

ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧАСТОТЫ С ОДНОЙ БОКОВОЙ ПОЛОСОЙ

Бойсунов Б.П.¹, Короткова Л.А.²

¹Бойсунов Ботир Пулат угли - студент;

²Короткова Лариса Александровна – старший преподаватель,
кафедра радиотехнических устройств и систем,

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

В настоящее время в цифровых радиосистемах передачи информации на сверхвысоких частотах достаточно широко применяется формирование рабочих сигналов однократным аналоговым преобразованием частоты с одной боковой полосой с помощью квадратурного модулятора [1, 2]. При этом квадратурные составляющие относительно низкочастотного сигнала цифровой части системы передачи информации преобразуются в аналоговый вид и поступают на соответствующие входы преобразователя частоты в составе квадратурного модулятора и гетеродина. Такой подход по сравнению с многократным повышающим аналоговым преобразованием частоты с фильтрацией или умножением частоты обычно имеет существенные преимущества по экономическим и массогабаритным показателям, и по качеству передаваемого сигнала [1]. Данный метод преобразования частоты подходит для формирования практически любых радиосигналов из сигналов цифровой промежуточной частоты, многоканальных радиосигналов, радиосигналов с OFDM, а также для непосредственной модуляции несущей такими видами цифровой модуляции, как однополосная, частотная и фазовая манипуляции, КАМ [1, 2].

Однако несовершенство аналогового квадратурного модулятора приводит при однополосном преобразовании частоты к высокому уровню внеполосного сигнала обусловленного остатком второй боковой полосы, обычно на уровне $-30...-40$ дБ относительно полезного сигнала. Это приводит к взаимному влиянию каналов передачи информации и ухудшению качества принимаемых радиосигналов. При этом выполнение приемлемой дополнительной фильтрации остатка второй боковой полосы на выходе квадратурного модулятора не всегда возможно, в частности из-за малой расстройки по частоте относительно передаваемого полезного сигнала [1].

Рассмотрим улучшенный метод преобразования частоты с одной боковой полосой с эффективным подавлением внеполосного излучения, с использованием предварительной цифровой обработки квадратурных модулирующих колебаний. Данный метод основывается на преобразовании спектра квадратурных модулирующих сигналов используемом в фазофильтровом методе формирования радиосигналов с однополосной модуляцией [3].

Структурная схема устройства реализующего рассматриваемый метод применительно к модуляции OFDM показана на рисунке 1.

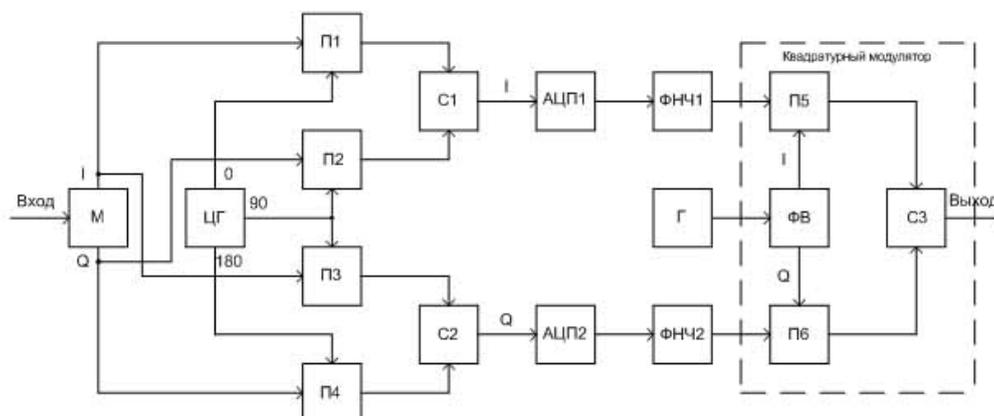


Рис. 1. Структурная схема формирователя OFDM-радиосигнала с однополосным преобразованием частоты

На рисунке 1 введены следующие обозначения: М – OFDM-модулятор с квадратурными выходами I и Q; ЦГ – цифровой низкочастотный генератор; Г – аналоговый высокочастотный гетеродин, ФВ – высокочастотный фазовращатель (фазорасщепитель) с квадратурными выходами I и Q; П1...П6 – умножители; С1...С3 – суммирующие устройства.

Рассмотрим преобразование спектра модулирующего сигнала и получение однополосного сигнала данной схемой с помощью спектральных диаграмм показанных на рисунке 2. Для простоты спектры цифровых сигналов показаны аналоговыми эквивалентами.

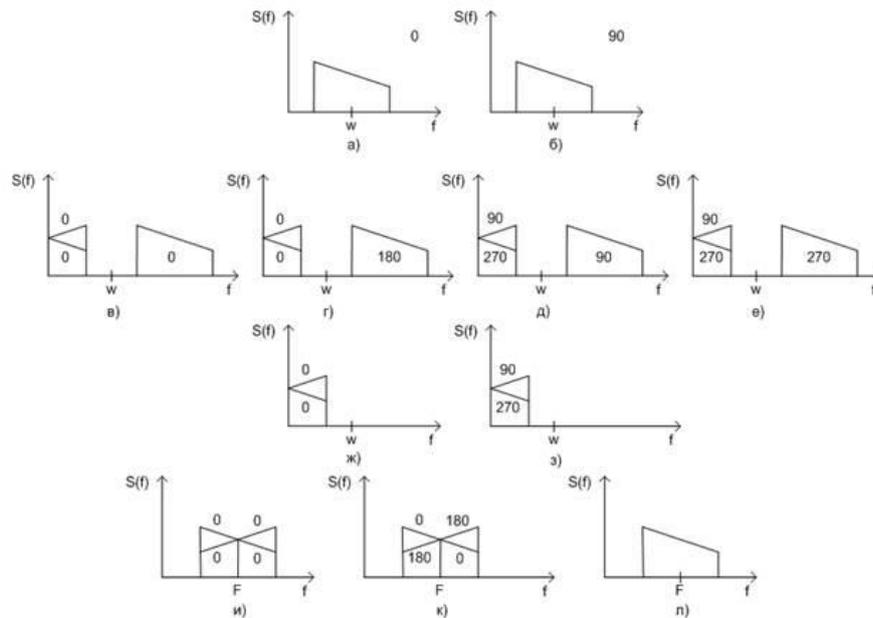


Рис. 2. Преобразование спектра при преобразовании частоты с одной боковой полосой

Условный спектр квадратурных компонент низкочастотного модулированного OFDM сигнала на выходе цифрового модулятора показан на рисунках 2,а и 2,б. Цифровой низкочастотный генератор формирует гармонический сигнал с частотой w и фазами 0, 90 и 180 градусов. Частота w выбрана равной средней частоте в спектре низкочастотного модулированного сигнала.

Спектры сигналов образующихся в результате перемножения в перемножителях П1...П4 показаны соответственно на рисунках 2,в...2,е. Верхние боковые полосы пар перемножений в перемножителях П1, П2 и П3, П4 находятся в противофазе и взаимно уничтожаются в сумматорах С1 и С2 (рисунки 2,ж и 2,з).

Сигналы с выходов сумматоров С1 и С2 преобразуются в аналоговые низкочастотные квадратурные компоненты I и Q с помощью соответственно АЦП1, ФНЧ1 и АЦП2, ФНЧ2 и подаются на входы квадратурного модулятора. Таким образом, получаются колебания такого же вида что и в фазофильтровом методе [3].

Аналоговый высокочастотный гетеродин формирует гармонический сигнал с частотой F . Спектры сигналов образующихся в результате перемножения в перемножителях П5 и П6 показаны соответственно на рисунках 2,и и 2,к. Инвертированные спектры находятся в противофазе и взаимно уничтожаются в сумматоре С3 (рисунок 2,л), в результате чего получается OFDM-радиосигнал с центральной частотой F и несущей $F-w$.

Фазовая и амплитудная асимметрия сигналов в аналоговой части реальной схемы данного метода приводит к неполной компенсации в сумматоре С3 инвертированного OFDM-радиосигнала, обычно до уровня $-30...-40$ дБ относительно полезного сигнала. Однако метод обладает интересной особенностью, заключающейся в том, что спектр такого инвертированного сигнала лежит в той же частотной полосе, что и спектр передаваемого полезного OFDM-радиосигнала. Поэтому неполная компенсация инвертированного сигнала не приводит к внеполосному излучению, а лишь вносит незначительные искажения в сформированный полезный сигнал.

Таким образом, рассмотренный метод по сравнению с классическим преобразованием частоты с одной боковой полосой [1] требует дополнительно всего 6 арифметических операций для формирования OFDM-радиосигналов и полностью устраняет внеполосное излучение второй боковой полосы. Это позволяет без изменения аппаратной части устройств применяемых для реализации классического преобразования частоты с одной боковой полосой существенно повысить качество излучаемого радиосигнала. Аналогично, путем замены модулятора в схеме показанной на рисунке 1 можно получить групповые сигналы цифровых РРЛ, базовых станций сетей сотовой связи GSM и др.

Список литературы

1. Кушинг Р. Прямой цифровой синтез (DDS) и преобразование квадратурных сигналов в диапазон 800 – 2500 МГц с одной боковой полосой. // Мир электронных компонентов. 2006. Вып. 1.
2. Вишнеvский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
3. Верзунов М.В. Однополосная модуляция в радиосвязи. М.: Воениздат, 1972. 296 с.