

ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ АБОНЕНТСКИХ ПРИЕМНИКОВ СТАНДАРТА DVB-T

Нарытник Т.Н., Войтенко А.Г.,

Институт электроники и связи УААНП
Пр. 50-летия Октября, 2-Б, Киев-148, 03148, Украина, тел. 407-65-47
e-mail: director@mitris.com

Христенко В.И.

Национальный технический университет Украины «КПИ»
Институт телекоммуникационных систем
Индустриальный пер., 2, 03056, Киев-056, Украина, тел. 241-77-23,
e-mail: ovod88@bigmir.net

Волков В.В.

Одесский областной радиопередающий центр,
ул. Фонтанская дорога, 3, г. Одесса, 65063, Украина,
тел. 8-0482-68-57-91
e-mail: ods_sekr@odtel.net

Аннотация. Представлены результаты исследований серии цифровых абонентских приемников, предназначенных для приема цифровых телевизионных сигналов стандарта DVB-T аналоговыми телевизорами. Анализируются результаты измерения реальной чувствительности цифровых приемников моделей TP5-3800T-SD; TE8310, TE4510; Technosat. Экспериментально подтверждены основные закономерности зависимостей вероятности ошибок от уровня сигнала, скорости кодирования для модуляций QPSK, QAM16 и QAM64.

I. ВСТУПЛЕНИЕ

Широкое внедрение в развитых странах цифровых технологий позволяет реализовать принципиально новый подход к телевизионному вещанию, как наиболее эффективному средству создания систем массового многоцелевого информационного обслуживания. Конвергенция цифровых технологий дает возможность предоставлять новые услуги, и прежде всего, мультимедийного и интерактивного характера и обеспечить потребителей универсальной услугой вне зависимости от места их нахождения или проживания, преодолеть существующий информационный, так называемый «цифровой», разрыв между различными территориями страны (крупные города и малые населенные пункты, удаленные и труднодоступные территории), а также существенно

уменьшить потребление электроэнергии для трансляции телевизионных программ.

В некоторых странах мира переход с аналогового на цифровое телевидение уже завершен, а в других – он начался и проходит очень интенсивно.

Согласно Решениям Региональной конференции Радиосвязи (РКР-06) в 2006 г. в Женеве сроком завершения аналогового вещания определен 2015 год [1-2]. Для Украины переход на цифровое телевидение очень актуален. Согласно утвержденной в 2006 г. Концепции внедрения цифрового телевизионного вещания [3] и Планом использования радиочастотного ресурса в полосах частот 174 – 230 МГц и 470-862 МГц предполагается внедрение технологий цифрового наземного телевизионного вещания стандарта DVB-T, а в полосах частот 11700-12500 МГц радиотехнологии многоканального наземного телерадиовещания стандарта DVB-S, известной как технологии МИТРИС [4] При переходе с аналогового эфирного вещания на цифровое необходимы цифровые телевизионные приемники – абонентские терминалы, тюнеры-приставки к телевизору, или сами телевизоры, принимающие сигналы заданы цифровых стандартов. В частности, должны быть приняты меры по производству на базе достижений украинских ученых в телекоммуникационных, информационных, микроэлектронных и нанотехнологиях, в первую очередь, оборудования для массового использования населением цифровых приемников для приема аналоговыми телевизорами сигналов в разных цифровых стандартов (DVB-T, DVB-S, DVB-C). Успешное разворачивание сети наземного цифрового телевизионного вещания в стандарте DVB-T возможно лишь при условии развития общедоступных для населения Украины цифровых телевизионных приемников, серийно выпускаемых отечественными предприятиями Украины.

Учитывая необходимость быстрее внедрения в Украине цифрового эфирного наземного телевидения в стандарте DVB-T с целью обеспечения информационной безопасности государства и удовлетворения потребностей

населения в получении качественного и многопрограммного телевидения, Национальный технический университет «КПИ» совместно с Концерном РРТ, Гостелерадио, ОАО «Дипросвязь» Госсвязи, ГАО КБ «Днепровское» и ОАО «Меридиан» Минпромполитики Украины приняли совместный проект «Разработка отечественного тюнера для приема аналоговыми телевизорами сигналов в цифровых форматах».

Первым этапом этого проекта является исследование зарубежных образцов цифровых абонентских приемников стандарта DVB-T с компрессией MPEG-2/MPEG-4, измерения их реальной чувствительности, выработка технических требований к отечественному цифровому телевизионному приемнику, чему посвящен данный доклад.

II. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Авторами разработана экспериментальная установка для измерения реальной чувствительности цифровых абонентских приемников стандарта DVB-T, структурная схема которой представлена на рис.1.

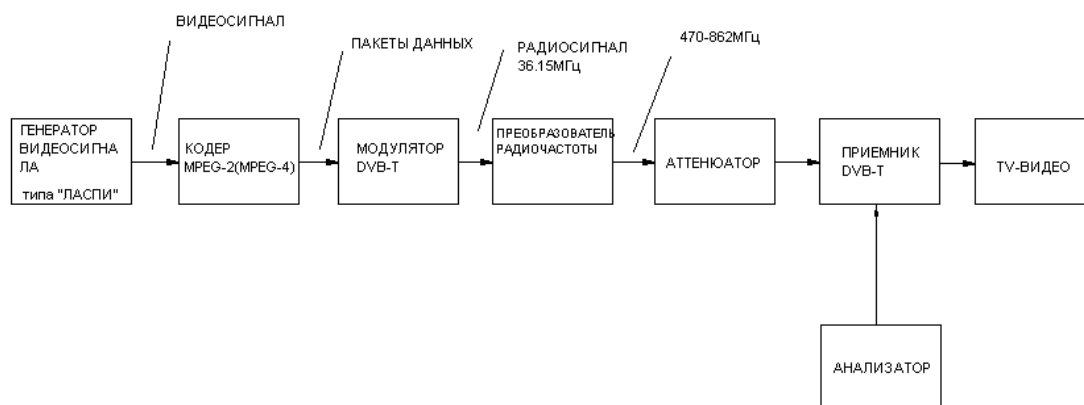


Рис.1. Структурная схема экспериментальной установки

Установка содержит генератор тестовых сигналов типа «ЛАСПИ», с выхода которого видеосигнал поступает на вход кодера MPEG-2 (MPEG-4) серии EMS-100. Сформированный в кодере последовательный цифровой транспортный поток с разъема ASI подается на модулятор серии MTD-100, с выхода которого снимается высокочастотный сигнал на частоте 36,15 МГц.

Для переноса этой частоты на любую фиксированную частоту в диапазонах частот 174 – 230 МГц и 470-862 МГц используется перестраиваемый преобразователь частоты. С помощью определенного набора аттенуаторов уровень сигнала с начальным значением -20 дБмВт выходной мощности можно изменять в пределах 70 дБ. Этот сигнал поступает на вход испытуемых цифровых абонентских приемников DVB-T и анализатор ошибок. С выхода абонентских приемников видеосигнал подается на аналоговый телевизионный приемник для визуального контроля его качества на экране. В качестве анализатора ошибок использовался комбинированный цифро-аналоговый анализатор СТ-2 (QPSK, COFDM), работающий в диапазоне частот 47 – 2250МГц. Анализатор позволяет производить динамическое измерение мощности на радиочастотном входе в пределах от 30 до 120 мкВ с погрешностью 1,5 дБ, измерение отношения сигнал/шум (SNR) и коэффициент ошибки модуляции (MER) с погрешностью 1 дБ, а также измерение битовых ошибок (BER) до и после Viterbi, т.е. после проведения процедуры прямого исправления ошибки (FEC).

Как известно [5] чувствительность радиоприемника характеризует его способность обеспечивать прием исходного радиосигнала на фоне собственных шумов при отсутствии радиопомех и воспроизводить его на выходе с заданным качеством. Реальная чувствительность определяется минимальным уровнем радиосигнала на его входе, при котором обеспечивается номинальная мощность полезного сигнала на его входе и заданное превышение уровня мощности сигнала над уровнем шумов. В качестве критерия качества канала передачи для эфирного наземного цифрового вещания стандарта DVB-T принята вероятность ошибок BER, которая не должна превышать 2×10^{-4} на выходе декодера, и обеспечивается благодаря внутреннему кодированию. На выходе Витерби для сигнала DVB-T предельно допустимые (нормированные) значения параметра BER должны быть не менее 2×10^{-11} , а для цифрового потока ТВ сигнала хорошего качества $BER \geq 0,2 \times 10^{-9}$ и удовлетворительного качества $BER \geq 1,8 \times 10^{-8}$.

Допустимое минимальное отношение сигнал/шум (SNR) для стандарта DVB-T (класс излучения 7M61X7FWX) является функцией метода модуляции и в случае использования стационарных антенн для модуляции QPSK составляет величину 3,6 дБ, а для модуляции QAM-64 – не менее 21 дБ.

На основании этого по критерию качества параметра BER на выходе декодера $\leq 2 \times 10^{-4}$ нами экспериментально определялось значение отношения SNR, соответствующее реальной чувствительности исследуемых цифровых телевизионных приемников. Изменяя величину затухания с помощью переменного аттенюатора добивались такой величины сигнала на входе испытуемого цифрового телевизионного приемника, когда отношение сигнал/шум на выходе приемника становилось равным минимально допустимому для данного типа приемного устройства и достигается «порог» по экрану телевизора, т.е. видеоизображение срывается.

Вместе с тем, реальная чувствительность приемника, ограниченная его собственными шумами, может быть рассчитана по формуле [6-7]

$$P_{C_{\min}} = K_B \cdot T_O B_{\text{ш}} (K_{\text{ш}} - 1) \cdot SNR ,$$

где $K_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ - постоянная Больцмана Втсек/К; T_O - абсолютная температура окружающей среды, К; $B_{\text{ш}}$ - индекс эффективной полосы шумов приемника, Гц; $K_{\text{ш}}$ - коэффициент шума приемника; SNR - требуемое отношение сигнал/шум на выходе.

Зная $P_{C_{\min}}$, можно определить значения коэффициента шума $K_{\text{ш}}$ исследованных приемников.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Были проведены отдельно комплексные измерения порога чувствительности канала передачи в составе кодера EMS - модулятора MTD-100 и неравномерности амплитудно-частотной характеристики модулятора MTD-100, включая режим максимального усиления, которые подтвердили их хорошее качество и пригодность для проведения последующих исследований цифровых телевизионных приемников.

В качестве объекта были выбраны цифровые телевизионные приемники-тюнера типа ТП5-3800Т-SD; TE 4510; TE8310; Technosat, предназначенные для приема цифровых телевизионных сигналов MPEG-2/MPEG-4 стандарта DVB-T.

Результаты измерений зависимости вероятности ошибок BER от уровня входной мощности и соответственно отношения сигнал/шум SNR представлены на рис. 2-4.

Рис. 2. Проверка чувствительности приемника DVB-T TE4510
Канал 69, 2К, QAM-16:

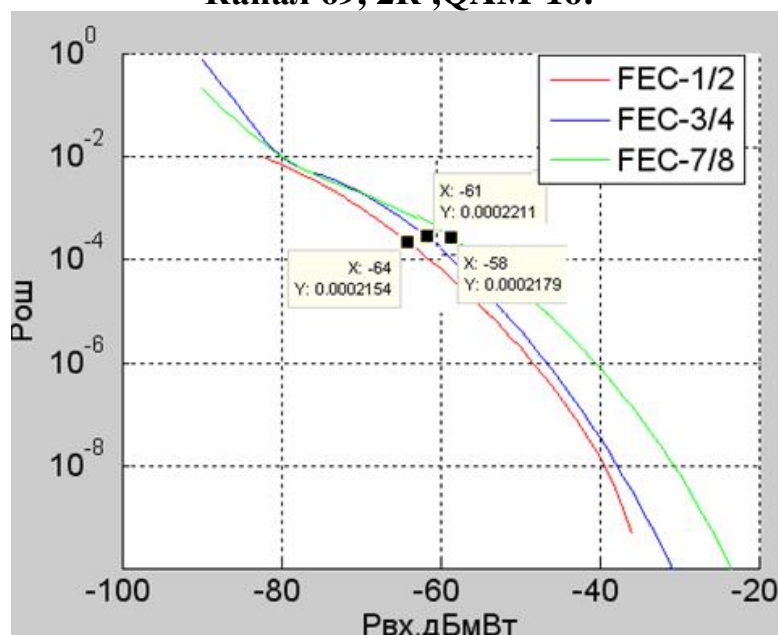


Рис. 3. Проверка чувствительности приемника DVB-T "TECHNOSAT"
55 канал $\Delta=1.4$, 2Л, $f=746$ МГц
QAM-64

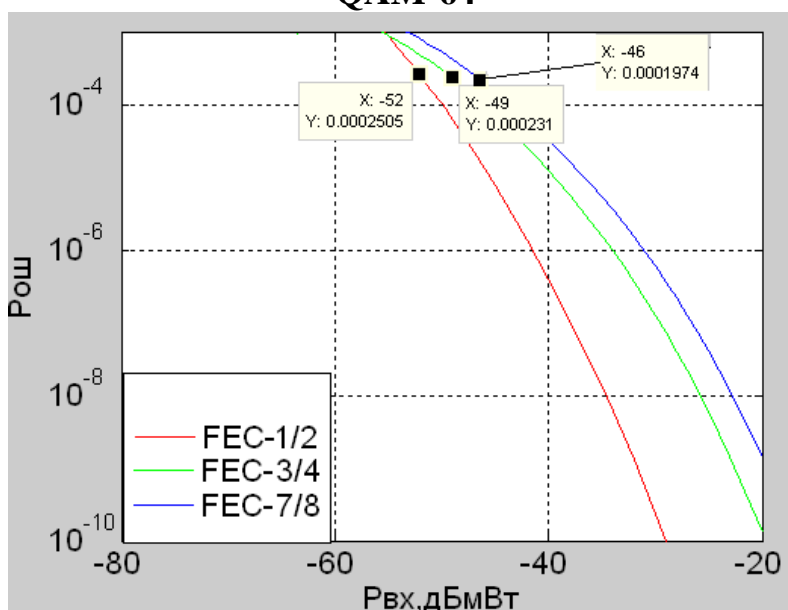
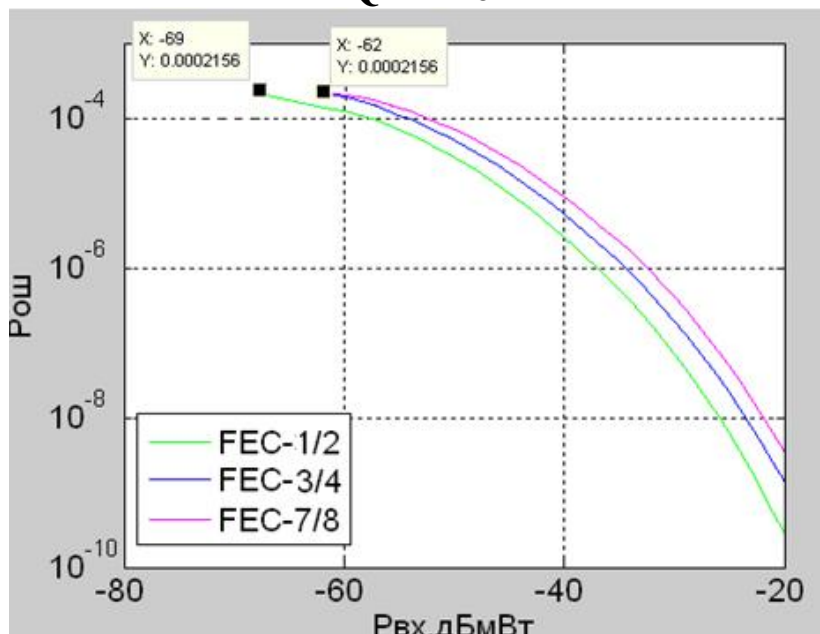


Рис.4. Проверка чувствительности приемника TE8310: General satellite
55 канал, $f=748$ МГц, $\Delta=1/2$, 2К
QAM-16



При изменении защитного интервала от 1/32 до 1/4 практически (в пределах погрешности эксперимента) значения параметров SNR и MER не изменялись.

При этом были подтверждены основные закономерности зависимостей вероятности ошибок от уровня сигнала и скорости кодирования для различных видов модуляции. Измеренные значения реальной чувствительности соответствуют паспортным данным только для модуляции QPSK. Вместе с тем для модуляции QAM-64 она не превышает значений -52 дБмВт, вместо заявленных -83дБмВт.

Заключение

Результаты исследований следует трактовать как рекомендацию при разработке отечественного цифрового телевизионного приемника и необходимости проведения входного контроля зарубежных образцов, которые могут поступать на телекоммуникационные рынки Украины.

Литература

1. Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях районов 1 и 3 в полосах частот 174-230 МГц и 470-862 МГц (РКР-06) МСЭ, 2006.
2. Бузов А.Л., Быховский М.А., Васехо Н.В. и др. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие // Под ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. — М.: Эко-Трендз, 2006. — 376 с: илл.
3. Концепция Государственной программы внедрения цифрового телерадиовещания: Распоряжение Кабинета Министров Украины от 20.11.2006, №592-Р.
4. Ільченко М.Ю., Наритник Т.М. Проблеми і перспективи побудови в Україні наземних ефірних мереж цифрового мовлення і широкосмугового безпроводового доступу // Наукові вісті НТУУ „КПІ”.-207.-№6.-с.16-25.
5. Наритник Т.М., Бабак В.П., Казимиренко В.Я., Куц Ю.В. Обробка сигналів у радіоканалах цифрових систем передавання інформації Навчальний посібник// -К: Книжкове видавництво НАУ.- 2005.-476 с.:іл..
6. Житомирский М.А. Компрессия ТВ-сигналов: оптимальные решения при переходе на цифровое телевизионное вещание//»625».-2008.-№06 (140).
7. Сухачев А.Г. Методы оценки потенциальной дальности связи по радиолниям//Электросвязь.-2008.-№9.-с.34-38.