ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56453— 2015

Телевидение вещательное цифровое

СТРУКТУРА И МОДУЛЯЦИЯ ОПЦИОНАЛЬНЫХ СИГНАТУР ПЕРЕДАТЧИКОВ (T2-TX-SIG) СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ (DVB-T2)

Основные параметры

(ETSI TS 102 992 V1.1.1 (2010-09), Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system, NEQ)
(ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012-04), Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН 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 Техническим комитетом по стандартизации ТК 480 «Связь»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июня 2015 г. № 674-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих стандартов Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI): ЕТСИ ТС 102 992 V1.1.1 (2010-09) «Телевидение вещательное цифровое (DVB). Структура и модуляция опциональных сигнатур передатчиков (T2-TX-SIG) для использования с системой цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2)» [ETSI TS 102 992 V1.1.1 (2010-09) «Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system», NEQ]; ЕТСИ ЕН 302 755 V1.3.1 (2012-04) «Телевидение вещательное цифровое (DVB). Структура кадра, канальное кодирование и модуляция системы цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2)» [ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012-04) «Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)», NEQ]

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Февраль 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, 2015, 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 и сокращения 1
4 Основные параметры 2
4.1 Общие положения 2
4.2 Сигнатура передатчика в дополнительном потоке 2
4.3 Сигнатура передатчика в блоках FEF 5

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Телевидение вещательное цифровое

СТРУКТУРА И МОДУЛЯЦИЯ ОПЦИОНАЛЬНЫХ СИГНАТУР ПЕРЕДАТЧИКОВ (T2-TX-SIG) СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ (DVB-T2)

Основные параметры

Digital video broadcasting. Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). Basic parameters

Дата введения — 2015—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на опциональные сигнатуры передатчиков (T2-TX-SIG) для системы цифрового телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2).

Стандарт устанавливает основные параметры опциональных сигнатур передатчиков (T2-TX-SIG) при их работе преимущественно в составе одночастотных сетей DVB-T2 для целей оперативного обслуживания, мониторинга и поиска неисправностей в данных сетях.

Требования настоящего стандарта следует учитывать при разработке, изготовлении и эксплуатации оборудования DVB-T2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52210 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения

ГОСТ Р 52591 Система передачи данных пользователя в цифровом телевизионном формате. Основные параметры

ГОСТ Р 53528 Телевидение вещательное цифровое. Требования к реализации протокола высокоскоростной передачи информации DSM-CC. Основные параметры

ГОСТ Р 54994 Телевидение вещательное цифровое. Передача служб DVB по сетям с IP-протоколами. Общие технические требования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 52210, ГОСТ Р 52591, ГОСТ Р 53528, ГОСТ Р 54994, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **блок FEF:** Часть суперкадра между двумя T2-кадрами, которая содержит FEF.

Издание официальное

3.1.2 **динамическая L1-сигнализация:** L1-сигнализация, содержащая параметры, которые могут меняться от одного Т2-кадра к другому.

3.1.3 **дополнительный поток:** Последовательность ячеек, содержащих данные с неопределенными на данный момент модуляцией и кодированием, которые могут быть использованы для будущих расширений стандарта или передаваемые по нуждам вещателей или сетевых операторов.

3.1.4 **сигнатура передатчика:** Компонент, добавляемый к излучаемому сигналу для обеспечения идентификации отдельного передатчика в сети DVB-T2.

3.1.5 **символ P1:** Фиксированный контрольный символ, который несет поля сигнализации S1 и S2 и в каждом радиочастотном канале находится в начале кадра.

3.1.6 **символ P2:** Контрольный символ, расположенный сразу после P1 с такими же размером быстрого преобразования Фурье (БПФ) и защитным интервалом, как у символов данных.

3.1.7 **элементарный период:** Период времени, который зависит от ширины полосы канала системы и используется для определения других временных периодов системы Т2.

3.1.8 **L1-постсигнализация:** Сигнализация, передаваемая в символах P2 и содержащая более детальную информацию о Т2-системе и каналах PLP.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВЧ — высокочастотный;

ДПФ — дискретное преобразование Фурье;

ОДПФ — обратное дискретное преобразование Фурье;

ОО — обобщенно ортогональный;

DVB — цифровое телерадиовещание (Digital Video Broadcasting);

FEF — кадр будущего расширения (Future Extension Frame);

MISO — множественный вход, одиночный выход (Multiple Input, Single Output);

PLP — канал физического уровня (Physical Layer Pipe);

TX-SIG — сигнатура передатчика (Transmitter Signature).

4 Основные параметры

4.1 Общие положения

4.1.1 Назначение

Опциональные сигнатуры передатчиков предназначены для отслеживания и измерения сигнала отдельного передатчика в одночастотной сети и могут быть использованы на следующих этапах:

- первый пуск одночастотной сети в эфир;
- добавление нового передатчика в существующую одночастотную сеть;
- оценка вклада отдельного передатчика в общий сигнал одночастотной сети;
- выявление некорректно работающего передатчика в одночастотной сети;
- мониторинг и своевременное выявление проблемных передатчиков в одночастотной сети.

4.1.2 Способы реализации

Сигнатуры передатчиков могут передаваться в следующих составляющих сигнала DVB-T2:

- в ячейках дополнительного потока;
- блоках FEF.

4.2 Сигнатура передатчика в дополнительном потоке

Данный метод передачи сигнатуры передатчика может использоваться для простой и относительно быстрой оценки вклада определенного передатчика в суммарный сигнал одночастотной сети.

4.2.1 Общие принципы

Для передачи сигнатуры передатчика должен использоваться один дополнительный поток.

L1-сигнализация должна указывать, какой дополнительный поток содержит сигнатуру передатчика.

В каждом Т2-кадре для каждого из M передатчиков должен содержаться уникальный шаблон ячеек дополнительного потока. Каждый из M шаблонов должен быть ортогонален остальным, т. е. если отдельные ячейки задействованы для одного передатчика, все остальные передатчики не должны излучать сигнал в этих ячейках.

Значение M должно соответствовать выражению

$$M = 3(P + 1), \quad (1)$$

где $P = 0, 1, 2, 3, \ldots 1023$, и принимать значения из ряда 3, 6, 9, … 3072. Если актуальное число передатчиков лежит в промежутке между числами данного ряда, в качестве M должно выбираться большее число, при этом часть возможных шаблонов ячеек не будет использоваться.

Общее число ячеек N, используемых для передачи сигнатуры передатчика в Т2-кадре, должно принимать одно из 16 значений, исходя из выражения

$$N = 2^Q, \quad (2)$$

где $Q = 0, 1, 2, \ldots 15$.

В каждом Т2-кадре должно содержаться $M \cdot N$ ячеек, предназначенных для передачи сигнатур M передатчиков. Каждый отдельный передатчик должен идентифицироваться уникальными N ячейками дополнительного потока, имеющими ненулевую мощность и называемыми Т-ячейками. Остальные $(M - 1) \cdot N$ ячеек дополнительного потока в данном Т2-кадре, называемые Z-ячейками, должны иметь нулевую мощность. Для выравнивания мощности OFDM-символа в дополнительный поток, содержащий сигнатуры передатчиков, должны добавляться дополнительные ячейки, называемые В-ячейками. Перед частотным перемежением первая, последняя и каждая четвертая ячейки данного дополнительного потока должны быть В-ячейками. Общее число K ячеек дополнительного потока должно удовлетворять выражению

$$K = 1 + 4(P + 1)N. \quad (3)$$

Для увеличения разнесения по частоте структура из $M \cdot N$ дополнительных ячеек перед вставкой В-ячеек должна циклически сдвигаться вперед на N ячеек с каждым последующим Т2-кадром. Через L Т2-кадров, называемых TX-SIG-кадром, первоначальная последовательность должна восстанавливаться.

4.2.2 Способ формирования дополнительного потока

Пример шаблонов дополнительных ячеек, содержащих сигнатуры передатчиков, перед вставкой В-ячеек приведен на рисунке 1.

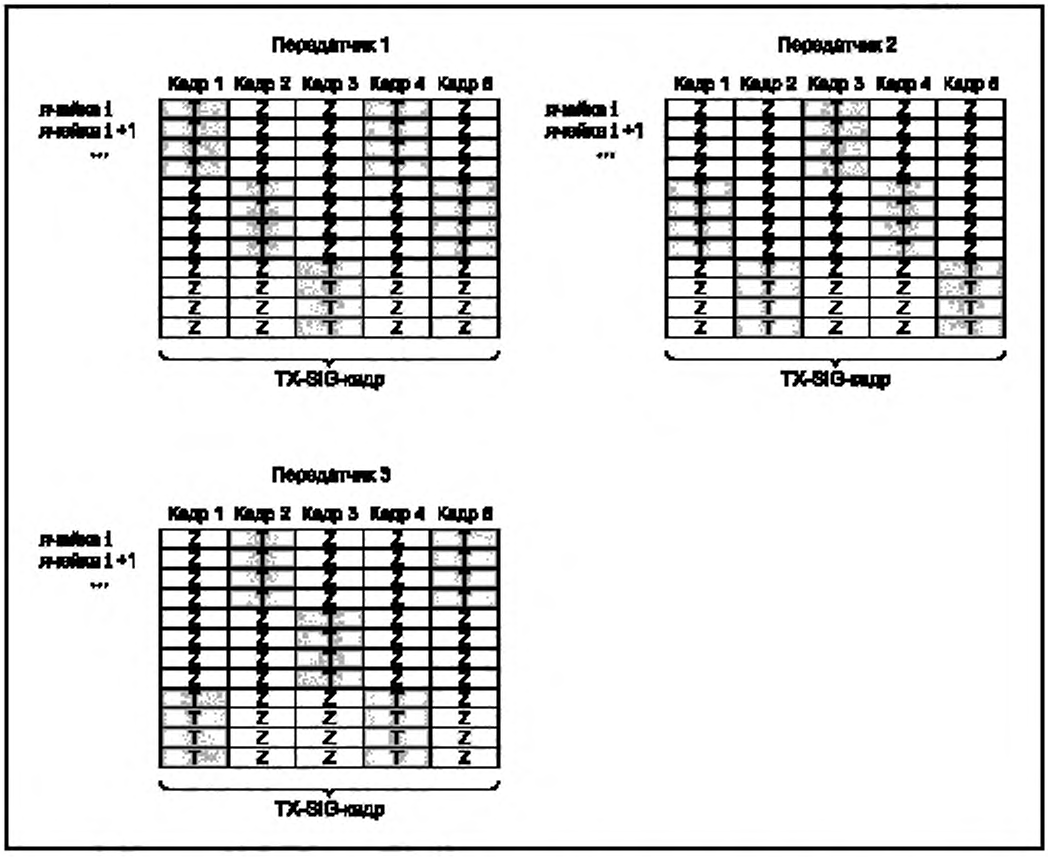


Рисунок 1 — Пример шаблонов дополнительных ячеек, содержащих сигнатуры передатчиков, перед вставкой В-ячеек, для случая $M = 3$, $N = 4$, $L = 5$

Пример шаблонов дополнительных ячеек, содержащих сигнатуры передатчиков, после вставки B-ячеек приведен на рисунке 2.

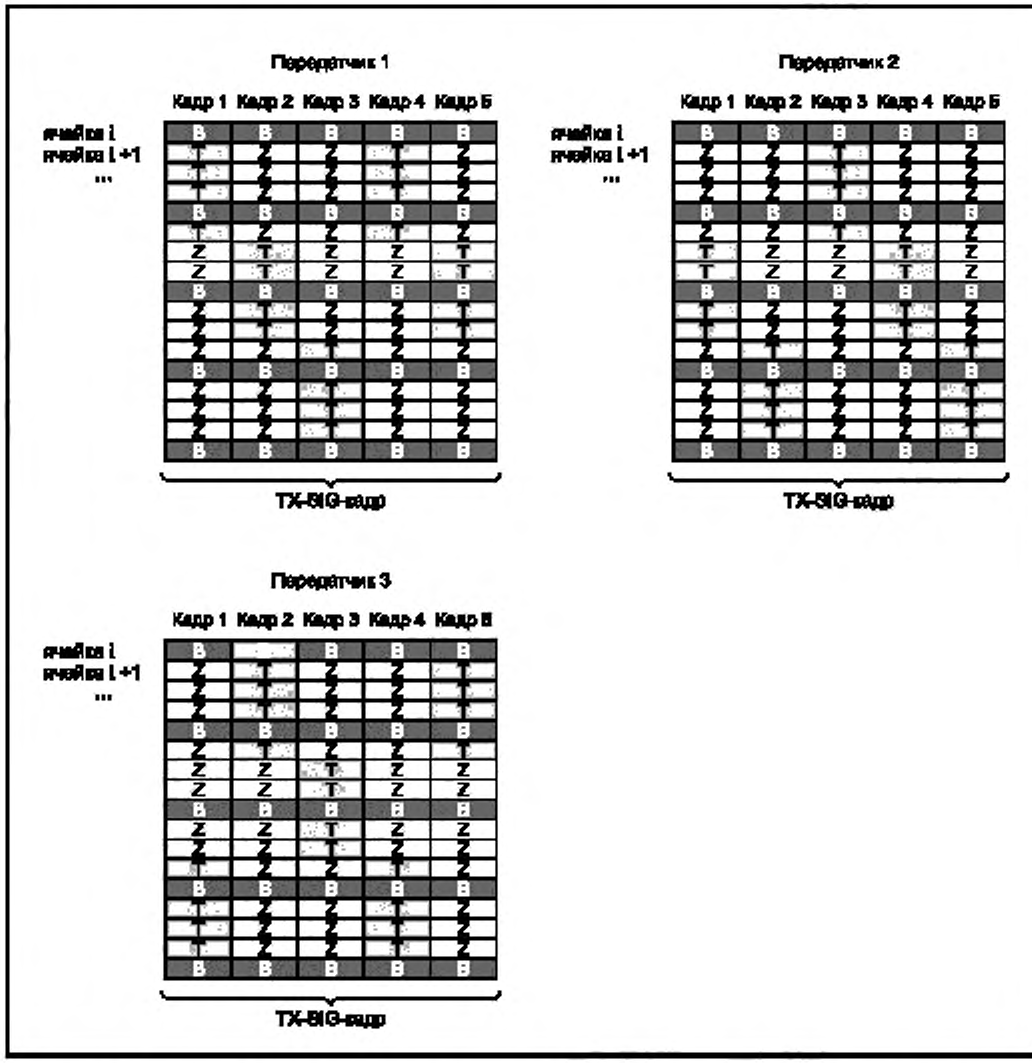


Рисунок 2 — Пример шаблонов дополнительных ячеек, содержащих сигнатуры передатчиков, после вставки B-ячеек, для случая $M = 3$, $N = 4$, $L = 5$

Амплитуда и фаза ячеек дополнительного потока в составе TX-SIG-кадра должны определяться следующим образом:

- значения ячеек генерируются путем выборки первых $K \cdot L$ значений из базовой скремблирующей последовательности, определенной стандартом DVB-T2. Данная последовательность должна заново инициализироваться в начале каждого нового TX-SIG-кадра;
- полученные биты $b_{BS,j}$, где $0 \le j \le K \cdot L - 1$, отображаются на значения ячеек $x_{m,l,p}$ в порядке нарастания адресов ячеек, начинаясь в первом T2-кадре TX-SIG-кадра с первого адреса, следующего за предыдущим дополнительным потоком (не содержащим сигнатуру передатчика), если таковой присутствует, или за последним PLP в противном случае.

Для ячеек дополнительного потока, содержащих Т- или В-ячейки, значения ячеек $x_{m,l,p}$ должны определяться выражением

$$\begin{aligned} \mathrm{Re}\left\{x_{m,l,p}\right\} &= 2A\left(\frac{1}{2} - b_{bs,j}\right); \\ Im\left\{x_{m,l,p}\right\} &= 0, \end{aligned} \tag{4}$$

где значение A для Т-ячеек должно быть равно $\sqrt{\frac{4}{3}}$, а для В-ячеек определено ниже.

Для остальных ячеек дополнительного потока, в частности содержащих Z-ячейки, значения $x_{m,l,p}$ должно быть равно «0».

Значения ячеек $x_{m,l,p}$ дополнительного потока (включая Т-, В- и Z-ячейки) должны иметь в каждом OFDM-символе одинаковое ожидаемое среднее значение мощности, как у ячеек данных потоков PLP. Значение A для В-ячеек должно подбираться, исходя из этого условия.

4.2.3 Специальные меры для работы в сети MISO

В случае работы в одночастотной сети MISO должны быть приняты следующие меры:

- Т2-кадр должен быть организован таким образом, чтобы все ячейки дополнительного потока, содержащего сигнатуру передатчика, содержались в одном или нескольких OFDM-символах, не переносящих ячейки потока PLP с данными. Вместо не используемых ячеек L1-сигнализации, баланса смещения, потоков PLP или дополнительных потоков должны быть вставлены незначащие ячейки по стандарту DVB-T2;

- OFDM-символ с ячейками дополнительного потока, содержащего сигнатуру передатчика, не должен подвергаться обработке MISO. При этом пилот-ячейки должны передаваться в соответствующем MISO формате.

4.2.4 L1-сигнализация для дополнительного потока TX-SIG

4.2.4.1 Конфигурируемая L1-постсигнализация

Если используется дополнительный поток с сигнатурой передатчика, значения поля AUX_STREAM_TYPE в цикле дополнительного потока конфигурируемой L1-постсигнализации должно быть равно «0000_2». Соответствующее 28-битное поле AUX_PRIVATE_CONF при этом должно содержать следующие поля:

P (10 битов) — содержит значение P, определяющее через формулу $M = 3(P + 1)$ общее число сигнатур передатчиков M (см. 4.1.2);

Q (4 бита) — содержит значение Q, определяющее через формулу $N = 2^Q$ число ячеек N дополнительного потока, используемых для передачи сигнатуры одного передатчика в пределах Т2-кадра (см. 4.1.2);

R (8 битов) — содержит значение R, определяющее через формулу $L = R + 1$ число Т2-кадров L в одном TX-SIG-кадре. L может принимать значения от 1 до 256;

STATIC_AUX_STREAM_FLAG (1 бит) — если этот бит равен «1», то значение поля AUX_STREAM_START динамической L1-постсигнализации статическое, иначе значение поля AUX_STREAM_START динамическое;

RESERVED (6 битов) — зарезервировано для будущего использования.

4.2.4.2 Динамическая L1-постсигнализация

Если используется дополнительный поток с сигнатурой передатчика, 48-битное поле AUX_PRIVATE_DYN динамической L1-постсигнализации должно содержать следующие поля:

TX_SIG_FRAME_INDEX (8 битов) — содержит индекс текущего Т2-кадра в TX-SIG-кадре. Индекс первого Т2-кадра в TX-SIG-кадре должен быть равен «0»;

AUX_STREAM_START (22 бита) — указывает начальную позицию дополнительного потока в текущем Т2-кадре. Адресация должна быть идентична применяемой для потоков PLP;

RESERVED (18 битов) — зарезервировано для будущего использования.

4.3 Сигнатура передатчика в блоках FEF

Данный метод передачи сигнатуры передатчика может использоваться для измерения временных и частотных характеристик отдельных передатчиков, определения импульсной характеристики канала между отдельным передатчиком и приемником и определения вклада отдельного передатчика в суммарный сигнал.

4.3.1 Общие принципы

Блоки FEF с сигнатурой передатчика должны содержать следующие секции:

- P1-символ;
- период дополнительного назначения;
- первый период сигнатуры, содержащий сигнал сигнатуры вместе с циклическим префиксом;
- второй период сигнатуры, содержащий сигнал сигнатуры вместе с циклическим префиксом.

Структура блока FEF с сигнатурой передатчика показана на рисунке 3.

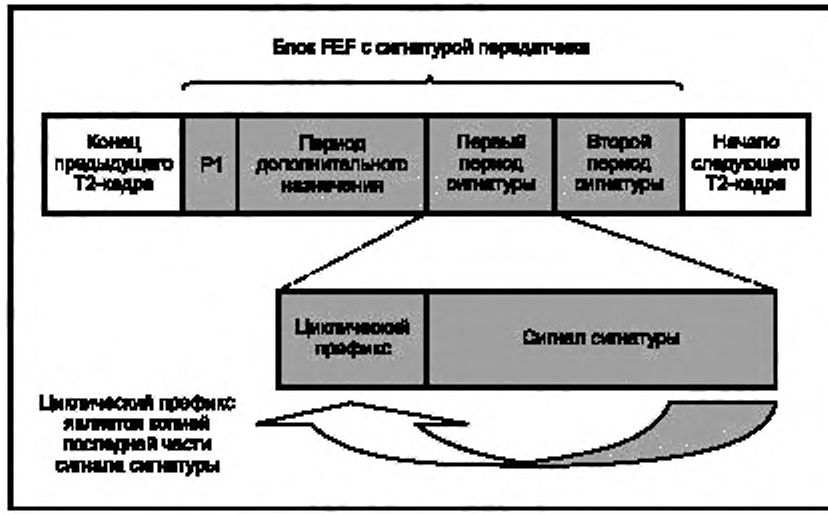


Рисунок 3 — Структура блока FEF с сигнатурой передатчика

Сигналы сигнатур должны выбираться из восьми заранее определенных вариантов, что позволяет получить 64 различные комбинации и обеспечить идентификацию 64 отдельных передатчиков в одночастотной сети.

4.3.2 Символ P1 в блоке FEF с сигнатурой

Блок FEF с сигнатурой должен начинаться с символа P1. Длительность символа P1 должна быть $2048T$, где T — элементарный период для заданной ширины полосы канала DVB-T2.

4.3.3 Период дополнительного назначения

Период дополнительного назначения предназначен для подстройки длины блока FEF с сигнатурой под требования сетевого оператора. Длина периода дополнительного назначения T_{OU} может быть равна «0». Содержание периода дополнительного назначения на данный момент не определено и может быть использовано для различных целей в будущем.

4.3.4 Первый и второй периоды сигнатуры

После периода дополнительного назначения должны следовать первый и второй периоды сигнатуры. Каждый период должен содержать сигнал сигнатуры с циклическим префиксом в начале.

Сигнал сигнатуры должен иметь длительность $65536T$,

Циклический префикс, вставляемый перед сигналом сигнатуры, должен представлять собой копию последней части сигнала сигнатуры длительностью $14546T$,

Суммарная длительность каждого периода сигнатуры должна составлять $80082T$,

Суммарная длительность блока FEF с сигнатурой T_{FEF} должна определяться выражением

$$T_{FEF} = 162212 \cdot T + T_{OU}. \quad (5)$$

4.3.5 Набор из восьми дискретных последовательностей

4.3.5.1 Общие положения

Сигнал сигнатуры должен формироваться из набора из восьми дискретных последовательностей, обладающих свойством обобщенной ортогональности (ОО).

ОО-последовательности должны быть ортогональны одна другой не только непосредственно, но и в случае циклического сдвига одной последовательности относительно другой на число позиций, не превышающее значения, называемого зоной нулевой корреляции (ЗНК).

Циклическая автокорреляционная функция r_{ii} (ЦАКФ) и циклическая кросс-корреляционная функция r_{ij} (ЦККФ) ОО-последовательностей должны определяться следующими выражениями:

ЦАКФ:

$$r_{ii}[0] = A,$$
$$r_{ii}[n] = 0, 1|n| \le Z_0. \quad (6)$$

ЦККФ:

$$r_{ij}[0] = 0, -Z_0 \le n \le Z_0, \ \forall i \ne j, \quad (7)$$

где $Z_0 = 7273$ — параметр, определяющий ЗНК;

A — положительная константа, зависящая от применяемой нормализации;

i, j — индексы последовательностей.

Примечание — Так как ЗНК является двусторонней, длина циклического префикса должна быть равна $2Z_0$.

Набор ОО-последовательностей должен формироваться по следующим этапам:

- получение одиночной идеальной последовательности длиной 1024, сформированной как 32-фазная последовательность Фрэнка (см. 4.3.5.2);
- получение из данной последовательности и набора восьми последовательностей Адамара (см. 4.3.5.3) длиной 8 промежуточного набора из восьми ОО-последовательностей длиной 8192;
- получение из данного набора ОО-последовательностей и набора восьми последовательностей Адамара длиной 8 окончательного набора из восьми ОО-последовательностей длиной 65536.

4.3.5.2 Начальная идеальная последовательность

Начальная идеальная последовательность $Frank_{1024}$ должна представлять собой последовательность комплексных чисел, полученных из следующего выражения:

$$Frank_{1024} = \left\{ e^{j2\pi \left\lfloor \frac{q}{32} \right\rfloor (q \bmod 32)/32} \right\}, \ q = 0, 1, \ldots 1023, \quad (8)$$

где операция $[x]$ означает взятие наибольшего целого, меньшего или равного x; операция $x \ mod \ y$ возвращает остаток от целочисленного деления x на y

$$j = \sqrt{-1}.$$

ЦАКФ идеальной последовательности должна быть равна «0» для любого значения циклического сдвига, кроме 0.

4.3.5.3 Последовательности Адамара

Последовательности Адамара должны представлять собой ряды из следующей матрицы Адамара Hadamard_8.

$$\text{Hadamard}_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

4.3.5.4 Промежуточный набор ОО-последовательностей

Промежуточный набор из восьми ОО-последовательностей длиной 8192 должен формироваться следующим способом:

- получить набор из $m = 1024$ значений идеальной последовательности Фрэнка c_q, где $q = 0, 1, \ldots 1023$ (см. 4.3.5.2);

- получить набор $A = \{a_0, a_1, \ldots a_{n-1}\}$ из n последовательностей $a_i = \{a_{i,0}, a_{i,1}, \ldots a_{i,m-1}\}$ длиной m каждая, элементы которой a_{ij} должны определяться выражением

$$a_{ij} = c_{j+d\left\lfloor\frac{i+1}{n}\right\rfloor \bmod m}, \quad (9)$$

где $d = 1$; $n = 8$; операция [x] означает взятие наибольшего целого, меньшего или равного x; операция x *mod* y возвращает остаток от целочисленного деления x на y;

- представить набор A как матрицу размерностью $n \cdot m$, содержащую n последовательностей a_i в своих рядах, и транспонировать ее в матрицу A^T, содержащую те же последовательности в столбцах;

- получить последовательность $u = \{u_0, u_1, \ldots u_{mn-1}\}$ из 8192 элементов путем чтения матрицы A^T по рядам слева направо сверху вниз;

- представить матрицу Адамара Hadamard_8 размерностью $8 \cdot 8$ как упорядоченный набор $B = \{b_0, b_1, \ldots b_{n-1}\}$ последовательностей $b_i = \{b_{i,0}, b_{i,1}, \ldots b_{i,n-1}\}$, являющихся рядами матрицы;

- получить промежуточный набор $S' = \{s'_0, s_1, \ldots s'_{n-1}\}$ из восьми ОО-последовательностей $s'_h = \{s'_{h,0}, s'_{h,1}, \ldots s'_{h,mn-1}\}$ длиной 8192 каждая, элементы которой должны определяться выражением

$$s'_{h,j} = u_i b_{h,j \bmod n}. \quad (10)$$

4.3.5.5 Финальный набор ОО-последовательностей

Финальный набор из восьми ОО-последовательностей должен формироваться следующим способом:

- представить промежуточный набор S' как матрицу размерностью $n \cdot m$, содержащую n последовательностей s'_i в своих рядах, и транспонировать ее в матрицу S'^T, содержащую те же последовательности в столбцах. В данном случае $n = 8$, $m = 8192$;

- получить новую последовательность $u = \{u_0, u_1, \ldots u_{mn-1}\}$ из 65536 элементов путем чтения матрицы S'^T по рядам слева направо сверху вниз;

- представить матрицу Адамара Hadamard_8 размерностью $8 \cdot 8$ как упорядоченный набор $B = \{b_0, b_1, \ldots b_{n-1}\}$ последовательностей $b_i = \{b_{i,0}, b_{i,1}, \ldots b_{i,n-1}\}$, являющихся рядами матрицы;

- получить финальный набор $S = \{s_0, s_1, \ldots s_{n-1}\}$ из восьми ОО-последовательностей = $s_h = \{s_{h,0}, s_{h,1}, \ldots s_{h,mn-1}\}$ длиной 65536 каждая, элементы которой должны определяться выражением

$$s_{h,i} = u_i b_{h,i \bmod n}. \quad (11)$$

Полученные восемь дискретных последовательностей, имеющие ЗНК $\cdot Z_0 = 7273$, должны использоваться для формирования сигнала сигнатуры передатчика после их ограничения по полосе согласно 4.3.6.

4.3.6 Ограниченные по полосе сигналы

4.3.6.1 Общие положения

Ограничение по полосе сигнала сигнатуры для его приведения к требованиям ширины полосы сигнала DVB-T2 должно осуществляться по следующим этапам:

- вычисление дискретного спектра из финальной ОО-последовательности путем применения ДПФ;

- ограничение полученного спектра путем умножения его на подходящее фильтрующее окно;

- вычисление дискретного сигнала во временной области путем применения ОДПФ к отфильтрованному дискретному спектру, необходимая его нормализация и добавление циклического префикса.

Далее по тексту термин «К» будет соответствовать значению $2^{10} = 1024$; термин «64К» будет соответствовать значению 65536; термин «64К ДПФ» будет соответствовать применению ДПФ к дискретной последовательности длиной 65536 и получению дискретного спектра длиной 65536.

4.3.6.2 64К ДПФ

Дискретный спектр $V_{h,k}$ каждой последовательности s_h вычисляют по формуле

$$V_{h,k} = \sum_{i=0}^{N-1} s_{h,0} e^{-j2\pi k,jN}, \; k = 0, 1, \ldots (N-1), \quad (12)$$

где $N = 65536$.

Значения $V_{h,k}$ в данной формуле являются спектральными компонентами последовательности с индексом h, где каждому значению k соответствует базовая частота $kf_U = k/T_U$. Для $k \geq N/2$ спектр может

быть более наглядно представлен с использованием негативных базовых частот $k'f_U = (k-N)T_U$, где $k' = (k-N)$ и $-\frac{N}{2} \le k' < \frac{N}{2}$:

$$V_{h,k'} = \begin{cases} V_{h,k'} & \text{для } k' \ge 0, \\ V_{h,(k'+N)} & \text{для } k' < 0. \end{cases} \quad (13)$$

4.3.6.3 Фильтрующее окно и его применение

Дискретный спектр каждой последовательности должен быть ограничен путем использования окна (оконной функции) $W_{k'}$:

$$W_{k'} = \begin{cases} 0{,}42 + 0{,}5\cos s\pi\left(\frac{k'}{K_H}\right) + 0{,}08\cos 2\pi\left(\frac{k'}{K_H}\right) & \text{для } K_H \le k' \le K_H, \\ 0 & \text{для остальных случаев,} \end{cases} \quad (14)$$

где K_H = 27264.

Ограниченный спектр каждой последовательности $X_{h,k'}$ вычисляют по формуле

$$X_{h,k'} = W_{k'} V_{h,k'}. \quad (15)$$

4.3.7 Излучаемый сигнал

Сигнал $s(t)$, излучаемый в блоке FEF с сигнатурой, должен формироваться согласно выражению

$$s(t) = \mathrm{Re}\left\{ e^{j\left(2\pi f_c t + \varphi\right)} \left(p_1(t) + p_{OU}(t) + \frac{1}{\sqrt{1+2K_H}} \sum_{l}^{1} \sum_{k=-K_H}^{K_H} c_{l,k'} \Psi_{l,k'}(t) \right) \right\}, \quad (16)$$

где

$$\Psi_{l,k'}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi\frac{k'}{T_U}\left(t - \Delta - T_{P1} - T_{OU} - lT_S\right)} & \text{для } T_{P1} + T_{OU} + lT_S \le t \le T_{P1} + T_{OU} + (l+1)T_S, \\ 0 & \text{для остальных случаев,} \end{cases} \quad \textbf{(17)}$$

k' — индекс поднесущей относительно центральной частоты канала; K_H = 27264;

l — индекс периода сигнатуры, 0 — для первого, 1 — для второго;

T_S — полная длительность одного периода сигнатуры, $T_S = T_U + \Delta = 80082T$;

T_U — длительность одного сигнала сигнатуры, $T_U = 65536T$;

Δ — длительность циклического префикса сигнатуры, $\Delta = 14546T$;

f_c — центральная частота излучаемого ВЧ-сигнала;

T_{OU} — длительность периода дополнительного назначения;

T_{P1} — длительность символа P1, $T_{P1} = 2048T$;

$p_1(t)$ — сигнал символа P1;

$p_{OU}(t)$ — сигнал, излучаемый в течение периода дополнительного назначения (если используется), $T_{P1} \le t \le T_{P1} + T_{OU}$;

T — элементарный период для заданной ширины полосы канала DVB-T2;

φ — переменная величина фазы, добавляемой к фазе центральной частоты канала и выбираемая из условия обеспечения непрерывности фаз между предыдущим T2-символом и блоком FEF с сигнатурой;

$c_{l,k'}$ — комплексное значение модуляции поднесущей k' в периоде сигнатуры l, вычисляемое по формуле

$$c_{l,k'} = \frac{25\sqrt{1+2K_H}}{1024\sqrt{648798}} X_{h_l,k'}, \quad (18)$$

где h_l — индекс последовательности, выбранной для передачи в качестве сигнатуры в периоде сигнатуры l.

УДК 621.397.132.129:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова: сигнатура, обобщенная ортогональность, дискретная последовательность, сигнал сигнатуры, циклический префикс

Редактор переиздания *Н.Е. Рагузина*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 12.02.2020. Подписано в печать 06.04.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,40.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

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