

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ СТУДЕНТОВ

Часть 2

*XXIII научная конференция
преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ
21 – 26 марта 2016 года*

Великий Новгород
2016

УДК 001
Т29

Печатается по решению
РИС НовГУ

Т29

Материалы докладов студентов. Ч. 2. XXIII научная конференция преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ. Великий Новгород, 21 – 26 марта 2016 г. / Сост. Г.В. Волошина, Т.В. Прокофьева; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2016. – 202 с.

УДК 001

© Новгородский государственный
университет, 2016
© Авторы статей, 2016

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРИЕМНОГО УЛЬТРАВЫСОКОЧАСТОТНОГО МОДУЛЯ

В настоящее время существуют сложности приема и синхронизации ультравысокочастотных (УВЧ) сигналов в радиолокационных системах с фазированной антенной решеткой (ФАР). В каждый элемент ФАР устанавливается приемное устройство. Для правильной работы ФАР требуется синхронная работа приемников, что весьма проблематично. Поэтому построение таких приемных устройств, и в частности ПЧ, в которой установлены фазовращатели – является весьма актуальным.

Аналого-цифровые приемные ультравысокочастотные модули позволяют создавать масштабируемые радиолокационные системы с широкими возможностями по пространственно-временной обработке сигналов. Такие модули предназначены для фильтрации, усиления сигналов, принятых элементами антенно-фидерного устройства, переноса спектра сигналов на промежуточную частоту, удобную для аналого-цифрового преобразования, цифрового фазирования сигнала, цифровой фильтрации и передачи многозарядной цифровой информации на вычислительный комплекс по высокоскоростным интерфейсам передачи данных для дальнейшей обработки. В соответствии с вышесказанным может быть предложена структурная схема приемника радиолокационной системы, представленная на рисунке 1.

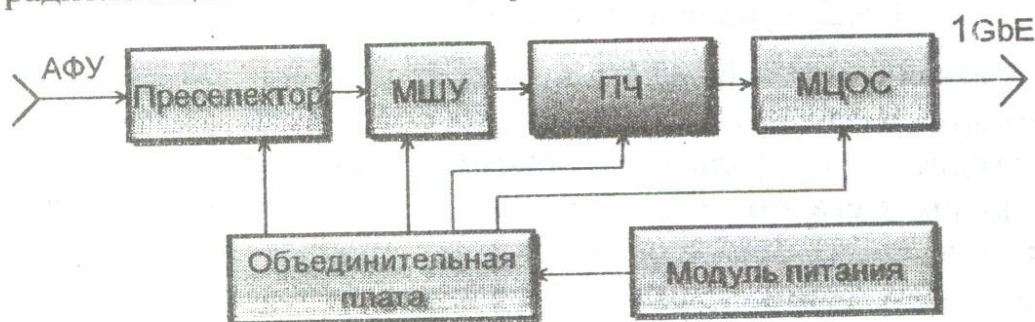


Рис.1 Структурная схема приёмного модуля

АФУ – антенно-фидерное устройство; МШУ – малошумящий усилитель;
ПЧ – преобразователь частоты; МЦОС – модуль цифровой обработки сигналов;
1GbE – 1 Gigabyte Ethernet

Целью настоящей работы является разработка и анализ схемы преобразователя частоты аналого-цифрового приемного УВЧ модуля для радиолокационных станций с активной фазированной решеткой, а также моделирование схемы в среде SystemVue компании Keysight Technologies Inc.

Основные функции и задачи, возлагаемые на преобразователь частоты, состоят в следующем: 1) перенос спектра сигнала на частоты, удобных для аналого-цифрового преобразования; 2) обеспечение динамического диапазона по интермодуляции; 3) аналоговая корректировка фазы входного сигнала; 4) управление коэффициентом усиления тракта ПЧ.

Основные технические требования, предъявленные к параметрам преобразователя, следующие:

- диапазон входных частот от $f_n = 430$ до $f_v = 440$ МГц;
- диапазон выходных частот от $f_{n_вых} = 30$ до $f_{v_вых} = 40$ МГц;
- коэффициент шума не более $K_{ш} = 1,4$ дБ;
- полоса пропускания не менее $\Delta F = 10$ МГц;
- неравномерность в полосе пропускания не более 1 дБ;
- динамический диапазон не менее $D = 80$ дБ;
- точность перестройки фазы $\delta\phi = 0,1$ град;
- управление осуществляется шиной SPI.

Для реализации переноса спектра была разработана функциональная схема, представленная на рисунке 2, принцип работы которой следующий.

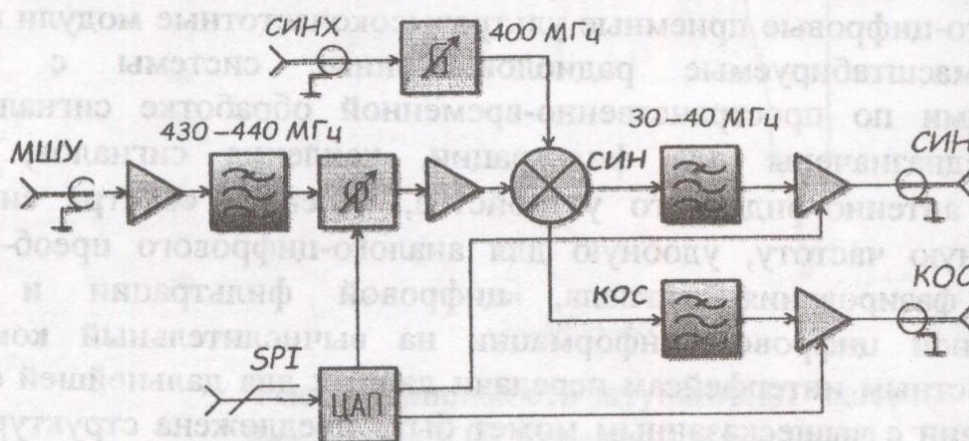


Рис.2 Функциональная схема преобразователя частоты

Сигнал с частотой 435 МГц, поступающий на вход платы преобразователя, усиливается балансным усилителем для обеспечения динамического диапазона и проходит через фильтр на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Следующим каскадом является фазовращатель, который предоставляет возможность в пределах 360° с дискретом $0,1^\circ$ производить коррекцию фазы для последующего суммирования с сигналами всех элементов активной фазированной антенной решеткой. Далее сигнал снова усиливается и поступает на квадратурный смеситель. Частота опорного генератора для смесителя составляет 400 МГц. Сигнал, поступающий с входа «СИНХ», обеспечивает синхронизацию работы генераторов всех преобразователей частоты в системе. После переноса частоты, сигналы поступают на фильтры ПАВ, выделяющие сигналы промежуточной частоты с полосой 10 МГц и центральной частотой 35 МГц, и усиливаются управляемым усилителем, что удовлетворяет техническим требованиям.

Таким образом, образуются два сигнала, которые поступают через выходы «СИН» и «КОС» на субмодуль цифровой обработки сигналов.

Управление схемой производится цифровыми сигналами, поступающими через шину SPI на цифро-аналоговые преобразователи. Последние управляют фазовращателем и усилением тракта ПЧ.

Для представленной функциональной схемы ПЧ была разработана математическая модель в среде SystemVue, которая приведена на рисунке 3.

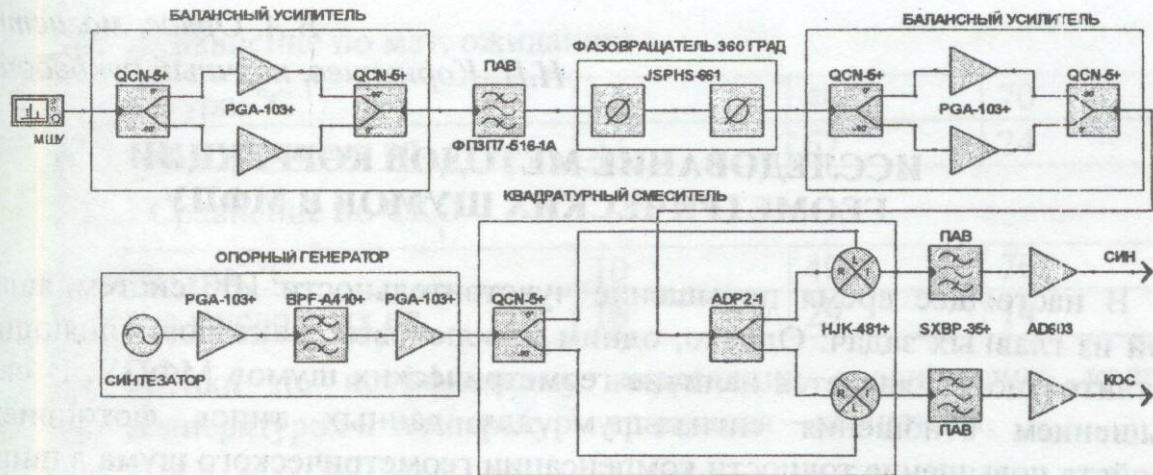


Рис.3 Математическая модель схемы преобразователя частоты

SystemVue представляет собой специализированную среду САПР, предназначенную для проектирования электронных устройств на системном уровне. Она содержит в себе обширную библиотеку моделей радиокомпонентов.

Модель полностью повторяет схему работы преобразователя частоты. Причем, благодаря возможностям SystemVue, для каждого блока установлены реальные характеристики радиокомпонента. Например, на рис. 4 представлены настройки блока «Splitter» с параметрами разветвителя QCN-5+ компании Mini-Circuits.

Designator: ☐ Show Designator

Description:

Model: ☐ Show Model

Name	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
IL	3.55	(dB)	3.02	☐	☐	☐
ISO	21.7	(dB)	30	☐	☐	☐
PH2	87.89	deg	0	☐	☐	☐
GBaI2	0	(dB)	0	☒	☐	☐
PH3	0	deg	-90	☐	☐	☐
Zin	50	(Ohm)	50	☒	☐	☐
Zout	50	(Ohm)	50	☒	☐	☐

Рис.4 Параметры блока «Splitter»

В проведенной работе была проанализирована схема преобразователя частоты приемного УВЧ модуля и на её основе построена математическая модель, которая позволяет проанализировать характеристики проектируемого устройства, такие как коэффициент усиления, коэффициент шума, динамический диапазон по интермодуляции. Полученные результаты позволяют проверить соответствие характеристик разработанного устройства до его реализации и при необходимости произвести изменения в схеме преобразователя. Это позволит сократить время проектирования на физическом уровне.

Литература

1. Отчётные материалы кафедры радиосистем НовГУ.