ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54707— 2011

СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ DRM

Одноканальная одновременная передача программ (SCS)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ФГУП «ВНИИНМАШ») и Федеральным государственным унитарным предприятием «Ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт радио», Самарский филиал «Самарское отделение научно-исследовательского института радио» (филиал ФГУП «НИИР-СОНИИР»)

2 ВНЕСЕН Управлением технического регулирования и стандартизации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 868-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений документа Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) «Всемирное цифровое радио (DRM). Одноканальная одновременная передача (SCS)» (ETSI TS 102 509 v1.1.1 (2006-05) «Digital Radio Mondiale (DRM); Single Channel Simulcast (SCS)», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Июнь 2020 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2012, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 1
4 Одновременная DRM передача 2
5 DRM/AM одноканальная одновременная передача 3
5.1 Характеристика передаваемого сигнала 3
5.2 Формирование дополнительного сигнала 4
5.3 Замечания по формированию и приему DRM/AM SCS сигналов 6
Библиография 8

Введение

ETSI TS 102 509 v1.1.1 (2006-05) создан Объединенным техническим комитетом (JTC) «Радиовещание» Европейского радиовещательного союза (EBU), Европейского комитета по стандартизации в электротехнике (CENELEC) и Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI).

Для радиовещания ниже 30 МГц используются следующие частотные диапазоны:

- диапазон низких частот (НЧ): от 148,5 до 283,5 кГц только в регионе 1 согласно Регламенту радиосвязи [1];
- диапазон средних частот (СЧ): от 526,5 до 1 606,5 кГц в регионах 1 и 3 и от 525 до 1 705 кГц в регионе 2 согласно Регламенту радиосвязи [1];
- диапазон высоких частот (ВЧ): набор индивидуальных радиовещательных полос в диапазоне от 2,3 до 27 МГц в общем случае доступных на всемирной основе.

Эти диапазоны обладают уникальными свойствами распространения, которые позволяют обеспечить:

- большие зоны покрытия, размер и расположение которых могут зависеть от времени дня, года или периода солнечной активности (примерно 11 лет);
- портативный и мобильный прием со сравнительно небольшим ухудшением качества за счет окружающей обстановки.

Таким образом, имеется потребность вещания в этих диапазонах, в особенности международного вещания, для которого ВЧ диапазоны представляют единственную возможность, при этом не требуя наземных ретрансляционных станций.

Однако, вещание в этих диапазонах:

- использует аналоговые технологии;
- обеспечивает невысокое качество;
- подвержено заметным помехам в результате механизма дальнего распространения, который преобладает в этой части спектра, и из-за большого числа работающих станций.

Прямым следствием приведенных выше обстоятельств является желание перевести вещание на цифровые технологии передачи и приема, чтобы повысить качество, что необходимо для привлечения слушателей, которые имеют все больший выбор приема программ различными средствами, которые, как правило, предлагают более высокие качество и надежность.

Чтобы удовлетворить потребность в системе цифрового радиовещания, пригодной для использования в диапазонах ниже 30 МГц, в начале 1998 г. был организован консорциум «Всемирное цифровое радио» (DRM). Консорциум DRM — некоммерческая организация, которая стремится разработать и продвинуть систему DRM по всему миру. Его члены включают радиовещателей, сетевых провайдеров, производителей приемного и передающего оборудования и исследовательские институты. На вебсайте (gost.e-ecolog.ru ожно получить дополнительную информацию о консорциуме DRM.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ DRM

Одноканальная одновременная передача программ (SCS)

Digital audio broadcasting system DRM. Single-channel simulcast transmission of programs (SCS)

Дата введения — 2012—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования для подготовки сигнала, обеспечивающего одновременную передачу аналоговой и цифровой версий одной и той же звуковой программы в одном частотном канале (Single Channel Simulcast, SCS — одноканальная одновременная передача). Передаваемый сигнал соответствует существующей частотной сетке каналов и частотным полосам в вещательных диапазонах ниже 30 МГц согласно Регламенту радиосвязи.

Сигнал состоит из синусоидальной несущей и двух дополнительных сигнальных частей в верхней (ВБП) и нижней (НБП) боковых полосах. Цифровая часть в ВБП соответствует DRM сигналу, определенному в ETSI [2], поэтому стандартный потребительский DRM приемник будет способен извлекать и декодировать содержащиеся цифровые данные. Аналоговый звуковой АМ приемник, применяя демодуляцию огибающей общего принятого сигнала, будет обеспечивать слушателя звуковым сигналом, сравнимым со стандартной АМ передачей.

Примечание — Возможны другие методы формирования сигналов для SCS. Настоящий стандарт может быть пересмотрен в будущем для описания одного или более дополнительных методов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки не использовались.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **канал быстрого доступа** (Fast Access Channel; FAC): Канал мультиплексного потока данных, который содержит информацию, необходимую для поиска служб и начала декодирования мультиплекса.

3.1.2 **символ OFDM** (OFDM symbol): Передаваемый сигнал, соответствующий промежутку времени, когда амплитуда модуляции и состояние фазы сохраняются постоянными для каждой из равноотстоящих несущих в сигнале.

3.1.3 **одночастотная сеть** (Single Frequency Network; SFN). Сеть передатчиков, совместно использующих одну и ту же радиочастоту для достижения большей зоны покрытия.

Издание официальное

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

k_n — фиксированный или переменный коэффициент для взвешенной помехи на n-ом шаге итерации ($0 \le n \le N$) для генерации DRM/AM SCS сигнала;

N — максимальное число итеративных шагов во время генерации DRM/AM SCS сигнала.

3.3 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВБП — верхняя боковая полоса;

ВЧ — высокие частоты (3,95—26,1 МГц);

НБП — нижняя боковая полоса;

НЧ — низкие частоты (0,1485 — 0,2835 МГц);

ПЧ — промежуточная частота;

СЧ — средние частоты (0,5265 — 1,6065 МГц);

AM (Amplitude Modulation) — амплитудная модуляция;

DRM (Digital Radio Mondiale) — всемирное цифровое радио;

DSB (Double Sideband) — двойная боковая полоса;

FAC (Fast Access Channel) — канал быстрого доступа;

ITU (International Telecommunication Union) — Международный союз по телекоммуникациям (МСЭ);

MCS (Multi Channel Simulcast) — многоканальное одновременное вещание;

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) — ортогональное мультиплексирование с частотным разделением;

SCS (Single Channel Simulcast) — одноканальная одновременная передача;

SFN (Single Frequency Network) — одночастотная сеть;

SSB (Single Sideband) — одна полоса, однополосный;

VSB (Vestigial Sideband) — частично подавленная боковая полоса.

4 Одновременная DRM передача

Система DRM, как определено в ETSI [2], обеспечивает значительное улучшение качества звукового приема и надежность обслуживания в сравнении с существующим AM радиовещанием в частотных диапазонах вещания ниже 30 МГц.

Важным требованием ITU-R [1] к характеристикам новой цифровой вещательной системы является возможность обеспечения одновременного вещания аналогового и цифрового аудио в пределах, установленных действующими частотными нормами Регламента радиосвязи.

Одновременное вещание особенно интересно вещателям, которые желают внедрить DRM сервисы как можно скорее и которые желают сохранить имеющихся слушателей аналогового радио. После переходного периода в несколько лет (зависит от насыщения рынка DRM приемниками) будет возможно полное переключение на цифровую передачу. Конечная дата остановки аналоговой передачи будет зависеть от типа аудитории и определенных экономических факторов (например, числа доступных частот и инвестиций для цифровизации вещательных передатчиков), и поэтому будет отличаться в разных странах.

В ETSI [2] (приложение К) примеры для режимов одновременного вещания приведены в сопоставлении аналоговых AM сигналов (DSB, VSB или SSB) и цифровых DRM сигналов. Для всех режимов по меньшей мере полтора канала с полосой пропускания 9 или 10 кГц необходимы для передачи сигнала одновременного вещания надлежащим образом (так называемое многоканальное одновременное вещание, Multi Channel Simulcast, MCS). DRM сигнал может быть расположен в следующем верхнем или нижнем смежном канале его аналоговой копии и может занимать половину (только основная группа несущих) или целый канал в зависимости от выбранной возможной ширины полосы пропускания.

Чтобы обеспечить, с одной стороны, высокое качество DRM услуги, а с другой стороны — избежать заметного влияния сигнала DRM на качество аналогового звука, уровни мощности между DRM и AM частями MCS сигналов должны быть оптимально отрегулированы. Недостатком является сильная зависимость от качества приемника. Для дешевых приемников уровень DRM сигнала должен быть не менее чем на 16 дБ ниже уровня AM несущей (предполагается 30 %-ная глубина модуляции). Для при-

емников хорошего качества (более дорогих) разница составляет около 6 дБ, что хорошо сочетается с защитным отношением, заданным Рекомендацией ITU-R [3].

В диапазонах НЧ и СЧ пригодность частотных каналов для реализации MCS строго ограничена (часто только одна частота на звуковую программу), и поэтому в течение переходного периода от аналогового к цифровому вещанию целесообразно передавать оба сигнала в одном общем канале: так называемая одноканальная одновременная передача (SCS). Детальное описание SCS дано в разделе 5.

5 DRM/AM одноканальная одновременная передача

5.1 Характеристика передаваемого сигнала

Простое наложение на двухполосный АМ сигнал цифрового DRM сигнала привело бы в результате к сильному ухудшению обоих сигналов из-за взаимной интерференции. Поэтому должны быть выполнены следующие требования для SCS сигнала:

1) прием цифрового DRM сигнала не должен быть заметно искажен аналоговым сигналом в том же самом канале;

2) характеристика цифрового сигнала в SCS канале должна быть совместима с требованиями ETSI [2];

3) стандартная демодуляция огибающей переданного сигнала SCS (обычно выполняемая существующими АМ приемниками) должна быть достаточной для получения аналоговой звуковой программы;

4) качество аналогового звукового сигнала не должно испытывать заметных влияний, оказываемых DRM сигналом.

Всем перечисленным требованиям удовлетворяет SCS сигнал с характеристиками, приведенными на рисунке 1.



Рисунок 1 — Характеристики DRM/AM сигнала одновременной передачи в одном канале

Сигнал состоит из трех частей:

- основная группа несущих DRM, содержащая полную информацию канала быстрого доступа (FAC) в верхней боковой полосе (ВБП) с шириной полосы 4,5 или 5 кГц;
- так называемый дополнительный сигнал с той же самой полосой пропускания в нижней боковой полосе (НБП);
- дополнительная синусоидальная несущая на опорной частоте в середине канала.

Для удовлетворения двум первым требованиям DRM сигнал должен быть ограничен по полосе частот, т. е. только половина канала может быть выделена (тип занятия спектра 0 и 1 согласно ETSI [2]). Дополнительный сигнал так задается в модуляторе, чтобы принятый сигнал после демодуляции огибающей общего SCS сигнала соответствовал бы при идеальных условиях аналоговому звуковому немодулированному сигналу (третье требование), т. е. он должен минимизировать влияние DRM сигнала на огибающую и добавлять аналоговую немодулированную звуковую часть. Для обеспечения удовлетворительного качества аналогового звукового сигнала (четвертое требование) мощность сигнала ВБП, включая DRM часть, должна быть уменьшена по сравнению с мощностью сигнала НБП.

Пример результирующей спектральной характеристики сигнала приведен на рисунке 2. Он показывает спектральную плотность мощности DRM/AM SCS сигнала, измеренную на входной цепи DRM

приемника. Глубина модуляции для аналогового АМ сигнала была установлена около 30 %, и мощность ВБП была уменьшена на 18 дБ по сравнению с мощностью несущей (т. е. минус 18 дБн).

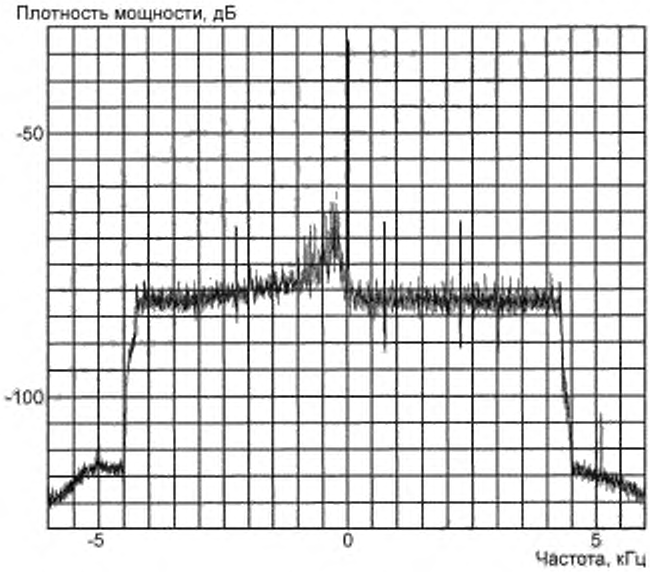

Рисунок 2 — Пример взвешенного спектра плотности мощности для DRM/AM SCS сигнала (глубина модуляции ~ 30 %, мощность сигнала ВБП минус 18 дБн, полоса пропускания канала 9 кГц)

В пределах НБП типичный зеркальный эффект копирования DRM сигнала в ВБП можно ясно рассмотреть в добавлении к АМ части около несущей (например, двух из трех непрерывных пилотов согласно ETSI [2]).

Если мощность сигнала ВБП уменьшать и дальше, характеристика результирующего SCS сигнала будет сближаться с характеристикой SSB сигнала.

5.2 Формирование дополнительного сигнала

Определение дополнительного сигнала основано на итеративном процессе, который уменьшает остаточную ошибку для восстановления аналогового звукового сигнала путем демодуляции огибающей в пределах малых интервалов времени согласно Рекомендации ITU-R [3].

На рисунке 3 представлена структурная схема итеративной системы для формирования DRM/AM SCS сигнала.

Итеративный процесс может быть описан следующим образом.

1) На первом шаге ВБП модулируется DRM сигналом (основная группа несущих), а НБП — аналоговым звуковым модулирующим сигналом. К сигналам обеих боковых полос добавляется синусоидальная несущая в центре между ними. Полученный сигнал демодулируется по огибающей. Сигнал ошибки генерируется вычитанием демодулированного сигнала, который задержан в соответствии с временем обработки — τ, необходимым для формирования и демодуляции сигнала одновременного вещания.

Сигнал ошибки взвешивается с фиксированным или изменяющимся коэффициентом k0, и новая аналоговая (дополнительная) часть сигнала формируется добавлением взвешенного сигнала ошибки к задержанному модулирующему аналоговому звуковому сигналу. ВБП также задержана в соответствии с задержкой НБП.

2) Весь процесс целиком повторяется N раз с другими взвешенными коэффициентами k_n, $0 \le n \le N$, и вновь образуемой дополнительной частью сигнала в НБП. Максимальное число итераций N может быть определено в соответствии с желательной точностью корректирующего сигнала, т. е. с помощью квадрата модуля сигнала ошибки, падающего ниже установленного порога.

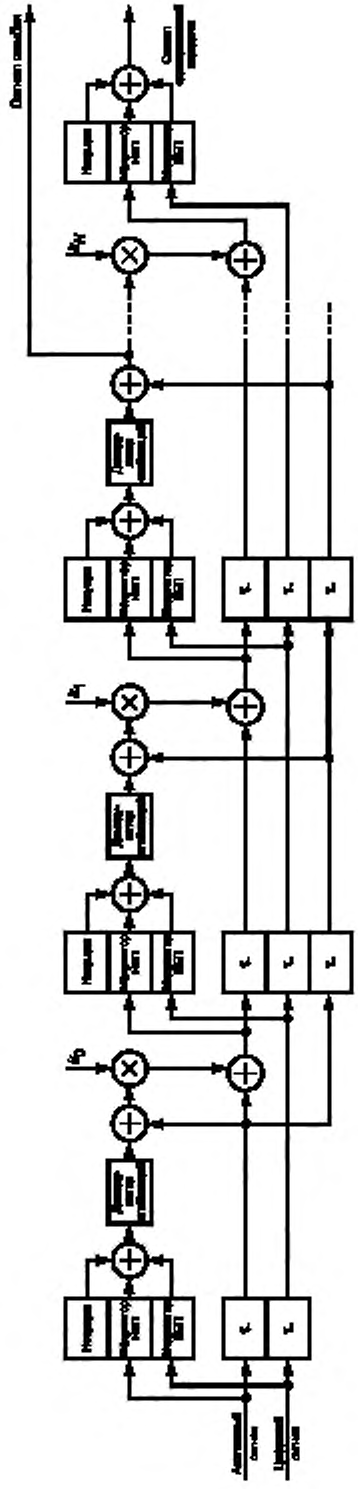

Рисунок 3 — Структурная схема итеративного формирования DRM/AM SCS сигнала

Для предотвращения нестабильности итеративного процесса в случае очень высоких мгновенных амплитуд аналоговой части сигнала требуется обеспечить обнаружение и ослабление пиков амплитуд на разных ступенях процесса формирования сигнала. Расширенная структурная схема системы для итеративного формирования DRM/AM SCS сигнала, включая обработку ослабления пиков, представлена на рисунке 4.

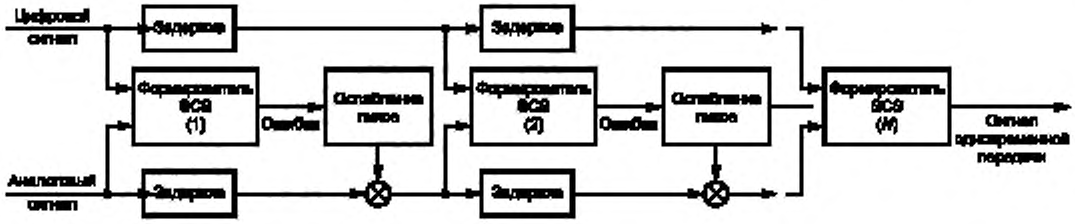

Рисунок 4 — Структурная схема итеративного формирования DR/AM SCS сигнала с дополнительным ослаблением пиков амплитуд аналогового сигнала

Улучшить далее характеристики процесса формирования сигнала в отношении качества результирующего аналогового звука можно, применяя предварительную обработку доступного звукового материала с учетом амплитудного ограничения.

5.3 Замечания по формированию и приему DRM/AM SCS сигналов

Параметризация взвешивающих коэффициентов в шагах итераций для формирования SCS сигнала, так же как и необходимое число итераций, зависит от передаваемого звукового материала и уровня качества, которое вещатель желает достигнуть. Поэтому в этом стандарте нет заданных точных величин.

С точки зрения уменьшения мощности ВБП, т. е. DRM части в SCS сигнале, было показано, что значение 18 дБ относительно мощности несущей (–18 дБн) выработано на основе лабораторных тестов-прослушиваний и уже продемонстрировано примером на рисунке 2, и является хорошим компромиссом между достигаемым удовлетворительным качеством для аналогового звука и достаточной мощностью сигнала DRM для обеспечения зоны покрытия. Для дополнительной боковой полосы мощность регулируется согласно желаемой степени модуляции АМ сигнала (типично около 30 %).

Теоретически аналоговая часть сигнала, так же как DRM сигнал, должна быть свободна от любых искажений. К сожалению, в практическом использовании демодулированный аналоговый звуковой сигнал содержит искажения, вызванные:

- асимметричными характеристиками фильтра ПЧ приемника;
- частотно-селективными замираниями в радиоканале,

которые приводят к более высокому шумовому уровню в полученном звуковом низкочастотном сигнале.

Из-за большого разброса различных характеристик существующих АМ приемников, конкретно в отношении фильтров ПЧ, качество аналогового SCS приема будет изменяться от типа к типу приемника, подобно MCS.

Так же влияет симметрия спектра радиоканала между передатчиком и приемником на степень качества при рекомбинации двух SCS боковых полос. Эффект сравним с асимметрией, вызванной фильтром ПЧ.

Асимметрии в спектре образуются из-за многолучевого характера распространения переданного сигнала, приводящего к частотно-селективным замираниям. Вследствие того факта, что многолучевое распространение через ионосферу — типичная особенность радиоканалов вещания в ВЧ диапазоне, использование SCS рекомендовано только для диапазонов НЧ и СЧ, в которых распространение радиоволн, в основном, осуществляется земной волной. Кроме того, в случае применения одночастотной сети (SFN) необходимо избегать SCS, так как части сигналов различных передатчиков будут иметь характер многолучевых компонент в приемнике и будут вызывать частотно-селективные замирания.

Эффект многолучевого распространения незначительно отражается на качестве приема DRM части сигнала в SCS сигнале и сравним с обычной DRM передачей. Планируемые параметры, описывающие ухудшение характеристик канала, можно найти в Рекомендации ITU-R [3].

В практическом использовании SCS два других фактора влияют на качество приема части DRM в SCS сигнале:

- нелинейности в каскаде усилителя мощности передатчика;
- нелинейности во входных цепях приемника.

Оба фактора влияют на уровень частотно-зависимых переходных помех от НБП (дополнительный сигнал) на ВБП, т. е. OFDM несущие DRM сигнала вблизи SCS несущей более искажаются, чем OFDM несущие в верхней части ВБП.

Поэтому передатчики, используемые для SCS передачи, должны подвергаться соответствующей линеаризации.

Входные цепи DRM приемника должны быть высоколинейными для обеспечения надлежащего качества цифрового звука в случае SCS передачи. Дополнительно высококачественный фильтр полосы пропускания может использоваться для подавления влияния SCS несущей на OFDM поднесущие при наличии частотных искажений.

Библиография

[1]	ITU-R Radio Regulations	Регламент радиосвязи
[2]	ETSI ES 201 980 v 3.1.1 (2009-08)	Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification
[3]	ITU-R Recommendation BS.1615	«Planning parametes» for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz

УДК 621.396.97:681.327.8:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова. радиовещание, цифровое, DRM, радио, одноканальная одновременная передача

Редактор переиздания *Н.Е. Рагузина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 05.06.2020. Подписано в печать 23.07.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,15.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru