

## ПРИЕМНИК ШИРОКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Мартынович В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Институт информационных технологий,  
г. Минск, Республика Беларусь

Карпушкин. Э.М. – канд. техн. наук, доцент

**Аннотация.** Разработка приемника широкополосной системы связи направлена на создание эффективного, и надежного приемного устройства, способного корректно выделять и демодулировать полезную информацию в условиях многоканальной среды. Такое устройство находит широкое применение практически во всех сферах деятельности человека, где критически важны помехозащищенность и скрытность передачи данных. Оно решает проблемы подавления средствами радиоэлектронной борьбы, перехвата информации, многолучевого распространения сигнала и высокой загрузки частотного диапазона.

Современные системы радиосвязи предъявляют высокие требования к устойчивости, скрытности и помехозащищенности передаваемой информации. В условиях ограниченного спектра всё более широкое применение находят технологии с псевдослучайным расширением спектра (ПСП), основанные на кодовом разделении каналов (CDMA) и фазовой манипуляции.

Эти подходы позволяют эффективно организовывать множественный доступ, обеспечивать высокую помехоустойчивость и возможность скрытой передачи данных.

В наших реалиях существует множество средств передачи информации с использованием частотных диапазонов, и поэтому приёмник должен не только уметь принимать сигналы из воздушного тракта, но и делать это правильно, то есть принимать только те сигналы, которые важны для принимающей стороны.

Предположим, что приёмная часть уловила нужную информацию, теперь нужно правильно её обработать. Одной из важных особенностей передачи информации является электромагнитная совместимость. Так как мы уже сказали есть множество систем передачи информации, совместимость играет очень большую роль и для этого придумали скрывать информацию различными способами. Скрытность можно разделить на следующие виды:

1 Энергетическая скрытность – условия при которых противник встречает затруднения энергетического характера. К такой скрытности можно отнести пространственную и амплитудную скрытность. Пространственная скрытность создаётся благодаря узконаправленной диаграммы направленности сигнала и малым уровнем боковых лепестков. Амплитудная скрытность заключается в снижении мощности передатчика до минимально возможного уровня и повышении чувствительности приёмника.

2 Временная скрытность – совокупность мер, затрудняющих обнаружение излучений в силу их кратковременности. То есть использование импульсных сигналов или других видов кратковременных сигналов.

3 Частотная скрытность – совокупность средств, которые затрудняют определение характеристик сигнала (несущей частоты, частоты повторений, полосы сигнала и т.д.). Данная скрытность достигается путём псевдослучайной или адаптивной перестройки несущей частоты.

4 Структурная скрытность – совокупность свойств радиосигнала, которые затрудняют его расшифровку. Данный метод заключается в применении сложных законов модуляции сигнала на основе псевдослучайных последовательностей (ПСП). Широкое применение нашли сигналы с фазовой манипуляцией на базе M-последовательностей. Расшифровка такого сигнала возможна при его оптимальной обработке, то есть при известном законе модуляции сигнала.

Широкополосными системами передачи информации называют такие средства связи, в которых передача сообщения осуществляется с гораздо большим основанием [2]. В таких системах очень часто используют такую особенность как расширение спектра сигнала. Это происходит за счёт модуляции информации на основе псевдослучайных последовательностей. На рисунке 1 приведены кривые спектральных плотностей бита цифровой информации  $F_6(f)$  и элементарного элемента информационной последовательности  $F_n(f)$  с расширенной полосой.

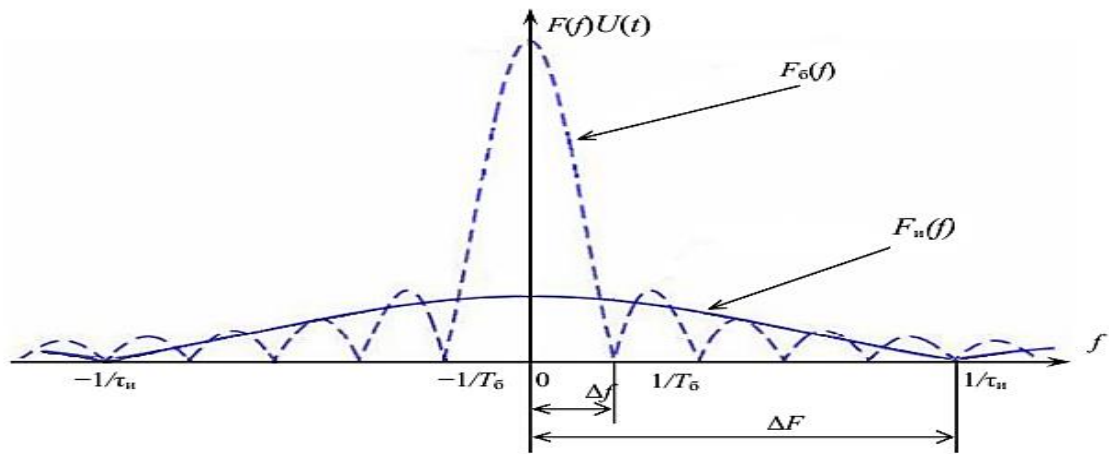
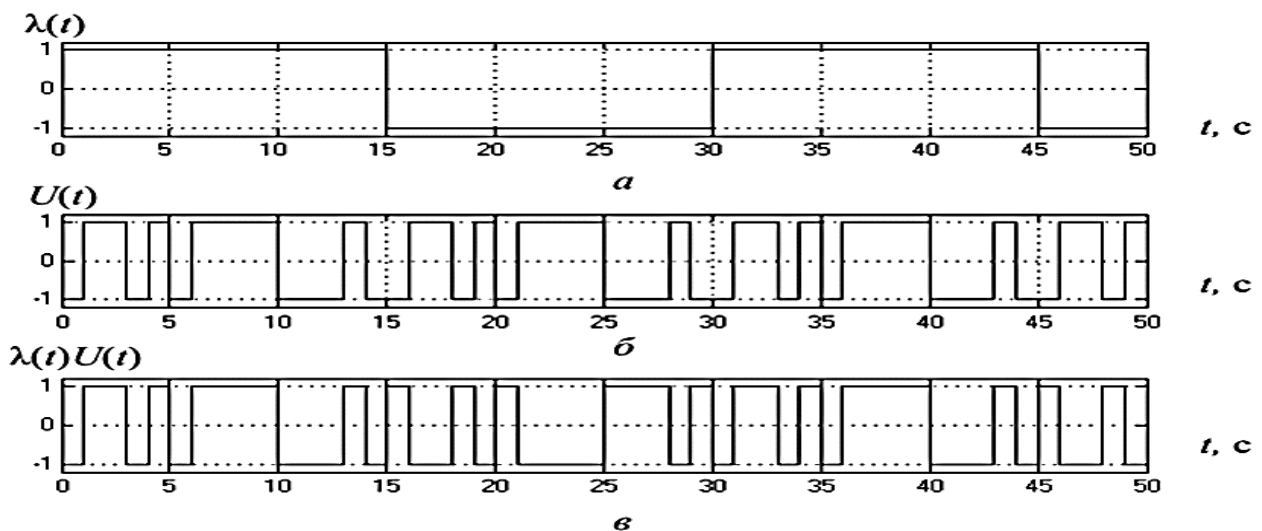


Рисунок 1 – Расширение спектра

Анализируя полученные спектрограммы, можем сделать вывод что при расширении полосы сигнала, снижается уровень спектральной плотности сигнала. Стоит учесть, что если спектральная плотность полученного сигнала ниже уровня шума, то обеспечивается энергетическая скрытность передаваемой информации.

На рисунке 2 представлены временные диаграммы, которые показывают процесс формирования информационной псевдослучайной последовательности.



а – информационная последовательность; б – псевдослучайная последовательность; в – результат преобразования

Рисунок 2 – Временные диаграммы формирования псевдослучайного сигнала

Временной диаграмме (рисунок 2, а) соответствуют биты цифровой информации. Временной диаграмме (рисунок 2, б) соответствует периодическая псевдослучайная последовательность. Временной диаграмме (рисунок 2, в) соответствует информационная последовательность с инверсной манипуляцией (бит “1” – прямая ПСП, бит “0” – инвертированная ПСП). При этом эффективная полоса частот возросла в 15 раз.

Как было сказано выше, для расшифровки такого псевдослучайного сигнала, следует знать исходную псевдослучайную последовательность, на основе которой и был модулирован сигнал.

Достоинства широкополосной системы связи с псевдослучайными сигналами следующие:

- возможность эффективного подавления негауссовой помехи;
- возможность эффективной борьбы с явлениями замирания;
- энергетическая скрытность передаваемой информации;
- структурная скрытность передаваемой информации;
- возможность построения систем CDMA.

Для побитной передачи обобщенная схема устройства передачи информации представлена на рисунке 3.

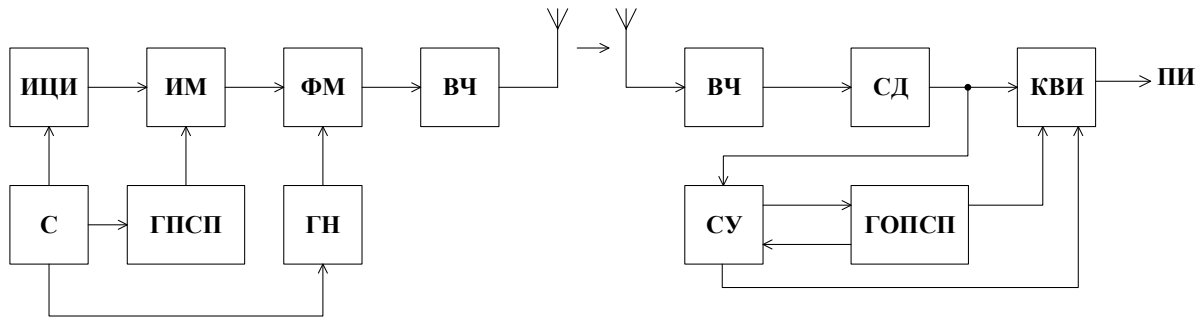


Рисунок 3 – Структурная схема устройства ПИ с ПС-сигналами

Здесь ИЦИ – источник цифровой информации, ИМ – информационный модулятор, ГПС – генератор ПСП, С – синтезатор опорных частот, ФМ – фазовый модулятор, ГН – генератор несущей, ВЧ – высокочастотная часть передатчика и приёмника, СД – синхронный детектор, ГОПС – генератор опорных ПСП, СУ – синхронизирующее устройство, КВИ – канал выделения информации, ПИ – полученная информация.

Приёмник в широкополосной системе связи выполняет критически важную функцию преобразования сигнала, распределённого по широкой полосе частот, определяя реальную скорость передачи данных и устойчивость связи в условиях многолучевого распространения. Такой приёмник широкополосной системы связи – это специализированное оборудование, востребованное в сферах, где критически важны помехозащищённость и скрытность передачи данных. Этим приёмником будут пользоваться не обычные люди для прослушивания радиостанций, а инженеры связи, военные специалисты и операторы специального оборудования, перед которыми стоит задача гарантированно доставить информацию в условиях намеренных или естественных сильных помех.

**Список использованных источников:**

1. Радиосистемы передачи информации. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : учеб.-метод. пособие / Э. М. Карпушкин, М. И. Крючков, А. С. Лопатченко. – Минск : БГУИР, 2016. – 64 с.
2. Теория радиосистем : учеб. пособие / Э. М. Карпушкин. – Минск : БГУИР, 2023. – 172 с.
3. Радиотехнические системы : учеб. пособие / Э. М. Карпушкин. – Минск : БГУИР, 2011. – 95 с.