

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
V СТУДЕНЧЕСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ФИЛИАЛА РТУ МИРЭА В Г. ФРЯЗИНО**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Москва – 2023

УДК 621.3
ББК 32
С23

Печатается по решению редакционно-издательского совета РТУ МИРЭА

Рецензенты:

*Панас Андрей Иванович, АО «НПП „Исток“ им. А.И. Шокина»;
Иовдальский Виктор Анатольевич, филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино.*

С23 Сборник материалов V студенческой научно-практической конференции филиала РТУ МИРЭА в г. Фрязино: материалы конференции. – Москва: МИРЭА – Российский технологический университет, 2023. – 60 с.
ISBN 978-5-7339-1698-9

Сборник содержит работы, представленные на V студенческой научно-практической конференции филиала РТУ МИРЭА в г. Фрязино, посвященные основным тенденциям в проектировании печатных плат, модулей и комплексов РЭС на их основе, телекоммуникационных сетей и оборудования, программных и аппаратных средств криптозащиты.

Материалы предназначены для студентов направлений 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», 11.04.01 «Радиотехника».

УДК 621.3
ББК 32

ISBN 978-5-7339-1698-9

© МИРЭА – Российский технологический университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
<i>Грудцов А.Д., Павловская Т.А., Ларичев С.А., научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.</i> Широкополосный конвертер Ка-диапазона	7
<i>Бадулина О.В., Сулейманов Э.А., научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.</i> Приемное устройство терагерцового радиоастрономического спектрометра с шумовой температурой 100 К	9
<i>Кузнецов В.В., Сергеева А.С., Серова Е.К., научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.</i> Моделирование волноводного аттенюатора Ка-диапазона частот в специализированном программном обеспечении.....	11
<i>Хабибуллов И.М., Кузнецов В.В., Серова Е.К., научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.</i> Моделирование высокочастотного волноводного фильтра миллиметрового диапазона длин волн и изучение доступной технологической базы для изготовления.....	13
<i>Малкин М.А., Бадулин Д.Р., научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.</i> Гетеродинные генераторы для конверторов высокоскоростных информационных потоков	15
<i>Баженов А.Д., Емашева А.В., Петухова А.Ю., научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.</i> Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки Х-диапазона с предельно низким уровнем боковых лепестков.....	17
<i>Малеваник С.О., Татаринов Д.И., Сергеева А.С., Кузнецов В.В., научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.</i> Опыт проектирования малошумящего усилителя в различных системах автоматизированного проектирования и исследование его электрических характеристик.....	19
<i>Маковесов Е.В.</i> Исследование влияния смесителей различного конструктивного исполнения на параметры когерентного детектирования квадратурным фазовым модулированным сигналом.....	21
<i>Чуев Д.С., научный руководителъ: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.</i> Изучение различных вариантов комплектующих элементов для схем активных фильтров системы фазовой автоподстройки частоты	24

<i>Вязников С.А., научный руководитель: ассистент Аксенов А.В.</i> Применение искусственных нейронных сетей для решения практических задач на предприятии.....	26
<i>Котляров П.А, научный руководитель: старший преподаватель Волков В.Н.</i> Организация защищенного канала средствами криптомаршрутизатор Dionis для удаленного подключения к стенду обучающихся	28
<i>Герасимов М.С., научный руководитель: ведущий специалист ИС Сенюта Е.И.</i> Подпрограмма, реализующая информационную систему с использованием базы данных для ведения журнала посещений групп студентов по разным дисциплинам, в многофункциональном приложении-помощнике Logiversity	31
<i>Трофимов М.А.,</i> <i>научный руководитель: профессор кафедры №307 МАИ, д.т.н. Таскин Р.И.</i> Система анализа и оценки производительности распределенных вычислительных систем	34
<i>Торопов П.М, научный руководитель: ассистент Шилов Л.Б.</i> Модуль для программирования платы Electronic Stability Control (Электронный контроллер скорости).....	36
<i>Серова Е.К., Кузнецов В.В., научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.</i> Исследование тепловых и вибрационных предельных режимов. Подбор керамических материалов корпуса типа QFN для аналогового переключателя с помощью системы автоматизированного проектирования	38
<i>Никитин Д.А., Крапивкин А.Н., научный руководитель: ассистент Шилов Л.Б.</i> Плата управления Electronic Stability Control (Электронный контроллер скорости) для трехфазного электродвигателя в беспилотном летательном аппарате.....	40
<i>Власенко А.М., научный руководитель: ассистент Ключев С.Б.</i> Разработка и создание вакуумной установки для нанесения многослойных проводящих, диэлектрических и магнитных тонкопленочных покрытий в автоматическом режиме на базе вакуумной камеры установки Оратория 5.....	42
<i>Завизион Е.А., научный руководитель: ассистент Шилов Л.Б.</i> Полетный контроллер для беспилотного летательного аппарата.....	44
<i>Афоничкин И.С., Романчук Д.Д., научный руководитель: начальник отдела Шипило Е.М.</i> Применение эквалайзера для выравнивания входной амплитудно-частотной характеристики лампы бегущей волны, используемой в радиопередающем устройстве	46
<i>Сергеева А.С., Кузнецов В.В., Малеваник С.О., научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.</i> Генератор на резонаторе из железо-иттриевого граната.....	49

<i>Бычков Е.Д., Стариков Д.В., Филатов Е.А., научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.</i>	
Эффективная Активная Фазированная Антенная Решетка X-диапазона с предельно низким уровнем боковых лепестков -50 дБ от несущей.....	52
<i>Ефимова М.А., научный руководитель: инженер 2 категории Кобзаренко Г.В.</i>	
Разработка детектора мощности сигналов СВЧ для модуля формирования зондирующего сигнала	54
<i>Зарнадзе Г.Г., Дмитрук О.В., Поздняк Н.Д., научный руководитель: с.н.с., к.т.н., Демшиевский В.В.</i>	
Стационарный радарный измеритель скорости железнодорожных транспортных средств в составе автоматизированных комплексов управления сортировкой составов	56
<i>Ворожко А.А, Оганезов П.В., Сторин П.А., научный руководитель профессор, д.т.н.,Куприянов П.В.</i>	
Сверхвысокочастотный приемопередатчик QAM 1024.....	58

ВВЕДЕНИЕ

Е.С. Пирожкова¹, Д.И. Татаринов², Е.Н. Павленко³

Научно-практическая конференция филиала РТУ МИРЭА в г. Фрязино – ежегодное событие, объединяющее студентов всех направлений и уровней подготовки: «Информатика и вычислительная техника»; «Конструирование и технология электронных средств»; «Электроника и наноэлектроника»; «Радиотехника».

Данное мероприятие направлено на популяризацию научно-практических изысканий среди обучающихся. Для участников реализуется возможность апробации работы, в перспективе, переходящей в дипломное проектирование.

Наиболее серьезные тезисы в дальнейшем находят отклик в проектах, финансируемых государственными фондами Российской Федерации, а также в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах на предприятиях-партнерах.

В ходе конференции обсуждаются вопросы, посвященные основным тенденциям в проектировании печатных плат, модулей и комплексов РЭС на их основе, телекоммуникационных сетей и оборудования, программных и аппаратных средств криптозащиты.

Формат мероприятия представляет собой практический обмен опытом и обсуждение заявленных проектов с оценкой результатов экспертной комиссией.

Все тезисы в сборнике представлены в оригинальной авторской редакции.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ КОНВЕРТЕР КА-ДИАПАЗОНА

Грудцов А.Д.¹, Павловская Т.А.^{2,3}, Ларичев С.А.³

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.⁴

Широкополосный конвертер Ка-диапазона необходим для расширения диапазона рабочих частот приемников пассивной радиолокации и радиотехнического мониторинга. Он осуществляет супергетеродинное преобразование сигналов Ка-диапазона в полосу рабочих частот базового широкополосного инфрадинного приемника СВЧ. При этом конвертер должен обеспечивать необходимый комплекс характеристик, приведенных ниже:

- диапазон частот на входе – 30–40 ГГц;
- диапазон частот на выходе – 8–18 ГГц;
- коэффициент шума – не более 6 дБ;
- точка компрессии P1 – 10 дБм;
- подавление паразитных каналов приема – 40 дБ;
- габаритные размеры – 28 x 45 x 60 мм.

Для реализации прибора с указанными параметрами была синтезирована структурная схема и проведен теоретический расчет, на основе которого были выбраны компоненты изделия.

В системе автоматизированного проектирования проведены симуляции с учетом выбранной компонентной базы и оптимизация полученного устройства на соответствие техническим требованиям в заданном диапазоне частот.

Построена 3D-модель широкополосного конвертера Ка-диапазона в программе «Компас» (рис. 1). Разработана технология его изготовления, отвечающая требованиям повышенной надежности при длительной эксплуатации устройства.

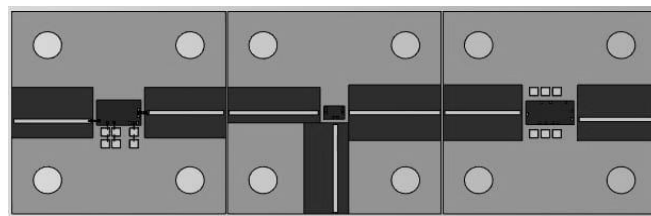


Рисунок 1. Модель широкополосного конвертера Ка-диапазона в программе «Компас»

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

В результате проведенных работ был разработан конвертер с характеристиками, соответствующими техническим требованиям.

Литература и источники:

1. Конверторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arstel.com/ru/articles/art1p8.php>
2. С.А. Петров «Снижение влияния основных факторов ограничения реального динамического диапазона малогабаритных широкополосных приемных устройств СВЧ». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2021 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://istokmw.ru/uploads/files/static/101/petrov_sa_d.pdf
3. А.С. Подстригаев Проектирование широкополосного приемника матрично-параллельного типа для радиотехнического мониторинга и радиотехнической разведки / А. С. Подстригаев, В. П. Лихачев, А. В. Смоляков // Доклады ТУ-СУР. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 105–113. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-3-105-113 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.tusur.ru/ru/arhiv/3-2017/proektirovanie-shirokopolosnogo-priemnika-matrichno-parallelnogo-tipa-dlyaradiotekhnicheskogo-monitoringa-i-radiotekhnicheskoy-razvedki>

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ТЕРАГЕРЦОВОГО РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКОГО СПЕКТРОМЕТРА С ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 100 К

Бадулина О.В.¹, Сулейманов Э.А.²

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.³

Криостатирование или низкотемпературное (криогенное) охлаждение входных элементов приемников существенно повышает чувствительность, которые используются для широкого круга задач и, в первую очередь, радиоастрономии и атмосферной спектроскопии. Криостатируемые приемники терагерцового диапазона – приборы, крайне необходимые в бортовых системах для мониторинга атмосферы, земной поверхности, космической и наземной радиоастрономии.

Целью данного исследования является моделирование радио – и теплофизических процессов для оптимизации характеристик систем и элементов высокочувствительной охлаждаемой до криогенных температур приемной в основном супергетеродинной аппаратуры коротковолновой части в миллиметровых и субмиллиметровых диапазонах длин волн (рис. 1).

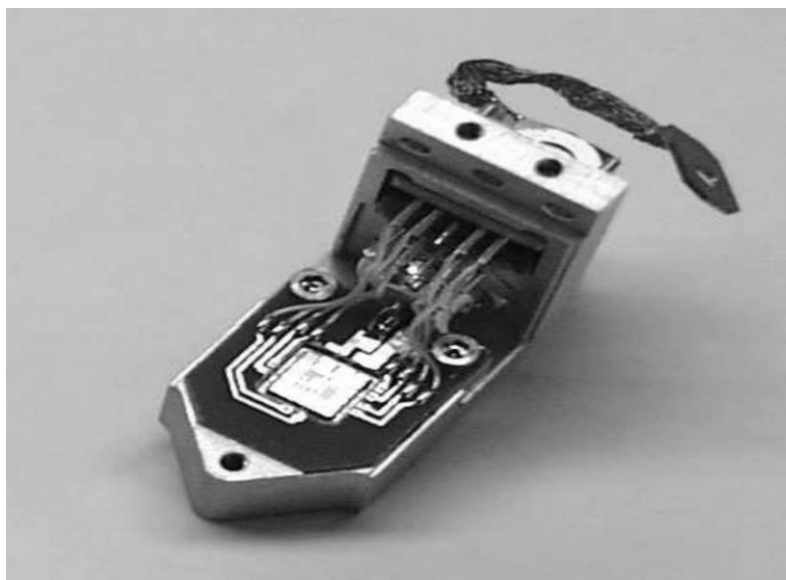


Рисунок 1. Конструкция сверхпроводящего интегрального приемника

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

Задачи исследования:

- моделирование чувствительности и теплофизических характеристик элементов конструкции криоэлектронного приемника;
- разработка технологии изготовления данного прибора.

В ходе данного проекта была проведена расчетная оптимизация входного тракта и элементов криостатирования приемника. Также была проработана технология изготовления охлаждаемого приемника терагерцового диапазона.

Литература и источники:

1. Гибин И. С., Котляр П. Е. Приемники излучения терагерцового диапазона // Новосибирск: СО РАН, 2018. – С. 13.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОДНОГО АТТЕНЮАТОРА КА-ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

Кузнецов В.В.¹, Сергеева А.С.², Серова Е.К.³,

Научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.⁴

Волноводные аттенюаторы служат для ослабления и регулировки уровня мощности сигнала, проходящего по волноводному тракту. Наиболее широко аттенюаторы используются в измерительной технике. Ослабление сигнала бывает необходимо, например, для создания развязки между генератором и нагрузкой. Аттенюаторы применяются также для уменьшения в нужное число раз мощности, поступающей в измерительные приборы (например, измеритель мощности и пр.) или в некоторые радиотехнические устройства. Аттенюаторы с переменным ослаблением бывают двух типов: поглощающие и предельные.

В настоящей работе рассматриваются два поглощающих аттенюатора с трапециевидным электродинамическим ножом, которые встроены в прямоугольный волновод сечением 7,2 x 3,4, в H-образный волновод того же сечения, для расширения полосы подавления. Также было произведено моделирование волноводных аттенюаторов для диапазона частот 25,95–37,5 ГГц и 21,25–37,5 ГГц при основном типе волны H_{10} . Основной сложностью в расчетах является: поиск оптимальных размеров электродинамического ножа и угла его скосов, поиск материала для поглощающего слоя.

Рассматриваемые 3D-модели аттенюаторов, построены в системе автоматического проектирования. На основе оптимизаций, были синтезированы наилучшие результаты в полосе пропускания. На рис. 1 представлены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) прямых и обратных потерь:

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

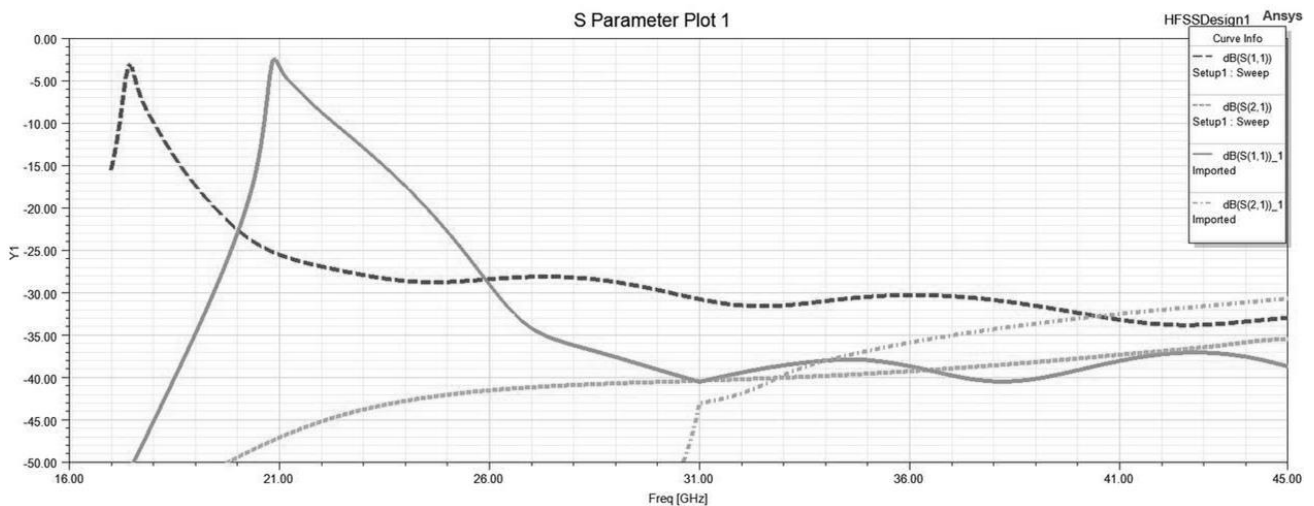


Рисунок 1. АЧХ волноводных аттенюаторов

В результате проделанной работы можно сказать, что H-образный волноводный аттенюатор имеет более широкую полосу пропускания, но имеет сложность в изготовлении и более высокие потери, нежели волноводный аттенюатор на базе прямоугольного волновода.

Литература и источники:

1. Волноводные аттенюаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/509970/tehnika/volnovodnye_attenyuatory
2. Аттенюаторы и нагрузки. Волноводные аттенюаторы и нагрузки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/4-112467.html>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОДОБОРОТНОГО ВОЛНОВОДНОГО ФИЛЬТРА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН И ИЗУЧЕНИЕ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Хабибуллов И.М.¹, Кузнецов В.В.², Серова Е.К.³,

Научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринев Д.И.⁴

В настоящее время идет активное развитие систем связи для самых разных сфер применения. В связи с этим необходимы надежные компоненты, которые позволят обеспечить высокий уровень связи. Данная работа посвящена созданию волноводного полосно-пропускающего фильтра (ППФ), а также изучению возможностей и технологической базы для изготовления.

Согласно постановлениям Минцифры и Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) для мобильной связи 5-го поколения выделены такие диапазоны частот: 4,4–4,555 ГГц, 4,4–4,99 ГГц, 3,4–3,8 ГГц, 4,555–4,63 ГГц [2, 3, 4]. Видно, что длина волны от 8 см и менее. Ширина диапазонов составляет от 400 МГц до 500 МГц. Однако эти диапазоны внутри разбиты на еще меньшие. Согласно таблице распределения полос радиочастот, ширина полос может составлять 100 МГц, 60 МГц, 10 МГц. В рамках работы предлагается использовать частоты выше 30 ГГц, так как там доступны диапазоны шириной в 500 МГц, 1 ГГц, 1.5 ГГц [1]. Следовательно, их можно использовать с определенными ограничениями для создания полноценной сети коммуникаций 5G. С учетом разных частот, диапазонов и условий использования существуют разные конструкции фильтров и способы их изготовления. Для обозначенных выше целей могут использовать фильтры, состоящие из двух половин, а внутри имеющие два ряда емкостных штырей. Но такой вариант весьма сложен в изготовлении, в частности из-за штырей, так как их размер будет крайне мал. Рассматриваемый в работе фильтр имеет преимущество в виде упрощенной конструкции. Он состоит из одного цельного корпуса и одного ряда штырей. Для изготовления необходимы станки с ЧПУ и электроискровой обработкой.

После предварительного расчета и моделирования был выбран один вариант фильтра, который будет в дальнейшем доработан. Был произведен сбор ин-

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

формации и анализ по производственным возможностям различных предприятий. Были выявлены наиболее подходящие способы изготовления фильтра. Расчет электромагнитных параметров и моделирование производились в системе автоматизированного проектирования (САПР). На рис. 1 представлен вариант модели, на основе которого будет производиться дальнейшая доработка.

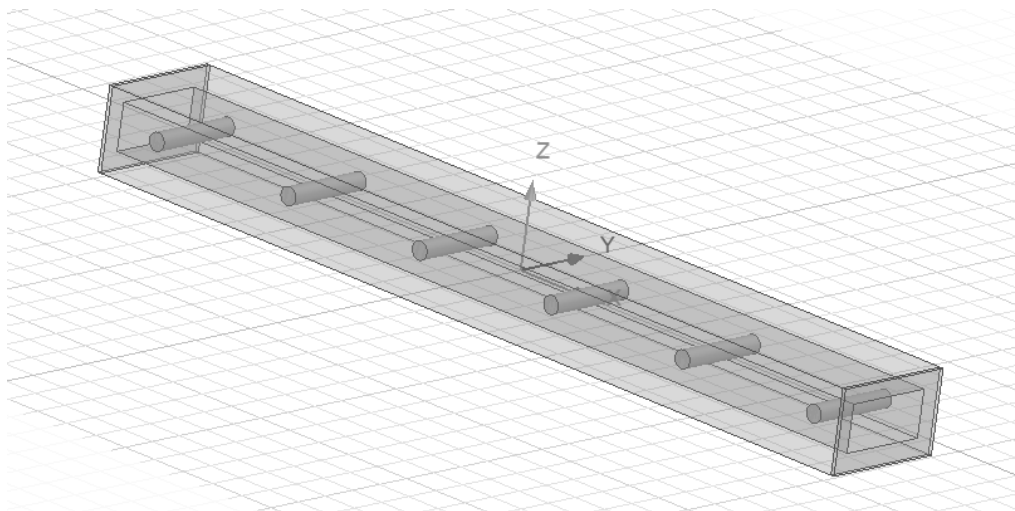


Рисунок 1. Модель фильтра

Литература и источники:

1. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Об утверждении Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digital.gov.ru/ru/documents/3634/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f
2. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Заседание ГКРЧ от 4 июля 2022 г. (протокол № 22-63) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/8255/>
3. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Статья «ГКРЧ продолжает расширение частот для сетей 5G» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/events/41371/>
4. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Заседание ГКРЧ от 17 марта 2020 г. (протокол № 20-54дсп). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/7154/>

ГЕТЕРОДИННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ КОНВЕРТОРОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

Малкин М.А.¹, Бадулин Д.Р.²

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П.В.³

Гетеродинные генераторы активно применяются в радиоэлектронных устройствах, осуществляющих прием и передачу сигнала. Вследствие нарастающей популярности супергетеродинных приемников настоящие устройства получили широкое распространение. В настоящее время область применения данных генераторов значительно расширилась в виду развития цифровых методов обработки сигналов.

Наиболее важные параметры сигнала, формируемого гетеродином: стабильность частоты, амплитудные и фазовые шумы.

Основная цель настоящей работы состоит в моделировании параметров и конструкции гетеродинных СВЧ генераторов приемников высокоскоростных информационных потоков с амплитудной(А) и QAM1024(Б). Параметры генераторов: частота – 22 ГГц(А), 5 ГГц(Б); отклонение частоты – 10^{-4} (А,Б); фазовые шумы – до -80 дБ/Гц (А,Б); мощность основной гармоники – 17 дБ (А,Б); мощность паразитных гармоник – не более -60 дБ (А,Б)

Гетеродинные генераторы спроектированы в системе автоматического проектирования (САПР) с возможностью сквозного проектирования электронных устройств. Материал печатных плат – фольгированный ламинат **ТР1020** фирмы Wangling.

Ввиду большого количества питающих напряжений: -3, +5, +10 Вольт, для снижения наводок в СВЧ сигнале печатные платы имеют четырехслойную структуру.

Применение четырехслойной печатных плат позволило обеспечить экранирование линий передачи СВЧ сигнала от питающих проводников.

В результате данной работы получены модели гетеродинных генераторов с использованием программного обеспечения для проектирования твердотельных моделей, построена топология печатной платы в САПР с возможностью сквозного проектирования электронных устройств, проведено моделирование

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

параметров микрополоскового фильтра в САПР с возможностями символического моделирования.

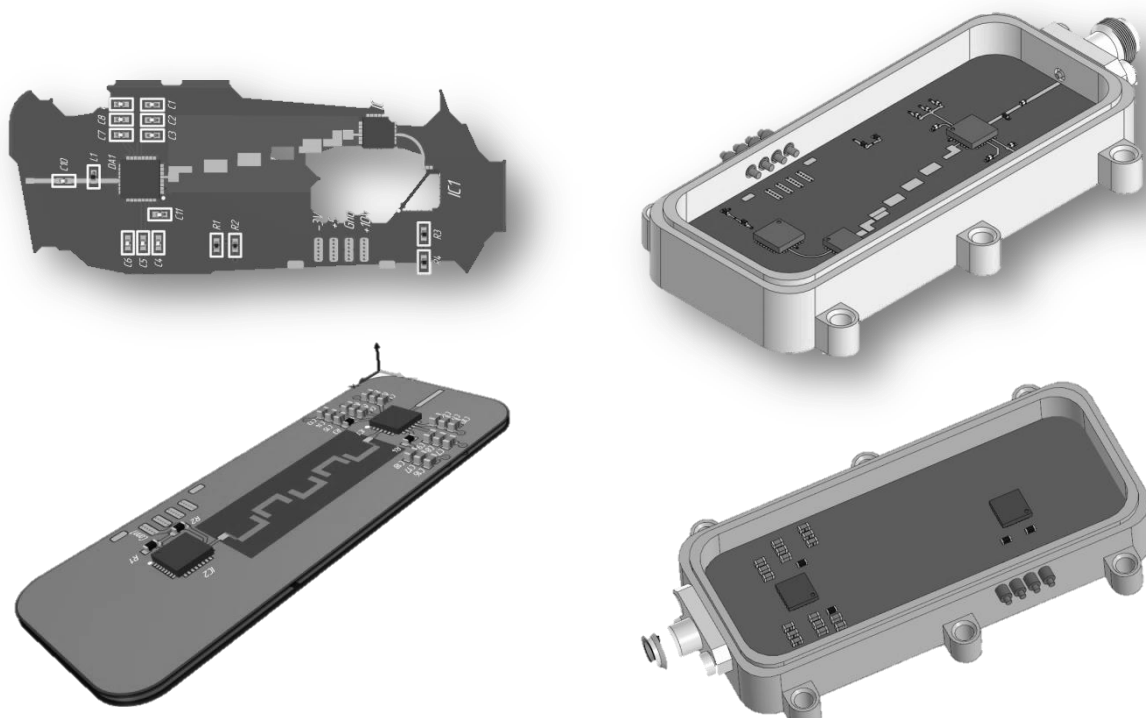


Рисунок 1. Разработанные модели гетеродинных генераторов

Литература и источники:

1. Белоус А., ТЕХНОСФЕРА // СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия. Книга 2. – 2021, Москва.
2. Калыгин Г.О. Цифровой генератор сигналов / Г.О Калыгин. – текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 32 (322). – С. 30–33. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/322/73066/> (дата обращения 25.11.2022)
3. Калыгин Г.О. Цифровой синтезатор частот / Г.О Калыгин. – текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 27 (369). – С. 46–48. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/369/82987/>
4. Нгуен С.Ч. Применение системы фазовой автоподстройки частоты при отслеживании частоты и фазы сигнала / Нгуен С.Ч. – текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 11 (301). – С. 51–54. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/301/68124/>

ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ X-ДИАПАЗОНА С ПРЕДЕЛЬНО НИЗКИМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ

Баженов А.Д.¹, Емашева А.В.², Петухова А.Ю.³

Научный руководитель: профессор, д.т.н, Куприянов П.В.⁴

На современном этапе развития радиоэлектроники интенсивно развиваются активные фазированные антенные решетки (АФАР). Как параметры основного лепестка диаграммы направленности (ДН), так и, в особенности, уровень боковых лепестков (УБЛ) ДН АФАР определяются точностью амплитудно-фазового распределения сигналов. Приемопередающий модуль (ППМ) и является тем элементом АФАР, который обеспечивает не только мощность и чувствительность решетки, но и УБЛ [1].

На рис. 1 продемонстрирована структурная схема реализации ППМ АФАР работающей на квадратурной модуляции.

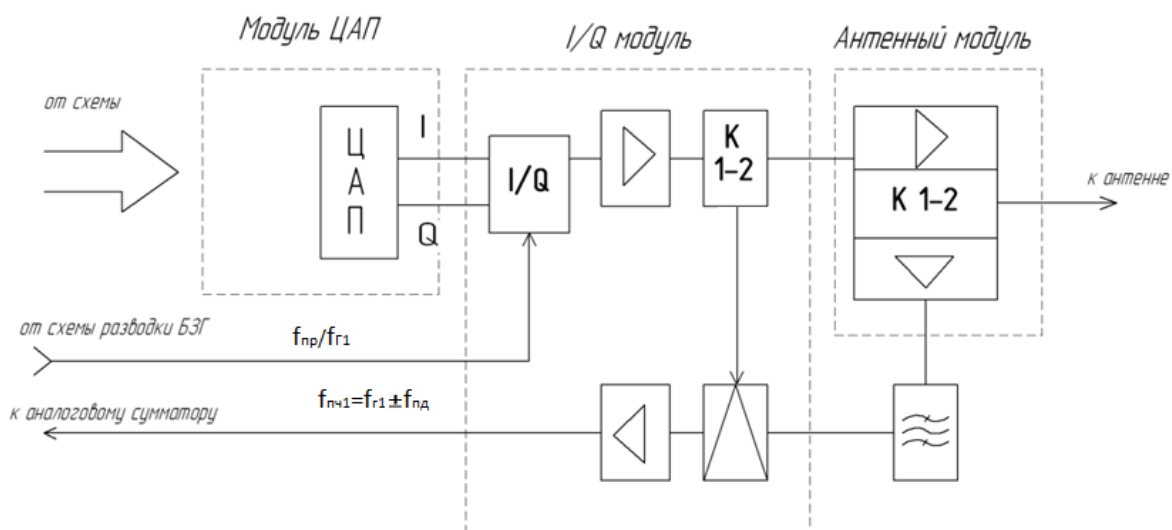


Рисунок 1. Структурная схема реализации ППМ АФАР

Для снижения УБЛ в АФАР до актуальных 50 дБ от ППМ требуется обеспечить среднеквадратичное отклонение (СКО) фазы не более 1 градуса от за-

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

данной. Такие точности не могут быть получены с помощью дискретных фазовращателей, поэтому в данном сообщении рассматривается ППМ на основе принципа квадратурной амплитудной модуляции, несущей [2]. Особое внимание уделяется экспериментальным исследованиям параметров квадратурных модуляторов, благодаря которым возможно получить необходимую точность, по сравнению с дискретными фазовращателями. Рассмотрена конструктивная и технологическая реализация ППМ современной АФАР X-диапазона [3].

Делаются выводы о целесообразности использования квадратурной модуляции в ППМ современных высокотехнологичных АФАР с предельно низким уровнем боковых лепестков ДН.

Литература и источники:

1. Приемопередающие модули АФАР СВЧ-диапазона / Под ред. Борисов А.А. – М.: КУРС, 2022. – 200 с.
2. Мацыкин С.В., Гурковский А.В., Фролов В.О. Использование квадратурных модуляторов в передающем тракте активной фазированной антенной решетки X – диапазона. *Software Journal: Theory and Application*. ISSN 2311 – 6749. 2018.
3. 16. Liam Devlin., «Корпуса для микросхем на миллиметровых волнах», СВЧ-электроника №3, 2020 г., 32–34 с.

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОШУМЯЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Малеваник С.О.¹, Татаринов Д.И.², Сергеева А.С.³, Кузнецов В.В.⁴

Научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.⁵

В настоящее время, в связи с быстрым ростом нагрузки на телекоммуникационные сети повсеместно растет актуальность использования сетей 5 поколения. Особенности протоколов и модуляции используемых в 5G накладывает определенные требования и ограничения к компонентной базе, используемой при проектировании базовых станций. Настоящая работа посвящена разработке и изготовлению малошумящего усилителя, с использованием различных систем автоматизированного проектирования (САПР).

Первым этапом разработки было моделирование будущего устройства с использованием специализированного ПО для расчета электрических параметров. Благодаря наличию различных алгоритмов оптимизации удалось существенно сократить время достижения требуемых параметров. Далее после расчета модели каскадного усилителя и синтеза топологии полосно-пропускающего фильтра, необходимо выполнить проектирование печатной платы. Разработка печатной платы также ведется с использованием специализированного ПО. Благодаря наличию у производителя печатных плат собственной библиотеки материалов [1] и пакета технологических требований, которые можно интегрировать в САПР, удалось избежать ошибок при проектировании и исправить все недочеты до отправки документов на производство. Следующим этапом выполнено проектирование корпуса и подготовка конструкторской документации для его изготовления.

В конечном итоге были произведены корпус и печатная плата, выполнена сборка МШУ и измерены электрические параметры усилителя. Благодаря обширному использованию САПР в данной работе удалось существенно упростить процесс разработки и изготовления усилителя.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁵ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

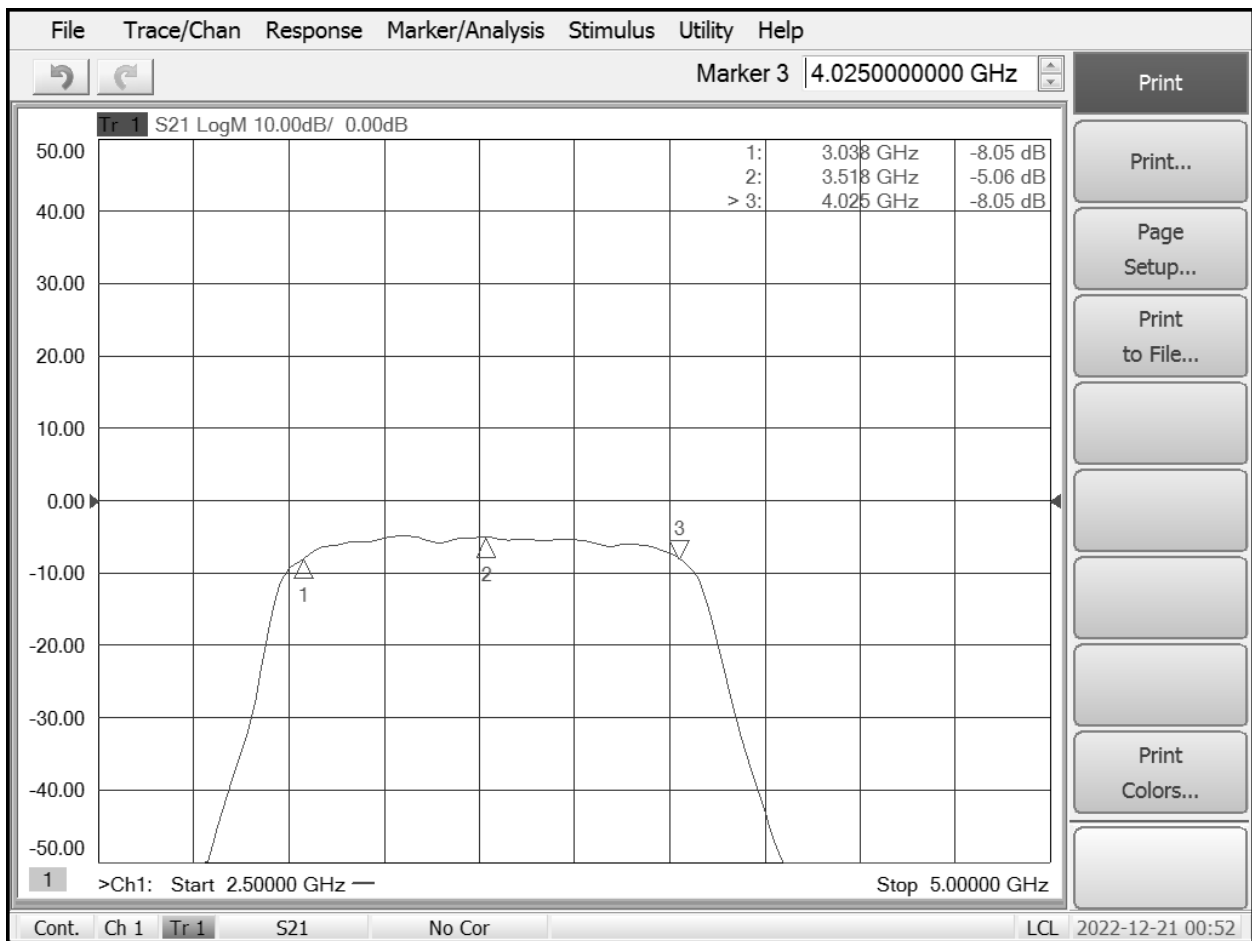


Рисунок 1. АЧХ фильтра

Литература и источники:

1. Библиотека материалов Резонит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rezonit.ru/directory/v-pomoshch-konstruktoru/instrukcii-po-eksportu-gerber-dannyh/eksport-iz-sapr-altium-designer/>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ КОГЕРЕНТНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КВАДРАТУРНЫМ ФАЗОВЫМ МОДУЛИРОВАННЫМ СИГНАЛОМ

Маковесов Е.В.¹

Впервые когерентное детектирование с использованием гетеродинных детекторов было разработано и применено в 1896 году [1]. Метод извлечения полезных данных о фазе и амплитуде сигнала основан на смешении поля опорного генератора с сигнальным полем [2]. В настоящее время, приемные устройства конструктивно исполняют по двум схемам: гетеродинная с двойным преобразованием по частоте с постоянным понижением входного сигнала до частоты обработки; инфрадинная – с преобразованиями по частоте вверх, выше границы рабочего диапазона частот и смещение частоты, несущей вниз до возможности извлечения полезной информации. Благодаря применению таких схем, частоты опорного генератора и поля несущей не совпадают, в результате получаем сигнал на разностной частоте (после квадратурного преобразования). Таким образом, получаем практически универсальное решение, для применения к различным системам, в том числе и со сложными цифровыми модуляциями: QPSK, QAM, QFSK и др. На рис. 1 представлено сигнальное созвездие трех видов цифровой фазовой модуляции, относительно синфазных сигналов I и Q [3]:

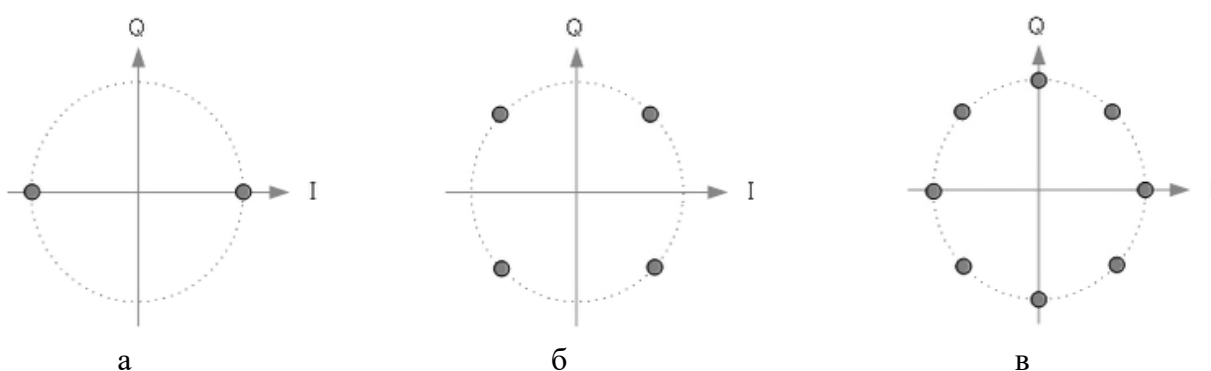


Рисунок 1. Сигнальное созвездие PSK: BPSK (а), QPSK (б), 8-PSK (в)

Точки, показанные на рис. 1 (а–в) содержат полезную информацию несущей, поэтому при преобразованиях до частоты обработки сигнала важно внести

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

максимально малые искажения. Наибольшее влияние вносят нелинейные элементы приемной системы: усилители, умножители, смесители, активные аттенюаторы и некоторые другие. В настоящей работе производится исследование влияния преобразователей частоты различного конструктивного исполнения на параметры полезного сигнала, в том числе принципиальной возможности его декодирования.

В ходе работы, проведено моделирование с применением специализированных средств расчета параметров смесителей со следующими конструктивными особенностями: балансные смесители (двойные, тройные) на диодных сборках и в монолитно-интегральном исполнении (МИС) ведущих производителей (Analog Devices Inc. HMC553A [4], Mini-Circuits Inc. MCA1-42+ [5]; с фазовым подавлением зеркального канала (МИС) – Analog Devices Inc. HMC-MDB218 [6], HMC-MDB171 [7]; широкополосные смесители Analog Devices Inc. HMC525A [8], Mini-Circuits Inc. MDB-44H+ [9]. В ходе анализа, были выявлены наиболее подходящие для рассматриваемого применения варианты смесителей, проработаны вопросы, связанные с технологическими особенностями установки активных компонентов.

Литература и источники:

1. Райфельд М.А., Спектор А.А. «Системы и сети мобильной связи». Учебное пособие – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 96 с. – ISBN 978-5-7782-3833-6.
2. Middlestead Richard W. «Digital Communications With Emphasis on Data Modems: Theory, Analysis, Design, Simulation, Testing, and Applications», Wiley, 2017. – 803 p. – ISBN 10 0470408529.
3. Viswanathan Mathuranathan, «Digital Modulations using Matlab: Build Simulation Models from Scratch», Independently published, 2017. – 184 p. – ISBN-10 152149388X.
4. Сайт фирмы Analog Devices / Продукты / Микроволновый устройства / смеситель [электронный ресурс]: <https://www.analog.com/en/products/hmc553a-die.html> / (дата обращения 20.11.2022).
5. Сайт фирмы Mini-Circuits Inc / Продукты / Микроволновый устройства / смеситель [электронный ресурс]: <https://www.minicircuits.com/pdfs/MCA1-42+.pdf> (дата обращения 20.11.2022).
6. Сайт фирмы Analog Devices / Продукты / Микроволновый устройства / смеситель [электронный ресурс]: <https://www.analog.com/ru/products/hmc-mdb218.html> (дата обращения 22.11.2022).

7. Сайт фирмы Analog Devices / Продукты / Микроволновый устройства / смеситель [электронный ресурс]: <https://www.analog.com/ru/products/hmc-mdb171.html> (дата обращения 22.11.2022).
8. Сайт фирмы Analog Devices / Продукты / Микроволновый устройства / смеситель [электронный ресурс]: <https://www.analog.com/en/products/hmc525a-die.html> (дата обращения 22.11.2022).
9. Сайт фирмы Mini-Circuits Inc / Продукты / Микроволновый устройства / смеситель [электронный ресурс]: <https://www.minicircuits.com/WebStore/dashboard.html?model=MDB-44H%2B> (дата обращения 22.11.2022).

ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СХЕМ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

Чуев Д.С.¹

Научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.²

Точность установки частоты генератора – задача, над решением которой занимаются с начала прошлого века. Один из путей улучшения относительной и абсолютной нестабильности выходной частоты состоит в повышении добротности резонансного контура. Однако, таким способом удается добиться значений, не превышающих 10^{-6} Гц, в общем случае для всех типов резонаторов: диэлектрических, железоиттриевых, коаксиальных и пр. В настоящее время подобную задачу решают путем установки системы автоподстройки: по частоте или по фазе. Принцип устройства состоит в сравнении эталонного значения частоты (фазы) с дискриминатором и установки в определенных пределах, что позволяет улучшить точность установки вплоть до 10^{-9} степени. Одно из условий такой точности – качественная подборка комплектующих активного фильтрующего элемента и его характеристики (крутизны среза фильтра низких частот (ФНЧ)).

В ходе настоящей работы за основу системы фазовой автоподстройки частоты взята популярная интегральная схема отечественного производства компании АО НПЦ «Элвис» синтезатора частоты на основе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) 1508ПЛ9Т [1]. На рис. 1 представлен выходной спектр фазовых шумов микросхемы, на всех наиболее востребованных отстройках от несущей.

Цель работы – подобрать операционные усилители и пассивные элементы для наилучшего функционирования описанной выше системы. При этом, предпринимается попытка использовать преимущественно отечественные решения таких компаний: АО «Ангстрем», АО «НЗПП Восток», АО «Новосибирский завод радиодеталей «Оксид» и других. Основной трудностью при построении достоверной модели и расчете параметров ФНЧ стало: недостаток некоторых специфических характеристик в паспортах на операционные усилители, отсутствие удобных утилит для расчета (таких как ADIsim PLL компании Analog De-

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

VICES Inc. или Filter Design Tool фирмы Texas Instruments), невозможность поиска полноценных SPICE моделей.

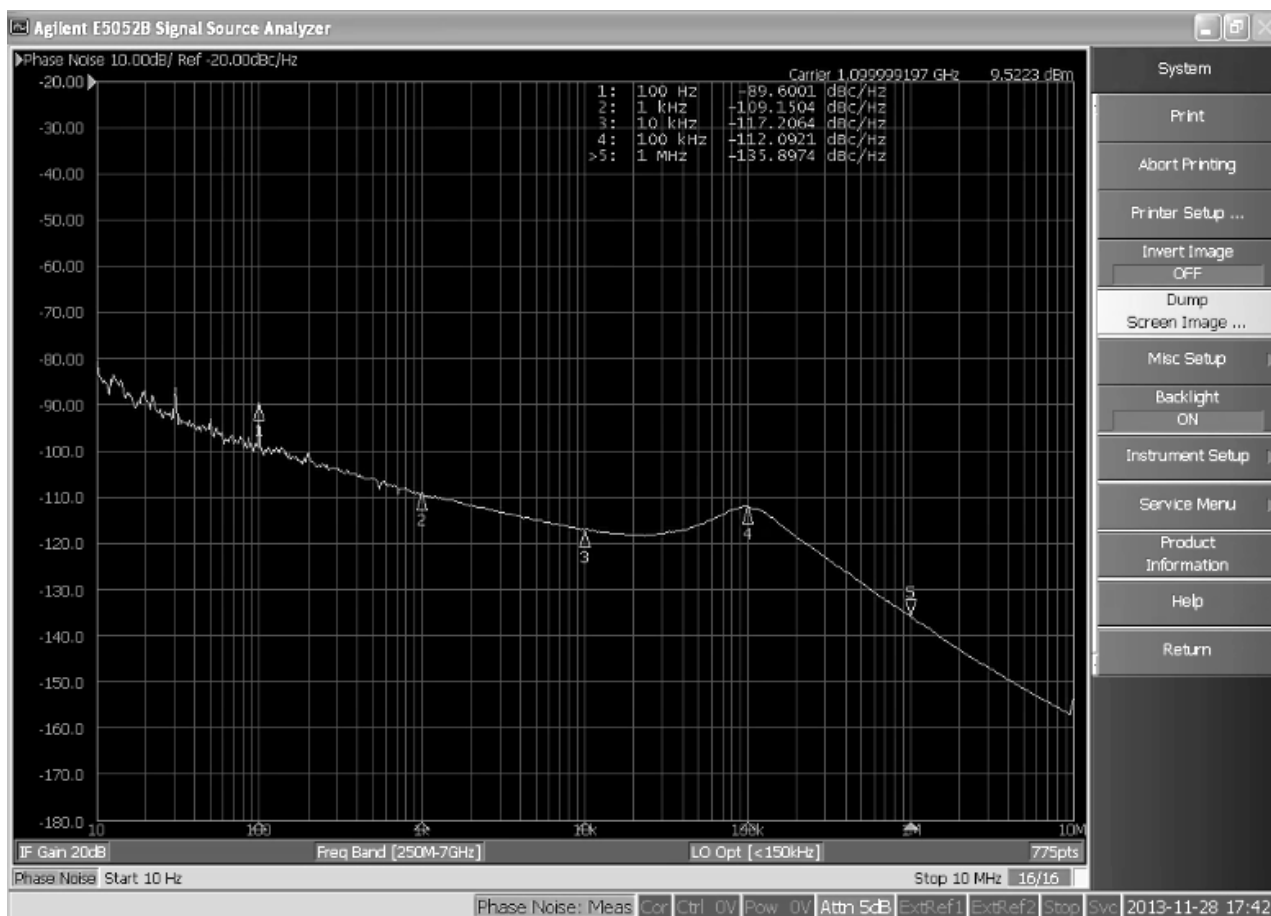


Рисунок 1. Выходной спектр фазовых шумов 1508ПЛЛ9Т

Несмотря на вышперечисленное, в ходе работы удалось провести полноценное сравнение схем полностью на отечественной элементной базе с более распространенными и популярными ФНЧ, построенными на решениях Texas Instruments и Peregrine Semiconductors. Полученные результаты позволяют сделать вывод о высокие выходные параметры изделий фирмы АО «Ангстрем», не критически уступающих зарубежным аналогам. Для подтверждения полученных в специализированном программном обеспечении результатов, следующим этапом работы будет проведение экспериментального исследования.

Литература и источники:

1. Сайт компании АО НПЦ «Элвис» / каталог компании/ техническое описание синтезатора частот на основе ФАПЧ 1508ПЛЛ9Т/ [электронный ресурс]: <https://elvees.ru/chip/rf/sintezator-chastot-na-osnove-fapch-1508pl9t/>

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Вязников С.А.¹

Научный руководитель: ассистент Аксенов А.В.²

Благодаря развитию технологий, многие аспекты нашей жизни заметно ускорились. Как следствие, увеличилось и требование к времени реагирования на чрезвычайные ситуации. Современному предприятию нужны технологии для своевременного распознавания событий, требующих реагирования.

Целью данной работы является создание информационной системы для распознавания событий. В качестве входных данных служат изображения с камер видеонаблюдения.

Исходя из назначения системы, можно выделить ряд задач:

- проанализировать предметную область и выбрать методы решения;
- собрать и разметить данные для алгоритмов машинного обучения;
- обучить модель для распознавания определенного класса событий.

Исследованиями в области распознавания событий занимались ученые из Чжэцзянского университета. Они разработали импульсную нейронную сеть для распознавания событий, основанную на данных с нейроморфной камеры [1]. Однако, для предприятия, на котором предполагается использовать систему, данная технология не подходит, так как внедрение нейроморфных камер не планируется. В случае с обычными камерами видеонаблюдения есть смысл использовать сверточную нейросеть для обработки изображения и его классификации.

Именно такая модель и была использована для выполнения поставленной цели. В качестве пробного события было выбрано «возгорание». В общей сложности было собрано и размечено около 50.000 изображений по двум классам (огонь есть / огня нет). На тестовых данных удалось достичь точности 87,9%

По итогам работы удалось создать искусственную нейронную сеть для решения задачи распознавания события возгорания по изображению с камеры. Разработанная ИС открыта для расширения и масштабирования, поэтому в будущем есть возможность проводить дополнительное обучение для других клас-

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

сов событий. Алгоритм системы в текущей конфигурации описан в приведенной блок-схеме (рис. 1).

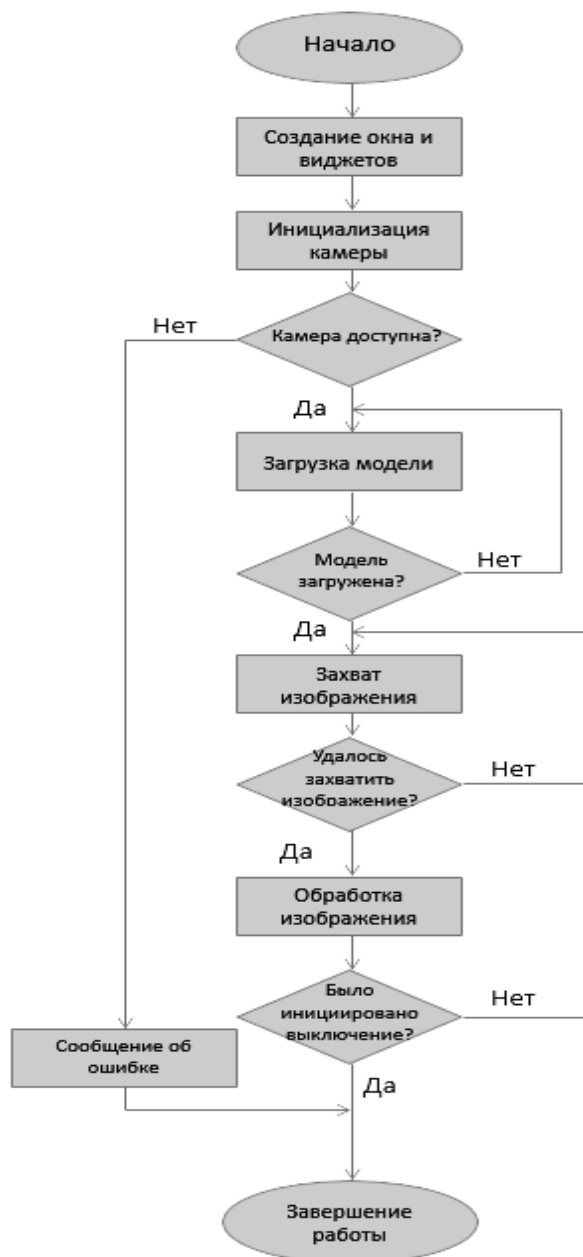


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма работы системы

Литература и источники:

1. Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-21) – Event-based Action Recognition Using Motion Information and Spiking Neural Networks

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИЩЕННОГО КАНАЛА СРЕДСТВАМИ КРИПТОМАРШРУТИЗАТОР DIONIS ДЛЯ УДАЛЕННОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ К СТЕНДУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Котляров П.А.¹

Научный руководитель: старший преподаватель Волков В.Н.²

Актуальность: Программно-аппаратные комплексы Дионис NX российская разработка предназначены для использования в роли маршрутизаторов, крипто маршрутизаторов, межсетевых экранов и систем обнаружения и предотвращения вторжений.

Цель: Во время работы необходимо было создать туннель для взаимодействия с удаленным сервером. Туннель создавался, но из-за особенности настройки операционных систем рабочих станций института пакеты в сторону удаленной сети не проходили. Для обеспечения обучения и тренингов по настройке оборудования Dionis используется удаленный стенд.

Проблема наблюдалась при включении туннеля (рис. 1).

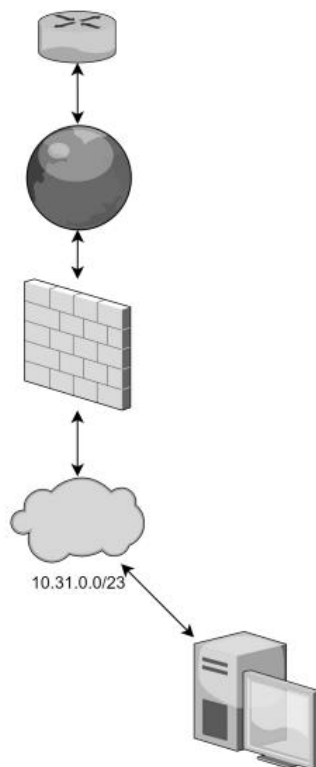


Рисунок 1. Схема подключения до решения

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

Решение проблемы:

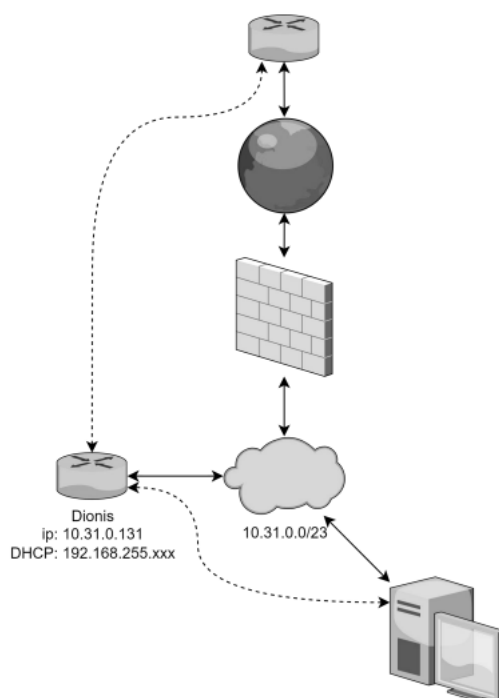


Рисунок 2. Схема подключения решения

На шлюзе DIONIS был настроен интерфейс с IP 10.31.0.131. данный интерфейс использовался для подключения к сети университета и выхода в сеть интернет, маршрут по умолчанию при этом направлен в сторону 10.31.0.1. Сам DIONIS являлся клиентом, который строил туннель до сети с тестовыми системами. При тестировании туннель устанавливался, и удаленная сеть была доступна.

Туннельный интерфейс был включен в bridge группу и на bridge присвоен адрес из сети 192.168.255.0/24 согласованный с администраторами удаленной сети.

Следующим этапом было необходимо предоставить доступ для рабочих станций института к сегменту сети 192.168.255.0/24 посредством установленного туннеля.

Для решения данной задачи на рабочих станциях был добавлен статический маршрут в стороны сети: `route add -p 192.168.255.0 mask 255.255.255.0 10.31.0.131`. Для завершения настройки, поскольку удаленная сеть не имела маршрута к сети университета, был дополнительно на Dionis настроен NAT – SNAT, что позволило все подключения закрыть одним адресом и не настраивать дополнительную маршрутизацию между сетями.

Вывод: в результате проделанной работы получилось настроить оборудование для работы с удаленным стендом.

Литература и источники:

1. Джейсон Андресс. Защита данных. От авторизации до аудита. – СПб.: Питер, 2021. – 272 с.
2. Программно-аппаратный комплекс dionis-nx: руководство по эксплуатации.

ПОДПРОГРАММА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ЖУРНАЛА ПОСЕЩЕНИЙ ГРУПП СТУДЕНТОВ ПО РАЗНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ, В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ-ПОМОЩНИКЕ LOGIVERSITY

Герасимов М.С.¹

Научный руководитель: ведущий специалист 1С, Сеньюта Е.И.²

На сегодняшний день старосты и преподаватели сталкиваются с проблемой заполнения и ведения журнала посещений студентов: изменение посещения студентов, оценка посещаемости студентов занятия, подсчет дополнительных баллов и поиск нужного журнала группы. Решением данной проблемы является автоматизация этих процессов с помощью компьютерной программы. Эта программа должна работать с данными, которые должны быть доступны для разных пользователей, поэтому целесообразно использовать базу данных для сохранения или сбора данных в рамках одной сети.

Система ведения журнала посещения является подсистемой другой сложной системы, из которой берутся данные для журнала: списки студентов, занятий, дат занятий, групп, дисциплин и т.д. Поэтому при проектировке этой подсистемы пришлось проектировать более сложную для создания многофункционального приложения «Logiversity».

При проектировании подпрограммы и базы данных учитывался список необходимых функций приложения, подпрограммы, список групп пользователей. В качестве языка программирования использовался С#, как один из самых часто используемых языков программирования, а также с его большим разнообразием библиотек, выпущенных для среды разработки .NET Framework. А в качестве базы данных использовался Microsoft SQL Server, использующий язык запросов Transact-SQL, из-за удобного изменения структуры базы данных и ее элементов.

Подпрограмма «Журнал» содержит функции: добавление/удаление студентов, добавление/удаление группы, перевод студентов группы на следующий семестр, добавление/удаление/изменение посещаемости, учет среднего посещения занятий и дополнительных баллов.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

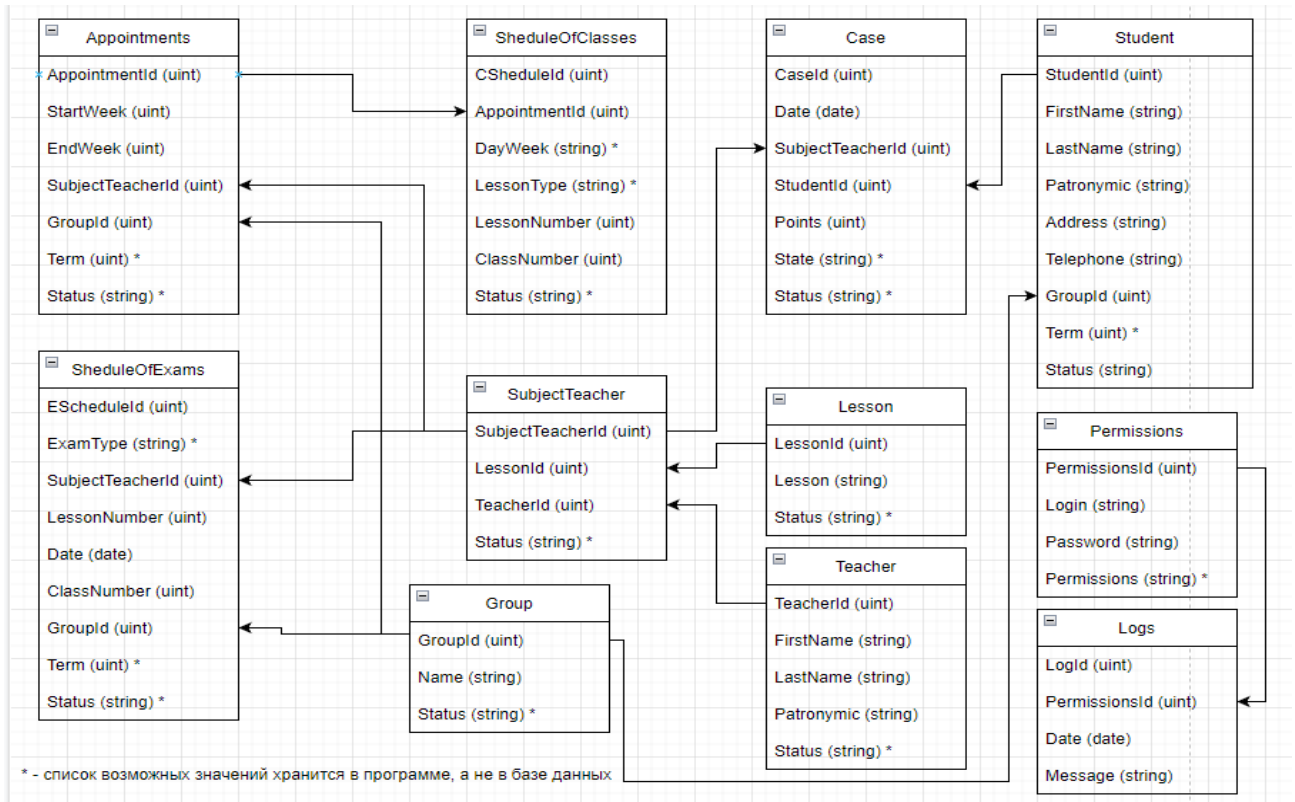


Рисунок 1. Схема структуры базы данных

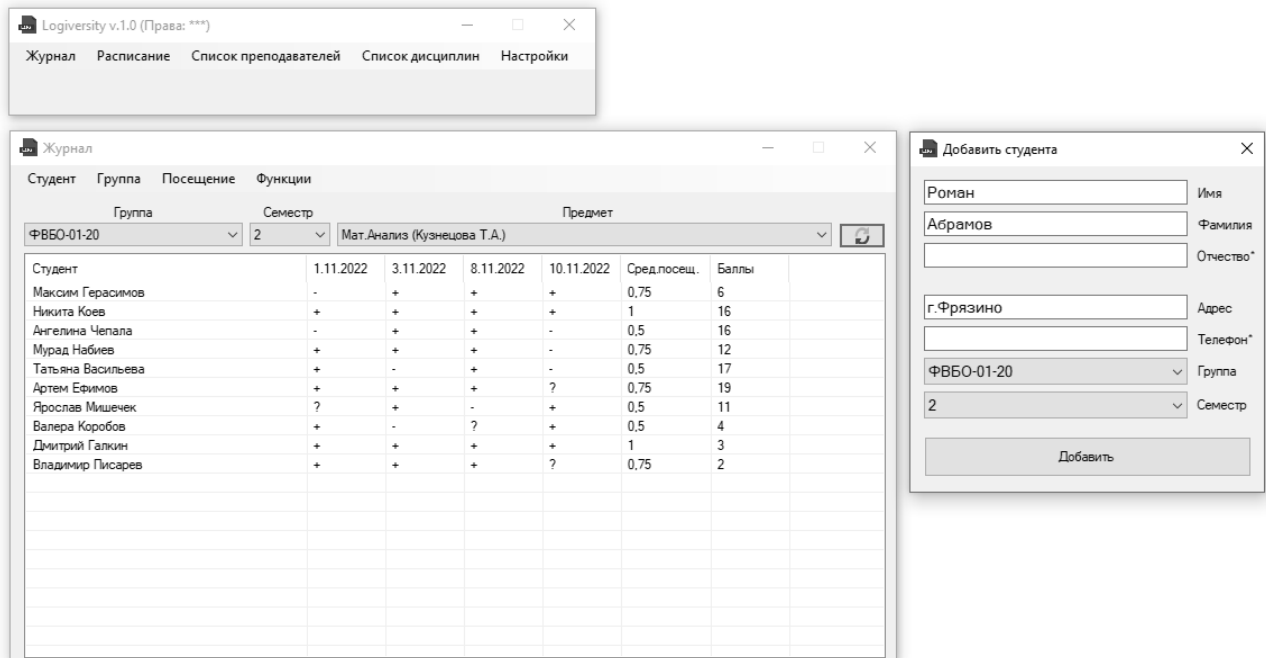


Рисунок 2. Интерфейс приложения

Литература и источники:

1. Полное руководство по языку программирования C# 11 и платформе .NET 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/tutorial/>
2. Руководство по MS SQL Server 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sql/sqlserver/>
3. Руководство по ADO.NET и работе с базами данных в .NET 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/adonetcore/>

СИСТЕМА АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Трофимов М.А.¹

Научный руководитель: профессор кафедры №307 МАИ, д.т.н. Таскин Р.И.²

В настоящее время Распределенные Вычислительные Системы (далее РВС) приобрели широкое распространение в отрасли, однако при их разработке процессы отладки и сопровождения стали более трудоемкими, чем при разработке обычных систем: диагностическая информация распределена, количество вычислительных узлов может изменяться, и вычисления происходят в разных вычислительных узлах. Поэтому, для упрощения данных процессов было принято решение спроектировать систему для анализа и оценки производительности в РВС.

Помимо очевидных требований, таких как сбор и анализ метрик, были определены такие требования, как возможность построения архитектурного ландшафта и отслеживание зависимости между компонентами РВС.

За основные метрики были приняты частота запросов к сервису, время, потраченные на обработку запроса и сетевые издержки, интенсивности отказов и восстановления, коэффициент готовности сервиса, частота отказов и время недоступности. А за основные методы анализа были взяты методы поиска аномалий и обнаружение зависимостей между последовательными цепочками запросов сервисов.

Был разработан прототип системы, который был способен:

- собирать информацию о синхронном взаимодействии сервисов через gRPC;
- получать и визуализировать собранные метрики;
- строить архитектурный ландшафт отслеживаемой системы (рис. 1).

¹ МАИ

² МАИ

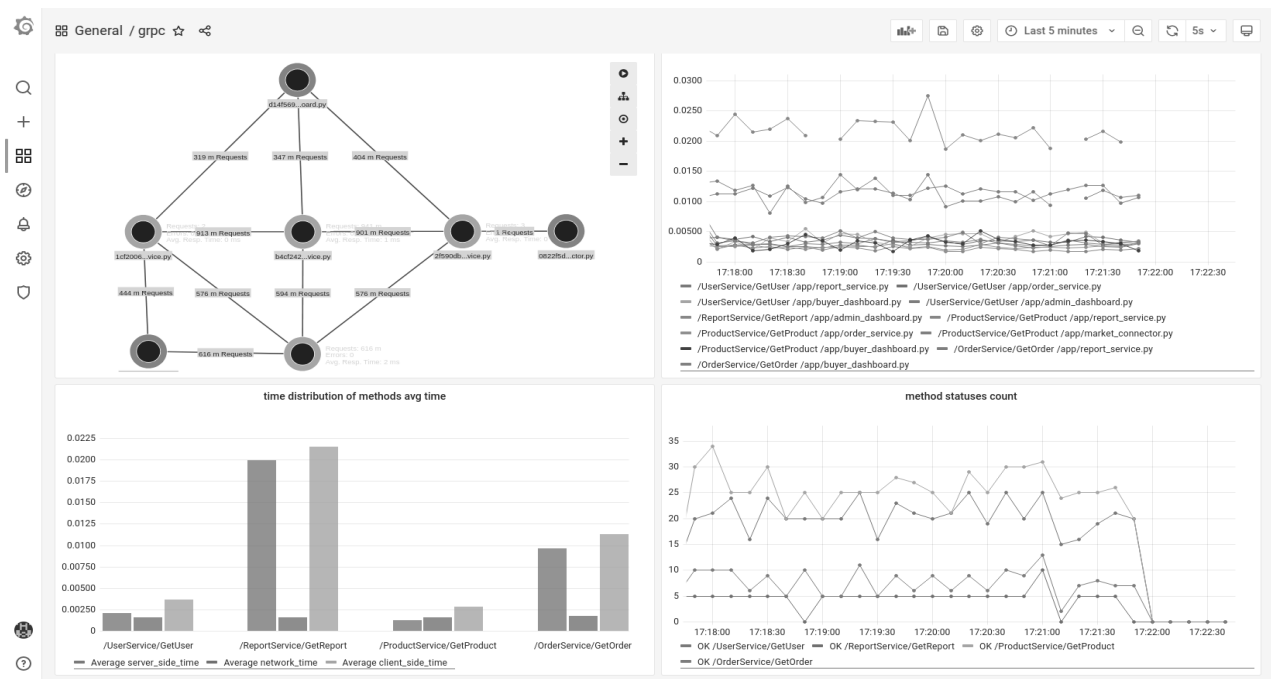


Рисунок 1. Пример результата работы системы

Так же был разработан тестовый программный продукт, который представлял из себя модель интернет-магазина, подразумевающую наличия трех типов источников запросов: покупатель, администратор и сервис подкачки товаров со сторонних источников. Вся система была собрана в отдельные контейнеры для имитации распределенности.

По результатам тестирования система продемонстрировала свою работоспособность, однако был обнаружен недочет в проектировании архитектуры системы, который уменьшал производительность отслеживаемой системы.

В завершении работы были сформулированы планы на устранение недостатков системы и развитие ее функционала.

Литература и источники:

1. ГОСТ 28806-90 Качество программных средств. Термины и определения. – 1992. – С. 80–87.

МОДУЛЬ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛАТЫ ELECTRONIC STABILITY CONTROL (ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТРОЛЛЕР СКОРОСТИ)

Торопов П.М.¹

Научный руководитель: ассистент Шилов Л.Б.²

В настоящее время в большинстве устройств вычислительной техники часто используются контроллеры – Microcontroller unit (далее – MCU микросхемы). Для данных контроллеров необходима программная прошивка, предназначенная для определения заложенного функционала. Для прошивки MCU чипов, например, ATmega часто используют интерфейс UART, в виду того, что при прошивке чипа нет необходимости в высокоскоростной передаче данных. В подобных чипах используется низкоскоростной стандарт RS-232 (Recommended Standart 232).

Для возможности загрузки прошивки с персонального компьютера необходимо использовать переходные модули с интерфейса USB (Universal Serial Bus) на интерфейс UART.

На данный момент существует множество модулей с многообразием конструктивных решений и различных ценовых диапазонов.

Главной целью данной работы стало разработать модуль для прошивки ESC (Electronic stability control), используя менее затратные для него компоненты, с использованием современных конструкторских решений, которые позволили бы уменьшить его габариты.

Для модуля используется специальное программное обеспечение для проектирования печатных плат. На настоящее время создана принципиальная электрическая схема и модель печатной платы этого модуля, представленная на рис. 1:

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

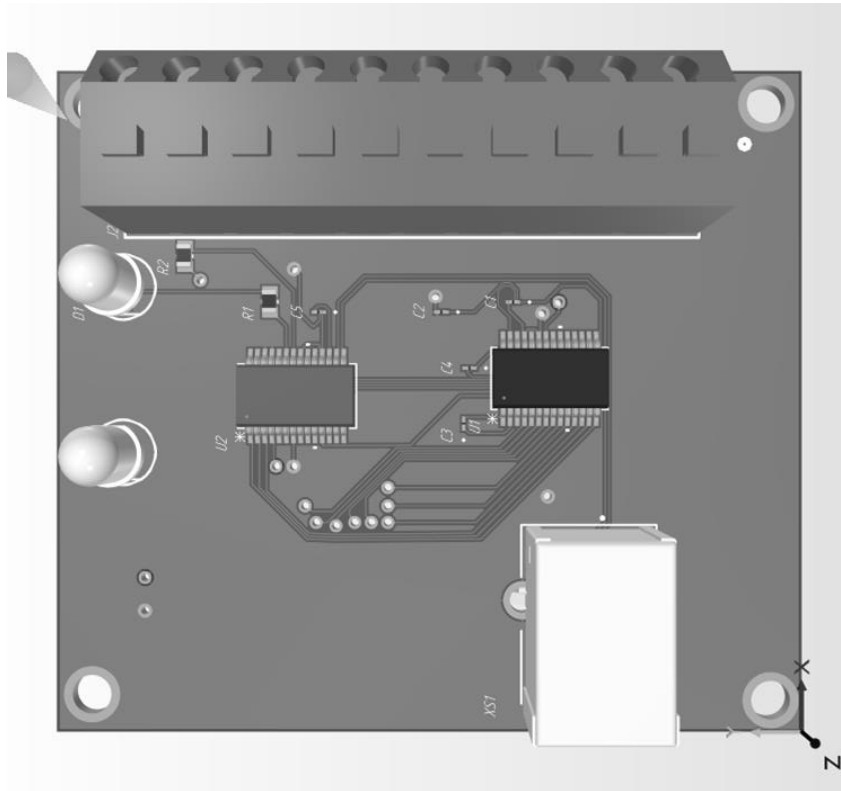


Рисунок 1. 3D-модель платы

В результате, был спроектирован модуль для прошивки ESC, используя новые конструкторские решения для уменьшения габаритов модуля и менее затратные для него компоненты.

Литература и источники:

1. Стрельцов Д.Н., Казеннов К.В., Куцев А.О. Загрузчик по интерфейсу RS-232. 2019.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ВИБРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ. ПОДБОР КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ КОРПУСА ТИПА QFN ДЛЯ АНАЛОГОВОГО ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Серова Е.К.¹, Кузнецов В.В.²,

Научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.³

В данной работе будут рассмотрены характеристики и параметры различных керамических материалов для проведения сравнения и моделирования применения данных материалов в корпусе типа QFN.

В современной электронике используется множество новых материалов, однако такие преимущества керамических материалов как высокая теплопроводность, диэлектрические и механические характеристики, гарантирующие прочность корпуса, позволяют им быть незаменимыми.

Керамические материалы представлены у различных производителей, в данной работе были рассмотрены те из них, кто предоставляет потребителю более полные сведения о своей продукции (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение характеристик керамических материалов

Компания	CeramTec		Kyocera		Heraeus	
	В 40 (99,1% Al ₂ O ₃)	ZN 40 (ZrO ₂ - MgO)	A476T (Al ₂ O ₃)	AZ211T (Al ₂ O ₃ + ZrO ₂)	X200	X200 W
Теплопроводность λ Вт/(м*К)	28	3	26	24	3	3
ТКЛР 10^{-6} К ⁻¹	7,2	10,2	7,0	7,0	-	-
Частота	1 МГц	1 МГц	1 МГц	1 МГц	30 МГц	30 МГц
Диэлектрическая проницаемость	9	27	9,6	10,8	8,8	9,5
Коэффициент диэлектрических потерь	$6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

Кроме этого, необходимо провести статистический анализ в системе автоматического проектирования (САПР) SolidWorks различных керамических материалов для исследования тепловых и вибрационных режимов.

Литература и источники:

1. Сайт компании Heraeus/ каталог компании/ керамические материалы/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.heraeus.com/en/het/products_and_solutions_het/thick_film_materials/datasheets_thickfilm/datasheets_thickfilm_page.html#tabs-200895-5
2. Сайт компании Ceramtec-Industrial/ каталог компании/ керамические материалы/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ceramtec-industrial.com/en/materials>
3. Сайт компании Kyocera/ каталог компании/ керамические материалы/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://russia.kyocera.com/products/fineceramic_components/download/
4. Сайт компании ООО «Остек»/ каталог компании/ керамические материалы/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ostec-materials.ru/knowledge-base/pub/detail/nizkotemperaturnaya-sovmestno-obzhigaemaya-keramika-ltcc-preimushchestva-tekhnologiya-materialy/>

ПЛАТА УПРАВЛЕНИЯ ELECTRONIC STABILITY CONTROL (ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТРОЛЛЕР СКОРОСТИ) ДЛЯ ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В БЕСПИЛОТНОМ ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ

Никитин Д.А.¹, Крапивкин А.Н.²

Научный руководитель: ассистент Шилов Л.Б.³

Плата ESC (electronic speed controller – электронный контроллер скорости) предназначена для управления оборотами бесщеточного двигателя постоянного тока (BLDC – brushless DC motor), что необходимо для поддержания стабильности летательного аппарата при нахождении в воздушном пространстве. Основной областью применения данной платы является конструирование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Настоящая работа посвящена разработке платы ESC на основе микроконтроллера ATMEGA168A-MUR. Она состоит из двух блоков: логического, отвечающего за регулирование частоты оборотов, и силового, подающего питание на двигатель. Особенностью разработки, представленной в данной статье, является возможность как программного, так и механического регулирования частоты оборотов двигателя

Структурная схема системы управления полетом БПЛА представлена на рис. 1. Полетный контроллер управляет ESC, состоящий из логического и силового блока. В свою очередь, ESC подает питание на BLDC и регулирует частоту его оборотов.

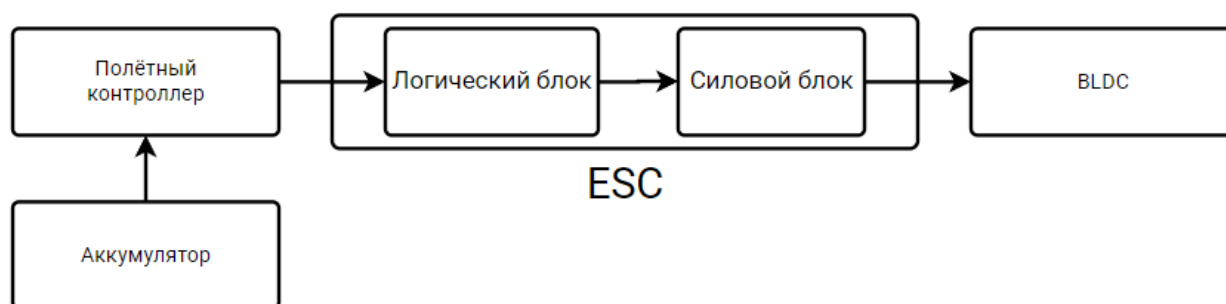


Рисунок 1. Структурная схема системы управления полетом БПЛА

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

На данный момент была спроектирована схема электрическая принципиальная изделия. Плата ESC, разработанная в ходе этой работы, позволит регулировать частоту оборотов двигателя, как программным способом, так и посредством органов управления. Дальнейшее развитие этого устройства позволит усовершенствовать отечественные разработки в сфере беспилотного приборостроения. На рис. 2 представлена 3D-модель платы ESC:

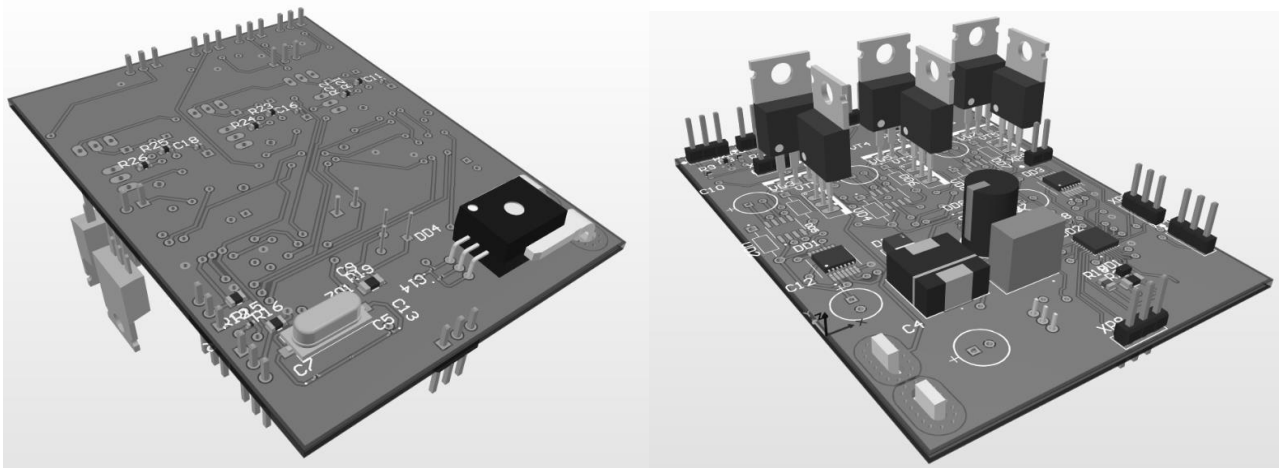


Рисунок 2. 3D-модель платы ESC

Литература и источники:

1. Gong, R. MacNeill, D. Verstraete. Performance Testing and Modeling of a Brushless DC Motor, Electronic Speed Controller and Propeller for a Small UAV, 2018.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПРОВОДЯЩИХ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ НА БАЗЕ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ УСТАНОВКИ ОРТОРИЯ 5

Власенко А.М.¹

Научный руководитель: ассистент Ключев С.Б.²

В настоящее время одной из проблем получения тонкопленочных покрытий с требуемыми характеристиками является воспроизводимости их физических свойств и характеристик напыляемых пленок. От качественно проведенного технологического процесса «Напыления» зависят количество изготовленных изделий, трудоемкость выполненных работ и процент выхода годной продукции. Исходя из предъявляемых к процессу напыления требований, основные задачами проекта создания вакуумной установки для нанесения тонкопленочных покрытий методом магнетронного напыления в автоматическом режиме (далее – Установка) становятся:

- кратно увеличить воспроизводимость и производительность напыляемых пленок;
- возможность получать многослойные покрытия;
- создать установку, позволяющую производить научные исследования в автоматическом режиме, не прерывая реализацию производственной программы;
- осуществлять мониторинг рабочего состояния элементов установки контролировать периодичность планово-предупредительного ремонта, снизить время проведения ТО.

Для реализации поставленных задач были выявлены основные факторы, влияющие на воспроизводимость покрытий, и на их основе были спроектированы конструктивные решения с целью последующего создания Установки. На основе анализа существующих аналогов напылительного оборудования сформировалось направление основных особенностей реализации программного обеспечения Установки для проведения технологических процессов. Была произведена замена средств измерения вакуума, улучшили схему стабилизации за-

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

данного тока разряда и расхода технологического газа, реализован контроль параметров технологического процесса в автоматическом режиме и мониторинга состояния Установки.

В результате реализации проекта удалось увеличить производительность установки благодаря полностью автоматическому циклу напыления. За счет качественной воспроизводимой пленки, снижается количество циклов допыления.

Разработана система мониторинга, позволяющая своевременно производить ТО, что существенно снижает время простоя установки при ТО и уменьшает кол-во непредвиденных ремонтных работ. Созданное программное обеспечение расширяет возможности по изготовлению различных типов покрытий, в том числе, многослойных, что дает возможность воплощать новые идеи, не нарушая производственные циклы.

Для дальнейшего развития проекта необходимо внедрить средства и методики контроля удельного сопротивления получаемых пленок, а также толщин наносимых слоев в программное обеспечение и конструкцию установки, для получения выхода до 100% годной продукции.

Литература и источники:

1. Бородин И. Ф., Андреев С. А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2022.

ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Завизион Е.А.¹

Научный руководитель: ассистент Шилов Л.Б.²

Полетный контроллер для БПЛА (беспилотного летательного аппарата) представляет собой электронное устройство, одной из основных составных частей которого является микроконтроллер, предназначенное для управления БПЛА. На данный момент существует большое количество конструктивных решений для полетных контроллеров с использованием различных электронных компонентов, выбираемых в зависимости от назначения БПЛА (гоночные, общего назначения или специального назначения). Таким образом, устройство может иметь большую или меньшую тактовую частоту, различаться стоимостью, иметь возможности для подключения дополнительных устройств.

Разрабатываемое устройство имеет целью управление специальным дроном для гражданского применения в сельском хозяйстве, что включает в себя управление мощными бесколлекторными роторными двигателями. В связи с этим было принято решение использовать при создании платы микросхему семейства STM32F4, STM32F415RGT6 [1], что позволит подключать к полетному контроллеру большее количество дополнительных устройств, при сохранении сравнительно низкой стоимости контроллера и высокой тактовой частоты (168 МГц). Также, для более компактного размещения полетного контроллера, плата отличается нестандартной формой.

Для разработки проекта используется специальный САПР для проектирования печатных плат. На данный момент создана принципиальная электрическая схема, разработан проект печатной платы. При проектировании возникли сложности с разработкой печатной платы, так как внутренняя конструкция дрона предполагала использование более сложной, нежели стандартная, формы печатной платы. В дальнейшем планируются испытания опытного образца полетного контроллера, по их результатам будут сделаны выводы о возможности использования данного устройства на практике.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

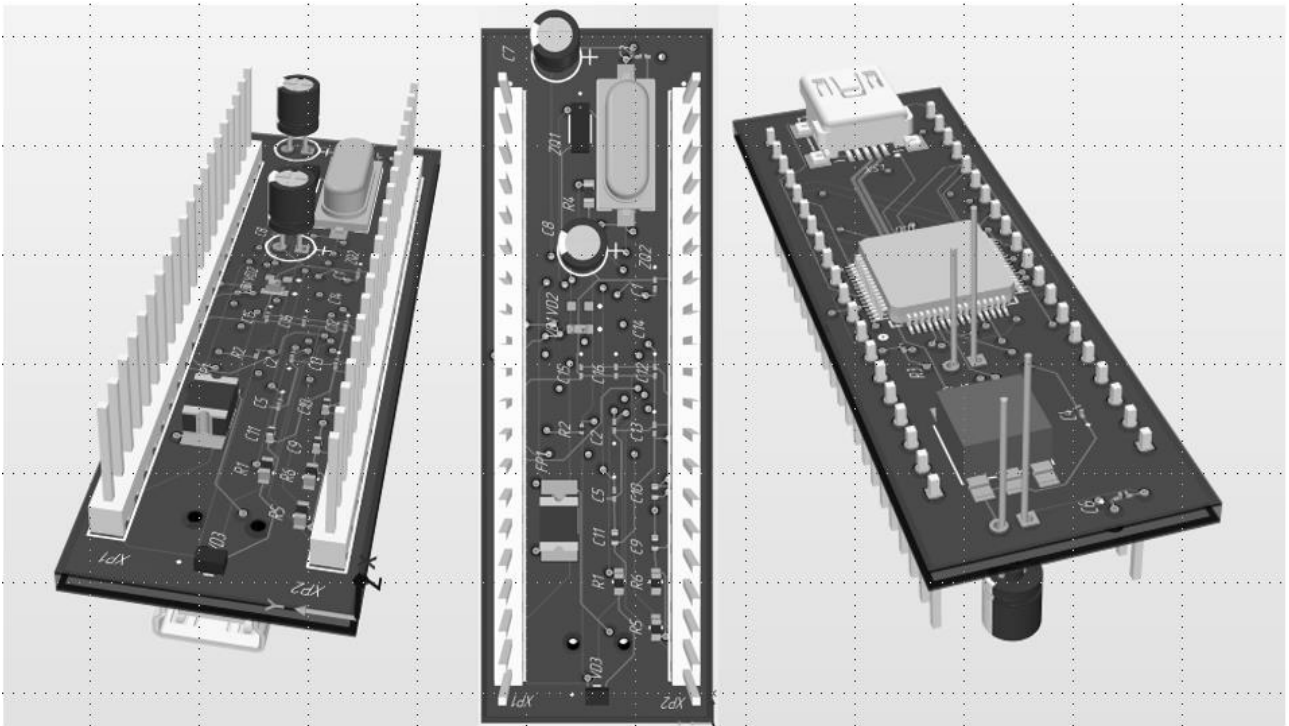


Рисунок 1. 3D-модель платы

Литература и источники:

1. Техническое описание контроллера STM32F415xx STM32F417xx [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f415rg.pdf>

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКВАЛАЙЗЕРА ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ВХОДНОЙ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАМПЫ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В РАДИОПЕРЕДАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Афоничкин И.С.¹, Романчук Д.Д.²

Научный руководитель: начальник отдела, Шипило Е.М.³

Несмотря на существующий в последние десятилетия большой прогресс в области систем беспроводной связи, на данный момент актуален поиск новых путей развития широкополосных средств спутниковой связи для обеспечения устойчивого управления во многих сферах деятельности.

Основными недостатками применения в усилительной цепочке передатчика лампы бегущей волны являются: большие перепады и неравномерность коэффициента усиления (порядка 10 дБ).

Для компенсации неравномерности и повышения широкополосности амплитудно-частотных характеристик в радиопередатчиках широко используются эквалайзеры (корректирующие фильтры). Конструкция эквалайзера представлена на рис. 1.

Фильтры должны обеспечивать возможность перестройки АЧХ в широком диапазоне по величине потерь, крутизне наклона АЧХ, количеству экстремумов. Также к функциональным требованиям, предъявляемым к эквалайзеру, относят необходимость попадания его АЧХ в заданный изготовителем ЛБВ коридор.

Преимуществами фильтра на направленных ответвителях являются: высокая входная мощность и относительно маленькие потери в полосе пропускания, невысокий уровень отражения.

На этапе проектирования СВЧ эквалайзера применяется специализированный САПР. Резонансные контуры на кольцевых резонаторах в микрополосковом исполнении заменяются их принципиальными схемами, состоящими из L, C, R элементов. Основными параметрами, описывающими колебательный контур, являются: Q – добротность, F_{rez} – резонансная частота и S_{21rez} – значения потерь на резонансной частоте (дБ).

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

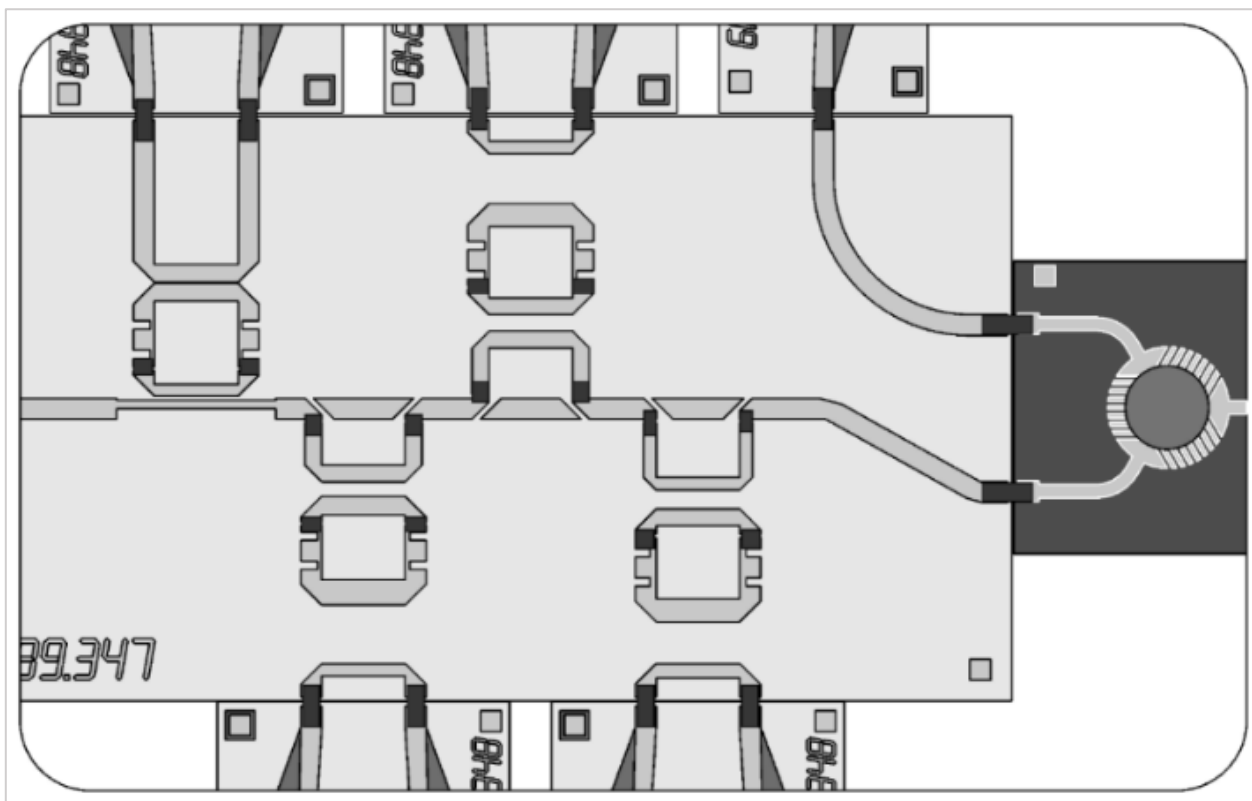


Рисунок 1. Конструкция эквалайзера

Добиваясь наилучшего попадания результирующей АЧХ в заданный для ЛБВ коридор, подбираются значения добротности (Q), резонансной частоты (F_{rez}) и потерь на резонансной частоте (S_{21rez}) для каждого резонатора. В ходе расчета применяется оптимизация Simplex-алгоритмом.

Создание электромагнитных схем резонансных контуров с подстроечными элементами позволяет определить влияние изменения местоположения и размеров шлейфов на результирующую АЧХ. Знание такой зависимости позволяет наиболее быстро и точно производить настройку прибора на анализаторе цепей.

Рассмотрение эквалайзера в качестве компонента приемопередающего модуля осуществляется с помощью пакета программ для визуального моделирования радиоэлектронных систем – VSS. В докладе приводятся полученные АЧХ исследуемой схемы, график сигнального созвездия на выходе QPSK демодулятора с применением и без применения в усилительной цепочке передатчика эквалайзера.

Для удобного хранения результатов и иллюстрирования зависимостей между различными резонансными контурами в программе Excel реализована библиотека для расчета резонаторов (50 штук).

Таким образом, в ходе компьютерного моделирования были получены результаты, которые обосновывают необходимость использования полосно-заграждающих фильтров, так как они позволяют за счет компенсации неравно-

мерности АЧХ в усилительной цепочке передатчика передавать широкополосные сигналы без искажений и сократить время перестройки передатчика по частоте.

Литература и источники:

1. Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия Издание 2-е, дополненное в 2-х книгах Книга 2. – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 702 с. ISBN 978-5-94836-532-9.

ГЕНЕРАТОР НА РЕЗОНАТОРЕ ИЗ ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА

Сергеева А.С.¹, Кузнецов В.В.², Малеваник С.О.³

Научный руководитель: зам. начальника ОУСП Татаринов Д.И.⁴

В состав синтезатора частот входят два автогенератора: эталонный со стабильной частотой и перестраиваемый. Для проектирования синтезаторов с наилучшими параметрами целесообразно использовать перестраиваемые генераторы, в которых сочетаются широкая полоса перестройки и низкий уровень фазовых шумов. Генераторы на резонаторе из железиттриевого граната (ЖИГ-генератор) имеют линейные, хорошо воспроизводимые перестроечные характеристики, что упрощает предварительную установку частот.

Недостатками таких генераторов является наличие в системе большой индуктивности электромагнитной системы, которая обеспечивает управление частотой, вследствие чего появляется низкая скорость перестройки, большие габариты и относительно высокая цена.

Альтернативным решением являются – генераторы, управляемые по частоте напряжением (ГУН). В отличие от ЖИГ-генераторов, они имеют высокую скорость переключения порядка микросекунд. Значения габаритов, энергопотребления и стоимости ГУН значительно меньше по сравнению с ЖИГ-генераторами, но фазовые шумы гораздо хуже, что может ограничить использование ГУН в высококачественных синтезаторах.

Данная работа посвящена проектированию генератора на резонаторе из железиттриевого граната. Проектирование основано на использовании электромагнитного резонанса в качестве частотно задающего элемента в базовом генераторе, построенном по схеме Колпитца. При помощи электромагнита происходит перестраивание частоты резонанса. В силу отсутствия SPICE модели на ЖИГ сферу от производителя выполнен ее расчет и моделирование по доступным характеристикам в системе автоматизированного проектирования (САПР). Результаты моделирования резонатора представлены на рис. 1.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

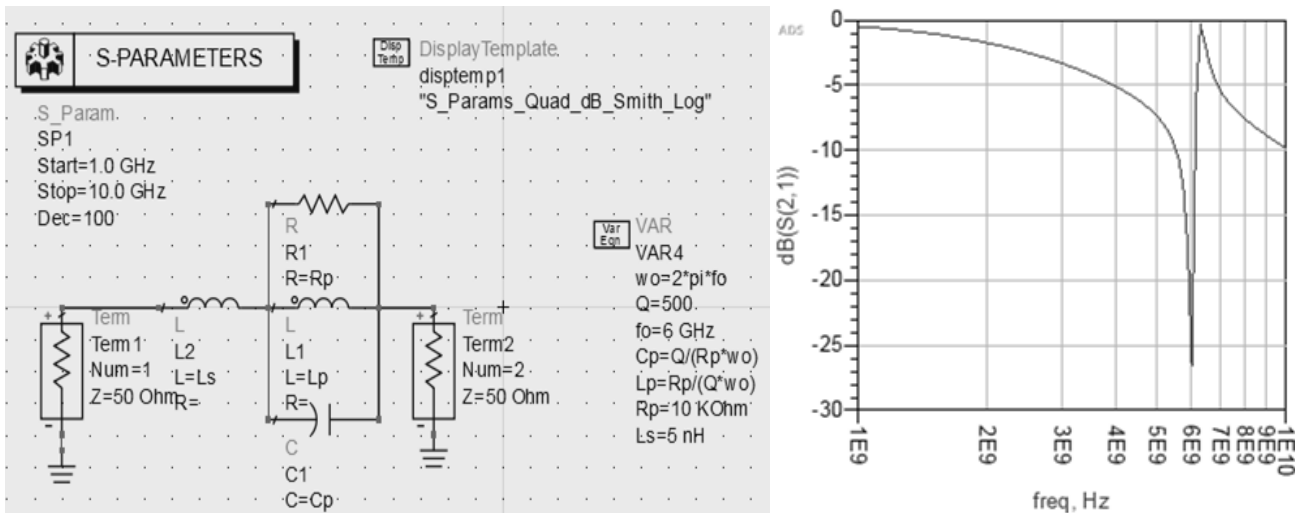


Рисунок 1. Моделирование резонатора

Также произведено моделирование схемы автогенератора Колпитца совместно с резонатором. При дальнейшем проектировании для разводки платы устройства подобрана электронно-компонентная база. На конечном этапе осуществлено конструирование корпуса устройства. Параметры фазовых шумов показаны на рис. 2.

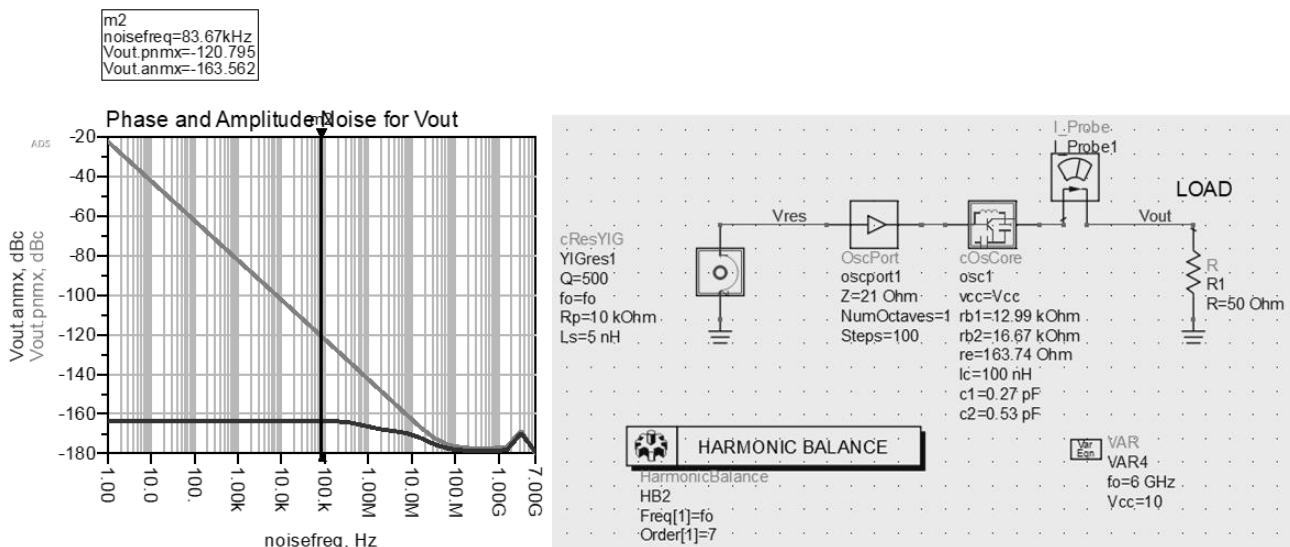


Рисунок 2. Результат моделирования схемы генератора

Литература и источники:

1. Imam Hanafi, Asep Ridwan Nugraha, Agustinus Agung Nugroho, Achmad Munir. Experimental Verification For Magnon and Photon Generation using YIG-Loaded Planar Resonator// 2022 International Workshop on Antenna Technology (iWAT)// [Электронный ресурс] – Режим доступа: Experimental Verification For Magnon

and Photon Generation using YIG-Loaded Planar Resonator | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore

2. Сайт компании АО НПФ «Микран»/ каталог/ ЖИГ-генераторы/ техническое описание/ МУТО-3080 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.micran.ru/productions/svch/oscillators/>
3. Dai Sen, Bhave S.A., Wang R. Octave-tunable magnetostatic wave YIG resonators on a chip // IEEE Trans. On ultrasonics, ferroelectrics and frequency control. 2020, Vol. 67. No. 11 P. 2454-2460.
4. Шагаев В.В. Анизотропия температурных характеристик магнитостатических волн в планарных ферритах // Журнал Радиоэлектроники, 2021. № 5.
5. Ченакин А.В., Горевой А.В. Радиочастотные компоненты. Практическое построение синтезаторов частот СВЧ-диапазона. М: Горячая линия – Телеком, 2021. – 277 с.

ЭФФЕКТИВНАЯ АКТИВНАЯ ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА X-ДИАПАЗОНА С ПРЕДЕЛЬНО НИЗКИМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ -50 ДБ ОТ НЕСУЩЕЙ

Бычков Е.Д.¹, Старилов Д.В.², Филатов Е.А.³

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Куприянов П. В.⁴

В нынешнем развитии радиоэлектроники, активная фазированная антенная решетка (АФАР) является основополагающей технологией для боевых самолетов, благодаря особому типу распределения – амплитудно-фазовому. Важность уровня боковых лепестков – 50 децибел (дБ) представляется крайне важным для формирования диаграммы направленности (ДН) антенны, особенно в сложных случаях амплитудного распределения, необходимых для снижения уровня боковых лепестков (УБЛ).

Для улучшения характеристик ДН АФАР – определяющим параметром является минимальное отклонение амплитудно-фазового распределения сигналов в апертуре антенны, которое обеспечивает точность установки фазы и амплитуды в приемных передающих модулях (ППМ) АФАР.

Также, необходимость неизменного коэффициента полезного действия (КПД) антенны, для этого нужно сохранение (КПД) ее составляющих элементов.

Наилучшее фазовое распределение сигнала в АФАР обуславливается постепенным убыванием УБЛ по мере удаления от главного лепестка. В свою очередь, основополагающей амплитудно-фазового распределения является «косинус на пьедестале» где можно добиться уровня боковых лепестков – 50 децибел (дБ) – рис. 1.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

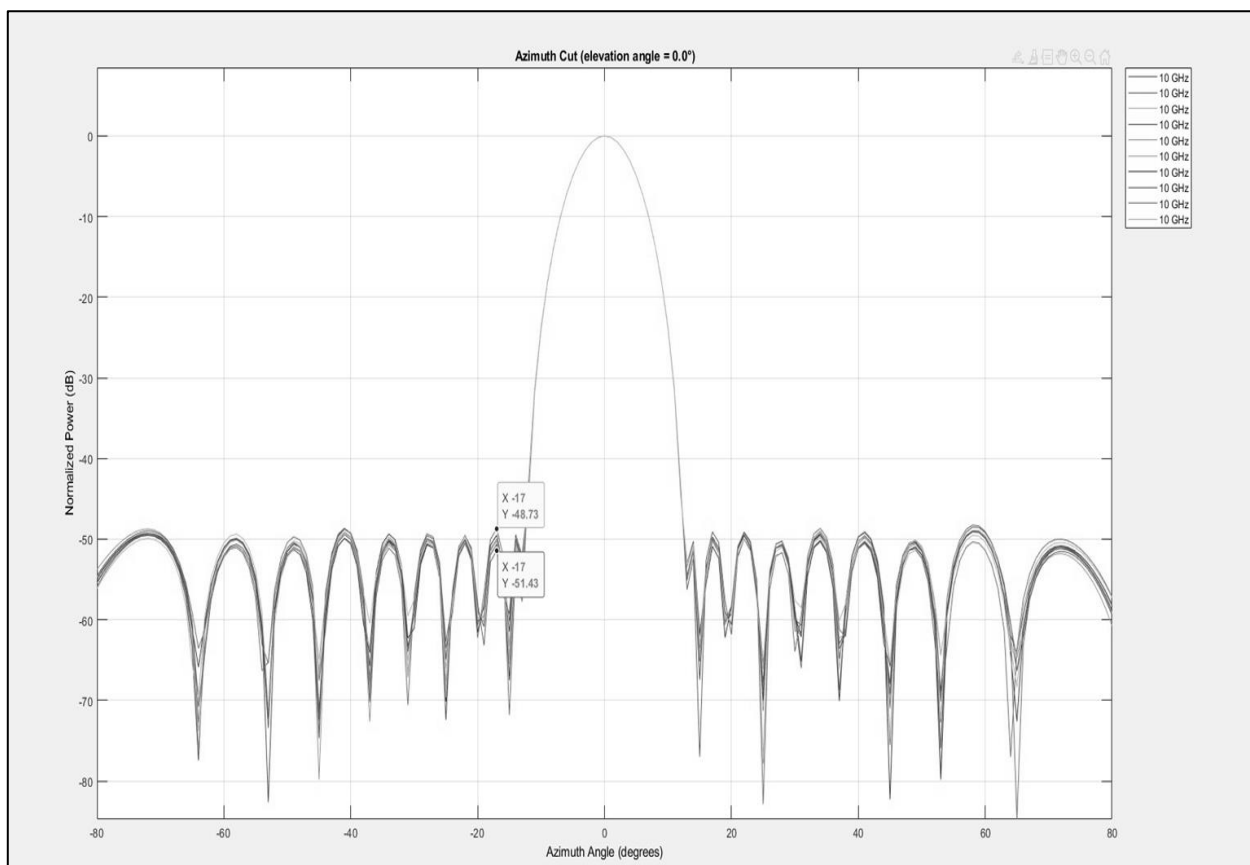


Рисунок 1. УБЛ -50 дБ при СКО установки фазы 0.4°

Как итог, уровень боковых лепестков минус 50 дБ, амплитудно-фазовое распределения сигналов в апертуре антенны, сохранения КПД антенны и косинус на пьедестале – конструктивной основой для создания АФАР X-диапазона с предельно-низким уровнем боковых лепестков -50 дБ от несущей.

Литература и источники:

1. Куприянов Павел Васильевич. АФАР X-диапазона с предельно-низким уровнем боковых лепестков. НПП «Исток им. Шокина, АО, Фрязино, 2022.
2. В.А. Иовдальский, А.Г. Далингер, И.А. Соколов, М.С. Карасев. Приемопередающие модули АФАР СВЧ-диапазона. НПП «Исток им. Шокина, АО, Фрязино, 2022.

РАЗРАБОТКА ДЕТЕКТОРА МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ СВЧ ДЛЯ МОДУЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА

Ефимова М.А.¹

Научный руководитель: инженер 2 категории Кобзаренко Г.В.²

Для эффективного функционирования многих систем радиопередачи необходимо производить автоматическую регулировку выходной мощности (АРМ) передающих устройств. Входной сигнал узлов АРМ формируется детектором мощности путем преобразования СВЧ сигнала в постоянное напряжение [1].

Целью настоящей работы является разработка гибридной интегральной схемы диодного детектора мощности СВЧ для системы АРМ зондирующего сигнала (ЗС) на основе отечественной электронной компонентной базы, имеющим следующие параметры: рабочий диапазон частот 6-8 ГГц; КСВН входа не более 1,5; выходные напряжения $(0,4 \pm 0,1)$ В и $(0,15 \pm 0,05)$ В; неравномерность выходных напряжений 0,5 дБ; температурный режим минус 50...+75°С.

С помощью системного моделирования модуля формирования ЗС определен уровень мощности во входном плече ответвителя детектора, с учетом потерь в канале модуля. После чего рассчитана мощность, поступающая во вторичный канал ответвителя, а также определена величина переходного ослабления.

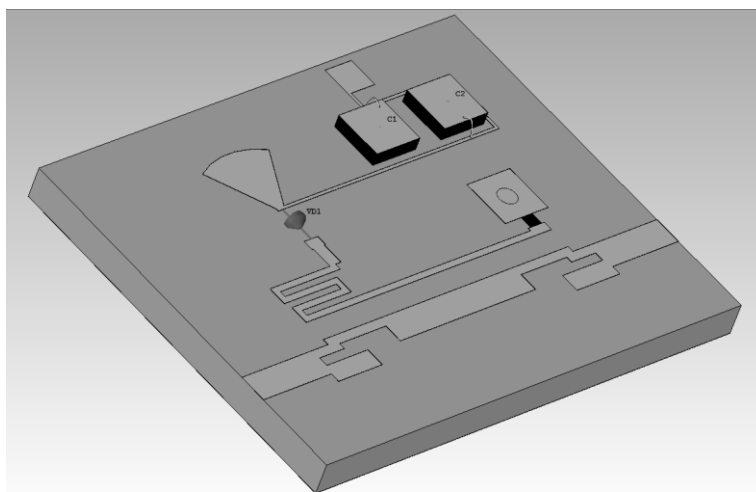


Рисунок 1. Детектор мощности 6–8 ГГц

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

Получены предварительные эскизы топологий ответвителя и фильтра нижних частот, после чего на их основе построена параметрическая модель детектора для расчета СВЧ структуры с помощью электромагнитного анализа. Результатом проектирования является модель опытного образца платы детектора мощности СВЧ, представленная на рис. 1.

Цепь детектора, формирующая выходной сигнал, содержит операционный усилитель, используемый в качестве высокоомной нагрузки детектора, обеспечивающей расширение диапазона напряжений при детектировании мощности сигнала [2].

Представленный последовательный метод расчета детектора мощности с использованием нескольких систем автоматизированного проектирования обеспечивает выполнение технических требований и позволит достичь малого расхождения параметров, полученных при проектировании, с результатами измерения, полученных после изготовления образца.

Литература и источники:

1. СВЧ Электроника /А. Загородский, А. Черепанов // Детекторы мощности сигналов СВЧ компании «Микран», 2016 г., №1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://microwave-e.ru/wp-content/uploads/scvh_1_00web_all.pdf

СТАЦИОНАРНЫЙ РАДАРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВКОЙ СОСТАВОВ

Зарнадзе Г.Г.¹, Дмитрук О.В.², Поздняк Н.Д.³

Научный руководитель: с.н.с., к.т.н., Демшевский В.В.⁴

В настоящее время остро встает вопрос о безопасности. Для контроля безопасной остановки поездов существуют радиолокационные измерители скорости.

Целью данной работы является:

- разработка структурной схемы радиолокационного измерителя скорости;
- обзор имеющихся аналогов железнодорожного радиолокационного измерителя скорости и их сравнение с разрабатываемым устройством.

Существуют следующие аналоги разрабатываемого устройства: ТЕМРОМАТ R, Альфа-ВП-1-8 и ДКСН-15. Все перечисленные аналоги работают на основе эффекта Доплера. Общий недостаток для всех устройств аналогов – высокая стоимость устройств и их ремонта. Разрабатываемый радар: устанавливается стационарно на железнодорожных сортировочных горках рядом с рельсовыми путями; измеряет скорость проходящих мимо вагонов; используется в составе автоматических систем роспуска железнодорожных составов.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

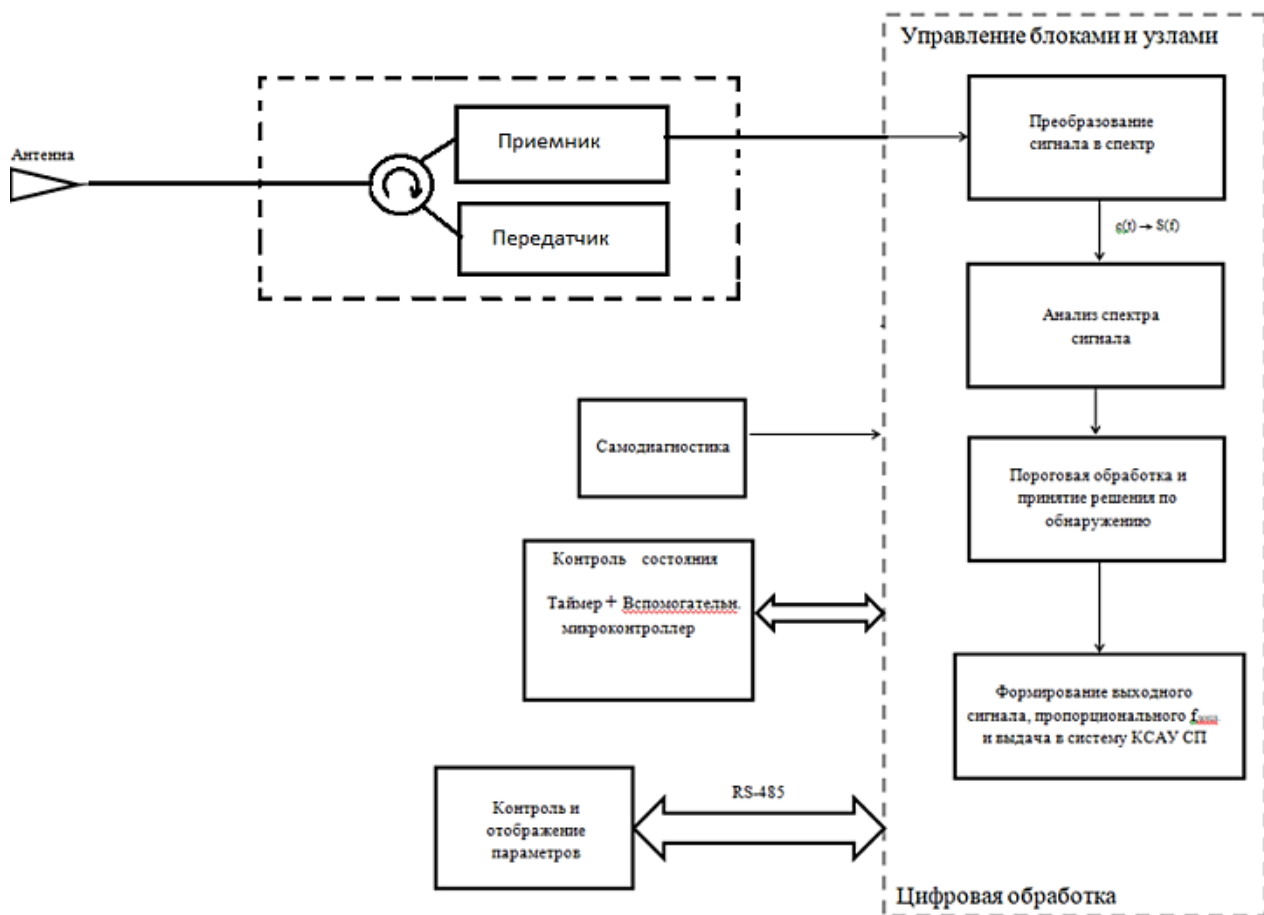


Рисунок 1. Структурная схема разрабатываемого радиолокационного измерителя скорости

Блок цифровой обработки находится в микроконтроллере STM32G431. Их можно реализовать с помощью программного обеспечения.

В результате выполнения данной работы были изучены аналоги разрабатываемого устройства и разработана структурная схема разрабатываемого устройства. Параметры разрабатываемого устройства соответствуют требованиям ТЗ.

Литература и источники:

1. Радиотехника, от истоков до наших дней, учебное пособие, Каганов В.И., 2018.
2. Радиолокация (направление «Радиотехника»): учебное пособие. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2018. – 44 с.
3. RM0214 – Programming manual, 2020.
4. RM0440 – Reference manual, 2022.

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК QAM 1024

Ворожко А.А.¹, Оганезов П.В.², Сторин П.А.³

Научный руководитель: профессор, д.т.н., Куприянов П.В.⁴

Целью данного сообщения является моделирование приемопередатчика QAM 1024 и формулирование требований к приемному и передающему трактам для реализации данного приемопередатчика.

QAM 1024 широко используется в цифровых телекоммуникационных системах, таких как Wi-Fi 802.11, WiMAX, LTE. Преимуществом QAM 1024 является экономия частотного ресурса, обусловленная увеличением количества бит на один символ передаваемой информации. Данный тип модуляции является самым продвинутым на сегодняшний день, но самым тяжелым в реализации трактов приема и передачи информационных потоков.

Обеспечение низкой вероятности возникновения битовой ошибки при передаче сигнала с высокими значениями номера QAM является на современном этапе развития радиоэлектронных технологий сложной технической задачей. Она обусловлена большим количеством уровней амплитуды и фазы сигналов, расположенных близко друг к другу и, как следствие, повышением вероятности неразличимости уровней. Таким образом, чем выше значение номера QAM, тем более система требовательна к отношению сигнал/шум, а также к требованиям приемопередающих трактов, а именно неравномерности их амплитудно-частотных характеристик и фазо-частотных характеристик в полосе передачи сигнала.

При моделировании приемопередатчика QAM 1024 за основу была взята доступная модель для QAM64. И просчитаны требования для данного случая в целях дальнейшей реализации QAM 1024. Модель была соответствующим образом скорректирована, чтобы адекватно задать более жесткие требования для реализации приемопередатчика QAM 1024.

Отдельное внимание уделено требованиям к линейности передающего тракта для обеспечения необходимого уровня подавления интермодуляционных искажений выходного сигнала приемопередатчика и способам ее достижения.

¹ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

² Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

³ Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино

⁴ АО «НПП „Исток“ им. Шокина»

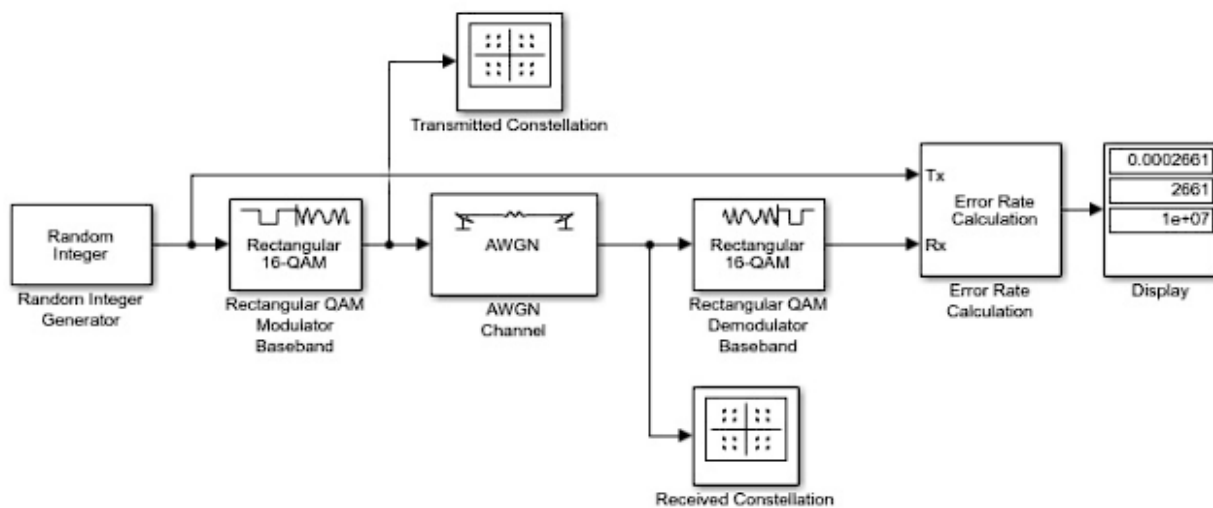


Рисунок 1

Литература и источники:

1. Воробьев, С.Н. Цифровая обработка сигналов / С.Н. Воробьев. – М.: Academia, 2018. – 64 с.
2. Солонина, А.И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB / А.И. Солонина. – СПб.: BHV, 2018. – 560 с.

Научное издание

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
V СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ФИЛИАЛА РТУ МИРЭА В Г. ФРЯЗИНО**

Материалы конференции

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 14.03.2023. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 3,49. Тираж 30 экз. Изд. № 21. Заказ № 119.

МИРЭА – Российский технологический университет
119454, Москва, пр. Вернадского, д. 78