

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПРИЕМНИКА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ

И. В. Ларьков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель В. О. Старостенко

Уровень помех на выходе приемника может в несколько раз превышать полезный сигнал. Это может быть результатом действия как шумов естественного происхождения, так и собственных шумов приемника. В связи с этим возникает необходимость создания надежных систем связи, которые могли бы с заданной вероятностью передавать информацию в условиях сильных помех.

В качестве такой системы может быть использован корреляционный приемник на основе псевдослучайных последовательностей (рис. 1). Целью работы является исследование параметров корреляционного приемника псевдослучайных последовательностей, таких, как вероятность неприема и вероятность ложного срабатывания, а также подтверждение теоретических данных экспериментальным путем.

Принцип работы корреляционного приемника заключается в том, что принятый сигнал после усиления и фильтрации коррелируется с определенными опорными сигналами. Если уровень корреляции превысит пороговый уровень, то будет считаться, что принят сигнал, соответствующий опорному.

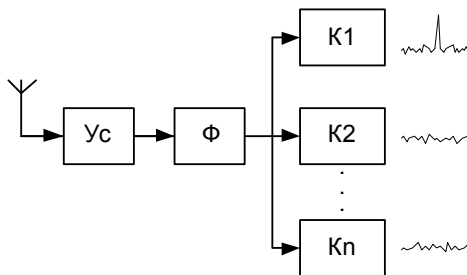


Рис. 1. Структурная схема корреляционного приемника

Для исследования были выбраны четыре М-последовательности длиной 31 символ. Периодическая автокорреляционная функция любой М-последовательности имеет постоянный уровень боковых лепестков, равный $\left(-\frac{1}{N}\right)$, а автокорреляционная функция усеченной М-последовательности, под которой понимается непериодическая последовательность длиной в период N , имеет величину боковых лепестков, близкую к $\left(-\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$ (рис. 2). Поэтому с ростом N величина боковых пиков уменьшается.

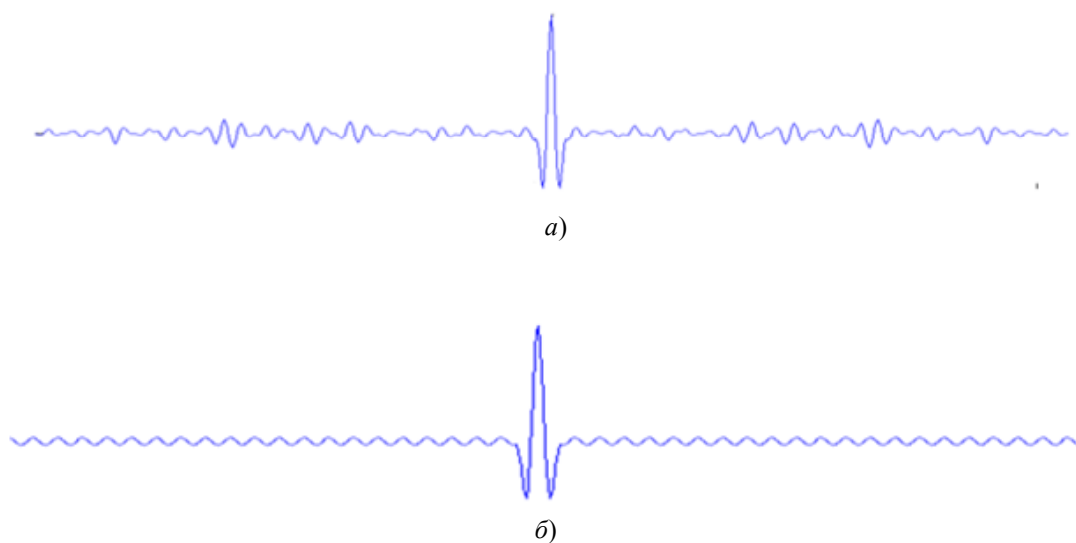


Рис. 2. Аperiodическая автокорреляционная функция (а);
периодическая автокорреляционная функция (б)

Важным параметром является взаимно корреляционная функция. Если выбранные для корреляционного приемника последовательности будут иметь большие значения взаимно корреляционных функций, то количество ложных срабатываний значительно возрастет. Поэтому необходимо анализировать широкий ансамбль последовательностей, и использовать только те, у которых коэффициент взаимной корреляции будет минимальным.

В процессе работы был проведен расчет вероятности ошибочного приема сигнала, сформированного на основе M -последовательности.

В [1, с. 307] рассмотрен расчет вероятности ошибочного приема при аддитивном гауссовом шуме для многоальтернативной задачи обнаружения, когда существует M гипотез:

$$r(t) = \begin{cases} s_1(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_1; \\ s_1(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_2; \\ \dots \\ s_M(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_M. \end{cases}$$

Вероятность ошибки при такой постановке задачи:

$$P(\varepsilon) = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} dx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \sqrt{\frac{2E}{N_0}})^2}{2}} \left(\int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right)^{M-1}.$$

Произведем расчеты по формуле (4.6) [1] и построим график зависимости вероятности ошибочного приема от соотношения «сигнал/шум» в канале связи (рис. 3) для случаев, когда передача ведется при помощи:

- двух разных M -последовательностей длиной 31 символ;
- трех разных M -последовательностей длиной 31 символ;
- четыре разными M -последовательностей длиной 31 символ.

По результатам расчетов можно сделать вывод, что вероятность ошибочного приема при использовании трех и четырех M-последовательностей длиной 31 символ выше, чем при использовании двух M-последовательностей длиной 31 символ.

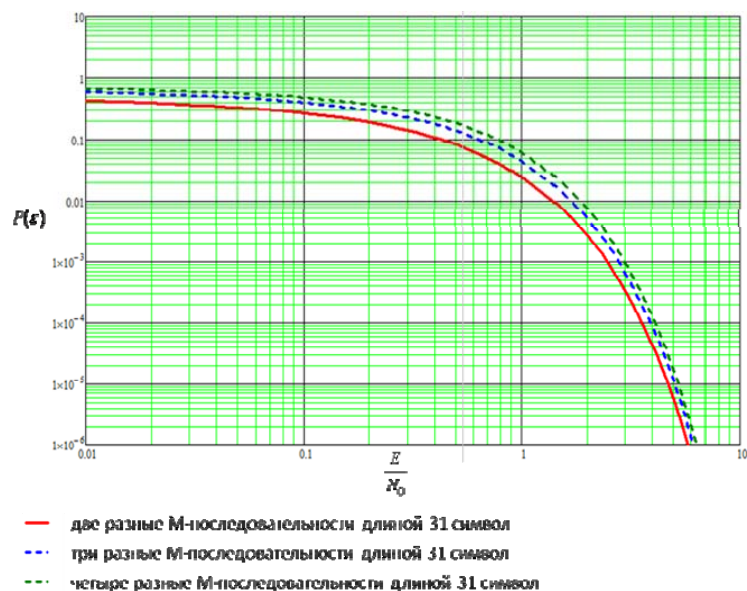


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибочного приема от соотношения «сигнал/шум»

Для подтверждения полученных данных экспериментальным путем, был проведен эксперимент (рис. 4). При помощи генератора сигналов формировались необходимые последовательности. Сигнал подавался на аналого-цифровой преобразователь, откуда после преобразования считывался ПЛИС и вычислялся коэффициент корреляции между принятым сигналом и опорными последовательностями. При обнаружении сигнала его номер передавался при помощи UART на персональный компьютер.

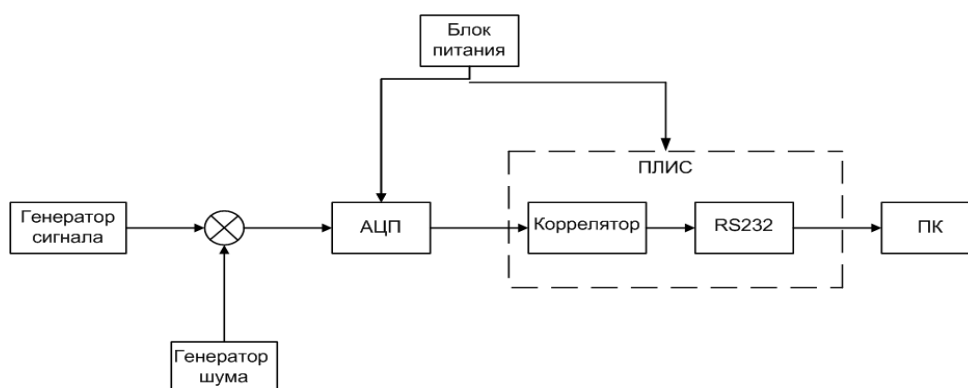


Рис. 4. Схема эксперимента

Автокорреляционная функция, полученная экспериментальным путем, приведена на рис. 5.

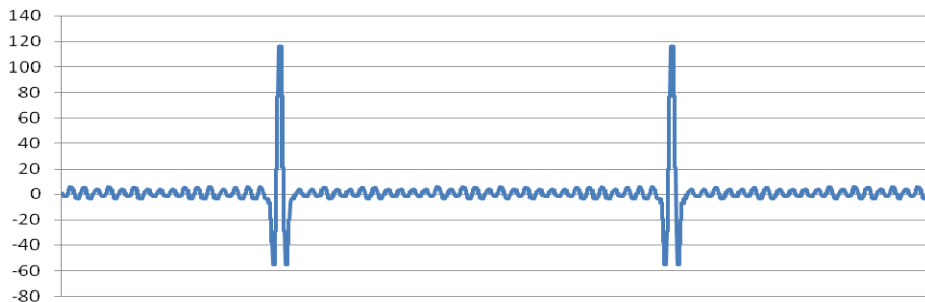


Рис. 5. Автокорреляционная функция, полученная экспериментальным путем

Литература

1. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон. – М. : Мир, 1964.
2. Рабинер, Л. Р. Теория и применение цифровой обработки сигналов : пер. с англ. / Л. Р. Рабинер, Б. Голд ; под ред. Ю. Н. Александрова. – М. : Мир, 1978. – 637 с.
3. Ван Трис, Г. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции : пер. с англ. / Г. Ван Трис ; под ред. проф. В. И. Тихонова. – М. : Советское радио, 1972. – 744 с.
4. Стешенко, В. Б. ПЛИС фирмы ALTERA: проектирование устройств обработки сигналов / В. Б. Стешенко. – М. : ДОДЭКА, 2000.