

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ГЕНЕРАТОР РАДИОЧАСТОТ С МАЛЫМ УРОВНЕМ ПОБОЧНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

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

Соколовский Д.В.

Корневский С.А – к.т.н., доцент

В работе рассмотрены схемы построения широкополосных генераторов радиочастот с малым временем перестройки частоты и мощности выходного сигнала. Разработаны электрические: структурная, функциональная и принципиальная широкополосного генератора радиочастот. Приведены результаты исследований характеристик широкополосного генератора радиочастот.

В настоящее время в радиоэлектронных системах различного назначения все более широкое применение находят перестраиваемые акустооптические фильтры (ПАОФ). Например, в рамках программы Европейского Космического Агентства (ESA) предложено использование ПАОФ для создания гиперспектральных изображений поверхности Земли. Одной из важнейших характеристик ПАОФ является рабочий оптический диапазон. Оптическая фильтрация используется для обнаружения и идентификации объектов и визуализации их структуры, что позволяет получать более контрастное изображение характерных свойств. Для обеспечения перестройки оптического диапазона необходимо применение широкополосных генераторов радиочастот (ШГРЧ) [1]. ШГРЧ должен формировать высокочастотный сигнал синусоидальной формы с программной перестройкой частоты в широких пределах (30-200 МГц) с малым шагом (1 Гц) и малым временем (100 нс) перестройки частоты, а также обладать малым уровнем побочных излучений (-40 дБн) [1].

Целью работы является разработка широкополосного генератора радиочастот. Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Провести анализ схем построения ШГРЧ с высокой стабильностью частоты, малыми значениями шага и времени перестройки частоты.
2. Разработать структурную, функциональную и принципиальную электрические схемы ШГРЧ с малым уровнем побочных излучений.
3. Разработать программное обеспечение для управления перестройкой частоты и уровнем мощности выходного сигнала ШГРЧ.
4. Произвести настройку и исследование характеристик ШГРЧ.

Проведенный анализ схем построения ШГРЧ [2, 3, 4], обеспечивающих высокую стабильность частоты, малый шаг и малое время перестройки частоты показал, что для решения поставленной задачи целесообразно использовать синтезатор частот с прямым цифровым синтезом – цифровой вычислительный синтезатор (ЦВС). Структурная схема широкополосного генератора радиочастот приведена на рисунке 1.

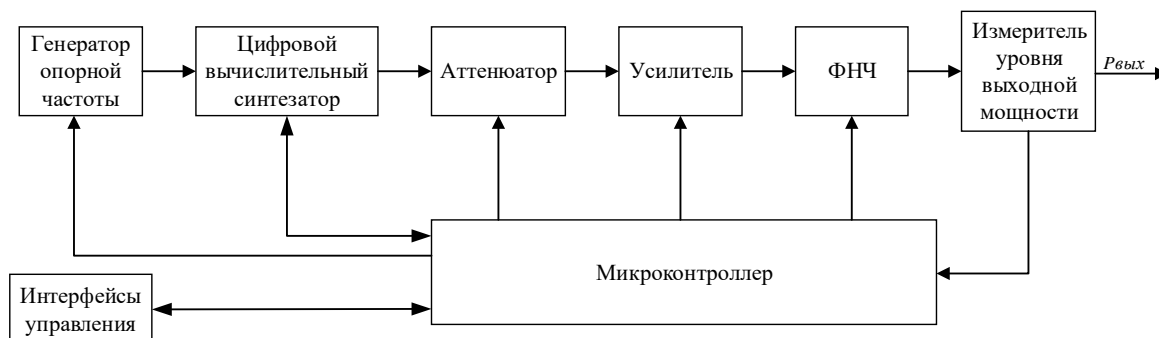


Рисунок 1 – Структурная схема широкополосного генератора радиочастот

Обзор современной элементной базы показал, что в качестве цифрового вычислительного синтезатора для обеспечения требуемых параметров (диапазон рабочих частот, шаг перестройки рабочей частоты, время перестройки частоты) целесообразно использовать микросхему AD9959 фирмы Analog Devices. Шаг перестройки частоты определяется 32-разрядным кодом и составляет 0,12 Гц. Время перестройки частоты составляет 65 нс. Для формирования тактовой частоты ЦВС используется встроенный умножитель частоты микросхемы AD9959. Регулировка мощности осуществляется с помощью цифрового 10 – разрядного умножителя, выходной код которого подается на вход данных ЦАП. Проведенный анализ параметров выходного сигнала ЦАП микросхемы AD9959 показал, что для обеспечения требуемого значения шага перестройки мощности выходного сигнала (0,1 дБ) в заданном диапазоне мощностей (0-35 дБм) требуется применение управляемого аттенюатора. В качестве аттенюатора использована микросхема HMC759, позволяющая обеспечить шаг перестройки выходного сигнала 0,25 дБ. Совместное использование управления мощностью выходного сигнала с помощью ЦАП микросхемы AD9959 и микросхемы HMC759 позволяет обеспечить требуемое значения шага перестройки мощности выходного сигнала (0,1 дБ) в заданном диапазоне мощностей (0-35 дБм).

Анализ характеристик современных микросхем усилителей мощности показал, что для обеспечения требуемого значения мощности выходного сигнала ШГРЧ целесообразно использовать трех каскадный усилитель. Предварительный каскад выполнен на микросхеме *HMC589*, промежуточный и оконечный – *HMC1099*. В результате нелинейных искажений усилителей выходного сигнала возникают спектральные составляющие 2 и 3 гармоник частоты усиливаемого сигнала. Для обеспечения требуемого уровня побочных излучений в спектре выходного сигнала ШГРЧ (-40 дБн) после трех каскадного усилителя установлены программно-переключаемые ФНЧ.

Управление работой ШГРЧ обеспечивается микроконтроллером *STM32F407*. Разработанное программное обеспечение для микроконтроллера осуществляет: обработку команд по внешнему интерфейсу управления *USB* или *CAN*, управление параметрами системы (вид синхронизации, перестройка частоты и мощности выходного сигнала), контроль параметров ШГРЧ и настройку усилителей. Управление частотой осуществляется путем вычисления кода частоты и загрузкой его в ЦВС с помощью интерфейса управления *SPI*, а также формирования управляющих сигналов для переключения ФНЧ.

Необходимо также учитывать, что нагрузкой ШГРЧ является ПАОФ, комплексное сопротивление которого имеет сложную частотную зависимость. Поэтому калибровку ШГРЧ проводят в процессе настройки ПАОФ путем записи в память микроконтроллера частот, мощностей и значений регулятора мощности микросхемы *AD9959* и управляемого аттенюатора *HMC759*.

Таким образом проведена разработка, изготовление и настройка ШГРЧ, имеющего следующие параметры:

- диапазон рабочих частот: 30-200 МГц;
- шаг перестройки частоты: 0,12 Гц;
- время перестройки частоты 65 нс;
- диапазон мощностей: 0-35 дБм;
- шаг перестройки мощности: 0,1 дБ;
- уровень побочных излучений: не более -40дБ.

Интерфейсы управления ШГРЧ: *USB*, *CAN*

Список использованных источников:

1. J. Vanhamel, S. Berkenbosch, E. Dekemper, P. Leroux, E. Neefs, E. Van Lil, "Testing of a possible RF-generator for a Space Based AOTF application in the Frame of an ESA Space Mission", URSI GASS, Montreal, 19-26 August 2017
2. Ямпурин, Н.П. Формирование прецизионных частот и сигналов: Учеб. пособие. / Н.П. Ямпурин, Е.В. Сафонова, Е.Б. Жалнин. – Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2003. – 187 с.
3. Рыжков, А.В. Синтезаторы частот в технике радиосвязи / А.В. Рыжков, В.Н. Попов. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
4. Белов, Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Л.А. Белов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 224 с.