

УДК 004.056:061.68

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ УСТРОЙСТВ ОБРАБОТКИ ДВОИЧНЫХ СИГНАЛОВ С МЕЖСИМВОЛЬНОЙ ППРЧ

Бокуть Л. В.¹, Деев Н. А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе рассмотрены структурные схемы формирования и обработки двоичных сигналов с межсимвольной ППРЧ, которые позволяют обеспечить снижение энергетических потерь в системе передачи информации.

Ключевые слова: помехоустойчивость, периодическая двоичная псевдослучайная последовательность, устройства обработки двоичных сигналов.

RESEARCH OF NOISE STABILITY OF PROCESSING DEVICES BINARY SIGNALS FROM INTERSYMBOLICAL PPRCH

Bokut L.¹, Deev N.²

¹Belarusian National Technical University

²The United Institute of Informatics Problems of the NAS of Belarus
Minsk, Republic of Belarus

Summary. In the work block diagrams of formation and processing of binary signals from intersymbolical PPRCh which allow to provide decrease in power losses in the system of information transfer are considered.

Keywords: noise stability, periodic binary pseudorandom sequence, processing devices of binary signals.

Адрес для переписки: Бокуть Л. В., ул. Я. Коласа, 22, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: lvbokut@bntu.by

Исследуется помехоустойчивость устройств обработки двоичных сигналов с межсимвольной псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ) при действии шумовых помех.

В современных системах радиосвязи широкое применение нашел режим передачи с ППРЧ, который обеспечивает повышение помехоустойчивости передачи цифровой информации. Шумовые помехи обычно создаются путем шумовой модуляции колебаний генератора помех, причем может применяться как амплитудная, так и частотная модуляция, или оба вида модуляции одновременно. Такие помехи имеют энергетический спектр, состоящий из несущего колебания и интенсивных шумовых боковых полос. Необходимо отметить, что из всех видов непрерывных активных помех шумовые помехи наиболее эффективны, поэтому такой вид помех имеет наибольшее распространение.

Рассмотрим систему передачи двоичных сигналов с межсимвольной ППРЧ. Структурная схема формирователя сигнала для случая двоичной фазовой манипуляции (ФМ_Н) и M переключаемых частот приведена на рисунке 1.

Схема включает синтезатор колебаний с частотами f_1 – f_M , фазовые модуляторы ФМ_{НМ}, обеспечивающие манипуляцию колебаний двоичными информационными символами, поступающими от источника информации (ИИ), коммутатор, управляемый генератором псевдослучайной последовательности (ПСП).

Каждое число определяет подключение колебания соответствующей частоты f_i из M возможных. При таком формировании, в каждом из

частотных каналов образуется ФМ колебание, амплитуда которого равна нулю, либо отлична от нуля в зависимости от значения элементов ПСП. При совпадении числа ПСП с номером i -ого канала, сигнал передается в течение интервала T_{Π} , равного длительности элемента ПСП, при отсутствии совпадения образуется пауза. Таким образом, при периоде ПСП равном NT_{Π} максимальная пауза сигнала соответствует этому периоду. В течение активного интервала T_{Π} передается $k = T_{\Pi}/T$ бит информации, где T – длительность информационного символа.

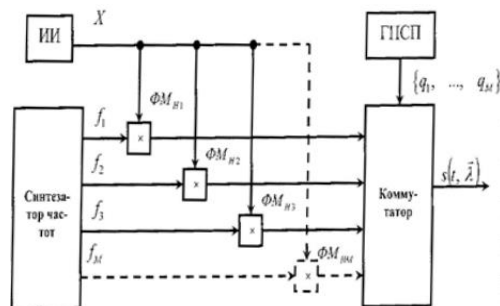


Рисунок 1 – Структурная схема формирователя сигнала

Обобщенная структурная схема устройства обработки двоичных ФМ сигналов приведена на рисунке 2, где в каждом канале выделены два подканала, обеспечивающие выделение элемента ПСП q_i , $i = \overline{1, M}$, и символов X информации. Схема синхронизации по задержке (ССЗ) управляет генератором ПСП, который обеспечивает коммутацию информационных выходов каналов

и объединение информационного потока X . Решение X^* получается в решающем устройстве (РУ).

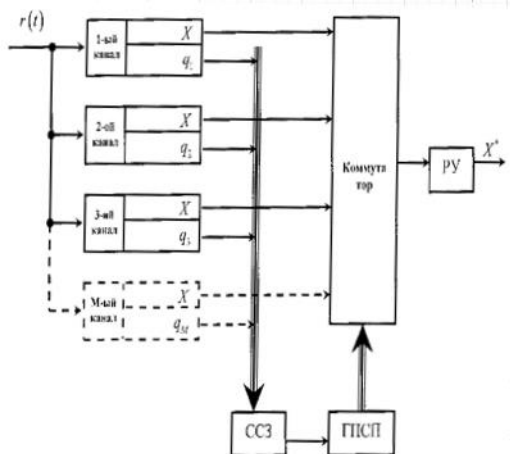


Рисунок 2 – Структурная схема устройства обработки двоичных ФМ сигналов

Помехоустойчивость квазикогерентного устройства обработки двоичных ФМ сигналов с межсимвольной ППРЧ определяется вероятностью ошибки на бит с учетом действия помехи в ССЗ:

$$P_e = 1 - \Phi((q_{01}k)^{1/2}), \quad (1)$$

где P_e – вероятность ошибки на бит информации, q_{01} – отношение сигнал/помеха в канале, k – коэффициент, учитывающий потери за счёт ошибок системы синхронизации ПСП, а также помехи на выходе ТЦФ в каналах формирователя квадратурных составляющих, $k < 1$.

В случае, если $T_{\text{ТФ}} \geq 3T$, то $k > 3/4$, т. е. энергетические потери менее 25 %.

Выражение (1) определяет предельно достижимую помехоустойчивость при действии шумовых помех, достигаемую за счёт применения оптимальной математической зависимости обработки и синхронизированной коммутации каналов на входе решающего устройства.

Структурная схема устройства обработки двоичных ФМ сигналов, представленная на рисунке 2, отличается от известных тем, что свёртка спектра принимаемого сигнала с ППРЧ осуществляется на входе устройства обработки, при этом уровень мощности шумов в M раз больше, чем в отдельном канале. При этом синхронизация опорного генератора ПСП сопровождается ошибками,

которых намного больше, чем в предлагаемой структурной схеме формирователя сигнала, изображенной на рисунке 1.

Действительно, за счёт фильтрации элементов ПСП $q_1 = \gamma = 1$, M в каналах, представленных в схеме устройства обработки двоичных ФМ сигналов на рисунке 2, уровень помех на выходе дискриминатора ССЗ снижается в M раз по сравнению с известными схемами слежения за задержкой.

Рассмотренные структурные схемы формирования и обработки сигналов с межсимвольной ППРЧ обеспечивают различение сигналов с фазовой информационной манипуляцией, что позволяет снизить вероятность ошибки на бит по сравнению с частотной манипуляцией, и обеспечить снижение энергетических потерь в системе передачи информации на 3 дБ.

Литература

1. Бокуть, Л. В. Исследование компенсационного метода подавления помех в радиоканалах охранно-пожарных систем сигнализации / Л. В. Бокуть, Н. А. Деев // Материалы 13 Международной научно-технической конференции «Приборостроение–2020», Минск, БНТУ, 18–20 ноября 2020. – С. 240–242.
2. Бокуть, Л. В. Исследование алгоритмов канального кодирования в системах передачи дискретно-непрерывных сообщений / Л. В. Бокуть, Н. А. Деев // Материалы 15 Международной научно-технической конференции «Приборостроение–2022», Минск, БНТУ, 16–18 ноября 2022. – С. 223–224.
3. Борисов, В. И. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / В. И. Борисов, В. М. Зинчук; под ред. В. И. Борисова. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – М.: РадиоСофт, 2008. – 512 с.
4. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра прямой модуляцией псевдослучайной последовательностью / В. И. Борисов [и др.]. – М.: РадиоСофт, 2011. – 548 с.
5. Чердынцев, В. А. Системы передачи информации с расширением спектра сигналов / В. А. Чердынцев, В. В. Дубровский. – Минск: БГУИР, 2009. – 130 с.
6. Формирование и обработка составных сигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты / В. А. Чердынцев [и др.] // Труды XIV Международной НТК «Современные средства связи». – Минск, 2009. – С. 65.
7. Беккиев, А. Ю. Оценка помехозащищенности каналов радиосвязи в условиях действия помех от средств радиоэлектронной борьбы / А. Ю. Беккиев, В. И. Борисов // Радиотехника и электроника. – 2019. – Т. 64, №9. – С. 891–901.