Разработка и создание высокоселективного приемника радиометрической системы S – диапазона.

Т. Абдирасул уулу студент гр. 234-2
г.Томск, ТУСУР, abdirasul.u.t@mail.ru

Введение

В настоящее время методы дистанционного зондирования применяются для исследования различных объектов и явлений в геологии, климатологии, гидрологии, метеорологии, океанологии и других отраслях науки и техники. Особое место в таких исследованиях занимает микроволновая радиометрия, как один из методов изучения различных физических явлений, происходящих в материальных средах и природных образованиях путем проведения измерений электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ, создаваемых собственным тепловым излучением объектов [1].

Неотъемлемой частью радиометрических измерений является аппаратная часть, технические характеристики которой, помимо методологических решений, определяют метрологический уровень полученных данных [2]. При выполнении радиометрических измерений необходимо учитывать хаотическое изменение параметров измерительной аппаратуры. Эти хаотические изменения обусловлены, с одной стороны предельным усилением, составляющим порядка 120 дБ по всему измерительному тракту. А с другой стороны, одинаковой природой измеряемых сигналов и собственных тепловых шумов приемника. Уменьшение влияния изменений параметров на системном уровне в радиометрических системах на сегодняшний день достигается путем применения в радиометре нулевого метода измерений.

Помимо прочих задач стабилизации параметров приемников, существует задача повышения электромагнитной совместимости радиометрических систем. Особой актуальностью решение этой задачи обладает для систем, рабочая полоса частот которых находится в L – и S – диапазонах. Решение задачи электромагнитной совместимости заключается в необходимости выделения узких полос частот предназначенных для средств радиоастрономии, дистанционного зондирования и т.д. в которых нет побочных источников детерминированного электромагнитного излучения, например, радиосвязи. В связи с этим, актуальной задачей является создание приемников с рабочей полосой частот соответствующей 2..3%.

Реализация узких полос пропускания достигается в приемниках прямого усиления (наиболее распространены в области микроволновой радиометрии) путем применения многозвенных фильтров состоящих из пяти, шести и более резонаторов, что приводит к повышению затухания в тракте, увеличению габаритов, массы, стоимости и т.д. Классическим способом для формирования узких полос в приемниках является перенос частоты. В данной работе приводится вариант способа создания супергетеродинного приемника для микроволновой радиометрической системы на основе нулевого метода измерений.

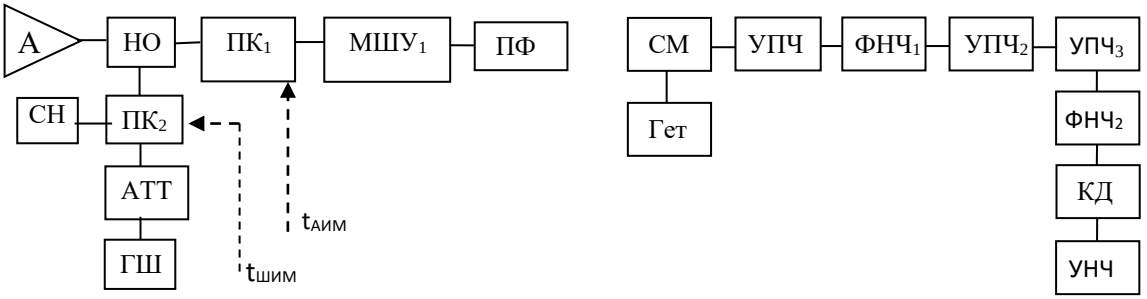
Теория

Согласно проведенным ранее исследованиям, нулевой метод является одним из оптимальных решений для создания микроволновых радиометров. Нашим коллективом разработаны технические решения в области реализации модификации нулевого метода измерений в радиометрических приемниках. Структурная схема входной СВЧ части нулевого радиометра, обеспечивающая реализацию нулевого метода измерений, представлена на рис. 1а.

Разработанные на основе представленной схемы (см. рис. 1а) микроволновые радиометры характеризуется низким энергопотреблением, высокой стабильностью и динамикой измерений [1].

Входная часть нулевого микроволнового радиометра состоит из антенны А, направленного ответвителя НО, генератора шума ГШ, аттенюатора АТТ, первого высокочастотного переключателя ПК, второго высокочастотного переключателя $ПК_2$,

согласованной нагрузки СН, первого малошумящего усилителя МШУ$_1$ и полосового фильтра ПФ. Функционирование входной части осуществляется следующим образом. Через направленный ответвитель опорный сигнал генератора шума попадает на вход ПК$_1$, управляемый сигналом амплитудно-импульсной модуляции $t_{АИМ}$, Сигнал $t_{ШИМ}$ широтно-импульсной модуляции, управляет вторым высокочастотным переключателем. В процессе работы радиометра происходит изменение длительности сигнала $t_{ШИМ}$ до тех пор, пока мощность ГШ не уровняет мощность сигнала антенны.



а) б)

Рис. 1. а) Структурная схема входной части нулевого радиометра, б) структурная схема супергетеродинного приемника

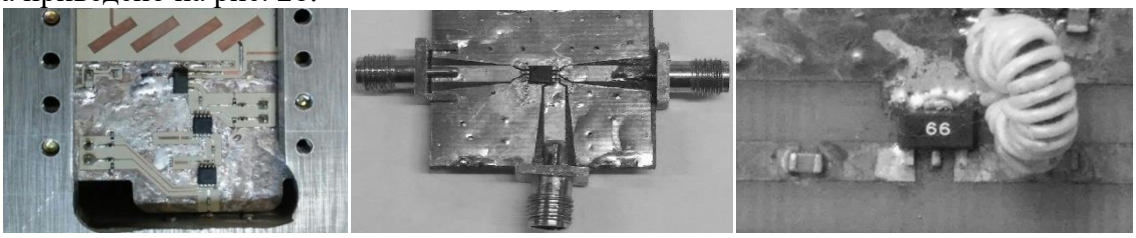
На рис. 2а приведена фотография одного из макетов разработанных на основе приведенной на рис.1а структурной схемы. Следует отметить, что во многих источниках посвященных нулевым радиометрам, упоминается о применении супергетеродинных приемников, однако практических реализаций таковых в проведенном обзоре литературы отмечено не было.

Для восполнения этого пробела в современном уровне техники нулевых радиометрических систем и повышения эффективности их применения разработана структурная схема супергетеродинного приемника нулевого микроволнового радиометра. Структурная схема приемника представлена на рис. 1б. Приведенная структурная схема супергетеродинного приемника состоит из: смесителя СМ, гетеродина Г, усилителя промежуточной частоты УПЧ, первого фильтра нижних частот ФНЧ$_1$, второго усилителя промежуточной частоты УПЧ$_2$, третьего усилителя промежуточной частоты УПЧ$_3$, второго фильтра нижних частот ФНЧ$_2$, квадратичного детектора КД, усилитель нижних частот УНЧ.

Данное схемотехническое решение позволяет осуществлять перенос требуемого диапазона частот в область нижних частот от постоянного до заданных, в зависимости от применяемых ФНЧ в соответствии с классической теорией и методологией переноса частоты при помощи супергетеродинных приемников.

Практическая реализация

Для проверки технических характеристик разрабатываемого приемника, были изготовлены макеты отдельных функциональных блоков, структурной схемы представленной на рис.1б. Макет смесителя реализован на микросхеме HMC-175MS8, фото макета приведено на рис. 2б.



а) б) в)

Рис.2. а) Фото изготовленной платы со смесителем, б) Фото макета УПЧ, в) разработанного макета входной части нулевого радиометра

Примененная микросхема позволяет осуществлять перенос частоты в диапазоне от 1,7 до 4,5 ГГц. С соответствующим диапазоном промежуточных частот от 0…1 ГГц. Основной параметр использованного смесителя - ослабление сигнала на преобразование 8-11 дБ.

УПЧ выполнен на основе малошумящего усилителя GALI-S66+, применение данного усилителя обусловлено рядом его технических характеристик: частотный диапазон (0...3 ГГц), приемлемый коэффициента шума (2,4 дБ), корпус для поверхностного монтажа (SOT-89). Фрагмент макета усилителя промежуточной частоты показан на рис.2в.

Реализация требования электромагнитной совместимости осуществляется путем фильтрации принимаемых сигналов в области промежуточных частот, это достигается путем применения двух последовательно включенных $ФНЧ_1$ и $ФНЧ_2$, как показано на рис.1б. LFCV- 45 – Фильтр нижних частот (ФНЧ), рабочий диапазон от 0 до 45 МГц. LFCN-225 – Фильтр нижних частот, рабочий диапазон от 0 до 225 МГц. Частота среза $ФНЧ_1$ составляет 45 МГц. Характеристика его внеполосного затухания не удовлетворяет заданным требованиям в пределах рабочей полосы частот 1,2...3,0 ГГц. Следовательно, с учетом широкой полосы УПЧ, (0 до 3 ГГц) необходимо обеспечить дополнительное ослабление сигнала в рабочей полосе УПЧ (МШУ). Для этого применен фильтр с более широкой полосой пропускания и с требуемым ослаблением в высокочастотной области рабочей полосы.

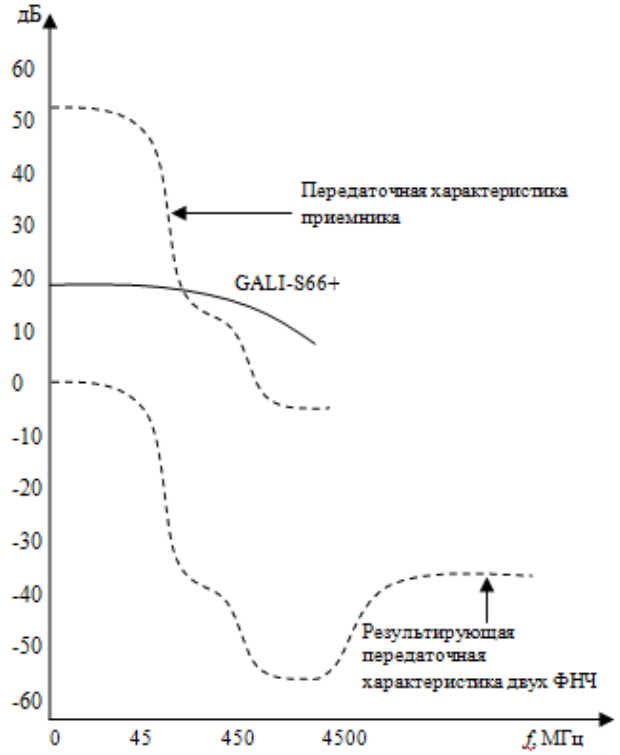


Рис.3. Передаточная характеристика двух ФНЧ и передаточная характеристика приемника.

Последовательное подключение этих фильтров обеспечивает формирование требуемой полосы частот с удовлетворительным внеполосным затуханием на зеркальных каналах. ФНЧ2 частота среза которого равна 225 МГц обеспечивает минимальное затухание полезных сигналов в частотном диапазоне 0...225 МГц и обладает достаточным ослаблением в полосе до 5...7 ГГц. Комбинированное использование двух этих фильтров дает лучший эффект в частотной избирательности приемника. На рис.3б приведена передаточная характеристика УПЧ и супергетеродинного приемника в целом.

Заключение

Разработан супергетеродинный приемник для радиометра нулевого метода измерений. Разработка макета ведется с применением элементной базы зарубежного производства наряду с отечественными электронными компонентами. Этот факт является недостатком представленного технического решения. В настоящее время ведутся работы по реализации представленного схемотехнического решения на основе отечественной элементной базы. В дальнейшем планируются серия лабораторных испытаний. Лабораторные испытания включают в себя исследования чувствительности и долговременной и температурной стабильности разработанного приемника.

Литература

1. Camps A., Tarongi J.M. Microwave radiometer resolution optimization using variable observation times // Remote Sensing. – 2010. – V. 2. – P. 1826–1843

2. Абдирасул уулу Т., Убайчин А. В., Алексеев Е. В., Жук Г. Г., Ташходжаев А. С., Данилов Д.Н. Разработка концепции передачи информационных сообщений посредством недетерминированых радиосигналов тепловой природы // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо’2016). Севастополь, 4—10 сентября 2016 г.: материалы конф. в 13 т. — Москва; Минск; Севастополь, 2016. — Т. 1: 170 с.