

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРИЕМА МНОГОУРОВНЕВОГО  
ПСЕВДОСЛУЧАЙНОГО СИГНАЛА

**В. О. Старостенко**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. А. Храбров

Для надежного приема информации очень широко используется корреляционный метод. Наиболее помехоустойчивыми сигналами считаются фазоманипулированные сигналы, построенные на основе последовательностей максимальной длины (М-последовательностей), так как они квазиортогональны и обладают хорошими автокорреляционными свойствами. При использовании одного периода М-последовательности в качестве опорного сигнала минимальное значение боковых пиков автокорреляционной функции примерно равно

$$R \approx \frac{1}{\sqrt{n}}$$

В то время как боковые пики периодической функции автокорреляции для М-последовательности  $= 1/n$ . В статье [1] предложен способ получения периодической функции автокорреляции, для чего принимаемую последовательность коррелируют с тремя опорными, это увеличивает время обработки, но уменьшает вероятность неприема сигнала. В реальных условиях после прохождения через канал связи сигнал искажается, и остатки периодической корреляционной функции в зависимости от АЧХ и ФЧХ канала связи будут больше  $1/n$ .

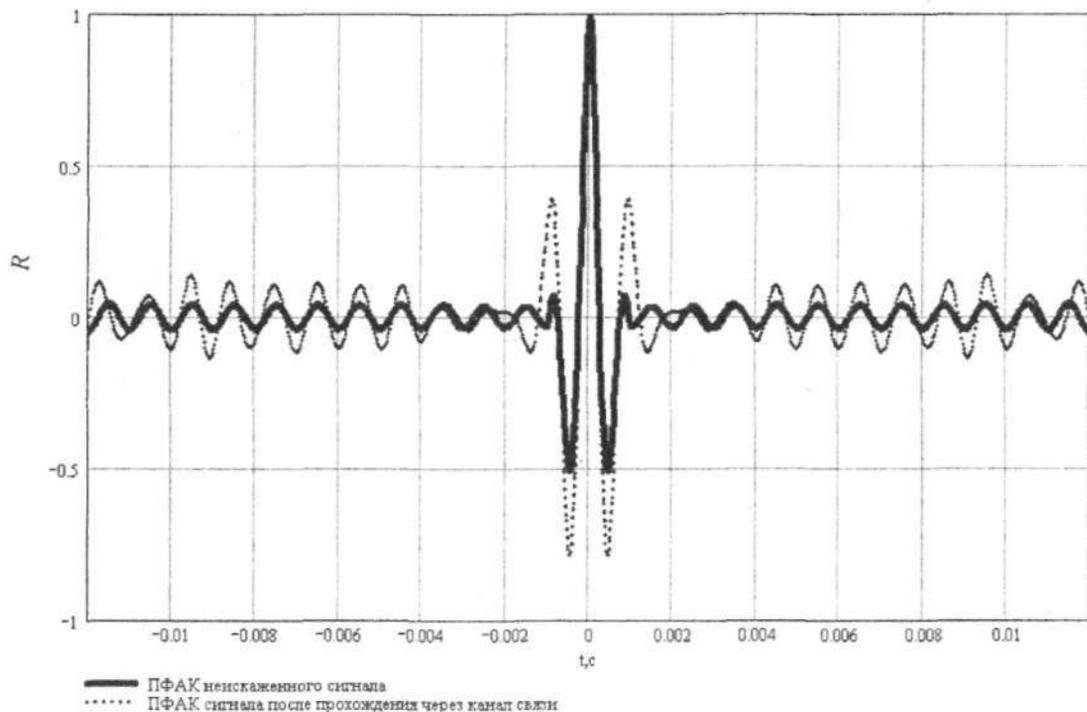


Рис. 1

На рис. 1 показаны периодические функции автокорреляции фазо-манипулированного сигнала, построенного на основе многоуровневой M-последовательности до прохождения через канал связи и после. Частота поднесущей, 1 кГц, количество символов последовательности  $n \sim 26$ . АЧХ и ФЧХ канала связи представлены на рис. 2.

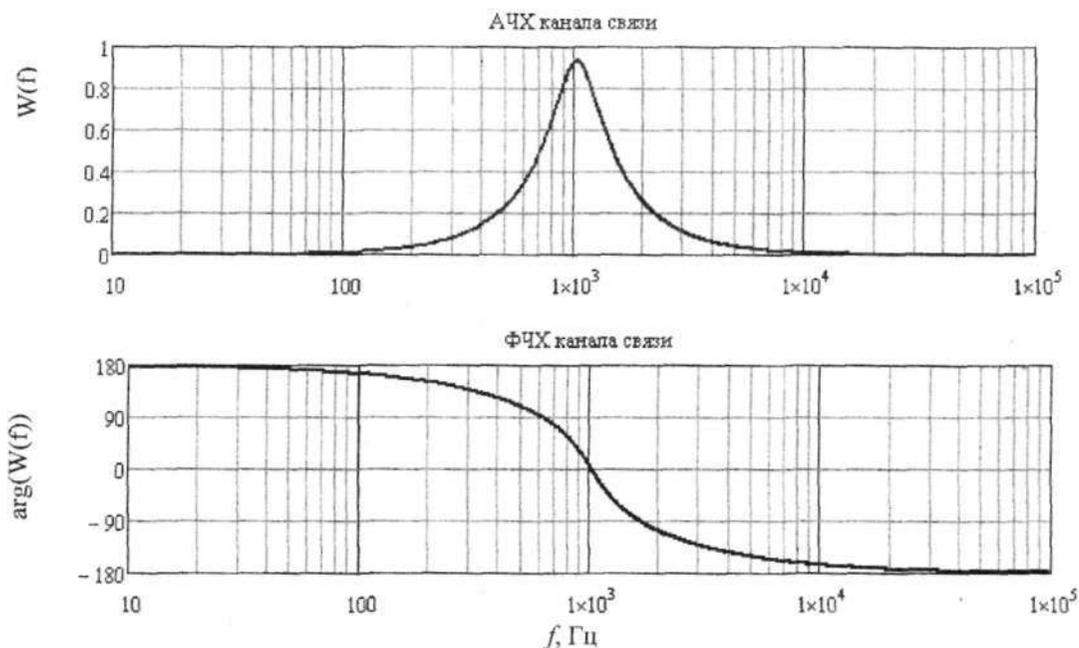


Рис. 2

В системах телевизионной связи для решения этой проблемы в передаваемый сигнал вводят предварительные искажения, которые компенсируют затухание сигнала в линии передачи. Но данный способ требует увеличения мощности передатчика, что приводит к затратам на стадии эксплуатации.

Предлагаемый способ повышения надежности приема основывается на уменьшении боковых остатков периодической автокорреляционной функции при помощи введения предварительных искажений в опорный сигнал. Он позволяет получить значения боковых остатков меньше  $1/i$  при условии, что мы примерно знаем форму принимаемого сигнала. Предварительные искажения, вносимые в опорный сигнал, рассчитываются исходя из желаемой периодической автокорреляционной функции и формы принимаемого сигнала.

Приведем основные соотношения, необходимые для расчета опорного сигнала:

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t)s_2(t - \tau)dt = \sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{S}_1(w)S_2(w)e^{jw\tau}dw; \quad (1)$$

$$\tilde{S}_1(w)S_2(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau)e^{-jw\tau}dt = \frac{R(w)}{\sqrt{2\pi}}; \quad (2)$$

$$S_2(\omega) = \frac{R(\omega)}{\sqrt{2\pi} \cdot \tilde{S}_1(\omega)}; \quad (3)$$

$$s_2(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} S_2(\omega) e^{j\omega t} d\omega. \quad (4)$$

Данные соотношения определяют последовательность расчета опорного сигнала:

1. По заданной периодической функции корреляции  $R(\phi)$  и форме передаваемого сигнала  $s_1(t)$  вычисляем их спектры  $R(\omega)$  и  $S_1(\omega)$ .

2. Находим спектр опорного сигнала  $S_2(\omega)$  по (3).

3. Обратным преобразованием Фурье (4) от  $S_2(\omega)$  находим опорный сигнал  $s_2(t)$ .

На рис. 3 показана полученная при помощи синтеза опорного сигнала, идеальная периодическая функция корреляции, у которой боковые остатки равны нулю для фазоманипулированного сигнала, построенного на основе многоуровневой M-последовательности.

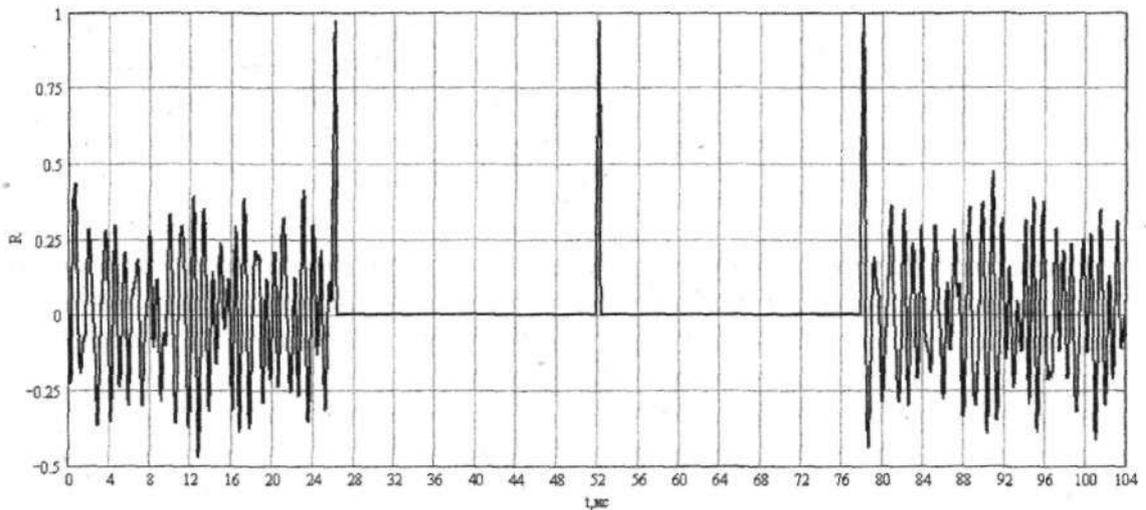


Рис. 3

Данный способ повышения надежности приема целесообразно применять, когда ограничена мощность передатчика и нет возможности вносить предварительные искажения в передаваемый сигнал. Для того, чтобы данный метод дал положительные результаты, необходимо знать свойства среды, в которой будет распространяться передаваемый сигнал, для расчета предварительных искажений, вносимых в опорный сигнал.

#### Литература

1. Анализ M-последовательностей многозначных символов / Ю. И. Сазонов, [и др.] // Научные технологии. - 2008. - Т. 9, № 9. - С. 18-22.
2. Варакин, Л. Е. Теория сложных сигналов / Л. Е. Варакин. - Москва : Совет, радио, 1970. - 376 с.

3. Вакман Д. Е. Вопросы синтеза радиолокационных сигналов / Д. Е. Вакман, Р. М. Седлецкий. - Москва : Совет, радио, 1973. - 312 с.