

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТ С ДРОБНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ДЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДЕЛЬТА-СИГМА МОДУЛЯТОРА

ABSTRACT: Delta-sigma fractional-N frequency synthesizer are widely used in different wireless applications due to their fast settling time and low phase noise level. This work is devoted to simulation of three structures of a synthesizer with different order of delta-sigma modulators. The simulation results are presented.

Синтезатор частот (СЧ) – устройство, позволяющее получить ряд дискретных частот из одной опорной. СЧ является неотъемлемой частью большинства современных радиоприемников и радиопередатчиков. На рис.1 [1] показана структурная схема гомодинного приемника: ВЦ – входные цепи, МШУ – малошумящий усилитель, СМ – смеситель, У – усилитель, ФНЧ – фильтр низких частот, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦОС – устройство цифровой обработки сигналов.

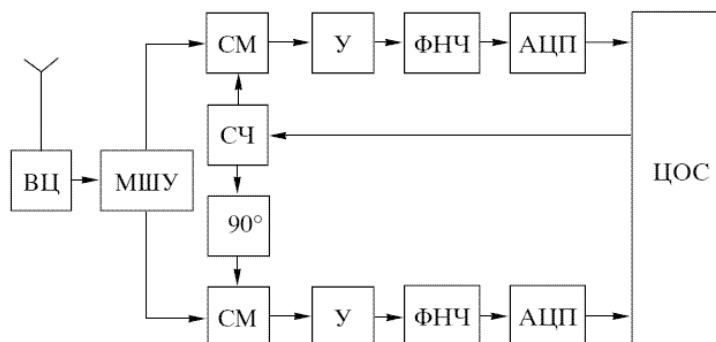


Рис. 1. Структурная схема гомодинного приемника

Перестройка приемника по частоте осуществляется изменением выходной частоты синтезатора сигналом с устройства цифровой обработки. Следовательно, время перестройки и шаг сетки частот приемника определяется параметрами синтезатора частот. В настоящее время широкое распространение получили синтезаторы частот на основе цифровой петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с дробным коэффициентом деления на основе дельта-сигма модуляторов (ДСМ). Структурная схема такого СЧ приведена на рис. 2.

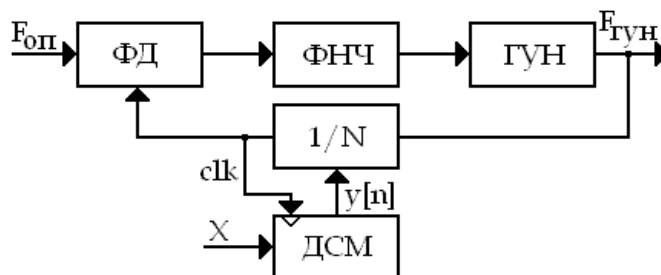


Рис. 2. Структурная схема СЧ на основе петли ФАПЧ с дельта-сигма модулятором

На схеме обозначены: ФД – фазовый детектор, ФНЧ – фильтр нижних частот, ГУН – генератор, управляемый напряжением, $1/N$ – делитель на N тактов. Принцип работы устройства следующий: выходной сигнал ГУН переносится на более низкую частоту с помощью делителя и поступает на один из входов фазового детектора, на другой вход которого поступает опорное колебание частоты $F_{оп}$. ФД вырабатывает импульсы, пропорциональные разности фаз опорного колебания и сигнала ГУН, которые сглаживаются

ФНЧ. Напряжение с выхода фильтра управляет частотой выходного сигнала ГУН. В установившемся режиме $F_{ГУН} = F_{ОП} \cdot N^* = F_{ОП} \cdot (N + X)$, где N^* – коэффициент деления; N – целая часть, X – дробная. Дробная часть коэффициента деления подается на вход дельта-сигма модулятора. Модулятор вырабатывает последовательность коэффициентов деления $u[n]$, которая в среднем даст требуемый дробный коэффициент деления N^* . Теоретически, чем выше порядок дельта-сигма модулятора, тем ниже уровень фазовых шумов на выходе ГУН [2].

Целью работы является построение модели синтезатора частот с дробным коэффициентом деления на основе дельта-сигма модулятора, анализ работы синтезатора и оценка его параметров.

Модель синтезатора была построена в среде Simulink пакета Matlab. Правильность построения модели синтезатора проверялась путем анализа во временной области, а также последующим вычислением спектра выходного сигнала. В ходе моделирования во временной области измерялось время захвата частоты, в ходе спектрального анализа измерялся уровень фазовых шумов синтезатора.

Проведено сравнение характеристик синтезаторов с модуляторами первого, второго и третьего порядков. Основные результаты приведены в табл. 1. Представлены: уровни фазовых шумов синтезаторов в зависимости от порядка модулятора и полосы пропускания фильтра петли. Также в табл. 1 приведен уровень собственных шумов ГУН.

Таблица 1. Уровни фазовых шумов синтезаторов при отстройке на 100 кГц, дБ/Гц.

Порядок модулятора	Полоса пропускания фильтра; время установления		
	30 кГц, 0,22 мс	50 кГц, 0,18 мс	70 кГц, 0,15 мс
Первый	-56	-55	-49
Второй	-72	-70	-68
Третий	-72	-71	-70
ГУН	-74		

Из табл. 1 видно, что с уменьшением полосы пропускания фильтра уровень фазовых шумов всех синтезаторов уменьшается, однако при этом увеличивается время захвата частоты. Следовательно, в системах не критичных к времени установления, можно использовать узкополосный фильтр и модулятор низкого порядка. Однако в системах, в которых требуется быстрое изменение частоты, может использоваться широкополосный фильтр и модулятор более высокого порядка. При этом реализуется синтезатор с низким уровнем фазовых шумов и малым временем захвата частоты. Данная работа выполнялась в Институте Интегральных Микросхем им. Фраунгофера, Германия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коротков А.С. Микроэлектроника, 2006, том 35, №4, с. 321-341.
2. Mucahit Kozak and Izzet Kale. IEEE Transactions on Circuits and Systems—I: Regular Papers, June 2004. V. 51. № 6. P. 1148-1162.