающей появляется помеха от аналогового мешающего сигнала на полезный цифровой сигнал.

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

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

Однако, в каждой из цифровых полосах спектра системы HD Radio контент одинаков, поэтому при появлении помех на любой из полос качество вещания не ухудшается. Это повышает помехоустойчивость системы.

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 НО Радио также занимает полосу 400 кГц. Возможна передача до 8 вещательных программ. Недостатки системы те же, что и у гибридной.

Выводы

В заключение следует отметить, что все рассмотренные выше системы цифрового вещания T-DAB, DRM+, HD Радио в диапазоне ОВЧ обеспечивают достаточно высокое качество вещания.

Для Украины на Региональной конференции по радиосвязи в 2006 г. для системы T-DAB выделены блоки частот, позволяющие осуществить цифровое радиовещание в диапазоне 174-230 МГц.

В настоящее время промышленностью стран Европы выпущены десятки наименований переносных, автомобильных и стационарных для организации вещания в городах при этом требуется установка нескольких передатчиков, работающих в синхронном режиме, установленных в углах шестиугольника или квадрата при высоте подвеса антенн, равной 150 м.

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 ее незавершенность и отсутствие недорогих приемников.

Гибридная система HD Радио предназначена для работы в диапазоне 87,5 - 108 МГц. 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.

Системы цифрового вещания для диапазонов ДСВ 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. Однако система предназначена только для диапазона ГМВ и работает, практически, только в дневное время. Система обеспечена достаточно недорогими приемниками. Однако согласно Решению Региональной конференции по радиовещанию в диапазоне СВ. и КВ. (Женева 1975) полоса частот радиоканала в Европейских странах не может превышать 20 кГц. Последнему требованию удовлетворяет система DRM. К недостаткам этой системы в настоящее время следует отнести высокую стоимость приемника, что препятствует ее широкому распространению [3].

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

Еще нет заключения о результатах полевых испытаний системы DRM+. С учетом недостаточной совместимости системы HD Radio необходимо выполнить расчет требуемого частотно-территориального разнесения планируемых и эксплуатируемых станций и оценить возможность выделения частот для этой системы.

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

Особенно актуальным является однозначный выбор системы для диапазона 87,5...108 МГц, где используется система с ЧМ и где количество передатчиков в Украине исчисляется многими сотнями. По прогнозам специалистов аналоговое ЧМ звуковое радиовещания будет использоваться и

после 2015 года. Этому способствует хорошее качество стереофонического звуковоспроизведения, недорогие приемники и развитая передающая сеть.

С учетом этого переход на цифровое радиовещание, вероятно, следует осуществлять только тогда, когда будут созданы все условия для внедрения одной системы успешно прошедшей полевые испытания и обеспеченной достаточно большим количеством недорогих приемников.

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 Document ITU-R 6A/92 Hybrid System /SSB/FM for transition period from analog to digital broadcasting, 2008
- 5.FMeXtra Compatibility Measurements. Federal Network Agency. Germany, September, 2007
6. ETSI EN 101 980 V1.1 (2001-09) DRM System Specification.
7. Document ITU R CE/22E. Digital system C. System description. 2000.
8. Выходец А.В., Юрченко В.В. Цифровое звуковое радиовещание в СВ и диапазонах // Прац УНДІРТ. - № 4(32). - 2002. - С. 24 - 30.