

Выводы

1. Коэффициент усиления одноантенного ретранслятора может быть существенно увеличен путем включения в его фидерный тракт двунаправленного СВЧ-усилителя, построенного на основе направленных сумматоров-разветвителей или ферритовых циркуляторов.

2. Двунаправленные усилители, построенные на основе ферритовых циркуляторов, уступая по широкополосности двунаправленным СВЧ-у-

силителям на направленных сумматорах-разветвителях, значительно превосходят их по коэффициенту усиления.

Литература

1. Хуако Р.А. Исследование возможности построения одноантенного ретранслятора с коэффициентом усиления больше единицы // ИКТ. Т.10, №2, 2012. – С. 76-79.

BIDIRECTIONAL MICROWAVE AMPLIFIER

Aminov V.P., Khuako R.A.

The article research questions the possibilities of building bidirectional microwave amplifier which works without timers or frequencies divided amplifiers signals where considered. The characteristics of bidirectional amplifier on bases directional coupler and ferrites circulators are discovered and analyzed.

Keywords: bidirectional amplifier, directional coupler, circulator, filters, coefficient of amplifier.

Аминов Валерий Павлович, генеральный директор ООО «РЕНОМ» (г. Москва). Тел. (8-495) 454-11-59; 708-68-43. E-mail: renom@mail.ru

Хуако Руслан Асланович, инженер 1-ой категории ОАО НИРТИ (г. Калуга). Тел. 8-903-636-10-51; 8-910-915-92-21. E-mail: bgd49@mail.ru

УДК 621.397.2.037.372

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПЕРЕДАТЧИКОВ ОДНОЧАСТОТНОЙ СЕТИ СТАНДАРТА DVB-T2

Калиновский Д.А., Карякин В.Л., Карякин Д.В., Сидоренко О.И.

Статья посвящена методам обеспечения синхронизации передатчиков отечественного и зарубежного производства одночастотной сети второго поколения цифрового телевизионного вещания. Приведена реализация синхронной работы передатчиков ООО «Триада» в сетях SFN.

Ключевые слова: сеть SFN, DVB-T2, синхронизация, задержки, компенсация задержек, мультиплекс.

Введение

В настоящее время большинство радиотелевизионных центров уже оснащено передатчиками отечественных и зарубежных производителей. Во многих регионах осуществляется тестовое вещание первого мультиплекса в стандарте второго поколения DVB-T2 (DVB system for Terrestrial broadcasting). Однако при переходе от локального вещания к вещанию в SFN (Single Frequency Network) сетях возникают проблемы, связанные с синхронизацией передатчиков.

Для синхронизации работы передатчиков в одночастотных сетях цифрового вещания SFN используется Глобальная система позициониро-

вания GPS (Global Positioning System), обеспечивающая высокостабильную опорную частоту возбудителей передатчиков 10 МГц и тактовые импульсы сигнальных процессоров с частотой 1 Гц [1]. Важным требованием является также обеспечение равенства задержек информации от источника до антенн передатчиков (см. рис. 1, где РПД – радиопередатчик; РПУ – радиоприемник; РЧК – радиочастотный канал; N – номер радиопередатчика в сети; M – номер радиоприемника в сети; j – номер телевизионного канала).

Цель работы – рассмотрение видов задержек информационного сигнала (ИС) и методов обеспечения синхронной работы передатчиков в SFN-сетях цифрового телерадиовещания второго поколения, построенных на передатчиках зарубежного и отечественного производства.

Временные диаграммы задержек информационного сигнала

На рис. 2 представлены этапы прохождения ИС от Центра мультиплексирования (источник информации) до антенны передатчика. Рассмотрим основные виды задержек ИС.

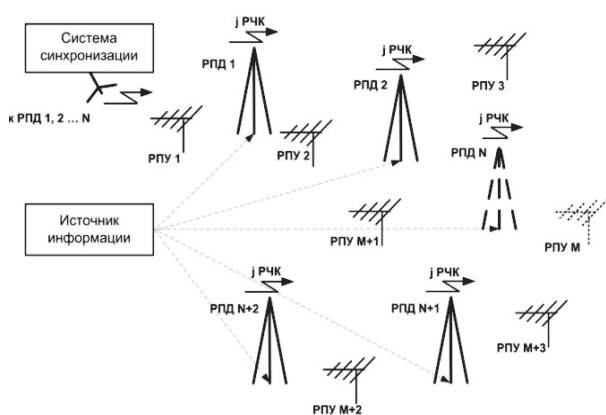


Рис. 1. Функциональная схема одночастотной сети наземного цифрового телевизионного вещания

Сетевая задержка (Network Delay) – это время, необходимое для прохождения ИС от формирователя транспортных потоков T2-MI Центра мультиплексирования до входа возбуждителя. В структуре транспортного потока T2-MI (T2-Modulator Interface) имеются символы синхронизации с информацией T2-MIP (T2-modulator information packet), позволяющей оценить сетевую задержку, которая зависит от используемого тракта передачи.

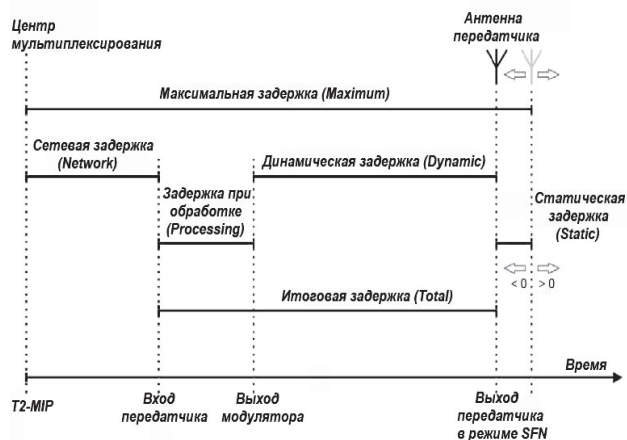


Рис. 2. Временные диаграммы задержек информационного сигнала в одночастотных сетях передачи данных

Задержка при обработке (Processing Delay) – это время обработки ИС в модуляторе передатчика. Задержка зависит от технической реализации модулятора и от параметров передаваемого сигнала.

Динамическая задержка (Dynamic Delay) – время, на которое искусственным образом задерживается обработка ИС для достижения требуемого времени передачи. Оценивается микроконтроллером возбуждителя на основании вре-

мени обработки сигнала в модуляторе. Устанавливается в автоматическом режиме.

Итоговая задержка (Total Delay) – это время является суммой значений задержки при обработке и динамической задержки.

Статическая задержка (Static Delay) – положительное или отрицательное смещение, которое используется для компенсации расхождения между передающими системами различных производителей. В данном примере статическая задержка отрицательная. Устанавливается в ручном режиме.

На рис. 2 показана также максимальная задержка (Maximum Delay) – время, необходимое ИС для прохождения от Центра мультиплексирования до антенны при автономной работе передатчика.

Методы обеспечения идентичности ИС

Следует отметить, что механизм, обеспечивающий идентичность ИС, излучаемых передатчиками синхронной сети, примененный в стандарте DVB-T2, отличается от механизма, примененного в DVB-T и специфицированного в TR 101 191 [2]. В DVB-T2 отсутствуют SFN-адаптер и пакеты инициализации суперкадра MIP – Megafame Initialization Packet. В этой связи методики измерений в синхронной сети, описанные в TR 101 290, не приемлемы для DVB-T2. Здесь необходимо обратить внимание на то, что аббревиатура MIP в первом и втором поколениях DVB образована начальными буквами различных слов и, соответственно, имеет различный физический смысл.

Учитывая принципиальные изменения в методах синхронизации передатчиков стандартов DVB-T и DVB-T2, консорциум DVB опубликовал документ [3], посвященный измерениям интерфейса T2-MI, оформленный как дополнение к TR 101 290. Следует подчеркнуть, что методы обеспечения синхронизации SFN-сети во многом определяются техническими характеристиками модуляторов передатчиков.

К возбуждителям зарубежных передатчиков, например, передатчиков R&S и Harris, входящих в состав SFN-сети предъявляются жесткие требования по разбросу задержек при обработке информационного сигнала, а также по унификации управления этими задержками.

К сожалению, на практике приходится выбирать тип возбуждителя по другим критериям качества. Поскольку эффективность управления нелинейностью тракта усилителя мощности также

во многом зависит от технических характеристик возбудителя, в передатчиках мощных и средней мощности могут быть применены возбудители с большим разбросом задержек, что требует принципиально других методов работ по обеспечению синхронизации передатчиков одночастотной сети.

Анализ работы отечественных РПД ООО «Триада» в SFN-сети

Предприятие «Триада» разработала передатчики до 1 кВт мощности с модулятором MT2-2000/3000 OEM DVB-T/T2 digital modulator компании TeamCast (Франция). Мощные передатчики (2 кВт и 5 кВт), разработанные на предприятии, укомплектованы модуляторами PT 2000 Product family Webservice interface компании ProTelevision Technologies (Дания).

В дальнейшем для краткости изложения в данной работе будем называть модуляторы компаний Франции и Дании модуляторами TeamCast и ProTelevision, соответственно. Следует отметить, что рассматриваемые модуляторы, имеющие существенные отличия в задержках информационного сигнала при обработке, в одночастотной сети должны обеспечить одну итоговую временную задержку.

Проведем анализ работы передатчиков на конкретном примере при равенстве сетевых задержек ИС (см. рис. 3).

Здесь введены следующие обозначения:

- задержка при обработке 1 – Processing;
- итоговая задержка 2 – Total;
- сетевая задержка – Network;

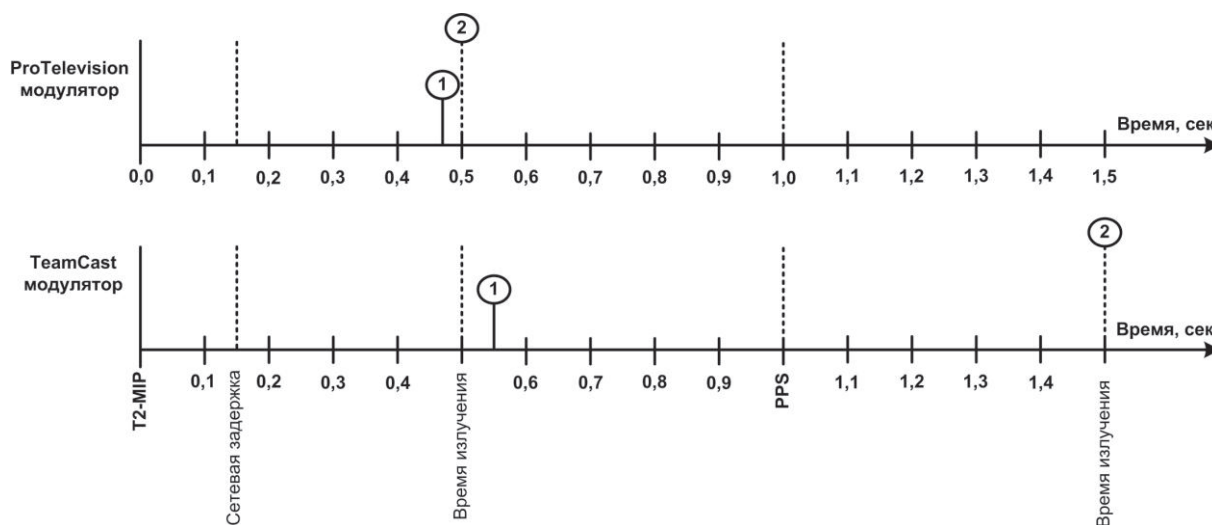


Рис. 3. Анализ работы передатчиков в SFN-сети с модуляторами ProTelevision и TeamCast

- время излучения «Maximum network delay» задается временными метками в T2-шлюзе (T2-Gateway);

- PPS – один импульс в сек.

В случае равенства временных задержек при стандартном методе компенсации статических задержек (см. рис. 2) требование обеспечения единой итоговой задержки ИС достигается автоматически благодаря тому, что в потоке T2-MI есть временные метки (time stamps), которые и указывают передатчику время излучения (на рис. 2 этот момент обозначен как «Выход передатчика в режиме SFN»).

Проблема отсутствия синхронизации может возникнуть по двум причинам: во-первых, из-за того, что для разных передатчиков может быть разная сетевая задержка, во-вторых, у разных моделей модуляторов передатчиков разное время обработки ИС. Поэтому для настройки одночастотной сети необходимо контролировать значение задержек ИС на каждом этапе передачи ИС от Центра мультиплексирования до антенны передатчика.

В модуляторе ProTelevision есть параметр на веб-интерфейсе, который называется «Current Modulator Delay» – текущая задержка модулятора, которая равна сумме задержки обработки сигнала (около 320 мс) и динамической задержки, которую модулятор задает самостоятельно для обеспечения требуемого времени излучения. То есть это полная задержка модулятора от момента поступления пакета на вход модулятора до его излучения, которой на рис. 2 соответствует «Итоговая задержка».

Методика оценки задержки в модуляторе TeamCast отличается от методики оценки в модуляторе ProTelevision. У модулятора TeamCast есть параметр «Delay before Time of Transmission» (запас по времени), который показывает задержку между завершением обработки сигнала и временем излучения – это динамическая задержка, которую модулятор обеспечивает автоматически, так же как и модель ProTelevision. Для того чтобы дать оценку полной задержки модулятора TeamCast, нужно к значению запаса по времени прибавить время обработки (400 мс).

Помимо задержек в модуляторах необходимо знать максимальную задержку сети («Maximum network delay»), которая определяет время излучения. Параметр «Maximum network delay» задается временными метками в T2-шлюзе Центра мультиплексирования.

При анализе работы отечественных передатчиков ООО «Триада» в SFN-сети полагаем, что сетевая задержка для обоих модуляторов составляет 150 мс, а временные метки T2-шлюза Центра мультиплексирования предписывают модуляторам излучать информационный сигнал через 500 мс от фронта импульса PPS.

В этом случае модулятор ProTelevision готов излучать сигнал через $150 + 320 = 470$ мс, что меньше чем 500 мс. Ему останется только задержать информационный сигнал еще на 30 мс и выдать его в требуемый момент времени (см. рис. 3). Задержки в модуляторе TeamCast ($150 + 400 = 550$ мс) превышают время прихода очередной метки, предписывающей излучение сигнала модулятором в момент времени 500 мс. В результате излучение сигнала модулятора произойдет через 500 мс после прихода очередного импульса PPS (см. рис. 3) в момент, совпадающей с приходом очередной временной метки синхронизации. Таким образом, полная задержка излучения модулятора TeamCast 1350 мс.

Анализ работы отечественных передатчиков с модуляторами ProTelevision и TeamCast показал отсутствие синхронизации информационного сигнала из-за расхождения задержек в модуляторах, то есть проведенный анализ установил причину неработоспособности передатчиков в SFN-сети и дал на конкретном примере количественную оценку величине расхождения задержек. Значительное расхождение временных задержек информационного сигнала в передатчиках не позволяет применить в данном случае стандартный метод их компенсации, применяемый в зарубежных передатчиках R&S и Harris (см. рис. 2). Перейдем к рассмотрению метода компенсации

задержек, обеспечивающего синхронную работу передатчиков с модуляторами ProTelevision и TeamCast в одночастотных сетях цифрового телевидения.

Метод обеспечения синхронной работы передатчиков ООО «Триада» в SFN-сетях

Рассмотрим метод компенсации задержек ИС в модуляторах ProTelevision и TeamCast на конкретном примере (см. рис. 4). С целью обеспечения синхронной работы передатчиков через веб-интерфейс блока системы дистанционного контроля введем задержку PPS. Благодаря задержке PPS время излучения в передатчиках с модуляторами ProTelevision и TeamCast сдвигается на такой же интервал времени (см. рис. 4) и, следовательно, в обоих передатчиках увеличится запас по времени. Величину задержки PPS нужно подобрать так, чтобы полная задержка не превышала одной сек.

В примере, приведенном на рис. 4, введена задержка PPS величиной 100 мс. Таким образом, теперь TeamCast будет готов вещать через $150 + 400 - 100 = 450$ мс, то есть успевает до момента излучения, указанного во временных метках, и даже есть небольшой запас: $500 - 450 = 50$ мс. Здесь, как и на рис. 3, введены обозначения:

- задержка при обработке 1 – Processing;
- итоговая задержка 2 – Total.

Необходимо учитывать, что поскольку введена задержка PPS, то время излучения у передатчика с модулятором ProTelevision тоже сдвинулось (см. рис. 4) и, следовательно, у модулятора ProTelevision необходимо изменить настройки «Local SFN Delay», которые соответствуют изменению статической задержки на рис. 2. Очевидно, что дополнительная статическая задержка в модуляторе ProTelevision должна быть равна величине задержки PPS. Для конкретного случая, рассмотренного на рис. 4, статическая задержка в модуляторе ProTelevision равна 100 мс.

Заключение

Технология обеспечения синхронной работы передатчиков в одночастотной сети цифрового телевизионного вещания определяется величиной разброса временных задержек в модуляторах передатчиков. Анализ работы отечественных передатчиков с модуляторами ProTelevision и TeamCast показал отсутствие синхронизации ИС из-за расхождения задержек в модуляторах, то есть проведенный анализ установил причину неработоспособности передатчиков в SFN-сети

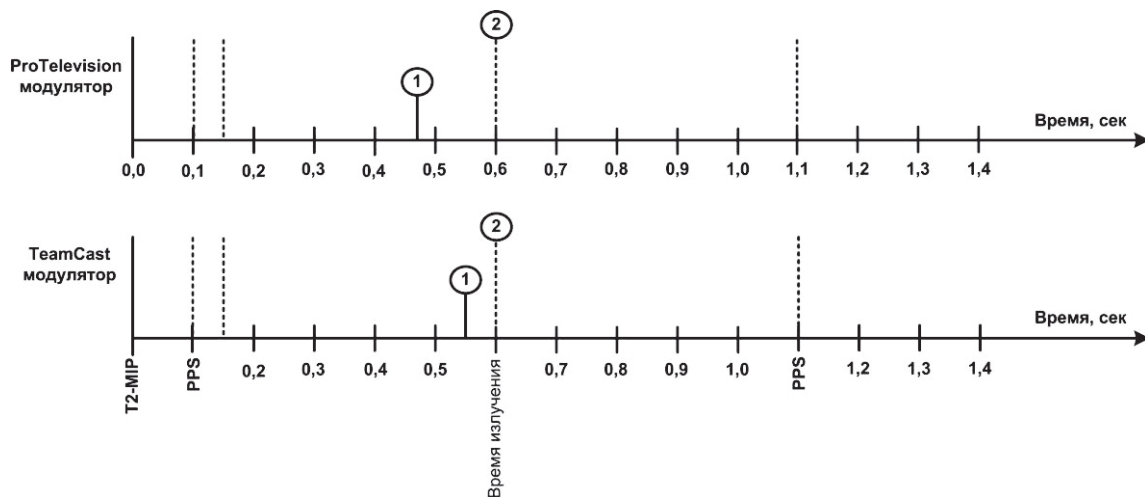


Рис. 4. Метод компенсации задержек ИС в модуляторах ProTelevision и TeamCast передатчиков ООО «Триада» в SFN-сетях

и дал на конкретном примере количественную оценку величине расхождения задержек.

Значительное расхождение временных задержек ИС в передатчиках отечественного производства не позволяет применить в данном случае стандартный метод их компенсации, применяемый в зарубежных передатчиках R&S и Harris. На конкретном примере рассмотрен метод обеспечения синхронной работы передатчиков отечественного производства с модуляторами ProTelevision и TeamCast в SFN-сетях.

В передатчиках современных SFN-сетей должна обеспечиваться автоматическая регулировка задержек при изменении параметров сигнала, а также ручная регулировка компенсации

расхождений задержек в передатчиках различных производителей.

Литература

1. Карякин В.Л. Цифровое телевидение. М.: Солон-Пресс, 2013. – 448 с.
2. Сычевский Е., Фокин Н. Технологии канального кодирования и модуляции DVB-T и DVB-T2 // ТелеСпутник. №12, 2011. – С. 76-79.
3. Measurement guidelines for DVB systems; Amendment for T2-MI (Modulator Interface); DVB Document A14-1, VI, 2012. – 16 p. / http://www.dvb.org/resources/public/standards/A14-1_Measurement_Guide_T2-MI.pdf

SYNCHRONIZATION TRANSMITTERS SFN NETWORK STANDARD DVB-T2

Kalinovsky D.A., Karyakin V.L., Karyakin D.V., Sidorenko O.I.

The article is devoted to the methods for ensuring synchronization of transmitters of domestic and foreign production of a single frequency network of the second generation of digital TV broadcasting. Shows an implementation of synchronous operation of transmitters LLC «Triad» in SFN networks.

Keywords: network SFN, DVB-T2, synchronization, delay, compensation delays, multiplex.

Калиновский Дмитрий Анатольевич, директор Самарского ОРТПЦ. Тел. (8-846) 926-24-38. E-mail: dak@ortpc-samara.ru

Карякин Владимир Леонидович, д.т.н., профессор Кафедры радиосвязи, радиовещания и телевидения Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. 8-927-600-28-94. E-mail: vl@karyakin.ru

Карякин Дмитрий Владимирович, к.т.н., специалист компании Juniper Networks (г. Москва). Тел. 8-926-066-08-00. E-mail: dm@karyakin.ru

Сидоренко Олег Игоревич, инженер отдела цифровых устройств ООО «Триада» (г. Новосибирск). Тел. (8-383) 308-12-34. E-mail: sidorenko@triadatv.ru