



Для приближенной оценки ширины полосы пропускания ВЧ тракта радиорелейной системы передачи (РРСП) используют формулу Карсона [9].

В нашем случае полоса пропускания  $\Delta F_{\text{ЧМ}}$  тракта промежуточной частоты приближенно равна 27 МГц и определяется соотношением

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} \approx 1,1(2\Delta f_D + 2F_{\text{max}}),$$

где  $\Delta f_D$  — предельно допустимая девиация промежуточной частоты;  $F_{\text{max}}$  — максимальное значение частоты группового сигнала ТВ ствола,  $F_{\text{max}} \approx 8,5$  МГц.

Передающий и приемный тракты, указанные в алгоритмической модели, соединяются эфирным радиоканалом, при распространении по которому радиосигнал подвергается воздействию ряда негативных факторов, таких как тепловой шум различного происхождения, фиксированная сигналоподобная помеха и пр.

На входе цифрового демодулятора (см. рисунок, поз. 12) сигнал подвергается искажениям, вызванным всеми мешающими факторами, действующими в канале связи. Оценка искажения сигнала при различных видах цифровой модуляции по критерию энергетических потерь приведена в [8]. Следует, однако, учесть, что частотная модуляция цифрового сигнала, ослабляя влияние одних мешающих факторов, сама является источником других таких факторов.

На базе данной алгоритмической модели было получено выражение, позволяющее оценить отношение сигнал/помеха на выходе цифрового демодулятора по известному отношению сигнал/помеха на его входе при наличии в канале передачи гармонического сигнала и узкополосного гауссового шума, воздействующих на частотный детектор:

$$(C/P)_{\text{вых}} = 3(\omega_D/\Omega_{\text{max}})^2(C/P)_{\text{вх}},$$

где  $\omega_D/\Omega_{\text{max}} = m$  — индекс угловой модуляции;  $(C/P)_{\text{вх}}$ ,  $(C/P)_{\text{вых}}$  — отношение сигнал/помеха соответственно на входе и выходе демодулятора.

Было установлено, что при индексе угловой модуляции, используемом в РРС, отношение сигнал/помеха на выходе демодулятора ЧМ будет почти на 5 дБ превышать отношение сигнал/помеха на его входе.

### Вывод

Применение описанной алгоритмической модели показывает, что на базе имеющихся аналоговых линий связи и со-

ответствующей инфраструктуры можно с достаточно высоким уровнем качества обеспечить передачу цифровой информации, сэкономив при этом значительные материальные ресурсы.

### Литература

1. Система передачи многопрограммного телевизионного потока и цифрового потока данных по каналам аналоговых радиорелейных линий / [М. Е. Ильченко, Т. Н. Нарытник, А. Г. Войтенко и др.] // Электросвязь.— 2008.— №3.— С. 10–14.
2. Ильченко, М. Е. Использование метода комбинированной модуляции в микроволновых телекоммуникационных системах передачи данных / М. Е. Ильченко, Т. Н. Нарытник, В. М. Илюшко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи.— 2009.— №2 (36).— С. 71–77.
3. Нарытник, Т. Н. Система передачи многопрограммного телевизионного потока и цифрового потока данных «Еврика-ВВВ» по каналам аналоговых радиорелейных линий / Т. Н. Нарытник, А. Г. Войтенко, В. В. Мироненко: материалы XVII Междунар. Крым. конф. КрыМиКо-2007 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». — Т. 1.— С. 296–299.
4. Ильченко, М. Е. Особенности модернизации радиорелейных линий в Украине / М. Е. Ильченко, В. Я. Казимиренко, Т. Н. Нарытник: материалы XIX Междунар. Крым. конф. КрыМиКо-2009 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». — Т. 1.
5. Пат. України на корисну модель №26838 від 10.10.2007 з пріоритетом від 17.05.2007. Система передачі даних по аналоговій радіорелейній лінії «Еврика-ВВВ» / М. Ю. Ильченко, Т. М. Нарытник, В. Я. Казимиренко, О. Г. Войтенко, В. В. Волков, В. В. Юрченко.
6. Пат. України на полезную модель №11635 от 16.01.2006 с приоритетом от 23.03.2005. Система передачи многопрограммного транспортного потока по каналам аналоговой радиорелейной линии «Еврика-КАМ ЧМ» / А. Г. Войтенко, В. Я. Казимиренко, Т. Н. Нарытник, В. И. Сватъев.
7. European Standard EN 300 429 v.1.2.1 (1998-04). Digital Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems.
8. Обробка сигналів у радіоканалах цифрових систем передавання інформації: навч. посібник / [В. П. Бабак, Т. М. Нарытник, Ю. В. Куц, В. Я. Казимиренко].— К.: НАУ, 2005.— С. 476.
9. Скалин, Ю. В. Цифровые системы передачи / Ю. В. Скалин, А. Г. Бернштейн, А. Д. Финкевич.— М.: Радио и связь, 1988.— 272 с.

В. Я. Казимиренко

### ЦИФРОВІЗАЦІЯ АНАЛОГОВИХ РАДІОРЕЛЕЙНИХ ЛІНІЙ: АЛГОРИТМІЧНА МОДЕЛЬ

Доведено, що при використанні для передавання цифрових потоків розгорнутих аналогових радіорелейних ліній досягається високий ефект — як технічний, так і економічний.

**Ключові слова:** аналогова радіорелейна лінія; алгоритмічна модель передавального і приймального трактів; частотна модуляція; демодулятор; відношення сигнал/завада.

V. Ya. Kazimirenko

### ANALOG MICROWAVE LINES AS TRANSMITTERS OF DIGITAL FLOWS: ALGORITHM MODEL

It's shown that analog microwave lines using for digital flows transmitters has a lot of preferences concerning technical and economic effectiveness.

**Keywords:** analog microwave line; algorithm model of transmission and reception path; frequency modulation; demodulator; signal-to-interference ratio.