

Научная статья

УДК 621.396.712

DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-2-100-107



Экспериментальный тракт совместной передачи в общем радиоканале сигналов аналогового ЧМ-и цифрового DRM-радиовещания

Сергей Анатольевич Соколов, sokoloff@digiton.ru

ООО «Дигитон Системс»,
Санкт-Петербург, 191123, Российская Федерация

Аннотация: Изложено состояние современной российской радиоиндустрии, исследованы схемы организации тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в диапазоне ОВЧ, описана реализация экспериментального тракта, использованная в опытной зоне аналого-цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в полосе частот 87,5–108 МГц в Санкт-Петербурге в период 2019–2020 гг. Даны рекомендации по применению системы цифрового радиовещания DRM на переходном периоде в диапазоне ОВЧ в Российской Федерации.

Ключевые слова: ЧМ-радиовещание, DRM-радиовещание, ЧМ/DRM-радиовещание

Ссылка для цитирования: Соколов С.А. Экспериментальный тракт совместной передачи в общем радиоканале сигналов аналогового ЧМ-и цифрового DRM-радиовещания // Труды учебных заведений связи. 2022. Т. 8. № 2. С. 100–107. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-2-100-107

Block Diagram of the DRM Simulcast Trial Equipment Configuration in FM Band

Sergei Anatolievich Sokolov, sokoloff@digiton.ru

Digiton Systems, LLC,
St. Petersburg, 191123, Russian Federation

Abstract: The article describes the current state of Russian radio broadcasting industry, study and implementation of block diagram of the DRM Simulcast trial equipment configuration in FM band, based on the carried out a high-power field trial of the DRM system in DRM Simulcast mode during 2019 to 2020. Recommendations for DRM digital broadcasting system implementation during the transitional period in the VHF band in the Russian Federation is presented.

Keywords: FM broadcasting, DRM digital audio broadcasting, DRM Simulcast

For citation: Sokolov S. Block Diagram of the DRM Simulcast Trial Equipment Configuration in FM Band. *Proc. of Telecom. Universities*. 2022;8(2):100–107. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-2-100-107

Введение

Радио [1] всегда выполняло не только развлекательную, но и важную просветительскую, а также образовательную функцию [2]. В текущей обстановке роль радио [3] для обеспечения своевременного информирования [4] населения важна как никогда. Радиовещание востребовано как в крупных

городах, так и в российских регионах, где является самым популярным и оперативным средством массовой информации. По данным измерений российской аудитории радиостанций, в 2022 г. более 90 % россиян имеют радиоприемник (исследование АО «Медиаскоп» среди жителей РФ в возрасте от 12 лет и старше в рамках проекта Radio Index). Бо-

более 80 % россиян каждую неделю слушают радио. Исследования говорят о том, что радио слушают все категории населения: мужчины и женщины, взрослые и дети, работающие и неработающие.

На сегодняшний день в российском диапазоне ОВЧ II действуют более 3000 радиостанций, на которых работают десятки тысяч человек: в том числе журналисты, ведущие, работники культуры, технические специалисты, административно-управленческий персонал. Абсолютное большинство радиостанций являются коммерческими, т. е. их доходы в основном состоят из выручки от продажи рекламы [5]. При этом общий объем рекламы на радио падает: если в 2018 г. он составлял 16,9 млрд. руб., то в 2021 г. – лишь 14 млрд. руб. Падение объема рекламы вызвано как уменьшением аудитории радиовещания из-за ее оттока к новым видам медиа (социальным сетям, стриминговым сервисам и другому контенту, потребляемому через Интернет), так и экономическим кризисом, вызванным последствиями пандемии и антироссийскими санкциями.

В таких условиях механизм выделения частот для цифрового радиовещания (ЦРВ) должен учитывать интересы радиоиндустрии [6], а в конечном счете – радиослушателей. Неосмотрительные шаги по ускорению переходного периода от аналогового к цифровому радиовещанию могут привести к уходу из радиоиндустрии ключевых игроков, инвесторов, потере рабочих мест и падению стоимости радиовещательных бизнесов. При форсировании перехода к ЦРВ стоимость аналоговых частот, как актива, упадет, что приведет к потере инвесторами средств, вложенных в индустрию радиовещания.

Для недопущения разрушения существующей радиовещательной индустрии цифровые частоты для DRM-вещания в диапазоне ОВЧ II (87,5...108 МГц) разумно выдавать только существующим ЧМ-вещателям. При этом для возможности работы в режиме аналого-цифрового ЧМ/DRM-радиовещания с использованием одного передатчика и общего антенно-фидерного устройства (АФУ), полосы частот для ЦРВ необходимо выделять с разносом несущих частот DRM- и ЧМ-сигналов в 150 или 200 кГц. С учетом шага сетки несущих частот, равной 400 (реже 300) кГц, при разном несущих частот DRM- и ЧМ-сигналов на 150 или 200 кГц, цифровой сигнал будет находиться ровно посередине между соседними частотами действующих радиостанций (рисунок 1).

Целью статьи является разработка структуры и реализация тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в диапазоне ОВЧ. Полученная структура могла бы использоваться вещателями и операторами связи как типовое решение

при реализации механизма выдачи частот для ЦРВ в стандарте DRM в диапазоне ОВЧ II.

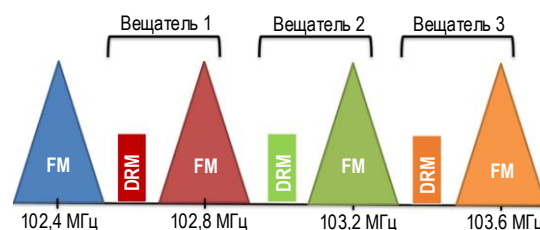


Рис. 1. Принцип выделения частот для ЦРВ в диапазоне ОВЧ II

Fig. 1. The Idea of Frequencies Allocation for DRM Digital Audio Broadcasting in the VHF Band II

Разработка требований, предъявляемых к структуре экспериментального ЧМ/DRM-тракта

Требования, предъявляемые к структуре экспериментального ЧМ/DRM-тракта, должны учитывать особенности устройства радиопередающего центра, технические условия вещателя и параметры, указанные в Разрешении на использование радиочастот (РИЧ). Параметры качества каждого из трактов должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов [7–8] и рекомендациям международного союза электросвязи [9–11].

В качестве площадки для организации экспериментального радиовещания в формате ЧМ/DRM был выбран Ленинградский радиотелевизионный передающий центр Санкт-Петербургского филиала РТПС (ЛРТПЦ). Радиохолдинг ГПМ Радио согласился на время эксперимента [12] заменить штатный ЧМ-передатчик радиостанции Comedy Radio, работающий на частоте 95,9 МГц, на передатчик, формирующий комбинированный аналого-цифровой сигнал. Формирование ЧМ-радиосигнала на частоте 95,5 МГц при этом должно было осуществляться в штатном режиме, так как это действующая коммерческая радиостанция. Поскольку передатчик, формирующий в одном радиоканале ЧМ/DRM-сигнал, будет экспериментальным, для возможности оперативно вернуть радиостанцию на штатный ЧМ-передатчик необходимо предусмотреть высокочастотный (ВЧ) переключатель, при помощи которого будет осуществляться переключение антенной системы с одного передатчика на другой.

В современном радиовещании применяются звуковые вещательные процессоры [13] – это сложные цифровые устройства многополосной обработки звуковых сигналов, предназначенные для получения:

- однородного частотного состава программы звукового вещания и выравнивания характеристик всех элементов, из которых она формируется;
- максимально возможной (при условии ограниченной девиации) громкости;

– ряда других индивидуальных особенностей звучания радиостанции с учетом предпочтений целевой аудитории слушателей.

Обработка звукового сигнала для аналогового и цифрового радиовещания принципиально отличается. Однако для получения сопоставимого по тембру и динамике звучания радиостанции в аналоговом (ЧМ) и цифровом (DRM) форматах необходимо в данном случае предусмотреть одинаковый тип обработки.

Спектр объединенного аналого-цифрового ЧМ/DRM-сигнала на выходе тракта совместной передачи должен находиться в пределах спектральной маски излучения, изображенной на рисунке 2. Данная маска излучения получена методом объединения масок излучения аналогового ЧМ-сигнала системы с пилот-тоном (красный цвет) и цифрового DRM-сигнала (зеленый цвет). За нулевую частоту принята центральная частота радиоканала аналоговой ЧМ-радиостанции.

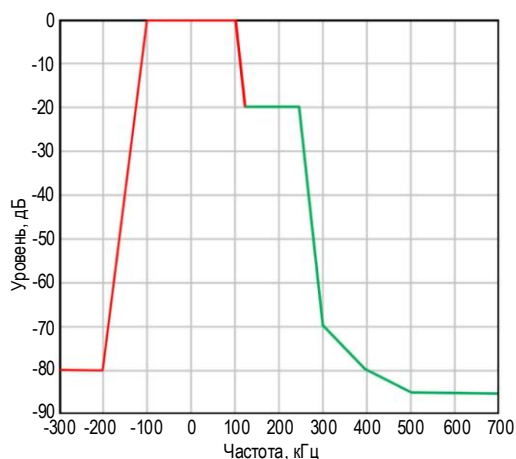


Рис. 2. Рекомендуемая спектральная маска излучения, определяющая уровень внеполосных излучений аналого-цифрового ЧМ/DRM-сигнала, при расположении DRM-сигнала справа от ЧМ-сигнала

Fig. 2. Recommended Spectrum Mask of RF Emission Limits for DRM Simulcast Signal, when the DRM Signal is Located to the Right of the FM Signal

Анализ вариантов реализации структуры экспериментального ЧМ/DRM-тракта

Тракт совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в диапазоне ОВЧ может быть реализован в соответствии с одним из трех принципиально разных подходов [14]:

- с использованием двух независимых передатчиков, устройства сложения мощности (УСМ) и общего АФУ;
- с использованием двух независимых передатчиков и двух независимых АФУ;
- с использованием общего усилителя мощности (УМ) и общего АФУ.

На рисунке 3 представлена схема с использованием двух независимых передатчиков и УСМ. Сформированные усиленные высокочастотные ЧМ- и DRM-сигналы складываются и излучаются в эфир при помощи одного АФУ. Преимуществом такой схемы является возможность использовать существующую антенно-фидерную систему, а также полная независимость трактов формирования аналогового ЧМ- и цифрового DRM-сигналов. К недостаткам схемы следует отнести высокую стоимость УСМ, необходимость дополнительного места для установки УСМ, а также потери мощности на эквиваленте нагрузки, которая должна быть подключена к соответствующему выходу УСМ.

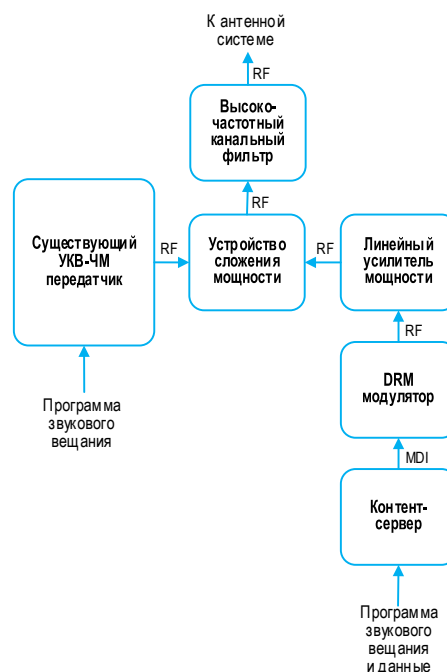


Рис. 3. Структурная схема совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового радиовещания в форматах ЧМ/DRM с использованием устройства сложения мощности

Fig. 3. Block Diagram Implementation of the DRM Simulcast Trial Equipment Configuration in FM Band Based a RF Power Combiner

На рисунке 4 показана реализация тракта совместной передачи в одном радиоканале программ радиовещания в форматах ЧМ/DRM с использованием двух независимых передатчиков и двух независимых АФУ. К преимуществам этой схемы можно отнести еще большую независимость трактов формирования аналогового ЧМ- и цифрового DRM-сигналов, отсутствие потери мощности в УСМ. Недостатками этого решения является необходимость установки дополнительного АФУ, что не всегда технически возможно. Для получения равных зон обслуживания антенны должны иметь одинаковые диаграммы направленности. По критерию энергоэффективности – это лучший вариант реализации тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового радиовещания в форматах ЧМ/DRM.

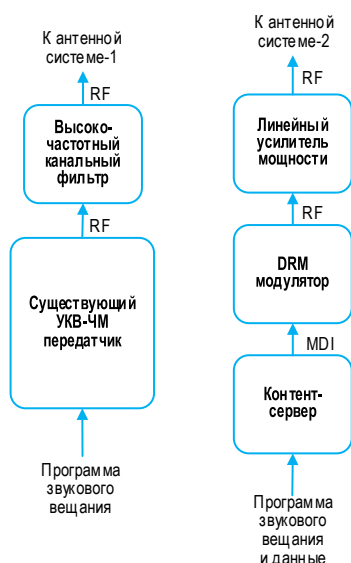


Рис. 4. Структурная схема совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового радиовещания в форматах ЧМ/DRM с использованием двух независимых антенных систем

Fig. 4. Block Diagram Implementation of the DRM Simulcast Trial Equipment Configuration in FM Band Based on two Independent Antenna Systems

На рисунке 5 показана схема, в которой сигналы радиовещания цифрового DRM- и аналогового ЧМ-стандартов объединены до основного УМ. Однако УМ, способный усиливать комбинированный ЧМ/DRM-сигнал, принципиально отличается от УМ, предназначенных для усиления только аналогового ЧМ- или только цифрового DRM-сигналов.

При аналоговом радиовещании в диапазоне ОВЧ используются ЧМ-сигналы с постоянной амплитудой, это позволяет при построении трактов усиления мощности применять режимы работы усилительных приборов с высоким коэффициентом полезного действия (КПД). В цифровом вещании стандарта DRM используется модуляция OFDM/QAM. Сигнал OFDM/QAM характеризуется высоким значением пик-фактора [15], а потому для его усиления требуется высокая линейность амплитудной и равномерность фазоамплитудной характеристик усилительного тракта передатчика в значительно большем динамическом диапазоне изменения входных уровней. Это влечет за собой необходимость использования высоколинейных УМ с большим динамическим диапазоном. Однако такие радиочастотные усилители существенно менее эффективны по энергетике, т. е. имеют низкий КПД. Добавление DRM-сигнала в радиоканал ЧМ-передатчика увеличивает его номинальную мощность, ухудшает энергоэффективность, усложняет систему охлаждения и, как следствие, увеличивает его цена и стоимость эксплуатации. Кроме того, УМ комбинированного ЧМ/DRM-сигнала не должен создавать побочных продуктов интермодуляции.

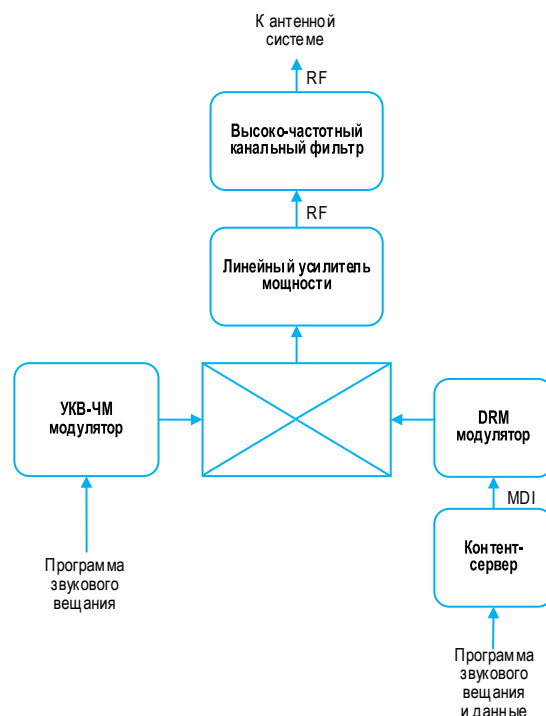


Рис. 5. Структурная схема совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового радиовещания в форматах ЧМ/DRM с общим усилителем мощности

Fig. 5. Block Diagram Implementation of the DRM Simulcast Trial Equipment Configuration in FM Band Based on a Shared Radio-Frequency Power Amplifier

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика рассмотренных схем, они существенно различаются, имеют свои преимущества и недостатки. Выбор конкретного варианта будет зависеть от исходных данных и технических условий в каждом отдельном случае.

ТАБЛИЦА 1. Сравнительная оценка схем совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового радиовещания в форматах ЧМ/DRM

TABLE 1. Comparative Assessment of the DRM Simulcast Broadcasting Systems Implementation

Название схемы	Критерии оценки				Итоговая оценка
	K_1	K_2	K_3	K_4	
С общими УСМ и АФУ	+	+	–	–	++
С двумя независимыми АФУ	+	–	+	–	++
С общими УМ и АФУ	–	+	–	+	++

Условные обозначения:

K_1 – независимость ЧМ- и DRM-трактов;
 K_2 – использование существующего АФУ;
 K_3 – КПД;
 K_4 – размеры.

Несомненным преимуществом схемы с одним УМ при совместной передаче в одном радиоканале программ аналогового и цифрового радиовещания в форматах ЧМ/DRM является возможность модернизации существующей сети аналогового радиовещания без необходимости замены антенно-фидерного тракта. Именно это преимущество бы-

ло решающим при выборе структуры экспериментального тракта. Установка дополнительного антенно-фидерного оборудования на телевизионной башне ЛРТПЦ, как и установка дополнительного УСМ в зале с передающим оборудованием, была невозможна.

Реализация схемы с общим усилителем мощности

Выбранная для реализации схема экспериментального тракта была дополнена звуковым вещательным процессором, обеспечивающим однотипную и независимую обработку программ звукового вещания радиостанции «Comedy Radio» в аналого-цифровом ЧМ/DRM-форматах.

Звуковой вещательный процессор (FM-процессор) из левого и правого сигналов стереопары формирует комплексный стереосигнал (КСС), которым модулируется несущая частота ЧМ-передатчика. Выходной лимитер КСС, являющийся важнейшей и неотъемлемой частью FM-процессора, обеспечивает нужные энергетические характеристики, влияет на громкость и среднее значение девиации несущей частоты. Однородность (похожесть) звучания при приеме для обоих трактов (ЧМ и DRM) достигается многополосной обработкой в частотной области, изменением исходного динамического диапазона сигнала и сложными взаимосвязями звеньев обработки. FM-процессор существенно влияет не только на громкость при передаче, но и на такие параметры как отношение сигнал/шум, индекс модуляции и восприимчивость сигнала к эффекту многолучевого приема.

При цифровом формате DRM-радиовещания отсутствуют пределы динамического диапазона звукового сигнала, связанные с ограничением девиации несущей частоты, имеющей место при ЧМ-передаче. В отличие от ЧМ-радиовещания, где полоса частот звукового сигнала ограничена полосой частот от 30 Гц до 15 кГц, в цифровом формате этого ограничения нет. При этом радиовещание в цифровом формате предполагает использование кодеков для компрессии звуковых данных, которые, в свою очередь, влияют на итоговое качество звучания, а потому их влияние должно быть учтено на этапе динамической обработки.

На рисунке 6 показана структура реализованного экспериментального тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания по схеме с общим радиочастотным УМ и существующим АФУ радиостанции «Comedy Radio». Три программы звукового вещания, которые передаются в DRM-мультиплексе, поступают на вход контент-сервера в виде звуковых AoIP-поток в формате Livewire. Преобразование цифровых звуковых сигналов из

формата AES/EBU в формат AoIP-поток обеспечивает многоканальный интерфейс Telos xNode. Сигналы «Comedy Radio» для вещания в ЧМ- и DRM-форматах, «Авторadio» для вещания в DRM-формате обрабатываются процессором Omnia.9. Сигнал радиостанции «Европа Плюс» поступает на вход интерфейса Telos xNode уже предварительно обработанным для его передачи по радиоканалу.

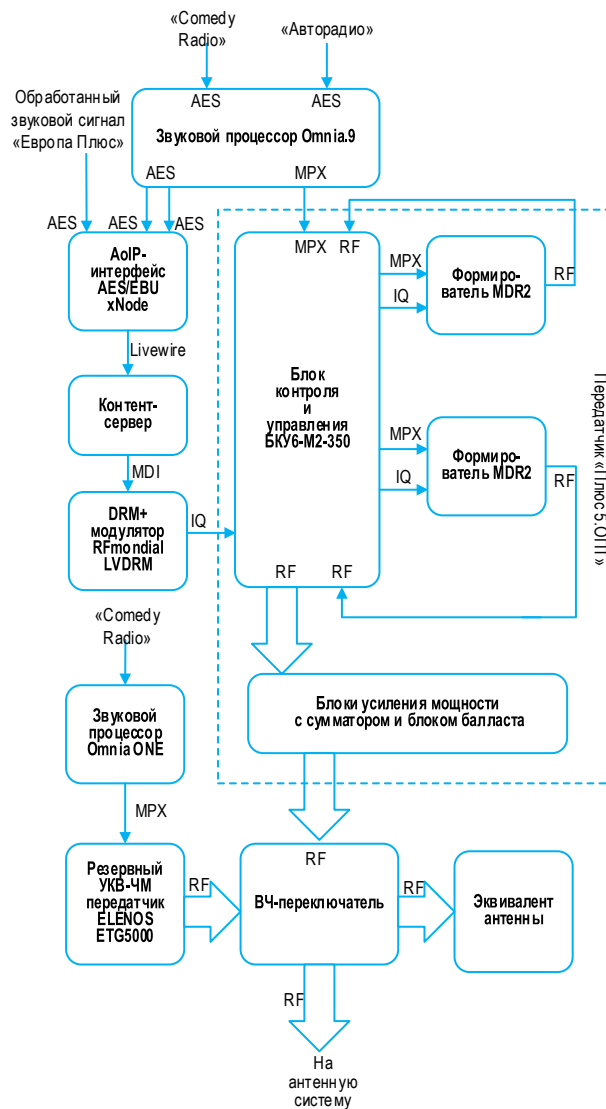


Рис. 6. Реализация экспериментального тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в диапазоне ОВЧ

Fig. 6. Block Diagram Implementation of the DRM Simulcast Trial Equipment Configuration in FM Band

Контент-сервер Fraunhofer ContentServer R6, на который приходят обработанные звуковые сигналы в формате IP-поток Livewire, обеспечивает:

- кодирование звуковых сигналов в реальном времени с использованием кодера MPEG-4 xHE-AAC;
- формирование данных мультимедийных сервисов: DRM TextMessages, Journaline, MOT Slideshow, EPG Electronic Programme Guide, TMC Traffic Message Channel;

– формирование выходного потока для интерфейса MDI/DCP.

Сформированный DRM-мультиплекс в формате MDI с выхода контент-сервера поступает на вход DRM-модулятора RFmondial, обеспечивающего OFDM/QAM-модуляцию поднесущих частот в DRM-тракте. С выхода DRM-модулятора RFmondial сигнал в форме синфазной и квадратурной составляющих (I/Q-сигнал) поступает через блок контроля и управления (БКУ) на цифровые AES-входы формирователей MDR2. Во время экспериментального ЧМ/DRM-радиовещания в Санкт-Петербурге также был успешно протестирован новейший формиро-

ватель передатчика MDR2 с встроенным DRM-модулятором. Блок контроля и управления обеспечивает оперативное «бесшовное» переключение с одного формирователя на другой для резервирования и изменения параметров передачи в формате ЧМ/DRM. Выходной ВЧ-сигнал с передатчика через ВЧ-переключатель поступает на антенную систему. На второй вход ВЧ-переключателя подключен резервный ЧМ-передатчик, ранее используемый радиостанцией для ЧМ-вещания.

В таблице 2 представлен перечень использованного оборудования.

ТАБЛИЦА 2. Перечень оборудования, использованного для реализации экспериментального тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в диапазоне ОВЧ

TABLE 2. List of Equipment Used for the DRM Simulcast Trial Implementation in FM Band

№	Наименование оборудования	Основные характеристики и назначение
1.	Звуковой вещательный процессор Omnia.9	– формирование КСС и динамическая обработка звукового сигнала для ЧМ-радиовещания; – раздельная независимая обработка звуковых сигналов трех программ для DRM-радиовещания; – каждое ядро обработки отдельно полностью настраиваемое, можно выбрать 2, 3, 4, 5, 6 или 7 частотных полос обработки; – психоакустический композитный лимитер; – технология «UNDO» (деклиппер и адаптивный многополосный экспандер, которые удаляют искажения из исходного материала); – многополосный звуковой экспандер; – трехступенчатый широкополосный АРУ с регулируемым эквалайзером и цепью управления; – программно зависимый многополосный компрессор; – многополосный лимитер с упреждением; – регулируемый динамический клиппер для басового диапазона; – двухполосный оконечный лимитер с упреждением для цифрового радиовещания; – автоматический программно зависимый деклиппер и многополосный экспандер; – встроенный RDS-кодер
2.	Звуковой AoIP-интерфейс Telos xNode	Имеет 4 звуковых цифровых входа и выхода AES/EBU, 2 сетевых Audio-over-IP интерфейса, совместимых с протоколами передачи звуковых данных Livewire, AES67, Ravenna. Используется для преобразования звуковых сигналов в формат IP-потока Livewire
3.	Контент-сервер Fraunhofer Content-Server R6, версия DRM-CS Professional	Аппаратная платформа DELL PowerEdge R230. Основные функции: кодирования трех независимых потоков аудио в реальном времени с использованием кодека MPEG-4 xHE-AAC; формирование данных мультимедийных сервисов: DRM TextMessages, Journaline, MOT Slideshow, EPG Electronic Programme Guide, TMC Traffic Message Channel; формирование основных цифровых потоков MSC, FAC, SDC; мультиплексирование сформированных цифровых потоков в единый выходной поток MDI/DCP в соответствии с ETSI TS 102 820, ETSI TS 102 821
4.	DRM-модулятор RFmondial LVDRMplus	Цифровая модуляция в DRM-тракте. Входной сигнал MDI/DCP от контент-сервера. Выходной сигнал формата I/Q
5.	Передатчик Полюс 5.0 ПТ	Состав передатчика: – блок мониторинга СДК-5.3-М; – формирователь MDR2-0001 основной – 2 шт.; – блок управления БКУ6-М2-350 (РВ); – сумматор С.5К.88-108 (3xFMA2000); – блок балласта ББ-5КРВ 88-108 (3xFMA2000, Nf,7/16f, возд.); – усилитель 2кВт FMA.2000.070-01 – 3 шт. Передатчик поддерживает 3 режима работы: формирование аналогового ЧМ-сигнала, цифрового DRM-сигнала, комбинированного ЧМ/DRM-сигнала

Параметры качества передающих трактов ЧМ/DRM-радиовещания полностью соответствуют требованиям соответствующих стандартов [7–8]. Важно, что возможно независимое раздельное ди-

станционное управление характеристиками каждого из передающих экспериментальных трактов ЧМ/DRM-радиовещания.

Заключение

Состояние отечественной радиовещательной отрасли, существование которой основано на рекламных доходах, вызывает риски по ее разрушению при форсировании перехода к ЦРВ или выдаче цифровых частот новым вещателям, которые не имеют аналоговых ЧМ-частот в диапазоне ОВЧ II (87,5...108 МГц).

Государственная политика по переходу к ЦРВ должна быть взвешенной и последовательной для того, чтобы, с одной стороны, сохранить радиоиндустрию, а с другой стороны – стимулировать инвестиции в разработку передающего и приемного оборудования, а также в налаживании поставок бытовых стационарных и автомобильных DRM-приемников.

Переход к ЦРВ должен быть осуществлен в несколько этапов. Продолжительность каждого этапа должна определяться объемом аудитории, которая перешла на использование цифровых радиоприемников.

Отраслевые нормативно-правовые акты должны закрепить минимально допустимое качество программ ЦРВ для недопущения негативного опыта аудитории при переходе от аналогового к цифровому радиовещанию. Исследования показывают, что минимальная скорость цифрового потока на одну стереопрограмму, при котором практически незаметна разница по качеству при воспроизведении между аналоговым ЧМ- и цифровым DRM-сигналом, составляет 30 кбит/с при использовании кодека xHE-AAC [16].

При аналого-цифровом ЧМ/DRM-радиовещании в цифровом мультиплексе должна передаваться цифровая копия звуковой программы вещания, распространяемой в аналоговом ЧМ-формате данной радиостанцией. Это позволит сделать переход на ЦРВ комфортным для слушателя и реализовать в приемниках автоматическое переключение с аналогового на цифровой формат вещания.

Для возможности работы в режиме аналого-цифрового ЧМ/DRM-радиовещания с использованием одного передатчика и общего АФУ, полосы частот для ЦРВ необходимо выделять с разносом несущих частот DRM- и ЧМ-сигналов в 150 или 200 кГц. При этом в качестве типовой структуры можно использовать реализацию тракта совместной передачи в одном радиоканале программ аналогового и цифрового ЧМ/DRM-радиовещания в диапазоне ОВЧ, описанную в данной статье. Передатчики серии «Полус», производимые новосибирским предприятием НПП «Трида-ТВ», широко распространены на объектах РТПС. Для перевода их в режим работы аналогового-цифрового ЧМ/DRM-радиовещания достаточно дополнительно установить программную опцию DRM-модулятора в формирователь MDR2 и контент-сервер.

Работоспособность предлагаемой структуры экспериментального ЧМ/DRM-тракта проверена в течение длительного периода ее эксплуатации в Санкт-Петербурге с 18 июля 2019 г. по 25 декабря 2020 г. при мощностях аналоговой и цифровой частей передатчика, равных 3000 и 800 Вт, соответственно.

Список источников

1. Кийт М. Радиостанция. Пер. с англ. М.: Мир, 2001.
2. Гикис С.Н. Детское радиовещание в России: современное состояние и перспективы развития // Научно-методические чтения ПГУ «Университетские чтения – 2021» (Пятигорск, Россия, 17–19 марта 2021 г.). Пятигорск: Пятигорский государственный университет, 2021. С. 82–86.
3. Болотова Е.А., Болотова Л.Д. Актуальные тенденции развития современного отечественного радиовещания // Международная научно-практическая конференция «Журналистика в 2021 году: Творчество, профессия, индустрия» (Москва, Россия, 3–5 февраля 2022 г.). Москва: МГУ, 2022. С. 20–21.
4. Насонова Ю.В. Информационная повестка на развлекательных радиостанциях по время пандемии Covid-19 на примере "Радио Дача" // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История, филология. 2021. Т. 20. № 6. С. 192–199. DOI:10.25205/1818-7919-2021-20-6-192-199
5. Бекетова Ю.В. Особенности конкуренции на современном радиорынке Москвы // Меди@льманах. 2021. № 3(104). С. 60–72. DOI:10.30547/mediaalmanah.3.2021.6072
6. PAP: о развитии цифрового радиовещания // Радиопортал. URL: <https://radiportal.ru/news/rar-o-razviti-i-cifrovogo-radioveshchaniya> (дата обращения 27.06.2022)
7. ETSI ES 201 980 V4.2.1 (2020-11). Digital Radio Mondiale (DRM). System Specification. European Broadcast Union, 2020.
8. ETSI EN 302 018-2 (2005-06). Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM). Transmitting equipment for the Frequency Modulated (FM) sound broadcasting service. Part 2. Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive. European Telecommunications Standards Institute, 2005.
9. Рекомендация МСЭ-R BS.1114-9 (10/2017) Системы наземного цифрового звукового радиовещания на автомобильные, переносные и стационарные приемники в диапазоне частот 30–3000 МГц. 2017
10. Рекомендация МСЭ-R BS.1660-8 (06/2019) Техническая основа для планирования наземного цифрового звукового радиовещания в полосе ОВЧ.
11. Рекомендация МСЭ-R BS.1615-1 (05-2011) «Параметры планирования» для цифрового звукового радиовещания на частотах ниже 30 МГц. 2011.

12. Соколов С.А., Мышьянов С.В., Ковалгин Ю.А. Исследование аналого-цифровой DRM/ЧМ-зоны радиовещания в полосе частот 87,5–108 МГц // Электросвязь. 2021. № 4. С. 30–36. DOI:10.34832/ELSV.2021.17.4.003
13. Katz B. *Mastering Audio: The Art and the Science*. London: Focal Press, 2002. 319 p.
14. Laflin N., Cornell L., Zink A. *DRM Handbook*. London: DRM Consortium, 2020. 81 p.
15. Морозов К.Ю. Исследование и разработка путей совершенствования сетей и оборудования цифрового радиовещания. Дис. ... канд. техн. наук. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. 154 с.
16. Соколов С.А., Ковалгин Ю.А. Влияние алгоритмов компрессии контент-сервера системы DRM на качество передаваемых звуковых программ // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Т. 15. № 7. С. 4–13. DOI:10.36724/2072-8735-2021-15-7-4-13

References

1. Kit M. *Radio station*. Translated from English. Moscow: Mir Publ.; 2001. (in Russ.)
2. Gikis S.N. Children's Radio Broadcasting in Russia: Current State and Development Prospects. *Proceedings of the Scientific and Methodological Conference of Pyatigorsk State University, University Readings – 2021, 17–19 March 2021, Pyatigorsk, Russia*. Pyatigorsk: Pyatigorsk State University Publ.; 2021. p.82–86. (in Russ.)
3. Bolotova E.A., Bolotova L.D. Current Trends in the Development of Modern Domestic Radio Broadcasting. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference on Journalism in 2021: Creativity, profession, industry, 3–5 February 2022, Moscow, Russia*. Moscow: Moscow State University Publ.; 2022. p.20–21. (in Russ.)
4. Nasonova Yu. V. Information Agenda on Entertainment Radio Stations during the Covid19 Pandemic on the Example of "Radio Dacha". *Vestnik NSU. Series: History and Philology*. 2021;20(6):192–199. DOI:10.25205/1818-7919-2021-20-6-192-199 (in Russ.)
5. Beketova J.V. Competition in the Current Moscow Radio Market. *MediaAlmanah*. 2021;3(104):60–72. (in Russ.) DOI:10.30547/mediaalmanah.3.2021.6072
6. *Radiportal*. RAP: on the Development of Digital Broadcasting. (in Russ.) URL: <https://radioportal.ru/news/rar-o-razviti-i-cifrovogo-radioveshchaniya> [Accessed 27th June 2022]
7. ETSI ES 201 980 V4.2.1 (2020-11). *Digital Radio Mondiale (DRM). System Specification*. European Broadcast Union; 2020.
8. ETSI EN 302 018-2 (2005-06). *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM). Transmitting equipment for the Frequency Modulated (FM) sound broadcasting service. Part 2. Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive*. European Telecommunications Standards Institute; 2005.
9. ITU-R Document 6/172 Rev. 1 (12/2017). *Draft revision to Recommendation ITU-R BS.1114–9. Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular portable and fixed receivers in the frequency range 30–3 000 MHz*.
10. Rec. ITU-R BS.1660-8 (06-2019) *Technical Basis for Planning of Terrestrial Digital Sound Broadcasting in the VHF Band*. 2019.
11. Rec. ITU-R BS.1615-1 (05-2011) *Planning parameters for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz*. 2011.
12. Sokolov S.A., Myshyanov S.V., Kovalgin Yu.A. Results of the DRM Simulcast Field Trials in 87.5–108 MHz BAND *Elec-trosvyaz*. 2021;4:30–36. DOI:10.34832/ELSV.2021.17.4.003
13. Katz B. *Mastering Audio: The Art and the Science*. London: Focal Press; 2002. 319 p.
14. Laflin N., Cornell L., Zink A. *DRM Handbook*. London: DRM Consortium; 2020. 81 p.
15. Morozov K.Yu. *Research and Development of Ways to Improve Networks and Equipment for Digital Radio Broadcasting*. PhD Thesis. Samara: Povolzhskiy State University Publ; 2021. 154 с. (in Russ.)
16. Sokolov S.A., Kovalgin YU.A Influence of the Compression Algorithms on the Quality of Audio Programs in Drm Digital Radio Broadcasting System. *T-Comm*. 2021;15(7):4–13. DOI :10.36724/2072-8735-2021-15-7-4-13

Статья поступила в редакцию 30.05.2022; одобрена после рецензирования 18.06.2022; принята к публикации 22.06.2022.

The article was submitted 30.05.2022; approved after reviewing 18.06.2022; accepted for publication 22.06.2022.

Информация об авторе:

СОКОЛОВ | генеральный директор ООО «Дигитон Системс»
Сергей Анатольевич |  <https://orcid.org/0000-0002-3112-6883>