

ИННОВАЦИОННЫЙ ПУТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРЕДАТЧИКОВ СТАНДАРТА DVB-T2 В РОССИИ

Карякин В.Л.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

E-mail: vl@karyakin.ru

Актуальной проблемой в технике цифрового телерадиовещания стала сертификация передатчиков стандарта DVB-T2, находящихся в эксплуатации на территории 85 регионов России. Одно из основных требований к сетевым передатчикам, выполнение которого необходимо для сертификации, – требование калиброванной по времени задержки информационного сигнала в модуляторах сетевых передатчиков. Отсутствие калибровки задержек времени обработки информационных сигналов является основной причиной технического брака в цифровом телерадиовещании, обусловленного срывом синхронизации в работе сетевых передатчиков. Предлагаемый алгоритм настроек телевизионных передатчиков, инновационный метод и устройство калибровки, реализуемое на программируемых логических интегральных схемах, позволяют обеспечить синхронную работу сетей при разбросах задержек информационного сигнала не только в модуляторах передатчиков, но и в каналах передачи данных. Модернизация передатчиков в соответствии с рекомендациями статьи заключается в дополнительном оснащении модуляторов одним универсальным компонентом отечественного производства и настройки одночастотной сети в соответствии с рассмотренным алгоритмом. Высокая технологичность предлагаемого решения позволяет в кратчайшие сроки сертифицировать передатчики стандарта DVB-T2 и обеспечить надежное, бесперебойное телерадиовещание путем модернизации передатчиков, находящихся в эксплуатации на территории 85 регионов России.

Ключевые слова: стандарт DVB-T2, эксплуатация передатчиков, эфирное телевидение, информационный сигнал, временные задержки, модуляторы, сертификация передатчиков, инновационный путь, надежность сетей

Введение

В настоящее время актуальной проблемой в технике цифрового телерадиовещания стала сертификация передатчиков стандарта DVB-T2, эксплуатируемых на территории 85 регионов России. Одним из основных требований к сетевым передатчикам, необходимым для сертификации, является требование калиброванной по времени задержки информационного сигнала в модуляторах сетевых передатчиков.

Зарубежные сетевые передатчики калибруются до введения в эксплуатацию в заводских условиях. Сложность решения проблемы в России заключается в том, что в соответствии с проектом НИИР введенные в эксплуатацию передатчики не предназначены для сетевой работы. Отсутствие калибровки задержек времени обработки информационных сигналов является основной причиной технического брака в цифровом телерадиовещании, обусловленного срывом синхронизации в работе сетевых передатчиков.

Решение проблемы сертификации прежде всего связано с необходимостью и возможностью технической реализации калибровки передатчиков, находящихся в эксплуатации, при ограниченном финансировании реконструкции сетей телерадиовещания.

Вопросы, связанные с исследованием причин отсутствия синхронной работы передатчиков, а также причин периодического срыва синхронизации, изучались автором в процессе работы ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (РТРС) по реализации Федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы» в рамках Центра повышения квалификации специалистов филиалов РТРС на базе ПГУТИ в г. Самаре.

Рассмотрим основные этапы теоретических исследований и практических экспериментов, проведенных автором и позволяющих в настоящее время разработать и утвердить правила технической эксплуатации сетевых передатчиков и решить проблему сертификации передатчиков стандарта DVB-T2 в России.

1. Исследование методов обеспечения идентичности информационного сигнала в сетевых передатчиках стандарта DVB-T2.
2. Анализ работы отечественных передатчиков в SFN (Single Frequency Network) сети.
3. Алгоритм настроек телевизионных передатчиков.
4. Измерения задержек информационного сигнала в каналах передачи данных.

5. Техническая реализация метода измерения и калибровки задержек сигнала в модуляторах передатчиков.

6. Технология измерения и калибровки задержек сигнала.

7. Модернизация одночастотных сетей РФ на основе технических решений, защищенных автором патентами, в соответствии с правилами технической эксплуатации сетевых передатчиков.

Цель статьи – обоснование специфичных требований к сетевым передатчикам цифрового телерадиовещания, позволяющих учесть их при разработке проекта «Правила применения передатчиков эфирного телевидения» на уровне Минкомсвязи РФ (см. этапы 1–6), а также анализ возможности реализовать седьмой этап совместно со специалистами Московского научно-исследовательского телевизионного института (МНИТИ) и Ассоциацией разработчиков и производителей аппаратуры телерадиовещания (АРПАТ), обладающих современными производственными технологиями для решения проблемы сертификации передатчиков стандарта *DVB-T2* в России.

Общие сведения

На территории РФ в 2018 г. завершено строительство сетей цифрового телевизионного вещания в стандарте *DVB-T2* в соответствии с Федеральной целевой программой «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы» [1] по проекту, разработанному в НИИР [2]. Однако до настоящего времени не разработаны требования к техническим характеристикам передатчиков, предназначенных для работы в сетях *SFN*. В результате цифровые передатчики эфирного телевидения первого и второго мультиплекса, находящиеся в эксплуатации на территории 85 регионов России, не сертифицированы [4].

Проект «Правила применения передатчиков эфирного телевидения» обсуждался на уровне Минкомсвязи России в ноябре, декабре 2019 г. в кругу лиц, которых затрагивает эта проблема, прежде всего с разработчиками телевизионного оборудования и специалистами компаний, оказывающих услуги в области наземного эфирного цифрового телевизионного вещания. Вступление новых правил в силу планировалось в первом квартале 2020 г. Возможно, по причине пандемии коронавируса разработка проекта была приостановлена.

Следует отметить, что многие специалисты в настоящее время считают [5], что проблемы с синхронизацией связаны только в сетях, осна-

щенных передатчиками с большим разбросом задержек при обработке информационного сигнала в модуляторах.

Действительно, в этом случае одночастотные сети неработоспособны с вероятностью, близкой к единице. Устранив эту проблему с помощью коррекции времени излучения в мощных передатчиках от 1 до 10 кВт, в которых время обработки в модуляторах значительно отличается от времени обработки в модуляторах передатчиков средней и малой мощности, в целом сеть стала работоспособной во всех 85 регионах России. Однако в работоспособных сетях после коррекции времени излучения мощных передатчиков сохраняются срывы синхронизма в зонах, оснащенных передатчиками средней и малой мощности, приводящие к ухудшению качества приема или невозможности приема телевизионных программ.

Технический брак в этих областях объясняется теми же причинами, то есть отсутствием калибровки в модуляторах средней и малой мощности передатчиков. Но так как разброс задержки в модуляторах передатчиков средней мощности значительно меньше, чем в модуляторах передатчиков высокой и средней мощности, то отказы синхронизации происходят с меньшей вероятностью, когда метка времени попадает в промежуток между задержками передатчиков (см. рисунок 2). Следует отметить, что метка времени формируется централизованно для всех регионов России в Федеральном центре мультиплексирования.

Для обеспечения синхронизма в проблемных зонах меняют задержки излучения передатчиков. Однако при этом, как правило, появляются проблемы в других зонах вещания благодаря интерференционным явлениям, которые также приводят к ухудшению качества приема или невозможности приема телевизионных программ.

В результате все попытки устранения недостатков проекта [2] коррекцией времени излучения передатчиков в проблемных зонах вещания приводят к ухудшению качества приема в других зонах. Очевидно, что, если в результате калибровки зазор удастся минимизировать до нескольких микросекунд, а метку времени установить превышающей величину задержки (более подробно см. далее), вероятность срыва синхронизма передатчиков одночастотной сети будет близка к нулевой.

В [5] дано подробное объяснение причин срыва синхронизма в одночастотных сетях, где модуляторы не калиброваны по времени обра-

Рисунок 1. Формат пакета *T2-MI* с полями метки времени

ботки информационного сигнала. Показано, что нейтрализация проблем, создаваемых мощными передатчиками в одночастотных сетях путем коррекции времени излучения, позволяет восстановить работоспособность сетей, но не обеспечивает надежного и бесперебойного телерадиовещания во всех зонах.

На наш взгляд, для решения проблемы обеспечения надежного и бесперебойного телерадиовещания в России [13] необходимо устранить причины технического брака и технических остановок в работе сетей, построенных в соответствии с проектом [2]. Невозможно решить серьезную проблему без устранения причин возникновения этой проблемы.

Методы обеспечения идентичности информационного сигнала в сетевых передатчиках стандарта DVB-T2

Учитывая принципиальные изменения в методах синхронизации передатчиков стандартов *DVB-T* и *DVB-T2* [4; 5; 10], консорциум *DVB* опубликовал документ [3], посвященный измерениям интерфейса *T2-MI*, оформленный как дополнение к *TR 101 290*.

Пакеты потока *T2-MI* (см. рисунок 1), предназначенные для синхронизации времени излучения передатчиков, имеют метку времени *T2_timestamp*. Возможны два механизма формирования метки: абсолютной метки *seconds_since_2000* и относительной *subseconds*. Для формирования абсолютной метки предназначено поле *seconds_since_2000* (40 бит). Абсолютная метка содержит число секунд, прошедших с начала 2000 г.

В случае когда поле *seconds_since_2000* имеет значение 0000000000_{16} , формируется относительная метка *subseconds* (27 бит). Метка времени *subseconds* задается в формирователе транспортного потока *T2-MI* (*T2*-шлюзе). Значение метки после прихода очередного импульса 1prps равно количеству субсекундных единиц, умноженному на T_{sub} . Здесь $T_{sub} = 1/64$ мкс для стандартного канала 8 МГц.

Значение относительной метки, не превышающей 1 сек, выбирается с учетом сетевых задержек и времени задержки в модуляторе. Поле *rfu* (4 бита) зарезервировано для будущего использо-

вания. Поле *bw* (4 бита) указывает на полосу пропускания канала. В данном случае 4_{16} , что соответствует стандартному каналу 8 МГц. Поле *utco* (13 бит) задает смещение (в сек) между текущим временем и временем по Гринвичу. Используется только при формировании абсолютной метки.

Анализ работы отечественных передатчиков в SFN-сети

Учитывая, что методы обеспечения синхронизации *SFN*-сети [4; 5; 7] во многом определяются техническими характеристиками модуляторов передатчиков, в [7] проведен анализ работы отечественных передатчиков ООО «Триада» в *SFN*-сети с модуляторами *ProTelevision* и *TeamCast*.

Исследования показали отсутствие синхронизации информационного сигнала из-за расхождения задержек в модуляторах. Проведенный анализ установил причину неработоспособности передатчиков в *SFN*-сети. Дана количественная оценка величине расхождения задержек (см. рисунок 2). Время излучения задается временными метками в *T2*-шлюзе; *PPS* – один импульс в сек.

Из рисунка 2 следует, что при попадании метки времени в зазор между задержками передатчиков с различными модуляторами излучение более инерционного передатчика осуществляется на следующей секунде. Это, в свою очередь, приводит к срыву синхронизма передатчиков.

Перейдем к рассмотрению метода обеспечения синхронной работы передатчиков.

Метод представлен в виде алгоритма настроек передатчиков, имеющих разброс временных задержек информационного сигнала.

Алгоритм настроек телевизионных передатчиков

Алгоритм настроек передатчиков [4; 5; 10] представлен на рисунке 3.

A1 Ввод исходных данных:

GI – защитный интервал времени, соответствующий топологии размещения передатчиков в зоне обслуживания;

$S1; S2; S3; \dots; S_{n-1}; S_n$ – временные задержки ИС при его распространении от *T2*-шлюза Центра формирования мультиплексов до каждого из передатчиков;

$M1; M2; M3; \dots; M_{n-1}; M_n$ – итоговые задержки ИС в модуляторах передатчиков, где n – число передатчиков в одночастотной сети *SFN*.

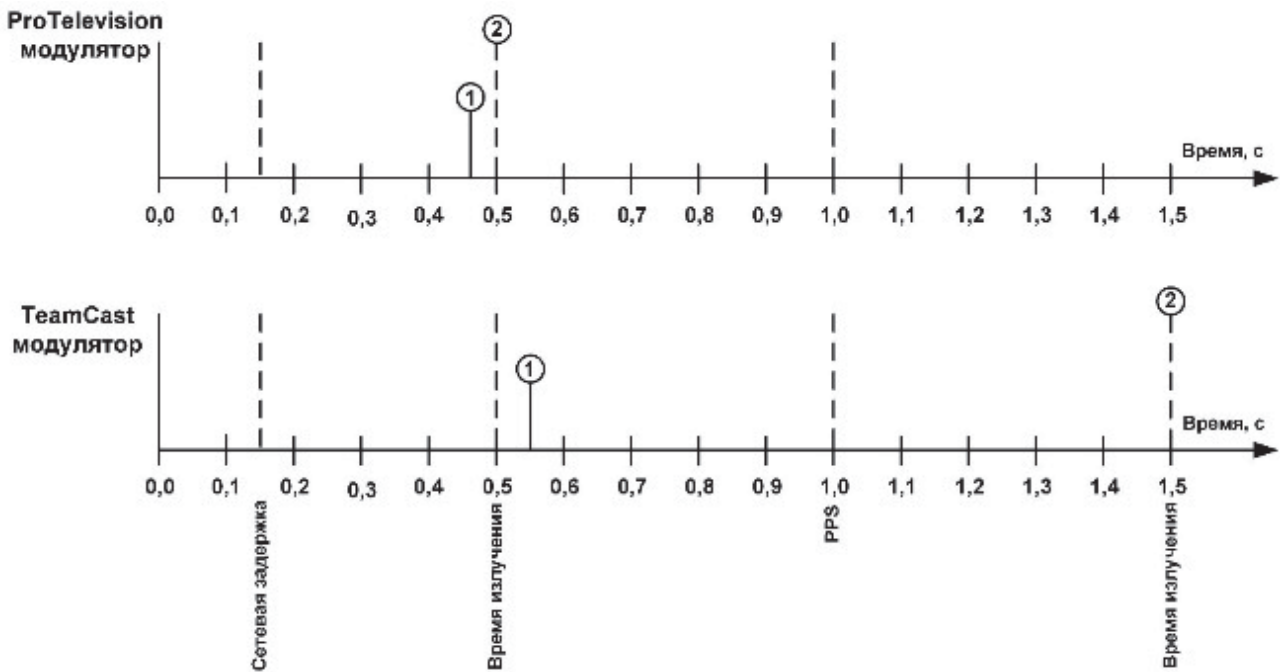


Рисунок 2. Анализ работы передатчиков в SFN-сети с модуляторами ProTelevision и TeamCast

A2 Определение результирующей задержки ИС в каждом из передатчиков:

$$R_i = S_i + M_i,$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

A3 Определение максимальной задержки R_{max} ИС в SFN-сети.

A4 Определение величины отклонения задержек в каждом из передатчиков SFN-сети от максимального значения:

$$E_i = R_{max} - R_i.$$

A5 Ввод дополнительных задержек ИС в модуляторы передатчиков:

$$R_i = R_i + E_i.$$

A6 Измерение значения метки времени T_m излучения передатчиков.

A7 Проверка выполнения условия $R_i < 1$ сек. Если условие не выполняется, идти к A10.

A8 Проверка выполнения условия установления синхронизма на первой секунде:

$$1 \text{ сек} > T_m \geq R_i.$$

Если условие выполняется, идти к A14.

A9 Установка метки времени излучения передатчиков T_m в T2-шлюзе ЦФМ, удовлетворяющей условию $1 \text{ сек} > T_m \geq R_i$.

Идти к A14.

A10 Проверка выполнения условия $2 \text{ сек} > R_i > 1 \text{ сек}$.

Если условие не выполняется, идти к A13.

A11 Проверка выполнения условия установления синхронизма на второй секунде:

$$2 \text{ сек} > T_m + 1 \geq R_i.$$

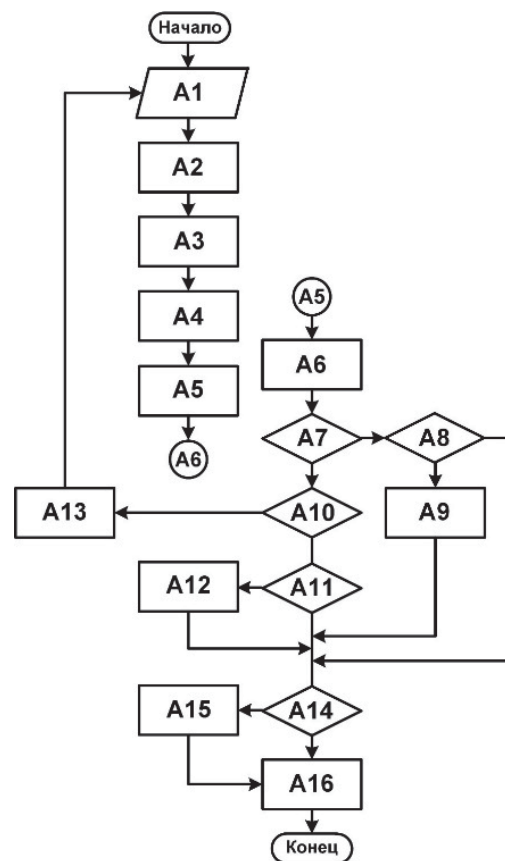


Рисунок 3. Алгоритм настроек SFN передатчиков стандарта DVB-T2

Если условие выполняется, идти к A14.

A12 Установка метки времени излучения передатчиков T_m в T2-шлюзе ЦФМ, удовлетворяющей условию $2 \text{ сек} > T_m + 1 \geq R_i$.

Идти к A14.

A13 Устранение причин возникновения задержек, превышающих две секунды.

Идти к A1.

A14 Проверка соответствия установленного защитного интервала в передатчиках *SFN*-сети задержкам эхо-сигналов Z_j в зоне обслуживания.

Если $GI > Z_j$, $j = 1, 2, 3, \dots, k$. Здесь k – номер контрольной точки измерений в зоне обслуживания.

Если условие выполняется, идти к A16.

A15 Установка защитного интервала, удовлетворяющего условию:

$$GI > Z_j, j = 1, 2, 3, \dots, k.$$

A16 Завершение настройки синхронной работы передатчиков *SFN*-сети и переход к анализу качества ТВ вещания в зоне обслуживания.

Требования к методу настройки передатчиков: настройка передатчиков, входящих в состав одночастотной сети, должна обеспечить равенство временных задержек, не превышающих двух сек, на всех передатчиках в полном соответствии с выбранной относительной меткой времени, устанавливаемой в формирователе транспортного потока *T2-MI*.

Оценка сетевых задержек на входе возбуждителя и итоговых задержек в модуляторах должна обеспечиваться измерителем с визуальной индикацией результатов измерений.

При большом разбросе задержек необходимо ввести дополнительные статические задержки на программном или аппаратном уровне, выровняв таким образом разброс задержек ИС в модуляторах передатчиков, а также возможный разброс задержек ИС в каналах связи.

Измерения задержек ИС в каналах передачи данных

Проблема задержки распространения сигнала так или иначе затрагивает все спутниковые системы связи [4; 5; 8]. Наибольшей задержкой обладают системы, использующие спутниковый ретранслятор на геостационарной орбите. В этом случае задержка, обусловленная конечностью скорости распространения радиоволн, составляет примерно 250 мс.

Следует отметить, что для измерений можно использовать портативные анализаторы «Макс-ЕМ», «Макс-ЕМК» предприятия ООО «Бинар-КОМ». Измерения временной задержки представляет собой базовую опцию отечественных анализаторов и не требует установки дополнительных опций.

Анализаторы позволяют не только измерить среднюю задержку распространения, но и оценить ее вариацию. Оценка вариации задержки

особенно важна для анализа систем передачи данных с переменной задержкой, в частности при возможном использовании компьютерных сетей передачи данных, в т. ч., сетей *NGN (Next Generation Network)*.

Техническая реализация метода измерения и калибровки задержек сигнала в модуляторах передатчиков сети

Данный раздел посвящен рассмотрению технической реализации метода измерения и калибровки временных задержек в модуляторах передатчиков стандарта *DVB-T2* [4; 5; 8; 9; 14], защищенного автором статьи патентом [14] и представленного в работе [8].

Актуальность данного раздела обусловлена тем, что передатчики, находящиеся на эксплуатации в синхронных сетях РФ, не калиброваны по времени обработки информационного сигнала в модуляторах. Предлагаемые метод и устройство калибровки на программном уровне позволяют обеспечить синхронную работу сетей *SFN* с минимальными интерференционными искажениями при разбросах задержек информационного сигнала не только в модуляторах передатчиков, но и в каналах передачи данных [6].

На рисунке 4 изображена блок-схема устройства, реализующая способ измерения и калибровки результирующих временных задержек в модуляторах с блоком управления задержкой сигнала; на рисунке 5 – графическое изображение временных диаграмм в соответствующих точках устройства, поясняющих способ измерения и калибровки результирующих задержек.

На рисунках 4, 5 введены следующие обозначения. 1 – *ASI* интерфейс на входе; 2 – ББП, блок буферизации потока *T2-MI*; 3 – БУЗ, блок управления задержкой сигнала; 4 – *ASI* интерфейс на выходе; 5 – М, модулятор передатчика; 6 – ИС, источник *DVB-T2*; 7 – ФТС, формирователь тестового сигнала; 8 – первый вход логической схемы «ИЛИ»; 9 – второй вход логической схемы «ИЛИ»; 10 – выход логической схемы «ИЛИ»; 11 – ББО, блок буферизации опорного сигнала; 12 – ДВЧ, детектор – ВЧ-сигнала; 13 – ИЛИ, логическая схема «ИЛИ»; 14 – А, *GPS*-ГЛОНАС-антенна; 15 – выход модулятора передатчика; *T1* – задержка опорного сигнала, соответствующая началу преамбулы *P1* суперкадра; *T2* – задержка выходного тестового сигнала относительно сигнала *Ipps*; *T3* – результирующая временная задержка в модуляторе передатчика с блоком управления задержкой сигнала на его входе.

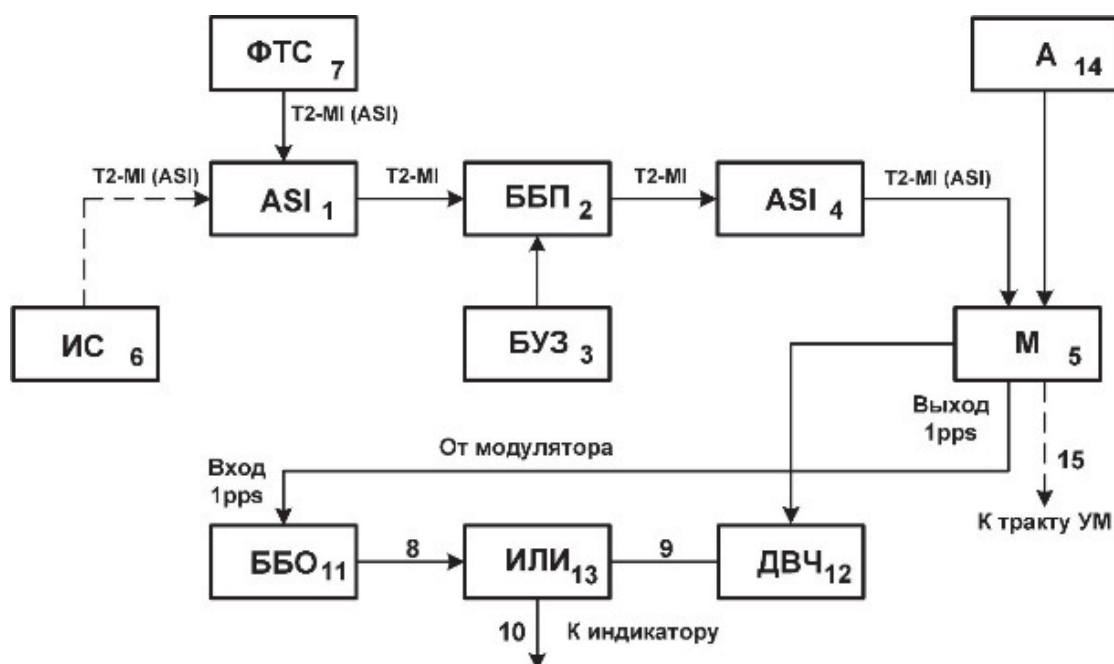


Рисунок 4. Блок-схема устройства, реализующего способ измерения и калибровки задержек сигнала

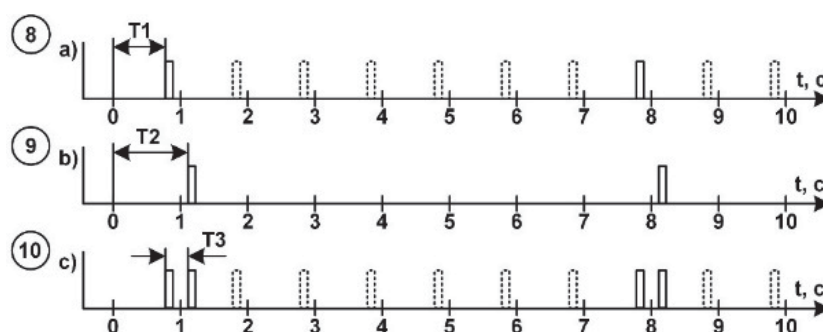


Рисунок 5. Временные диаграммы, поясняющие метод измерения и калибровки результирующих задержек

Формирователем тестового сигнала 7 в устройстве измерения и калибровки задержек сигнала является блок *DiviDual* производства компании *Enensys* [5], позволяющий записывать и воспроизводить поток *T2-MI* в формате *ASI*. В данном блоке записан поток *T2-MI*, в котором информация в символе *P1* преамбулы каждого суперкадра заменена нулями с использованием редактора *Nex Editor Neo*.

Реализация интерфейса ASI. Асинхронный последовательный интерфейс, или *ASI* (*Asynchronous serial interface*), – потоковый формат данных, который предназначен для передачи 8-битового пакетного транспортного потока по коаксиальным или волоконно-оптическим линиям связи с постоянной скоростью передачи 270 Мбит/с.

Транспортные потоки из разных источников могут иметь разные скорости передачи данных. Использование постоянной скорости передачи данных позволяет унифицировать требования к

линиям связи, к трактам передачи и приема сигналов. Реализация интерфейса *ASI* может быть осуществлена с помощью программы *Quartus II v.13.0* на программируемой логической схеме *FPGA Altera*.

Технология измерения и калибровки задержек сигнала

Сущность предлагаемой технологии измерения и калибровки результирующих временных задержек в модуляторах [4; 5; 8; 11] заключается в следующем. Измерение результирующей задержки проводят путем сравнения тестового сигнала на выходе модулятора с опорным сигналом, задержанным относительно сигнала *1pps* в буфере опорного сигнала на величину, равную метке времени.

Тестовый сигнал формируется заменой битовой информации в символе *P1* преамбулы каждого суперкадра на нулевую в потоке *T2-MI*. Сформированные опорные импульсы (см. рисунок 5, а), отстоящие от сигнала *1pps* на время *T1* и

соответствующие метке времени, то есть началу преамбулы *PI* суперкадра, подаются на первый вход 8 схемы «ИЛИ». В выходном ВЧ-сигнале модулятора с помощью ВЧ-детектора огибающей формируются импульсы, отстоящие от опорного сигнала на время *T2* и поступающие на второй вход 9 схемы «ИЛИ» (см. рисунок 5, б).

В результате на выходе 10 схемы «ИЛИ» формируется периодический сигнал, состоящий из пары импульсов (см. рисунок 5, в), расстояние между которыми определяет результирующую задержку *T3* информационного сигнала в модуляторе и дополнительного блока управления задержкой. Период повторения сигнала, состоящего из пары импульсов, определяется длительностью суперкадра.

Заключение

Совокупность результатов исследований, полученных автором и обобщенных в данной статье, позволяет в настоящее время учесть их при разработке проекта «Правила применения передатчиков эфирного телевидения» на федеральном уровне.

Обоснована возможность модернизации одночастотных сетей РФ совместно со специалистами МНИТИ и Ассоциации разработчиков и производителей аппаратуры телерадиовещания (АРПАТ), обладающих современными производственными технологиями для решения проблемы сертификации передатчиков стандарта *DVB-T2* в России. Предлагаемые алгоритм настроек телевизионных передатчиков, метод и устройство калибровки на программном уровне позволяют обеспечить синхронную работу сетей *SFN* при разбросах задержек информационного сигнала не только в модуляторах передатчиков, но и в каналах передачи данных.

Реализация интерфейса *ASI*, блоков буферизации и управления задержкой сигнала может быть осуществлена с помощью программы *Quartus II v.13.0* на программируемой логической схеме *FPGA Altera*. В дальнейшем современные технологии позволяют реализовать *FPGA* в виде отечественных интегральных схем.

Внедрение представленных рекомендаций позволит повысить надежность сетей *SFN*, сертифицировать передатчики эфирного телевидения первого и второго мультиплекса, находящиеся в эксплуатации на территории 85 регионов России. Измерение и калибровка задержек в модуляторах передатчиков одночастотной сети *SFN* могут производиться в полевых условиях техническим персоналом, не обладающим специальной под-

готовкой. Кроме того, технология настройки сети *SFN* не требует оснащения дорогостоящими измерительными приборами. Важным достоинством модернизации передатчиков в соответствии с рекомендациями статьи, заключающейся в дополнительном оснащении модуляторов одним универсальным компонентом отечественного производства, является высокая технологичность предлагаемого решения и минимальные затраты для обеспечения надежного и бесперебойного телерадиовещания в России.

Литература

1. Федеральная целевая программа «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы»: постановление Правительства РФ от 28.08.2015. № 911.
2. Системы вещания телеканалов первого мультиплекса наземной сети эфирного цифрового телевизионного вещания на основе технологии региональной модификации: системный проект. М.: ФГУП НИИР, 2014. 286 с.
3. Measurement guidelines for DVB systems. Amendment for T2-MI (Modulator Interface). DVB Document A14-1, VI, 2012. 16 p. URL: http://www.dvb.org/resources/public/standards/A14-1_Measurement_Guide_T2-MI.pdf (дата обращения: 15.08.2020).
4. Карякин В.Л. Технология эксплуатации систем и сетей цифрового телевидения стандарта *DVB-T2*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: СОЛОН-Пресс, 2017. 384 с.
5. Карякин В.Л. Цифровое телевидение. 3-е изд., перераб. и доп. М.: СОЛОН-Пресс, 2020. 460 с.
6. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Косенко С.Г. Технологии цифрового ТВ вещания в мультисервисных сетях передачи данных. Самара: ПГУТИ, 2014. 234 с.
7. Синхронизация передатчиков одночастотной сети стандарта *DVB-T2* / Д.А. Калиновский [и др.] // Инфокоммуникационные технологии. 2013. Т. 11, № 4. С. 86–90.
8. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Метод измерения и калибровки задержек сигнала в модуляторах передатчиков стандарта *DVB-T2* // Электросвязь. 2017. № 6. С. 32–34.
9. Карякин В.Л., Карякин Д.В. Техническая реализация метода измерения и калибровки задержек сигнала в модуляторах передатчиков стандарта *DVB-T2* // Электросвязь. 2018. № 5. С. 22–25.
10. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Синхронизация информационного сигнала в

- передатчиках одночастотных сетей цифрового ТВ-вещания // Электросвязь. 2014. № 9. С. 24–28.
11. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Метод тестирования и калибровки передатчиков синхронного ТВ вещания в сети SFN // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2015. Т. 6, № 1. С. 30–32.
12. Проблемы синхронизации передатчиков одночастотной сети стандарта DVB-T2 / Д.А. Калиновский [и др.] // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2014. Т. 5, № 1. С. 29–32.
13. Стратегия развития телерадиовещания в Российской Федерации до 2025 года. URL: http://www.congress-nat.ru/data/documents/P_4.pdf (дата обращения: 15.08.2020).
14. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Способ измерения результирующих временных задержек в модуляторах передатчиков с управляемой линией задержки и устройство для его осуществления: патент 2606208. Российская Федерация. № 2015106772, заявл. 26.02.2015, опубл. 10.01.2017, бюл. № 1.
- Получено 24.08.2020*

Карякин Владимир Леонидович, д.т.н., действительный член IEEE, профессор кафедры радиоэлектронных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 927 600-28-64. E-mail: vl@karyakin.ru

INNOVATIVE WAY TO SOLVE THE PROBLEM OF CERTIFICATION OF DVB-T2 TRANSMITTERS IN RUSSIA

Karyakin V.L.

*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation
E-mail: vl@karyakin.ru*

The pending issue in digital TV and radio broadcasting technology is the certification of DVB-T2 standard transmitters, which are in operation in 85 regions of Russia. One of the main requirements to network transmitters, which is necessary for certification, is the requirement of time-calibrated information signal delay in modulators of network transmitters. The lack of time delay calibration of information signal processing is the main reason for technical defect in digital broadcasting, caused by the synchronization failure in the network transmitters. The results of the main stages of theoretical research and practical experiments carried out by the author earlier, which allow to take them into account in the development of the project «Rules of application of terrestrial television transmitters» at the level of the Ministry of Communications of Russia, are considered. The Ministry was renamed in its abbreviated name by Government Resolution No. 1389 dated September 9, 2020, into the Ministry of digits of Russia. The proposed algorithm of television transmitters settings, the innovative method and the calibration device, implemented on programmable logic integrated circuits, allow for synchronous operation of networks at the dispersal of information signal delays not only in the modulators of transmitters, as well as in data transmission channels. Upgrading of transmitters according to the recommendations of the article consists in additional equipment of modulators with one universal component of domestic production and adjustment of single-frequency network according to the algorithm considered. High manufacturability of the proposed solution allows to certify DVB-T2 standard transmitters in the shortest possible time and to provide reliable, uninterrupted TV and radio broadcasting by upgrading transmitters in operation in 85 regions of Russia.

Keywords: *DVB-T2 standard, operation of transmitters, terrestrial television, information signal, time delays, modulators, certification of transmitters, innovative way, network reliability*

DOI: 10.18469/ikt.2020.18.4.10

Karyakin Vladimir Leonidovich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Professor of Radio Electronic Systems Department, Full Member of the IEEE, Doctor of Technical Science. Tel. +7 927 600-28-64. E-mail: vl@karyakin.ru

References

1. Federal target program «Development of television and radio broadcasting in the Russian Federation for 2009–2018»: Resolution of the Government of the Russian Federation from 28.08.2015 no. 911. (In Russ.)
2. Broadcasting Systems of TV Channels of the First Multiplex of the Terrestrial Network of Terrestrial Digital Television Broadcasting Based on the Technology of Regional Modification: System Project. Moscow: FGUP NIIR, 2014, 46 p. (In Russ.)
3. Measurement guidelines for DVB systems. Amendment for T2-MI (Modulator Interface). DVB Document A14-1, VI, 2012. 16 p. URL: http://www.dvb.org/resources/public/standards/A14-1_Measurement_Guide_T2-MI.pdf (accessed: 15.08.2020).
4. Karjakin V.L. *Technology of Operation of Systems and Networks of Digital Television of the DVB-T2 Standard*. 2nd ed., rev. and add. Moscow: SOLON-Press, 2017, 384 p. (In Russ.)
5. Karjakin V.L. *Digital Television*. 3rd ed., rev. and add. Moscow: SOLON-Press, 2020, 460 p. (In Russ.)
6. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Kosenko S.G. *Digital TV Broadcasting Technologies in Multiservice Data Transmission Networks*. Samara: PGUTI, 2014, 234 p. (In Russ.)
7. Kalinovskij D.A. et al. Synchronization of transmitters of a single-frequency network of the DVB-T2 standard. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2013, vol. 11, no. 4, pp. 86–90. (In Russ.)
8. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Method for measuring and calibrating signal delays in modulators of DVB-T2 transmitters. *Elektrosvjaz'*, 2017, no. 6, pp. 32–34. (In Russ.)
9. Karjakin V.L., Karjakin D.V. Technical implementation of the method for measuring and calibrating signal delays in modulators of DVB-T2 transmitters. *Elektrosvjaz'*, 2018, no. 5, pp. 22–25. (In Russ.)
10. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Synchronization of information signal in transmitters of single-frequency digital TV broadcasting networks. *Elektrosvjaz'*, 2014, no. 9, pp. 24–28. (In Russ.)
11. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Method of testing and calibration of transmitters of synchronous TV broadcasting in the SFN network. *Sistemy sinhronizatsii, formirovaniya i obrabotki signalov*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 30–32. (In Russ.)
12. Kalinovskij D.A. et al. Synchronization problems for single-frequency network transmitters of the DVB-T2 standard. *Sistemy sinhronizatsii, formirovaniya i obrabotki signalov*, 2014, vol. 5, no. 1, pp. 29–32. (In Russ.)
13. Strategy for the development of television and radio broadcasting in the Russian Federation until 2025. URL: http://www.congress-nat.ru/data/documents/P_4.pdf (accessed: 15.08.2020). (In Russ.)
14. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Method for measuring the resulting time delays in transmitter modulators with a controlled delay line and a device for its implementation: patent 2606208. Russian Federation. No. 2015106772, app. 26.02.2015, publ. 10.01.2017, bul. no. 1. (In Russ.)

Received 24.08.2020