

УДК 621.391.6+621.376.4

МЕТОДЫ синхронизации несущего колебания при приеме сигналов с фазовой манипуляцией

ЗАЙЦЕВ И. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: illya.zaitsau@gmail.com

Аннотация. Представлены существующие методы синхронизации несущего колебания. Выявлены преимущества и недостатки данных методов.

Abstract: The existing methods of synchronization of the carrier oscillation are presented. The advantages and disadvantages of these methods are revealed.

Ключевые слова: синхронизация, метод, схема, прямая связь, обратная связь, фаза, несущая частота.

Введение

Приемники обрабатывают сигналы, которые несут в себе не только информацию, а также различного рода помехи. Это обусловлено особенностями распространения радиоволн, нестабильностью частоты опорных генераторов, изменяющимся местоположением передающего и приемного устройств, эффектом Доплера и пр. Обычно приемник знает только некоторые статистические свойства сигнала и помехи. Исходя из этих статистических свойств и используя наблюдение за принятым сигналом, приемник способен оценить передаваемые символы данных.

Наибольшая энергетическая и спектральная эффективность передачи дискретной информации достигается при использовании методов фазовой манипуляции, таких как *BPSK*, *QPSK*, *M-PSK*. Прием сигналов, модулированных в соответствии с данными методами, осуществляется по когерентной схеме. Данная схема предполагает точное знание частоты и фазы несущего колебания.

Методы синхронизации несущего колебания

В настоящее время можно выделить два принципа в реализации методов фазовой и частотной синхронизации.

К первому принципу относится синхронизация с прямой связью.

Принцип работы данных схем синхронизации (рисунок 1) основан на оценке неизвестных параметров (частоты и фазы). Эти параметры представляются в виде случайных величин.

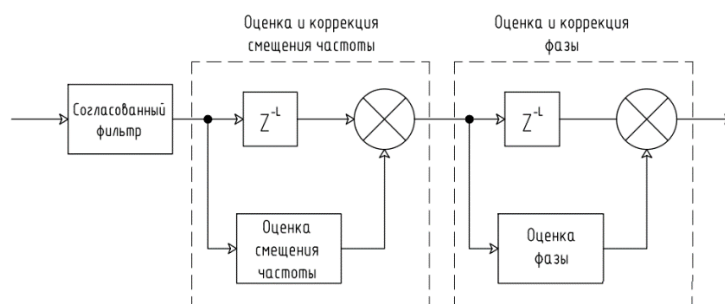


Рис. 1. Общая схема синхронизации несущей с прямой связью

Основываясь на способах декодирования данных, алгоритмы прямой синхронизации также дополнительно классифицируются на 3 следующих типа.

Системы с поддержкой данных (*Data-Aided (DA)*):

Синхронизаторы с поддержкой данных реализуются путем включения известных групп символов (преамбул), которые используются контуром прямой связи для облегчения оценки.

Недостатком систем *DA* является то, что они требуют служебной передачи для символов преамбулы/расширения. При этом мощность сигнала будет разделяться между передаваемой (полезной) и служебной информацией.

Системы, ориентированные на принятие решений (*Decision-Aided (DD)*):

Синхронизаторы, ориентированные на принятие решений, используют оценку данных, а не истинные данные, извлеченные из передаваемых преамбул.

Производительность этих алгоритмов оптимальна только при высоком *SNR*, где его производительность приближается к производительности *DA* при высоком отношении сигнал/шум (*SNR*).

Системы, не основанные на данных (*Non-Data Aided (NDA)*):

В системах происходит усреднение данных для получения надежных оценок.

Основным недостатком системы *NDA* является то, что она сильно ухудшается после того, как принятый сигнал был искажен многолучевым замиранием. Тем не менее, при низком *SNR* он работает более надежно, чем его аналоги *DD / DA*.

Схемам, использующим данный метод, первое время нужно обеспечить высокое отношение сигнал/шум (*SNR*), поскольку производительность синхронизатора основана на правильности обнаружения обучающих последовательностей.

Преимуществом методов, основанных на прямой связи, является отсутствие проблем зависания и проскальзывания цикла, поскольку отсутствует обратная связь. Тем самым экономится время на восстановление несущей.

Ко второму принципу реализации методов фазовой и частотной синхронизации относится синхронизация с обратной связью.

Схемы, работающие в соответствии с данным принципом, включают в себя канал обратной связи в системе для исправления ошибок. Базовая конструкция такой схемы иллюстрируется контуром фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), изображенной на рисунке 2.

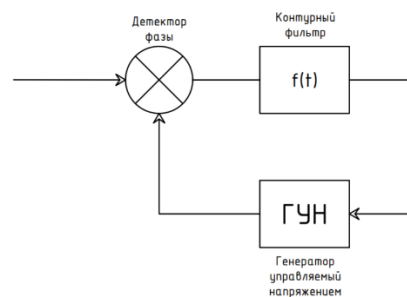


Рис. 2. Схема контура фазовой автоподстройки частоты

Детектор фазы – это устройство, измеряющее различия фаз поступающего сигнала и локальной копии. Если поступающий сигнал и его локальная копия изменяются относительно друг друга, то разность фаз (или рассогласование по фазе) – это зависимый от времени сигнал, поступающий на контурный фильтр. Контурный фильтр регулирует отклик контура ФАПЧ на эти изменения сигнала. Генератор, управляемый напряжением, – устройство, создающее копию несущей. Данный генератор является генератором синусоидального сигнала, частота которого управляется уровнем напряжения на входе устройства.

Различаются два основных способа фазовой и частотной синхронизации, основанных на контуре ФАПЧ.

Первый способ основан на возведении в степень.

Входной сигнал с подавленной несущей возводится в степень *M* (число точек в сигнальном созвездии). Затем получаемые компоненты, зависящие от удвоенной несущей, можно выделить и отследить с помощью стандартного контура ФАПЧ.

Недостаток данной схемы – возведение M -ю степень всех фазовых углов. Следовательно, фазовый шум и случайное смещение фазы также возводятся в степень. Это увеличение углов нейтрализуется установкой делителя порядка M на выходе контура ФАПЧ.

Второй способ – синфазно-квадратурная схема (петля Костаса).

Схема позволяет избежать возведения в степень, реализация которого на несущих частотах может быть затруднительной. Вместо этого в контур вводится умножитель и относительно простые фильтры нижних частот.

Основной проблемой реализации синфазно-квадратурной схемы является то, что для получения теоретической оптимальной производительности два фильтра нижних частот должны быть идеально согласованы.

Использование методов синхронизации с обратной связью позволяет работать с более низким отношением сигнал/шум, чем при методах, основанных на прямой связи. Тем самым методы с обратной связью являются более универсальными. Также использование таких методов позволяет обеспечить большую энергетическую эффективность для системы передачи информации.

На рисунке 3 приведена схема синхронизации несущей с обратной связью, созданная в Simulink.

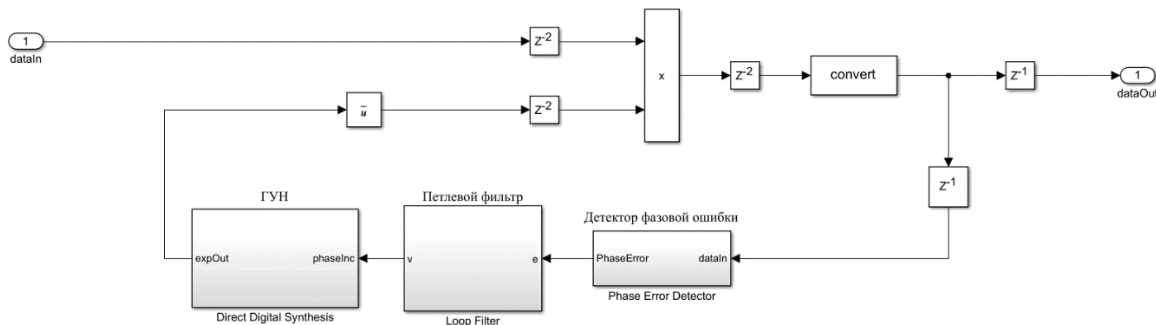


Рис. 3. Схема синхронизатора несущей

Схема синхронизатора несущей представляет собой контур ФАПЧ с детектором синусоидальной фазовой ошибки, которая работает при рабочей точке 45 градусов. Фазовая ошибка рассчитывается как отклонение фазового детектора от рабочей точки (45 градусов). Пропорционально-интегрирующий фильтр в подсистеме контурного фильтра фильтрует фазовую ошибку. Контурный фильтр устанавливает нормализованную полосу пропускания контура (нормализованную по частоте дискретизации) и коэффициент демпфирования контура. Нормализованная полоса пропускания контура по умолчанию установлена на 0,005, а коэффициент демпфирования по умолчанию установлен на 0,7071. Отфильтрованная ошибка подается как источник приращения фазы в подсистему прямого цифрового синтеза. Подсистема необходима для корректировки частоты и фазы.

Заключение

В статье были проанализированы различные методы синхронизации по несущему колебанию. Рассмотрены существующие методы как с прямой, так и с обратной связью по решению. Для методов описаны их преимущества и недостатки.

Приведен пример схемы синхронизатора несущей с обратной связью.

Список использованных источников

1. Скляр. Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. – М.: 2003. – 1104с.
2. J. G. Proakis. Digital Communications, McGraw-Hill, NY, 3rd edition, 1995. – 784с.