

Э.А. Ковалевский, канд. техн. наук, В.В. Конин доктор техн. наук, И. А. Липовой.

## МОДУЛЯТОР КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

*Проанализированы требования, пути построения и показана возможность создания модулятора для радиоканала передачи корректирующей информации в соответствии с международными требованиями. Проведено исследование на модели 8 – уровневой фазового модулятора.*

### Введение

В рамках интеграции Украины в глобальную систему CNS / ATM [1] пред разработчиками встал целый ряд задач по созданию необходимых аппаратно-програмных средств. Ряд организаций ведут разработку контрольной (контрольно - корректирующей) станции для обеспечения дифференциального режима спутниковой навигации. Большой ассортимент спутниковой навигационной аппаратуры изготавливает ГПФ «Оризон - Навигация» (г. Смела). Однако в этой цепочке проблемным вопросом остается вопрос передачи корректирующей информации (КИ) от контрольно-корректирующей станции (ККС) на борт воздушного судна. В настоящее время на рынках СНГ не имеется радиоканала передачи КИ, удовлетворяющего требованиям ICAO [2], и в Украине подобные разработки не ведутся. В данном докладе исследуется вариант построения многоуровневого фазового модулятора, являющегося существенной составляющей передающего устройства радиоканала.

### Основная часть

Согласно стандартам и рекомендациям ICAO (SARPS) к радиоканалу передачи предъявляются жесткие требования. Они определяют такие показатели как скорость (31500 бит/с) и надежность (ошибка не более  $10^{-8}$ ) передачи информации, полосу частот, занимаемую сигналом (25 кГц), уровни внеполосных излучений (-40 ... -90 дБ в зависимости от отстройки), стабильность несущей частоты ( $\pm 0.0002$  %) и др.

Основная нагрузка по выполнению этих требований ложится на построение модулятора при согласовании с ним демодулятора [3].

Проведенные к настоящему времени исследования показали [4, 5, 6], что для удовлетворения жестких и противоречивых требований к радиоканалу необходимо реализовать:

- 8-уровневую относительную фазовую модуляцию (D8PSK);
- метод фазовой модуляции на основе линейной комбинации квадратурных сигналов;
- фильтрацию модулированных импульсов устройством с приподнято-косинусоидальной характеристикой.

Структурная схема квадратурного ФМ-8 модулятора приведена на рис. 1, в которой реализуется способ фазовой модуляции, вытекающий из тригонометрического равенства

$$\cos(\omega_0 t + \varphi_k) = J_k \cdot \cos(\omega_0 t) + R_k \cdot \sin(\omega_0 t);$$

где  $J_k = \cos(\varphi_k)$ ,  $R_k = \sin(\varphi_k)$ .

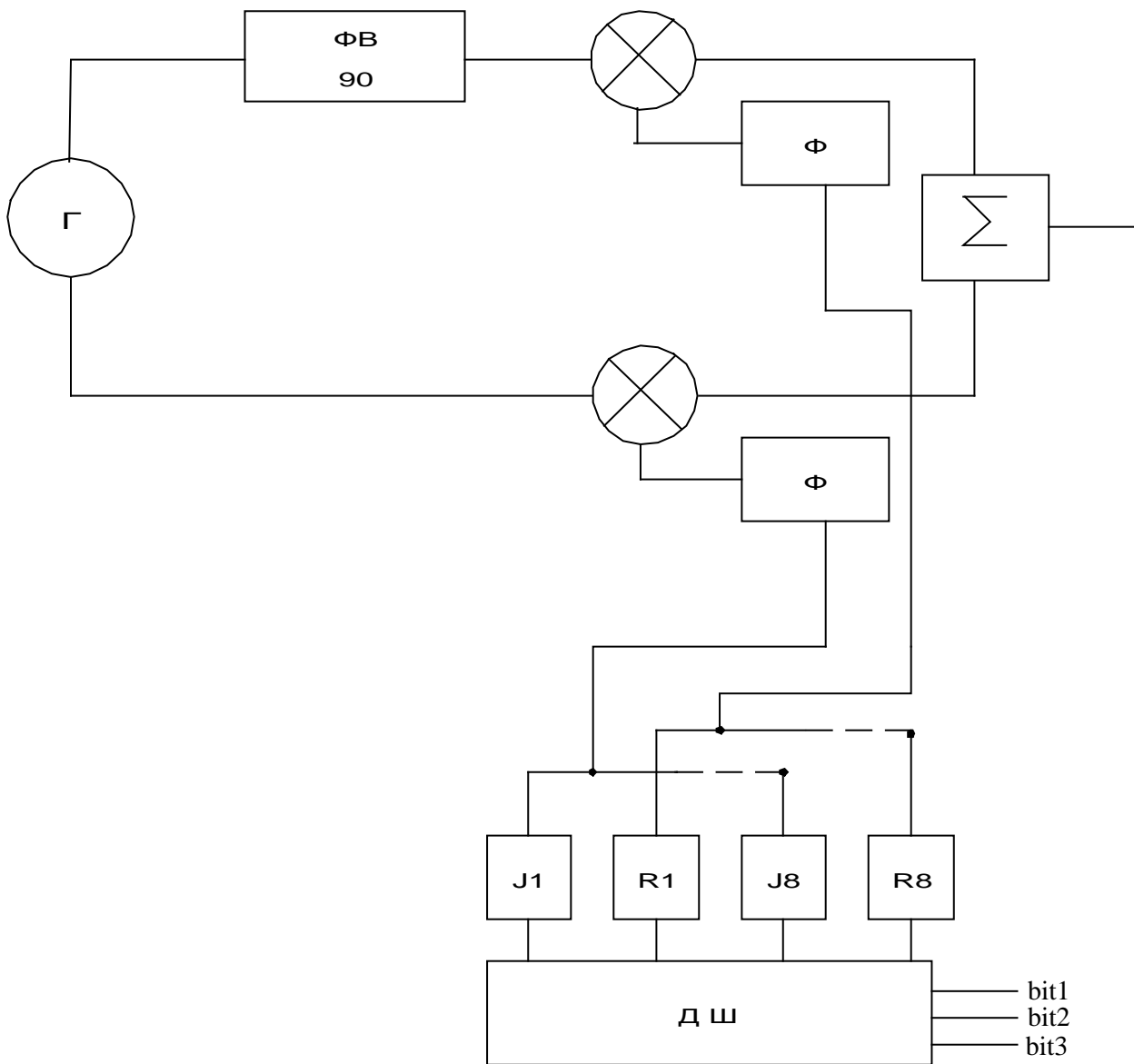


Рис. 1- Структурная схема квадратурного ФМ-8 модулятора

Функционирование ФМ-8 модулятора исследовалось в компьютерной его реализации в системе MATLAB 5.3. В качестве несущего формировались  $\sin/\cos$  сигналы (квадратуры) с частотой 1 МГц.

Фильтрация (Ф) проводилась с помощью операции свертки  $\text{conv}$  сигнала и функции

$$h(t) = \frac{\sin(t/T)}{t/T} \cdot \frac{\cos(\pi \cdot 0.6 \cdot t/T)}{(1 - \frac{(2 \cdot 0.6 \cdot t)^2}{T^2})}$$

Коэффициенты  $J_k, R_k, k=1..8$  рассчитывались согласно таблице 1.3 [6].

На вход модулятора подается символ, символ, состоящий трех бит: bit1, bit2, bit3 двоичных единиц в пределах временного интервала  $[-T/2; T/2]$ , где  $T = \frac{1}{10500}$  с.

Выходным сигналом модулятора является:  $\cos(\omega_0 \cdot t + \Delta\varphi_k) \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} h(t - \tau) \cdot \text{rect}(-T/2; T/2) d\tau$

На рис. 2 представлен спектр ФМ-8 сигнала после фильтрации. Как видно из рис.2 фильтрация при помощи фильтра Ф. приводит к подавлению внеполосных излучений с требуемым уровнем.

Функционирование ФМ-8 модулятора исследовалось при помощи модели эталонного демодулятора. При задании на входе модулятора поочередно всех комбинаций bit1, bit2, bit3.

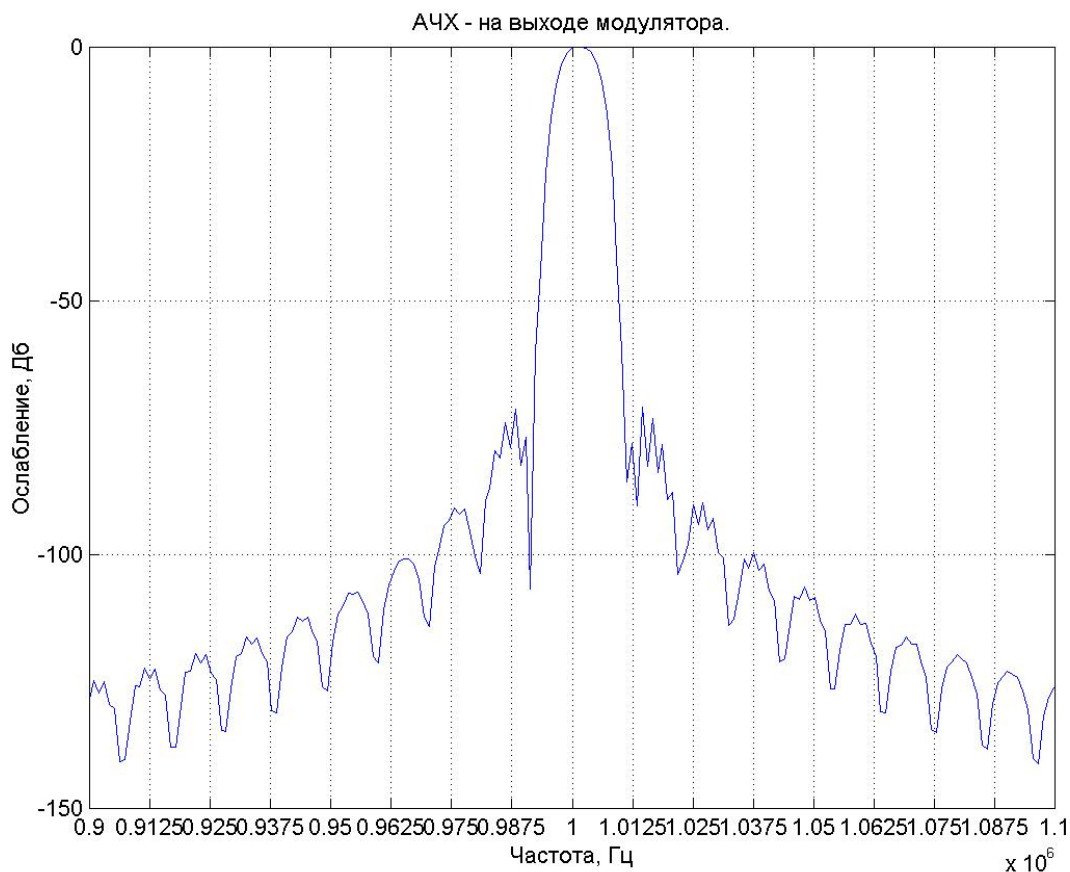


Рис. 2 - Спектральная характеристика сигнала ФМ-8 на выходе модулятора

На выходе демодулятора получены соответствующие комбинации, что свидетельствует о правильном функционировании модулятора.

Переход от ФМ-8 к ДФМ-8 не представляет принципиальных затруднений. Анализ показывает [6], что существует достаточно разнообразная номенклатура специализированных БИС и микропроцессоров (контроллер AD9853, AD9856, HSP50110, MRFIC0001) фирм Analog Devices, Harris, Motorola, Texas Instruments для реализации модулятора D8PSK.

### Заключение

Проведенные исследования компьютерной реализации и анализ наличия элементной базы показали, что многоуровневый фазовый модулятор может быть разработан на уровне международных требований. Тем самым будет решена одна из проблем создания

радиоканала передачі коректуючої інформації бортову спутникову навігаційну апаратуру, необхідною для інтеграції в систему CNS/АТМ.

### Список использованной литературы

1. Интеграция глобальной системы организации воздушного движения, Интернейшнл системз гид комуникэйшинз лимитед, ИКАО, Лондон, Монреаль, 1997, – 300с.
2. Дополнение. А к письму государствам AN7/1 –99/95. –Монреаль: ICAO.
3. *Банкет В.Л., Иващенко В.В., Геер А.Е.* «Передача цифровых сигналов по непрерывным каналам связи. Цифровые методы передачи информации в спутниковых системах связи». – *Одесса: УГАС им. А.С. Попова*, 1996, -180 с.
4. Gblal Navigation Satellite System Panel. – Monreal; 12-23 April 1999.
5. Исследование и разработка помехоустойчивого радиоканала передачи коректуючої информации в бортовые спутниковые системы приземления аппаратов. «Коновилия»: отчет о НИР (пром.)/НИИНФПП; Руководитель *В. В. Загоруйко* . – НГР0199U002413; инв. № 0300U000174, Киев, 1999.
6. Разработка передающего устройства для радиоканала передачи данных с повышенной пропускной способностью в полосе частот 25 Кгц. «Бузок»: отчет о НИР (пром.)/НИИНФПП.- НГР0100U003765, Киев, 2000.