

*Р.А. Ефремов**

СИНХРОНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПРИ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОМ ПРИЕМЕ С МОДУЛЯЦИЕЙ ПЕРИОДА СЛЕДОВАНИЯ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА

Современные методы и средства передачи информации в основном ориентированы на передачу значительных объемов информации с высокой скоростью, причем в условиях относительно малых помех и искажений сигнала в линии связи, однако существуют системы, в которых объемы передаваемой информации не столь значительны, но передача модулированного сигнала сопровождается его искажением в линии связи из-за доплеровского рассеяния, диспергирующих свойств среды, а также воздействием на него различных помех.

Важным параметром системы, функционирующей в этих условиях, является помехоустойчивость, при этом помехоустойчивость применяемого метода передачи информации зависит не только от корреляционных свойств передаваемых сигналов, способов модуляции и демодуляции принимаемых сообщений, но также от эффективности работы синхронизатора, являющегося обязательной частью любой системы связи.

Известен метод передачи дискретной информации включающий: модуляцию на основе сопоставления информационным символам сигналов с ортогональной множественной структурой боковых лепестков автокорреляционной функции (АКФ), в качестве которых используются периодические составные сигналы с различным периодом повторения шумоподобного сигнала (ШПС), и демодуляцию, которая выполняется на основе сравнения значений АКФ принятого сигнала, в нескольких точках, соответствующих максимумам боковых лепестков АКФ передаваемых сигналов [1].

Мы предлагаем решение задачи тактовой синхронизации для описанного метода передачи информации.

АКФ передаваемых символов при использовании такого метода модуляции имеет многолепестковую структуру, которая позволяет заметить, что последний боковой лепесток хоть и имеет самую малую энер-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.А. Дахновича.

гию E_0 , в отличие от первого бокового с энергией $(n - 1)E_0$, но имеет самую большую удаленность от центрального пика, равную $(n - 1)T_i$. Следовательно, при анализе АКФ в максимуме последнего бокового лепестка с помощью демодулятора сигнал будет иметь положительное значение на его выходе только в моменты времени, равные $2T_i$.

На основании этого факта разработан способ синхронизации, заключающийся в том, что для выделения синхроимпульсов из принимаемого сигнала используется анализ значения в максимуме последнего бокового лепестка АКФ.

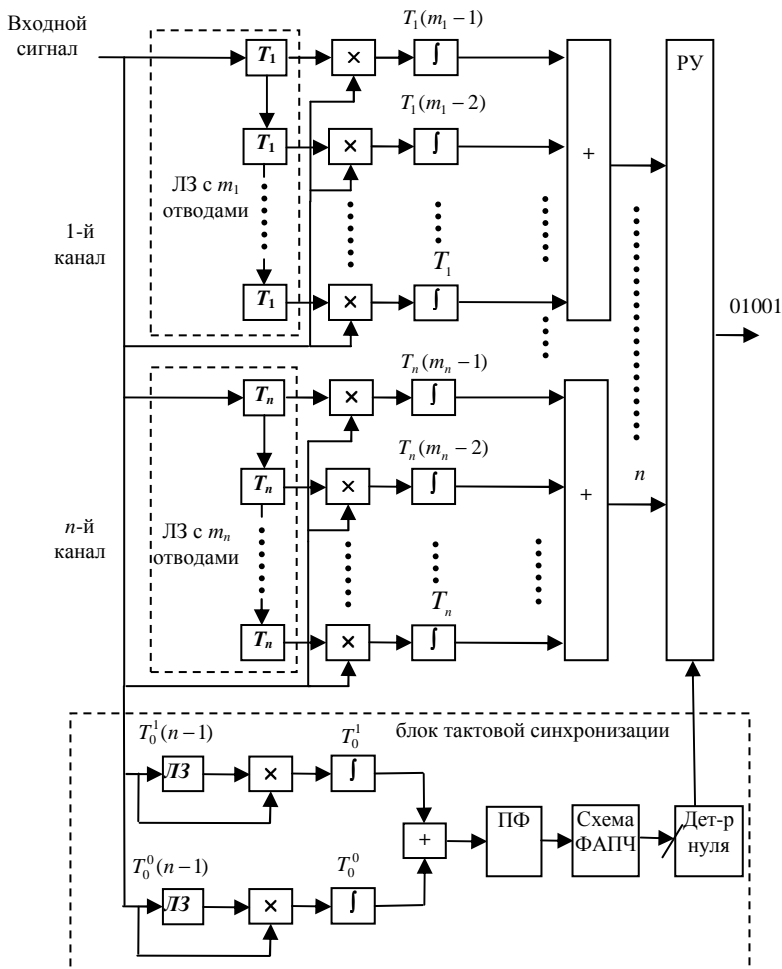


Рис. 1. Блок-схема демодулятора и синхронизатора

Для реализации разработанного способа необходимо иметь на приемной стороне два коррелятора, выходы которых суммируются; каждый коррелятор должен вычислять значение АКФ входного сигнала в одной точке $(n - 1)T_i$, которая соответствует максимуму последнего бокового лепестка i -го варианта сигнала. Последовательность откликов корреляторов после суммирования поступает на полосовой фильтр (ПФ), для выделения основной спектральной составляющей с частотой, соответствующей частоте следования символов. Далее сигнал поступает на схему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и далее на детектор нуля, который в момент перехода гармонического сигнала через нулевой уровень выдает синхроимпульс для решающего устройства каналов обработки входного сигнала (рис. 1). На передающей стороне, в ПЗУ передатчика, необходимо иметь, для каждого используемого канала в системе, два различных сигнала. При передаче необходимо производить постоянную коммутацию этих сигналов, чтобы даже на стыке двух одинаковых логических уровней сигнал постоянно менялся.

На рисунке 2 представлен сигнал после обработки его корреляторами синхронизатора и суммирования, из которого видно, что длительность сигнала равняется $2T_0$, а период следования T .

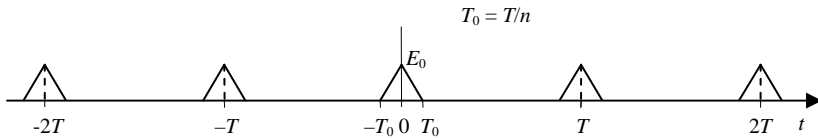


Рис. 2. Сигнал на выходе сумматора

Для оценки эффективности схемы синхронизатора получено выражение для амплитуды сигнала и для дисперсии шумовой составляющей на выходе ПФ (при $n \geq 10$ и $FT \gg h^2$):

$$\left. \begin{aligned} V_1 &\approx \frac{2E}{n^2} \\ \sigma_{\text{вых}}^2 &\approx \frac{N_0^2}{Q} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $Q = \Delta f / f$ – добротность ПФ; E – энергия бита; n – число повторов элементарного ШПС в течение длительности бита T ; F – ширина спектра ШПС; Δf – полоса пропускания ПФ; N_0 – спектральная плотность мощности гауссовского белого шума; V_1 – амплитуда 1 гармоники сигнала; σ^2 – дисперсия шумовой составляющей.

Так при использовании полосового фильтра с добротностью $Q = 4000$, числе повторов $n = 25$ и $h^2 = 10$ отношение

$$\frac{V_1}{\sigma_{\text{вых}}} = \frac{2 \cdot 10}{25^2} \sqrt{4000} = 2.$$

Поскольку $\frac{P_c}{P_{ш}} = \frac{h^2}{FT}$, то видно, что при широкой базе сигнала FT , работоспособность системы будет сохраняться при отношении $P_c/P_{ш}$ значительно меньше единицы.

Время установления синхронизма определяется полосой Δf фильтра: $f_{\text{уст}} \approx 3/\Delta f = 3QT$.

Так при $T = 1$ мкс и $Q = 4000$ время установления составляет $f_{\text{уст}} \approx 12$ мс.

Разработанный способ синхронизации позволяет без значительного усложнения аппаратурной реализации устройства, не снижая теоретическую помехоустойчивость известного метода передачи информации, осуществлять помехоустойчивую передачу дискретной информации в условиях искажений сигнала в линии связи и отношений сигнал–шум менее единицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дахнович, А.А. Беспроводная передача данных в информационно-измерительных системах в условиях помех / А.С. Григорьев, А.А. Дахнович, Р.А. Ефремов // Труды ТГТУ. – 2009. – № 12, Т. 2. – С. 14 – 19.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»