

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ С  
ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ  
РАДИОСИГНАЛОВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ  
СТАНДАРТА DVB-S**

*Авдеенко Г. Л., старший преподаватель;  
Якорнов Е. А., к.т.н., профессор; Лавриненко О. Ю., магистрант;  
Адамович О. Ю., студент*

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Известно [1], что использование частотной модуляции (ЧМ), обладающей хорошей помехоустойчивостью к воздействию флуктуационного шума в аппаратуре радиорелейных линий связи (РРЛС), позволяет обеспечить необходимые показатели надёжности её функционирования. В большинстве случаев ЧМ применяется в первую очередь как в модемах аналоговых радиорелейных станций (РРС) типа «Р-600», «КУРС» и т.п, предназначенных для формирования ЧМ сигнала из группового многоканального телефонного сообщения аналоговой аппаратуры уплотнения или сигнала телевизионной программы (ТВ), так и в низкоскоростных (2,048/8,448 Мбит/с) модемах цифровых радиорелейных станций (ЦРРС) ранних образцов.

На сегодняшний день цифровые РРЛС уже имеют пропускную способность сотни Мбит/с – единицы Гбит/с и позволяют в общем транспортном потоке передавать десятки-сотни ТВ. Однако оборудование таких ЦРРС стоит очень дорого и может оказаться не по карману для операторов телевизионного вещания, работающих на телекоммуникационном рынке Украины. В то же время, в нашей пока ещё стране насчитывается весомый парк аналоговых РРС и продолжается процесс цифровизации РРЛС.

Таким образом, актуальной становится задача приспособления действующих РРЛС с ЧМ, как правило, малую спектральную эффективность использования полосы частот ствола из-за необходимости обеспечения требуемой помехоустойчивости этой РРЛС, для передачи цифровых телевизионных мультиплексов (цифровых пакетов ТВ программ), имеющих большую скорость, в этой же полосе радиочастот ствола с минимальной модернизацией модемного оборудования. Технические варианты решения указанной задачи подробно рассмотрены в работах [2–4]. В данном докладе один из вариантов решения указанной задачи рассмотрен на примере комплекта из двух РРС с ЧМ «Комплекс МГ».

Предлагаемый вариант практического исследования возможности применения РРС с ЧМ для передачи радиосигналов ЦТВ стандарта *DVB-S* изучался на примере макета, специально созданного для этой цели, и структурная схема которого показана на рис.1., а спектрограммы сигналов — на рис. 2. Макет состоит из 4-х основных частей (подсистем, модулей): первая часть — подсистема формирования радиосигнала ЦТВ стан-

дарту DVB-C; друга частина — підсистема сопряження з модулятором модема Ц-2/8, третя частина — це типове обладнання РРЛС, тобто модеми Ц-2/8 і приєм-передаючі блоки РРЛС «Комплекс МГ», з'єднані між собою поляризаційним хвильоводним аттенуатором з можливою глибиною регулювання згасання від 0 до 50 дБ, четверта частина — підсистема сопряження з демодулятором модема Ц-2/8 і високочастотним інтерфейсом ресивера кабельного ЦТВ стандарту DVB-C.

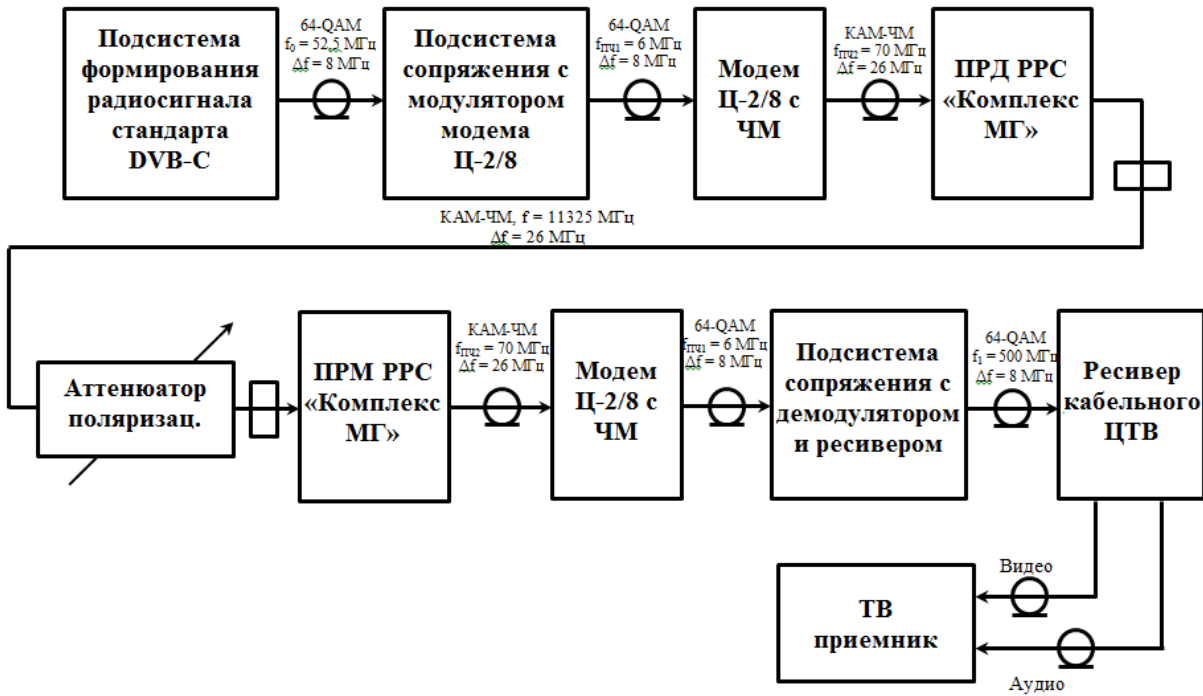


Рисунок 1. Структурна схема макета для дослідження передачі радіосигналу ЦТВ стандарту DVB-C через РРЛС з ЧМ

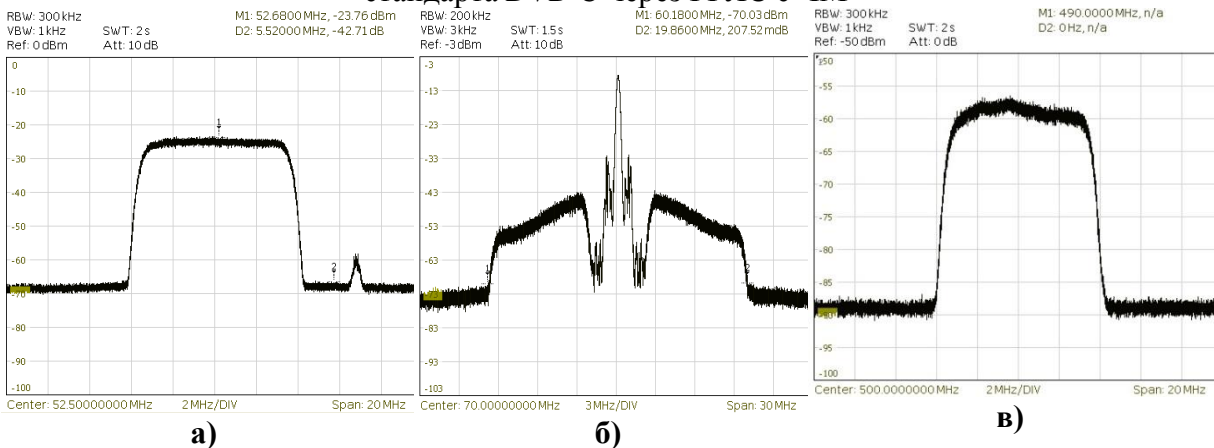


Рисунок 2. Спектрограми радіосигналу DVB-C на виході трансмодулятора (а), радіосигналу КАМ-ЧМ на виході модема Ц-2/8, в) радіосигналу DVB-C на вході ресивера кабельного ЦТВ

В результаті монтажу макета і проведення випробувань була показана практична можливість пристосування діючих РРЛС з ЧМ для передачі радіосигналу цифрового телебачення стандарту DVB-C, переносючого 8 ТВ програм швидкістю 41 Мбіт/с в полосі частот орієнтовно 26

МГц, требующая минимальной модернизации модемного оборудования действующей РРС. В результате спектральная эффективность ствола РРЛС повышается со значения 0,7 бит/с/Гц до значения, равного 1,5 бит/с/Гц и кроме того, обеспечиваются требуемые показатели качества передачи пакета ТВ программ (уровень шкалы «Качество» не менее 88%).

#### **Література**

1. Микроволновые технологии в телекоммуникационных системах: [учебное пособие СПбГУАП] /В. Ф. Михайлов, Т. Н. Нарытник, И. В. Брагин, В. Н. Мошкин. — СПб.: 2003. — 337 с. — ISBN 5-8088-0092-7.
2. Нарытник Т. Н. Использование двухуровневой модуляции КАМ-ЧМ системе МИТРИС / Т. Н. Нарытник, А. И. Семенко // Наукові записки УНДІЗ. — 2010. — №1(13). — С.31—36.
3. Ильченко М. Е. Использование метода комбинированной модуляции в микроволновых телекоммуникационных системах передачи данных / М. Е. Ильченко, В. М. Илюшко, Т. Н. Нарытник // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. — 2009. — №2. — С.71—77.
4. Ильченко М. Е. Микроволновая телекоммуникационная система МИТРИС-МЮІ с применением комбинированной модуляции М-QAM/FM / М. Е. Ильченко, Т. Н. Нарытник, В. В. Волков, П. Я. Ксензенко, П. В. Химич // Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники» — 2008. — С.214—219.

#### **Анотація**

Запропонований варіант практичної реалізації ідеї використання радіорелейних ліній зв'язку (РРЛЗ) з частотною модуляцією (ЧМ) для передачі радіосигналів цифрового телевізійного мовлення (ЦТВ) стандарту DVB-C на базі устаткування радіорелейних станцій «Комплекс МГ». Розробка може бути корисна операторам телевізійного мовлення для модернізації своїх аналогових РРЛС і виробникам устаткування мікрохвильових телерадіоінформаційних мереж, в першу чергу вітчизняним.

Ключові слова: радіорелейна лінія зв'язку, частотна модуляція, радіосигнал DVB-C

#### **Аннотация**

Предложен вариант практической реализации идеи использования радиорелейных линий связи (РРЛС) с частотной модуляцией (ЧМ) для передачи радиосигналов цифрового телевизионного вещания (ЦТВ) стандарта DVB-C на базе оборудования радиорелейных станций «Комплекс МГ». Разработка может быть полезна операторам телевизионного вещания для модернизации своих аналоговых РРЛС и производителям оборудования микроволновых телерадиоинформационных сетей, в первую очередь отечественным.

Ключевые слова: радиорелейная линия связи, частотная модуляция, радиосигнал DVB-C

#### **Abstract**

The variant of practical application of the radio relay link (RRL) with frequency modulation for the transmission of DVB-C standard digital television broadcasting radiosignals with usage «Complex MG» radio relay stations equipment is presented. This development can be useful for televisional broadcasting operators for its analog RRLs modernization and for microwave networks equipment vendors, in the first place domestic.

Keywords: radio relay link, frequency modulation, DVB-C radiosignal.