

Брагин А.И.

*Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук К.К. Храмов  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: www.bragin2015@yandex.ru*

### **Анализ и модернизация измерителя температуры и влажности**

Работоспособность и здоровье человека зависят от условий микроклимата, воздушной среды жилых и общественных помещений. Учеными была найдена связь между здоровьем человека и микроклиматом в рабочем и жилом помещении. Обеспечение основных показателей микроклимата является главной задачей специалистов по строительной теплофизике, вентиляции, отоплению и кондиционированию воздуха.

Микроклимат – это комплекс физических факторов внутренней среды помещений, которые оказывают влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека. К основным микроклиматическим показателям можно отнести: температуру, влажность, скорость движения воздуха и давление.

Воздействие комплекса микроклиматических факторов отражается на теплоощущении человека и обуславливает особенности физиологических реакций организма. Если основные показатели микроклимата не соответствуют норме, то это вызывает изменения тонуса мышц, периферических сосудов, деятельности потовых желез, теплопродукции. В основных гигиенических нормативах показаны основные теплотехнические требования к современным ограждающим конструкциям здания и системам вентиляции и отопления.

Основными параметрами микроклимата должны обеспечиваться и контролироваться по всему объекту, для этого в ГОСТ 30494-2011 показано в каких местах должны проводиться измерения, а также допустимые отклонения в различных местах рабочей зоны [1]:

- отклонение по температуре воздуха 2 градуса цельсия для оптимальных показателей и 3 градуса цельсия - для допустимых;

- отклонение по влажности - 7 % оптимальных, 15% - для допустимых;

- отклонение по скорости движения воздуха - соответственно 0,07 и 0,1 м/с;

Для точного измерения показателей микроклимата используют термометры.

Показатели микроклимата в производственных помещениях зависят от:

- климатического пояса и сезона года;
- характера технологического процесса и вида используемого оборудования;
- условий воздухообмена;
- размеров помещения;
- числа работающих людей и т.п.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» основными показателями микроклимата являются [2]:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Измерение вышеуказанных данных является обязательным для всех организаций и предприятий в рамках производственного контроля.

В данной работе проводится исследование и модернизация применяемого в производственных помещениях устройства измерения температуры и влажности (ИТВ). ИТВ является электрическим измерителем температуры и влажности, который используется для проверки микроклимата в помещении, при проверке изделий на соответствие конструкторской

документации, а также при контроле температуры и влажности на рабочих местах для улучшения условий работы.

При модернизации устройства были расширены его функциональные возможности: кроме измерения температуры и влажности добавлены датчик давления и выносной датчик температуры и влажности с дальностью до 100 м. Связь между основным устройством и выносным датчиком температуры и влажности осуществляется в беспроводном виде по радиоканалу.

В докладе рассматривается структурная и принципиальная схема модернизированного измерителя температуры, влажности и давления, приводятся его основные характеристики и параметры, а также результаты исследования. Даются рекомендации по применению разработанного прибора в производственных помещениях и офисах.

### Литература

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ГОСТ 30494-2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>

2. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>

Горелов М.Ю., Федотов П.Д.  
Научный руководитель к.т.н., доцент каф. РТ Докторов А.Н..  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: misha.gorelov.91@mail.ru, fedotovp836@gmail.com

### Принцип работы и описание прибора для проверки электронных компонентов «Транзистор-тестер»

Существует много различных способов проверки электронных компонентов. В настоящее время большую популярность приобрел прибор под названием «транзистор-тестер». Внешний вид прибора показан на рис. 1. Первые версии данного прибора могли проверять только транзисторы, с этим и связано распространенное название прибора. Транзистор-тестер — это универсальный цифровой измерительный прибор, в новых версиях способный проверять не только транзисторы, но и другие элементы, как полупроводниковые — тиристоры, симисторы, диоды, так и пассивные: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности [1].

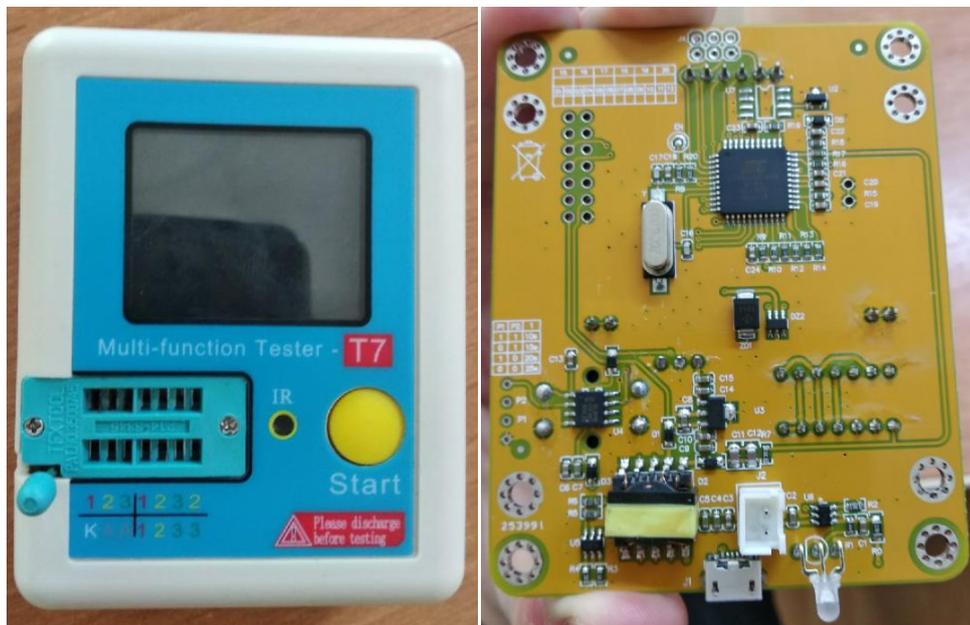


Рис. 1 – Внешний вид прибора и печатная плата с микроконтроллером

Основой прибора является микроконтроллер серии АТМЕГА, имеющий в своем составе несколько каналов АЦП, позволяющих измерять напряжение и ток на подключаемых измеряемых электронных компонентах.

Многофункциональный тестер Т7 поставляется в корпусе белого цвета. Отличается большим количеством функций, есть окно (IR) для проверки ИК-диодов, в результате чего на дисплей выводится код, переданный диодом. Управление осуществляется нажатием на одну кнопку. Данная модель имеет встроенный Li-ION аккумулятор, однако его емкость мала – 100-300 мАч, время работы от аккумулятора - 2-3 часа. Прибор оснащен модулем зарядки от micro-USB, и при необходимости может работать от питания через данный разъем.

При первом включении транзистор-тестера происходит калибровка и самотестирование, в ходе которой нужно сначала замкнуть три вывода на ZIF-панели, а затем снять перемычку и установить конденсатор ёмкостью более 100 нФ.

Проверка элементов осуществляется следующим образом [2]. Для подключения элементов есть ZIF-панель. Это специальная панель с рычажным зажимом для подключения радиоэлектронных компонентов, она используется чаще всего на программаторах и в

универсальных тестерах компонентов. Зажимы ZIF-панели промаркированы цифрами, если цифры повторяются, то это означает, что эти зажимы соединены между собой. Так сделано для подключения измеряемых компонентов с разными расстояниями между выводами.

После подключения элемента к тестеру нужно нажать на кнопку. На экран выведется графическое обозначение компонента, с его цоколевкой и характеристиками (в случае определения параметров и исправности). Если деталь неисправна, то выдаст “No unkown, damage part”. Измерение происходит с задержкой в 1-2 секунды, так как прибор сначала выполняет самотестирование.

Транзистор-тестер позволяет определять параметры и цоколевку следующих полупроводниковых элементов: двухвыводные компоненты – диоды, стабилитроны, светодиоды (показывает напряжение, при котором начинает свечение); трехвыводные – транзисторы (mosfet – ёмкость затвора и напряжение открытия, биполярные – падение напряжения и hFE), тиристоры и симисторы. Кроме того, проверяет сборки из диодов Шоттки в трёхвыводных корпусах.

Прибор позволяет проводить измерения следующих параметров пассивных компонентов:

для резисторов - сопротивление; конденсаторов - ёмкость, Vloss – падение напряжения после импульса зарядки, ESR – эквивалентное последовательное сопротивление; дросселей и катушек индуктивности - индуктивность, сопротивление постоянному току.

При использовании следует помнить о особенностях и ограничениях большинства транзисторов-тестеров. Мощные тиристоры прибор может распознавать как неисправные или как транзисторы. Стабилитроны может определить, как диоды, производителем заявлено нормальное распознавание стабилитронов с напряжением стабилизации менее 4,5V. Микросхемы и трёхвыводные интегральные стабилизаторы прибор не определяет и не проверяет. Динисторы не проверяет, из-за их высокого напряжения срабатывания. Конденсаторы большой ёмкости также не распознаёт, при указанных пределах измерения емкости от 30 пФ до 100 мФ. Индуктивность измеряется в пределах от 0,01 мГн до 20Гн. Варисторы видит как конденсаторы. Однонаправленные супрессоры определяет как диоды.

Транзистор-тестер, рассматриваемый в данной работе, не имеет защиты входов. Это значит, что можно сжечь вход, если начать измерять заряженный конденсатор, или подать на вход высокое напряжение. Поэтому нужно разряжать конденсаторы перед проверкой.

Таким образом, исследованный прибор подходит для быстрой, простой проверки на работоспособность основных электронных компонентов. Для точных измерений параметров элементов необходимо использовать специальные измерительные приборы.

### Литература

1. А. Бартош. Для чего нужен транзистор-тестер [Электронный ресурс] <https://samelectrik.ru/tranzistor-tester.html>
2. Универсальный тестер радиокомпонентов [Электронный ресурс] <https://go-radio.ru/universalniy-tester-radiokomponentov.html>

Гусев М.А.

Научный руководитель: преподаватели ГБПОУ ВО МКРП М.А. Староверов, к.т.н Т.Г. Кострова.

ГБПОУ ВО «Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения»

602267 г.Муром, Владимирская обл. ул. Комсомольская, д.55

E-mail: mtrp@narod.ru

### Цифровой регулируемый блок питания

Цифровой регулируемый блок питания — это надежный источник электропитания, обладающий стабильными выходными параметрами и имеющий двойной запас по мощности. На его передней панели в общем случае должны размещаться: Стрелочные и цифровые измерительные приборы (вольтметр, амперметр); органы управления.

В результате анализа схем блоков питания, было решено сделать импульсный цифровой блок питания. Так как у такого типа блоков питания КПД может достигать 98%, имеет небольшой вес, у него есть много встроенных элементов защиты.

Целью работы является исследование и разработка выбранной схемы цифрового регулируемого блока питания.

В настоящее время источник вторичного электропитания (ИВПЭ) является одним из наиболее важных устройств электроники. Следовательно, надежность устройства зависит от того, насколько надежен ИВПЭ. Поэтому с учетом всего выше сказанного разработка ИП, а именно цифрового регулируемого блока питания, позволяющего формировать высокочастотные стабилизированные значения напряжения, а также контролировать потребляемый ток, является актуальной.

Блок питания позволяет выдавать напряжение от 1 до 25 Вольт и ток от 0 до 4 Ампер. Устройство собрано на плате размерами 47x68мм. Цифровой регулируемый блок питания содержит сетевой выпрямитель, который выпрямляет переменное напряжение сети, высокочастотный преобразователь (инвертор), который преобразует постоянное напряжение, полученное от выпрямителя в высокочастотное напряжение прямоугольной формы, выходной выпрямитель, который преобразовывает переменное напряжение в постоянное, этот принцип работы указан в структурной схеме рисунок 1.

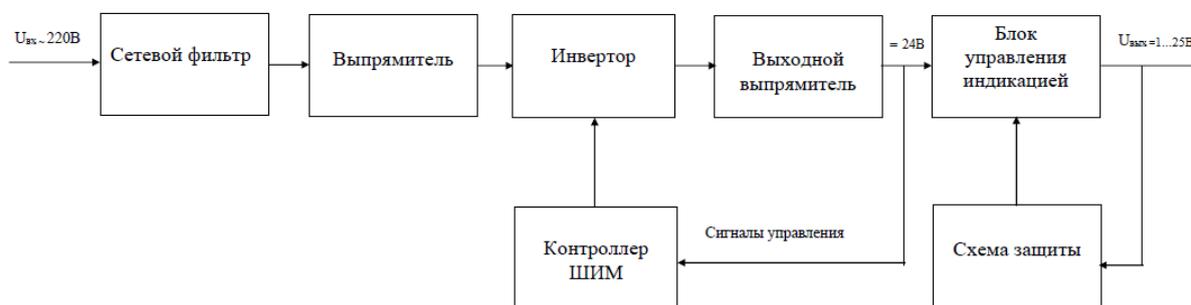


Рисунок 1 – Структурная схема цифрового регулируемого блока питания

Схема индикатора состоит из двух ОУ LM358, DC-DC преобразователя XL4015E1, контроллера для LCD дисплея 32x4 с управлением памяти HT1621В и сам LCD дисплей, микроконтроллера n76e003at20. Принципиальная схема устройства показана на рисунке 2.

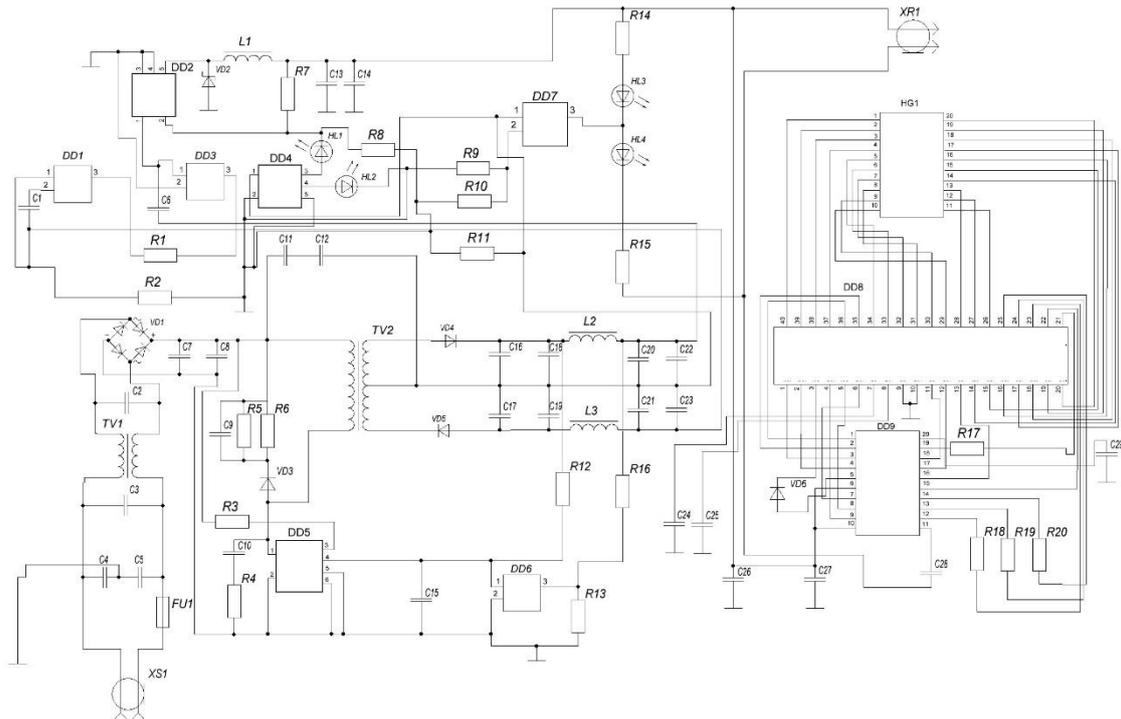


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная цифрового регулируемого блока питания  
 Данное устройство экономически целесообразно, так как стоимость изготовления составила - 1150 рублей, а средняя стоимость покупного аналога составляет – 2950 рублей.

Достоинствами данного блока питания является то, что он имеет простую схему, требует небольшого количества элементов, имеет малые габариты, обладает необходимой надежностью, имеет возможность регулировать напряжение и ток, а также очень просто в использовании и имеет малую стоимость в сравнении с готовыми аналогами.

### Литература

- 1) Акимов Н.Н, Ващуков Е.П. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА / Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков. – 1-е изд., 2019. – 218 с.
- 2) Баранов В.В. Электрические и электронные компоненты устройств и систем / В.В. Баранов – 2-е изд., 2019. – 137 с.
- 3) Парфенов, Е. М. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие для вузов / Е.М. Парфенов; — М.: Солон, 2013.- 316с
- 4) Грачев, А.А. Конструирование электронной аппаратуры / А.А. Грачев. – 3-е изд., 2019. – 280 с.
- 5) Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб, пособие / И. С. Гоноровский. - М.: Дрофа, 2019 – 719 с.

Дьяков М.С.

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Д.Н. Романов  
Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: max12diakov@yandex.ru*

### **Устройство управления микроклиматом малого промышленного предприятия**

Микроклимат производственных помещений – это микроклиматические условия производственной среды помещений, такие как температура, влажность, давление. Перечисленные условия влияют на организм человека и следовательно его продуктивность в работе.

Исследования показали, что человек может жить при атмосферном давлении 560-950 мм ртутного столба. Атмосферное давление на уровне моря 760 мм ртутного столба. Такое давление является комфортным для человека. Как повышение, так и понижение атмосферного давления на большинство людей оказывает негативное влияние. С понижением давления ниже 700 мм ртутного столба наступает кислородное голодание, что сказывается на работе головного мозга и центральной нервной системы.

Санитарно-гигиенические, метеорологические и микроклиматические условия не только влияют на состояние организма, но и определяют организацию труда, то есть, продолжительность и периодичность отдыха работника и обогрева помещения.

Таким образом, санитарно-гигиенические параметры воздуха рабочей зоны могут быть физически опасными и вредными производственными факторами, оказывающими существенное влияние на технико-экономические показатели производства.

Для контроля и управления микроклиматом было разработано устройство на базе Arduino, снабженное датчиками температуры, влажности, давления и углекислого газа. К достоинствам данного устройства можно отнести, компактность, небольшой вес, большой диапазон рабочих температур, низкое энергопотребление.

Таблица 1. Основные параметры устройства

Рабочее напряжение	3.6-5V.
Средний потребляемый ток	250-300 mA.
Рабочая температура	-40 +50 C
Рабочая влажность	До 98%
Масса	Не более 500г.
Габаритные размеры	110 x 80 x 30 мм

Устройство управления микроклиматом состоит из корпуса, платы Arduino nano (для управления всеми датчиками и считывания с них информации), цифрового датчика температуры, давления и влажности BME280, инфракрасного датчика CO<sub>2</sub> MH-Z19, дисплея 2004 i2c, сенсорного модуля.

Устройство обеспечивает контроль и управление микроклиматом малого промышленного предприятия. Изменение показаний датчиков отображается на дисплее устройства, при отклонении показаний от нормированных значений подается предупреждающий сигнал, и формируются команды для исполнительных устройств, компенсирующих изменение контролируемых параметров.

Ермаков С.А.

*к.т.н., доцент каф. УКТС Суржик Д.И.*

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: 89506024047@bk.ru*

### **Анализ уровней модели OSI для сетей связи FANET**

Сетевая модель OSI (The Open Systems Interconnection model) для летающих самоорганизующихся сетей связи (FANET) на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) описывает различные уровни передачи данных. Важность рассмотрения данной модели состоит в том, что она является общепринятой мировым инженерным сообществом и на каждом уровне определяет структуру информационного обмена.

В данной работе проводится анализ нижних уровней сетевой модели OSI, к которым относят физический, канальный, сетевой и транспортный [1].

Физический уровень (physical layer) отвечает за основную передачу данных по физическим каналам, формирование электрических сигналов, кодирование информации, синхронизацию и модуляцию. На физическом уровне используется стандарт связи 802.11, который определяет основные параметры беспроводного канала передачи данных. На данном уровне используются следующие несущие частоты: 433 МГц, 868 МГц, 900-915 МГц, 1,2-1,3 ГГц, 2,4-2,483 ГГц, 5,8 ГГц. Для модуляции сигнала используются такие виды цифровых модуляций и их уплотнения, как OFDM, QAM, BPSK, FSK, PSK, а в качестве кодирования - сверточное, турбо-кодирование, LDPC-кодирование и использование кодов Рида-Соломона.

Канальный уровень (data link layer) предназначен для адресации и управления доступа к физическим каналам связи. При этом адресом канального уровня служит MAC-адрес. Канальный уровень разделяется на подуровни: подуровень доступа к среде (англ. media access control, или medium access control, MAC), который каждому элементу сети приписывает свой серийный номер, подуровень специальных сервисов линии передачи данных и подуровень установления соединения, связи. Для решения проблем скрытого и незащищенного узла служит механизм доступа к каналу на основе протокола CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance или Carrier sensing multiple access with collision avoidance).

Сетевой уровень (network layer) осуществляет маршрутизацию. В связи с этим задачами сетевого уровня является объединение сетей, построенных на основе разных технологий; обеспечение качественного обслуживания; маршрутизация, поиск пути от отправителя информации к получателю через промежуточные узлы сети. На данном уровне поддерживаются различные протоколы. Протокол TBRPF (Topology dissemination base on reverse-path forwarding) заранее строит маршрут между узлами и поддерживает на каждом узле активную таблицу маршрутизации. Важной частью протокола является механизм управления соединениями, при котором узлы распространяют информацию об установленных логических соединениях по сети. Задержка доставки пакетов при использовании этого протокола практически отсутствует. Протокол AODV (Ad hoc On-Demand distance Vector) является реактивным протоколом динамической маршрутизации, использующим дистанционно векторный алгоритм для вычисления маршрутов. Протокол был разработан для улучшения производительности сети и уменьшению издержек на передачу сообщений, которые являются управляющими. Сетевой уровень поддерживает также реактивный протокол DSR (англ. Dynamic Source Routing) - динамический протокол маршрутизации, в котором маршруты будут строиться тогда, когда по ним передаются пакеты данных. Когда происходит передача данных, пакеты проходят по всем возможным путям и все данные заносятся в заголовок. После этого, при достижении цели, заголовок пакета будет содержать полностью пройденный маршрут между

заданными узлами, но если возникает петля, то пакет уничтожается узлом. Протокол DOLSR (англ. Directional Optimized Link State Routing Protocol), проактивный протокол, разработанный на базе протокола OLSR (англ. Optimized Link State Routing Protocol), который имеет преимущество в направленной антенне. Данный протокол динамической маршрутизации на основе состояния канала, направленный на работу в сетях с высокой плотностью узлов, который использует три вида управляющих сообщений: приветствие, контроль топологии и объявление множественного интерфейса для получения информации о топологии сети.

Транспортный уровень (transport layer) включает в себя функции по обеспечению надежности (так как передаваемые сообщения должны доходить до адресата без потерь), защиты от перегрузки (которая влияет на коэффициент доставленных пакетов, увеличение задержки, возможность столкновения с другими БПЛА), управлению потоком. К протоколам транспортного уровня относят протоколы TCP и UDP [2].

Проведенный анализ модели OSI позволяет использовать полученные результаты для моделирования сетевого обмена в сетях связи FANET с помощью специализированных программных средств (например, OPNET) путем изменения параметров различных уровней для оценки их влияния на качество передачи данных с помощью БПЛА.

#### **Литература**

1. Чертова О.Г., Чиров Д. С. Построение опорной сети связи на базе малоразмерных беспилотных летательных аппаратов с отсутствием наземной инфраструктуры // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2019. Т. 11. № 3. С. 60–71. doi: 10.24411/2409-5419-2018-10269
2. Tareque M.H., Hossain M.S., Atiquzzaman M. On the Routing in Flying Ad Hoc Networks // Proc. of the Federated Conf. on Computer Science and Information Systems. 2015.

Княгинин Д.А.

*Научный руководитель: к. т. н., доц. каф. ЭРЭиЭС Школин А.Н.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Брянский государственный технический университет»  
241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7  
kniaginin.dmitrij@yandex.ru*

### **Разработка программного обеспечения для автоматизации процесса периодической аттестации тестера микросхем ШИМ-контроллеров**

Эксплуатация автоматизированных измерительных (тестовых) комплексов требует регулярного контроля. Одним из наиболее часто применяемых его видов – это периодическая аттестация, которая проводится в целях проверки работоспособности, метрологических характеристик и выполнения калибровки. При этом, сложность измерительных средств на прямую влияет на объем манипуляций, выполняемых в процессе проверки адекватности проведения измерения и отработки функциональных возможностей системы в целом.

Большинство измерительных комплексов, применяемых для контроля параметров микросхем ШИМ-контроллеров, содержат в своем составе многофункциональные источники-измерители, каналы осциллографов, программируемые реле, аналоговые компараторы [1] и др. В связи с выше сказанным, существует необходимость в автоматизации операций, предназначенных для подтверждения работоспособности измерительных комплексов различных конфигураций.

В рамках данной работы разработана и передана в эксплуатацию программа проверки автоматизированных средств измерения «АТоМ-93 verification.exe». Данная программа обеспечивает проверку автоматизированной системы для измерения электрических параметров микросхем ШИМ-контроллеров типов 1290ЕУх «АТоМ-93», который разработан в ФГБОУ ВО «БГТУ» и успешно применяется при тестировании микросхем как на этапе изготовления полупроводниковых пластин, так и на этапе выполнения финишных операций сборки и корпусирования микроэлектронных изделий на предприятии АО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ», г. Брянск [2-4]. На рисунке 1 приведен фрагмент графического интерфейса программы «АТоМ-93 verification.exe».

Программа «АТоМ-93 verification.exe» выполнена с помощью среды визуального программирования NI LabVIEW 2018. Разработанная программа позволяет в автоматическом режиме выполнить проверку метрологических характеристик измерительных модулей и блоков, входящих в тестер «АТоМ-93», а именно:

- проверка пределов погрешности режимов задания и измерения токов и напряжений, в которых задействованы модули, входящие в состав PXIe-шасси тестера «АТоМ-93» (PXIe-4139, PXIe-4137, PXIe-41342);
- проверка характеристик тестера, формируемых при активации модулей осциллографа (PXIe-5114) и многофункционального модуля DAQ (PXIe-6230);
- проверка параметров пассивных компонентов (прецизионных резисторов и конденсаторов), входящих в состав основного адаптера и тест-адаптера;
- проверка погрешности измерения динамических параметров (измерение длительности и частоты импульсного сигнала), в том числе времени нарастания и времени спада импульсного выходного напряжения с точностью до единиц наносекунд.

Последняя из перечисленных возможностей была достигнута в том числе и за счет применения разработанного алгоритма программной обработки записываемых в память осциллограмм напряжений. В соответствии с этим алгоритмом в программе выполняется статистическая обработка последовательности импульсов, записанных в память тестера, а также линейная интерполяция кривой переднего и заднего фронта импульса на основе метода наименьших квадратов.

В результате работы программы формируется xls-файл протокола, содержащий результаты измерений, согласно формы, применимой сотрудниками метрологической службы предприятия.

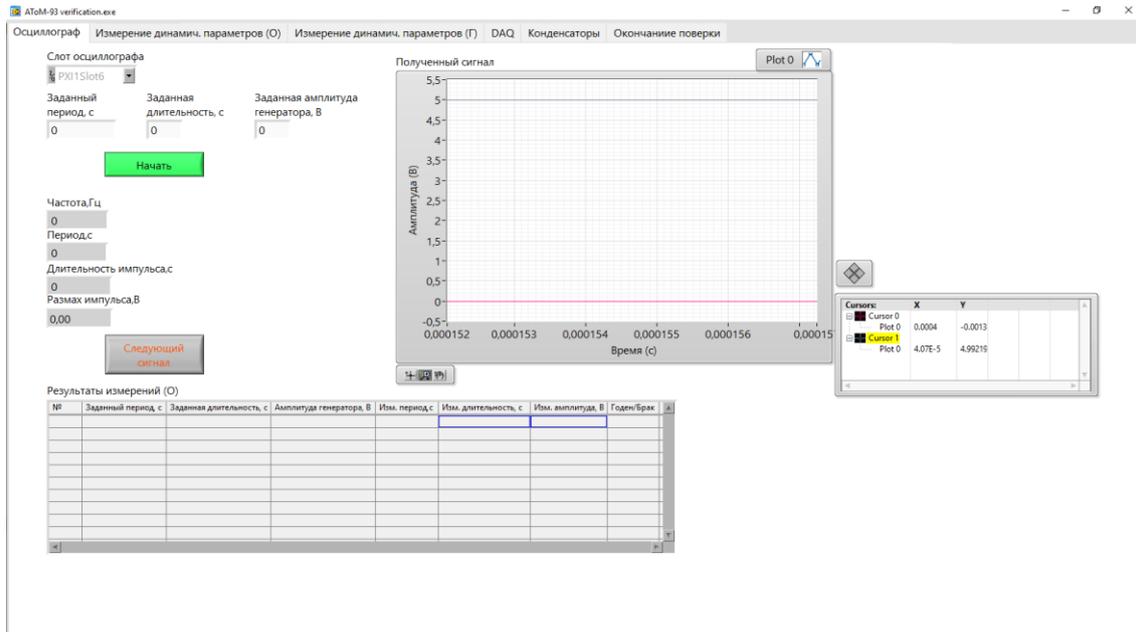


Рис. 1. Фрагмент графического интерфейса программы «АТоМ-93verification.exe»

### Литература

1. Дракин, А.Ю. Контроль параметров аналоговых микросхем, силовых диодов и транзисторов / А.Ю. Дракин, А.Н. Зотин В.Ф., Потапов Л.А. – СПб.: Лань, 2018. – 284 с.
2. Дракин, А.Ю. Разработка автоматизированных измерительных комплексов для испытаний микросхем высокочастотных импульсных преобразователей напряжения / А.Ю. Дракин, А.Н. Школин // Электронные средства и системы управления – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2017. – С. 168-172.
3. Патент RU185532. Тестер микросхем высокочастотных импульсных преобразователей напряжения / Дракин А.Ю., Зотин В.Ф., Потапов Л.А., Школин А.Н., Бутарев И.Ю.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО БГТУ (RU). - 185532U1; заявл. 12.02.2018; опубл. 07.12.2018 бюл. № 34. – 1 с.
4. Shkolin, A.N. Development of automated measurement systems for testing integrated circuits of switching converters / A.N. Shkolin, A.Y. Drakin, V.F. Zotin // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). – IEEE, 2018. – P. 1-4.

Коростин Д.В.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент А.И. Рымов  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А».  
E-mail: dan.korostin9@gmail.com*

### **Особенности синхронизации позиций в многопозиционной радиолокационной системе воздушного базирования**

Многопозиционной радиолокационной системой (МПРЛС) называется РЛС, состоящая из нескольких разнесенных в пространстве передающих, приемных или приемопередающих позиций, в которой осуществляется совместная обработка радиолокационной информации, получаемой этими позициями.

Сущность применения МПРЛС состоит в том, что они способны более эффективно, чем в однопозиционных РЛС использовать информацию, извлеченную в пространственных характеристиках электромагнитного поля рассеяния целью. В отличие от одиночных позиций, извлекающих данные от вражеских объектов только из участка поля (при этом, когда поле рассеяния информации создается во всем окружающем пространстве), **МПРЛС могут получать данные из нескольких разнесенных в воздушном пространстве участков поля рассеяния. Это, в свою очередь, позволяет повысить ряд особенно важных характеристик РЛС (надежность, разрешающую способность, точность определения координат и др.).**

В соответствии с возможными типовыми тактическими ситуациями предполагается следующее распределение функций между летательными аппаратами (ЛА) в составе группы по организации МПРЛС:

– ведущий ЛА в паре (группе) формирует и выдерживает траекторию выхода в боевое соприкосновение с целями (автономно или по командам КП), назначает и управляет боевым порядком в паре (группе), управляет режимами работы бистатической РЛС, осуществляет оценку воздушной обстановки и выбор целей для атаки, контролирует реализацию атаки и осуществляет управление пущенными ракетами;

– ведомые ЛА выдерживают заданный боевой порядок, управляют системами, формирующими МПРЛС в процессе поиска целей, выдают информацию об обнаруженных целях ведущему (или ретранслируют отраженные от цели сигналы), осуществляют прием команд целеуказания от ведущего и реализуют его команды по способу атаки и ведения огня.

Так как в рассматриваемой системе МПРЛС основным приоритетом является повышение точности определения координат и параметров движения самолетов противника, то необходимо осуществить синхронизацию позиций. Для эффективного функционирования всего комплекса МПРЛС необходимо выполнение следующих требований: должна быть выполнена взаимная синхронизация позиций по местоположению, времени и частоте. В ряде случаев должны быть предусмотрены каналы передачи данных между соседними позициями, причем объем и сложность аппаратуры напрямую зависят от выбранного типа МПРЛС, взаимной удаленности и подвижности позиций. Совместное управление может быть ограничено распределением целей между отдельными позициями или обеспечивать решение более сложных задач, таких как согласованное и автономное сканирование воздушного пространства соседними позициями, выбор частот излучения и приема отраженных сигналов от цели, типов зондирующих сигналов, использование определенных алгоритмов обработки информации, управление пространственным положением отдельных позиций.

При взаимной синхронизации разнесенных позиций МПРЛС по времени необходимо использовать дополнительный канал передачи данных, основанный на применении специализированных межпозиционных линий связи. При разработке системы будет использоваться комплекс связи, состоящий из двух радиостанций. Бортовые связные радиостанции дециметрового диапазонов волн предназначены для обеспечения телефонной и телекодовой связи самолетов между собой и наземными пунктами. Радиостанции будут обеспечивать беспойсковую и бесподстроечную телекодovou связь позиций в пределах прямой

видимости так, что в момент излучения позицией зондирующего сигнала на цель, генератор тактовых импульсов (расположенный на каждой позиции) будет передавать сигнал соседним позициям зашифрованный код времени излучения сигнала. Причем на каждой позиции должны быть установлены высокостабильные часы. В мирное время каждая позиция будет обмениваться данными о текущем местоположении и времени с системой ГЛОНАСС, тогда как в условиях боевого соприкосновения с противником и при постановке помех обмен информацией с ГЛОНАСС будет затруднен, что и объясняет использование высокостабильных часов на каждой из позиций. Далее отраженный сигнал от цели принимается каждой позицией, на которых измеряется время задержки и определение дальности до целей. После этого каждая позиция отправляет результаты по тому же каналу связи на пункт обработки информации, где принимается решение об истинной дальности до цели.

Позиции МПРЛС помимо системы ГЛОНАСС будут синхронизировать свое текущее местоположение с помощью систем ДИСС (доплеровский измеритель скорости и угла сноса), ИНС (инерциальная навигационная система), РСБН и РСДН (радиотехнические системы ближней и дальней навигации). Данный комплекс взаимосвязанных систем будет способствовать измерению параметров воздушного движения позиций с довольно-таки низкой погрешностью.

Взаимную синхронизацию по частоте можно осуществить аналогично синхронизации по времени. При передаче данных о девиации частот необходимо обеспечить стабильность частоты генератора для того, чтобы ошибки измерений были минимальными. Для этого предлагается установить кварцевый генератор прямого синтеза, который сможет обеспечить решение данной проблемы. Для данного генератора необходимо обеспечивать периодическую сверку со стандартами частоты для исключения накапливаемой погрешности, возникаемой из-за нестабильности частоты. Таким стандартом может послужить частотомер.

Взаимную синхронизацию позиций посредством синхронизации фаз осуществить невозможно, так как сигналы передаются на сверхвысокой частоте, что при передаче радиолокационных сигналов требует наличия широкополосного канала обмена данными. В условиях воздушного базирования данный канал обеспечить крайне тяжело, что и влияет на возможность синхронизации позиций по фазе.

Таким образом, проанализировав все вышеизложенное, в статье рассмотрена многопозиционная РЛС, в которой проблема синхронизации позиций будет решаться следующими модификациями: установка на МПРЛС высокоточной навигационной системы (ГЛОНАСС), обеспечивающей точное определение собственного местоположения позиций; дополнительного канала передачи данных (бортового комплекса связи), основанного на использовании радиостанций, способных обеспечить межпозиционную связь и телекодированный обмен информацией, позволяющей обеспечить синхронизацию позиций по времени и местоположению; установка при предполетной подготовке ВС на аэродромах базирования закона модуляции зондирующего сигнала, передача девиации частоты в передаваемом сигнале для повышения помехоустойчивости и снижения информационного объема; установка кварцевых генераторов прямого синтеза, обеспечивающих относительно высокую стабильность частоты.

### Литература

1. Дудник П.И. Авиационные радиолокационные комплексы и системы. ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского, 2006 г. 1112с.
2. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Т. 2. М.: Радиотехника, 2018г. 486 с.

Кузнецов Д.В.

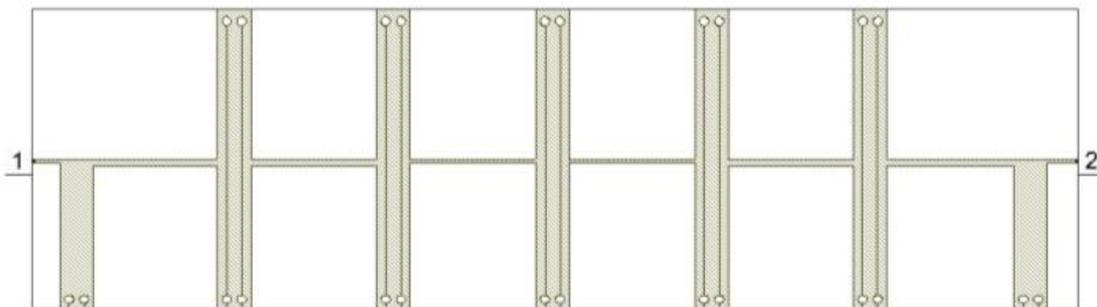
*Научный руководитель: д.т.н. доцент, преподаватель ФРЭКС Федосеева Е.В.  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: lawlasnas@gmail.com*

### Моделирование сверхширокополосных полосковых СВЧ фильтров, встроенных в печатную плату

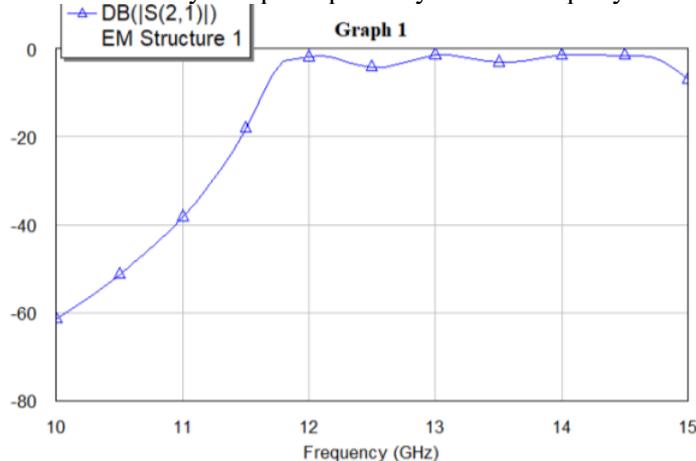
Современные тенденции радиотехнических систем связаны с переходом на интегральные технологии исполнения СВЧ устройств при предварительном моделировании их характеристик, позволяющей максимально учесть влияние как совокупности элементов всего функционального узла, так характеристики и параметры практического исполнения. Для уменьшения габаритов и повышения технологичности СВЧ устройств предполагается использование встроенного в печатную плату полоскового фильтра, которые имеют лучшие тепловые характеристики.

В данной работе выполнено моделирование полоскового СВЧ полосового фильтра. Данный фильтр является полосковым полосно-пропускающим фильтром, имеющим многослойную структуру состоящую из 5 слоев и заземлением сверху и низа платы, которые расположены на определенном расстоянии. Данная схема имеет исходные данные:  $f_0=10$  ГГц, затуханием в полосе пропускания 1 дБ, ширину полосы пропускания по уровню минус 2 дБ  $BW(2 \text{ дБ}) = 2,6$  ГГц, коэффициент прямоугольности по относительным уровням затухания 2 и 60 дБ  $K_{2/60} \approx 2,2$ .

Данная модель фильтра представляет собой полосковый полосно-пропускающий фильтр 7-го порядка имеющий габаритные размеры (ДхШ): 34,55 x 10,0 x 0,435 мм. Фильтра был построен в программе AWR Microwave office.



Данный фильтр имеет частотную характеристику полосно-пропускающего фильтра



Результат теоретических данных и результатов моделирования различаются, при построении фильтра действенная частота оказалась выше и находится в пределах от 12 ГГц до 16 ГГц.

#### **Литература**

1. Маклашов В.А. Модульная технология VPX в технике РЭБ / В.А. Маклашов // Радиотехника. – 2016. – No 1. – С. 28-31.
2. Матей Д. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. «Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи». Том 1. - М., Связь, 1972.

Мамеев Б.Б

*Научный руководитель: к. т. н, доцент Рымов А.И  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная  
Академия имени профессора Н.Е Жуковского и Ю.А Гагарина»  
394052, г.Воронеж, ул. Старших Большевиков 54а  
E-mail: mameevb@bk.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

Многопозиционная радиолокационная система (МПРЛС) имеет разнесенные в пространстве несколько приемных и передающих позиций, пункт общей обработки информации, а также имеются линии связи с помощью которого передается информация от отдельных позиций на пункт обработки. Основная идея МПРЛС состоит в том, чтобы более эффективно использовать информацию, содержащуюся в пространственной структуре электромагнитного поля. При облучений цели поле рассеяния создается во всем пространстве. Однопозиционная РЛС извлекает информацию о цели только из одного малого участка поле, соответствующей апертуре приемной антенны. В МПРЛС и системах информация извлекается из нескольких пространственных разнесенных участков поля рассеяния цели.

По используемому методу радиолокации МПРЛС делятся на активные, пассивные и активно пассивные. Активные содержат хотя бы одну передающую позицию и служат для наблюдения за неизлучающими целями. Пассивные состоят только из приемных позиций и служат для наблюдения за излучающими целями (работающими РЛС, источниками помех и т.п.). Активно-пассивные служат для наблюдения за обоими типами целей, при этом информация извлекается как из отраженныхот целей сигналов, так и из принятого собственного излучения целей. В таких РЛС активный и пассивный режимы работы взаимно дополняют друг друга, например, в случае постановки активных помех с одного из самолетов.

По степени пространственной когерентности различают МПР пространственно-когерентные, с кратковременной пространственной когерентностью и пространственно-некогерентные. Так для пространственно-когерентной МПРЛС характерно, что взаимные фазовые сдвиги сигналов в разнесенных позициях и линиях связи являются известными и сохраняются неизменными на интервалах времени значительно превышающих длительность сигнала. В МПРЛС с кратковременной пространственной когерентностью считают, что к началу каждого интервала приема и обработки сигнала соотношение начальных фаз сигналов случайно и не несет полезной информации, следовательно, взаимную фазовую стабильность аппаратуры сохраняют лишь в пределах малой длительности обрабатываемых сигналов. В пространственно-некогерентной МПРЛС фазовая информация полностью исключается в результате детектирования этих сигналов до их совместной обработки.

По уровню объединения информации МПРЛС делятся на четыре типа: с объединением радиосигналов (на высокой или промежуточной частоте), видеосигналов, единичных измерений параметров, и объединений траекторий целей. При объединении радиосигналов на совместную обработку передается совокупность сигналов от всех приемных позиций МПР. При этом до объединения сохраняется вся информация о целях и источниках помех, имеющаяся на входах приемных позиций. В таких системах требуются использование высокоскоростных линии связи с большой пропускной способностью. При объединении видеосигналов на каждой позиций происходит детектирование сигналов, после чего от приемных позиций передается на пункт обработки информации на совместную обработку. Переход от объединения радиосигналов к объединению видеосигналов незначительно снижает требования к пропускной способности линий связи, так как для передачи таких сигналов требуется меньшая скорость передачи данных по линиям связи, чем в МПРЛС с объединением радиосигналов. Так как после детектирования теряется фазовая информация у принятых сигналов. При объединении единичных измерений параметров сигналов на каждой приемной позиций проводится первичная обработка принятых сигналов, включая обнаружение

сигналов, режекция узкополосных помех, измерение параметров сигналов. По каналам связи для совместной обработки передаются единичные замеры параметров сигналов, что позволяет существенно снизить требования и скорость передачи данных по линиям связи. При объединении траекторий на каждой приемной позиции проводится не только первичная обработка сигналов, но и вторичная обработка данных, где в результате этого формируется траектория целей. Параметры траекторий сопровождаемых целей передаются для совместной обработки, в результате которой дополнительно отсеиваются “ложные” и уточняются “истинные” траектории. Требования к скорости передачи информации в этом случае может быть снижена по сравнению с аналогичными требованиями для МПРЛС с совместной обработкой единичных параметров сигналов. Таким образом, чем выше уровень объединения информации, то есть чем меньше информации теряется в каждой позиции до совместной обработки, тем выше энергетические и информационные возможности МПР, но тем сложнее весь комплекс и выше требования, предъявляемые к пропускной способности линий связи. К линиям связи предъявляются различные требования, однако не маловажным является скорость передачи данных. При увеличении скорости передачи данных влечет за собой возрастание количества случайных помех способных исказить хранимые, обрабатываемые и передаваемые данные. Это обуславливает актуальность разработки и использования новых алгоритмов и методов, позволяющих обнаруживать и корректировать ошибки. В данных условиях особого внимания заслуживают помехоустойчивые коды, позволяющие эффективно бороться со случайными ошибками в канале.

В помехоустойчивом кодировании для повышения помехоустойчивости канала связи используют избыточные коды. При передаче цифровой информации от приемных позиций на пункт обработки информации необходим кодер (он же шифратор), с помощью которого происходит преобразование наборов  $k$  входных двоичных символов источника в наборы из  $n$  выходных символов, где помимо информационных символов добавляются дополнительные символы, т.е. число символов  $n$  на выходе кодера превышает  $k$  символов на входе. Принцип помехоустойчивого кодирования заключается в том что при введении избыточности (дополнительных символов) была возможность обнаруживать и исправлять ошибки, возникающие при передаче по каналу связи. Наиболее широко для помехоустойчивого кодирования используются код с проверкой на четность, код Хэмминга, код БЧХ. Код с проверкой на четность очень простой метод для обнаружения ошибок в передаваемом пакете данных, с помощью данного кода мы не можем восстановить данные, но можем обнаружить только лишь одиночную ошибку. Его суть заключается в следующем. На передающем конце канала связи устройство кодирования проводит подсчет числа логических «1» в передаваемом двоичном кодовом слове. Если сумма «1» оказывается нечетной, в конец передаваемой кодовой комбинации добавляется «1», а если нет, то «0». На приемном конце канала связи проводится аналогичный подсчет, и если контрольная сумма (число единиц в принятой кодовой комбинации) будет нечетной, то принимается решение о том, что при передаче произошло искажение информации, в противном случае принятая информация признается достоверной.

Код Хэмминга обеспечивает обнаружение двух ошибок и исправление одиночных ошибок при минимально возможном числе дополнительных проверочных бит, поэтому в целях передачи информации между позициями неэффективно использовать. Коды БЧХ предназначены для коррекций многократных ошибок, и сводится к определению минимального кодового расстояния этих кодов или к установлению максимальных значений кратностей гарантированно исправляемых или обнаруживаемых ошибок.

Таким образом, использование помехоустойчивых кодов повышает вероятность целостности передаваемого сообщения и увеличивает надежность канала связи и ее достоверность, при передаче информации между позициями

### Литература

1. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Второй том. М.: Радиотехника, 2018г. 483 с.
2. Дудник П.И. Авиационные радиолокационные комплексы и системы. ВВИА имени профессора Н.Е Жуковского, 2006г. 1112 с.



Маркив Р.А.

*Научный руководитель: доктор технических наук, проф. В.В. Костров  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: andreymbolshev2@yandex.ru*

### **Разработка облика малогабаритной радиолокационной станции Ки-диапазона для комплекса охраны**

Охранные РЛС предназначены для обнаружения и идентификации движущихся объектов на открытой земной и водной поверхностях, а также в воздушном пространстве (человек, группа людей, транспортные средства, лодка, катер, самолет и др.). Современный уровень технического развития беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) и дистанционно управляемых дронов, а также их доступность, привели к возникновению целого ряда угроз с воздуха для охраняемых объектов. И здесь речь идет не только о незаконной съемке (коммерческом, промышленном или политическом шпионаже), но и серьезной угрозе жизни. Даже если на данный момент БПЛА и дроны имеют недостаточную грузоподъемность для несения боезаряда, представляющего значительную опасность, то в скором времени их совершенствование может привести к тому, что эти устройства вполне могут стать носителями для стрелкового вооружения, распылителей отравляющих веществ и т.п. Именно поэтому радиолокационные комплексы охраны объектов становятся всё более актуальными.

Целью данной работы является разработка малогабаритной радиолокационной станции Ки-диапазона для комплекса охраны не уступающей по параметрам современным отечественным и зарубежным образцам.[2]

Радиолокационный метод обнаружения основан на использовании радиоволн определенной частоты. Радиолокационная станция, которая находится в центре охраняемого объекта, излучает их, либо в заданном направлении, либо циркуляционно на 360. Радиоволны отражаются от движущегося транспортного средства, и возвращаются на станцию, где и анализируются. Основным аналоговым устройством для анализа является импульсный радиолокатор, который работает в Ки диапазоне. Анализ осуществляется на основе эффекта Доплера — когда волны, отражённые движущимся объектом, порождают большие искажения, чем от статичного. Частотный диапазон используемых радиоволн позволяет применять РЛС совместно с другими устройствами для контроля периметра, в том числе и беспроводными. Наиболее эффективно они сочетаются с системами периметрального видеонаблюдения, в состав которых входят тепловизоры.[1,3] Кроме определения движущихся целей РЛС, охрана периметра выполняет и другие функции:

- определяет точные динамические координаты нарушителя, оперативно вносит изменения в соответствии с его передвижениями;
- измеряет скорость движения объекта;
- может определять класс некоторых транспортных средств (в основном наземных и довольно приблизительно — легковые или грузовые автомобили).

Дальность распознавания человека, у различных моделей, составляет 1-1,5 км. Дальность распознавания транспортного средства, включая его координаты, скорость и направление 1,5-3 км.

### **Литература**

1. Бакулев П.А.. Радиолокационные системы. Учебник для вузов – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.
2. Воскресенский Д.И.. Антенны с обработкой сигнала. Учебное пособие для вузов - М.: Сайнс-пресс 2002г.
3. Сайбель А.Г. Основы радиолокации - Советское радио 1961г.

Матерухин С.Е.

*Научный руководитель доктор техн. наук, профессор Ромашов В.В.  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: materukhin.sergey@mail.ru*

### Генератор опорной частоты на основе резонатора поверхностных акустических волн

Разработка и создание цифровых систем синтеза радиочастотных сигналов требует высококачественных малошумящих генераторов опорной частоты (ГОЧ). Чем выше стабильность частоты и максимальная частота выходного сигнала ГОЧ, тем лучше условия работы цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС), формирующего радиосигнал методом прямого цифрового синтеза. Доступные сегодня ЦВС могут генерировать сигнал с частотой от менее 1 Гц до 400 МГц (при частоте тактового сигнала 1 ГГц). Высокая частота на выходе ГОЧ требуется для обеспечения режима прямого тактирования, когда отключаются встроенные умножители частоты тактового сигнала на системах фазовой автоподстройки частоты, и общая спектральная плотность мощности фазовых шумов ЦВС уменьшается [1-3].

В обычных случаях ГОЧ представляет собой кварцевый автогенератор, но его выходная частота не превышает 100 МГц. Генераторы на ПАВ (поверхностная акустическая волна) работают на частотах от 10 МГц до 3 ГГц, то есть более высоких, чем кварцевые генераторы. Добротность резонаторов несколько ниже кварцевых  $Q = 100-10000$ , несколько ниже и стабильность, определяемая материалом, из которого изготавливаются резонаторы - плавленый кварц. Зато они более технологичны и разнообразны по схемам, имеют малые габариты, массу, большую механическую прочность и дешевы при массовом производстве.

Был разработан и исследован генератор опорной частоты на ПАВ резонаторе с выходной частотой 304 МГц и 433 МГц. Принципиальная схема генератора опорной частоты построена на основе генератора Колпица. Для проведения схемотехнического моделирования с помощью программы MicroCAP использована эквивалентная электрическая схема ПАВ резонатора, представляющая собой реактивный двухполюсник с динамической индуктивностью  $L_D$ , динамической емкостью  $C_D$ , статической емкостью  $C_0$  и сопротивлением  $R_D$ , характеризующим внутренние потери в резонаторе [6, 7]. На основе выражений, приведенных в [5], произведены расчеты параметров элементов эквивалентной схемы ПАВ-резонатора для частот 304 и 433 МГц.

На рисунке 1 представлены схемотехнические модели ГОЧ, выполненные в программе MicroCAP 12 [8] с эквивалентной схемой резонаторов на частоты 304 МГц и 433 МГц, по которым был проведен анализ переходных процессов во временной области и спектров выходного сигнала.

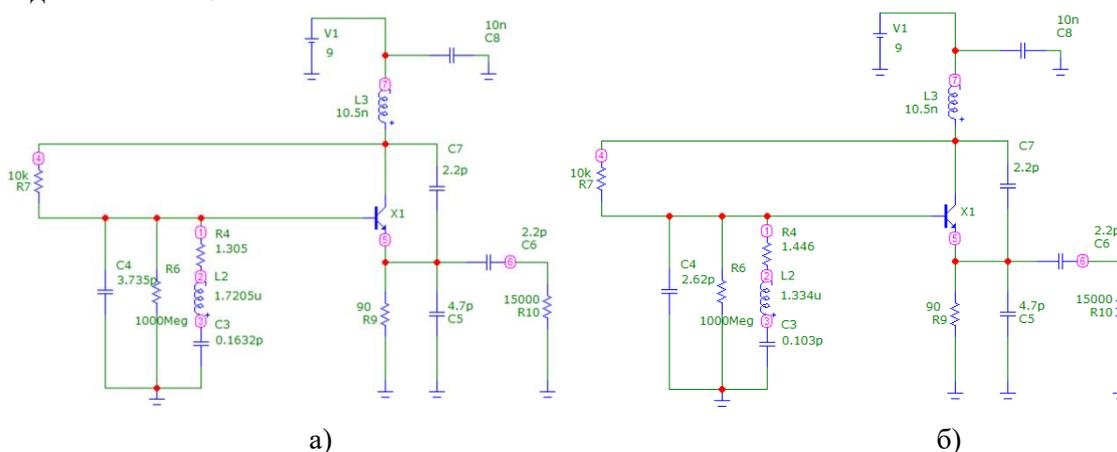
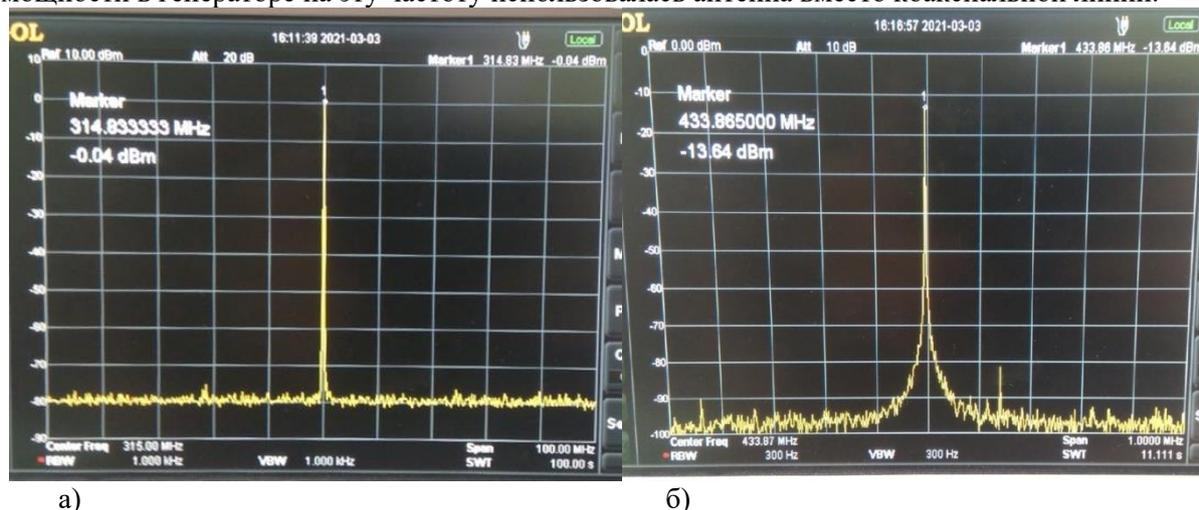


Рис. 1. Генератор с ПАВ резонатором в виде эквивалентной схемы на частоте:  
а) 304 МГц; б) 433 МГц

В предварительных исследованиях по данной теме выяснено, что для работы отладочного модуля с ЦВС AD9910 необходима высокая мощность выходного сигнала ГОЧ, в случае если форма данного сигнала - синусоидальная. Ориентировочная мощность выходного сигнала ГОЧ для сигнала с частотой 304 МГц равна +10 дБм для 433 МГц +15 дБм.

Для экспериментальной проверки работоспособности были изготовлены опытные образцы генераторов опорной частоты на ПАВ с выходными частотами 315 МГц и 433 МГц. Спектры выходных сигналов данных ГОЧ, измеренные с помощью спектроанализатора Rigol DSA1030A, показаны на рис.2.

На практике мощность генератора на 315 МГц составила 0 дБм, что меньше расчётной на 3.49 дБм. На частоте 433 МГц мощность меньше расчётной на 19.05 дБм, однако, для замера мощности в генераторе на эту частоту использовалась антенна вместо коаксиальной линии.



а)

б)

Рис. 8. Спектр выходного сигнала генератора опорной частоты на ПАВ  
а) первая гармоника с частотой 315 МГц б) первая гармоника с частотой 433 МГц

Таким образом, были разработаны математические модели генераторов опорной частоты на ПАВ резонаторах с выходной частотой 304 МГц и 433 МГц. В ходе исследования была получена реализация выходного сигнала во временной области и его спектр. Расчеты реализованы в реальные опытные образцы генераторов опорной частоты на ПАВ с выходными частотами 315 МГц и 433 МГц.

По результатам исследований изготовленных макетов ГОЧ на ПАВ резонаторах можно сделать вы-вод, что сигнал генератора с частотой 304 МГц необходимо усилить перестраиваемым усилителем мощности на величину 10 дБм. Кроме того, необходимо произвести повторные исследования выходного сигнала ГОЧ с частотой 433 МГц, заменив антенну на коаксиальный кабель и согласовав выход генератора ГОЧ с 50-ти омным входом спектроанализатора.

### Литература

1. Опорный генератор для СЧ и ВЧ синтезаторов радиочастот [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cqf.su/technics/technics4-2.html>, свободный – (10.05.2020)
2. Устройства генерирования и формирования сигналов [Электронный ресурс]: научнообразоват. модуль в системе дистанц. обучения Moodle / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. С. А. Гудков, А. А. Потудинский. - Электрон.текстовые и граф. дан. - Самара, 2013. – 1 эл. опт.диск (CD-ROM)/
3. Ромашов, В.В. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот / В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, К.К. Храмов, А.Н. Докторов, К.А. Якименко // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014. - №1 – С.5-20
4. АО «Научно-исследовательский институт «Элпа» // [www.elpariezo.ru](http://www.elpariezo.ru) (дата обращения: 25.11.2020)
5. Дворников А. А., Огурцов В. И., Уткин Г. М. Стабильные генераторы на ПАВ. М.: Радио и связь. 1983.

6. И. В. Веремеев Разработка широкополосных ВЧ ПАВ-резонаторов// АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения»- Омск,2016 - №4 – с.102-109.

7. Мартынов А. В.,Никонова Г. С. Моделирование ВЧ-генератора с ПАВ-резонатором // Техника радиосвязи. 2019. Вып. 4(43). С. 103–110. DOI10.33286/2075-8693-2019-43-103-110.

8. Micro-Cap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spectrum-soft.com/index.shtml>, свободный – (25.11.2020)

Мольков А.В.

Научный руководитель к.т.н., доцент каф. радиотехники Докторов А. Н.  
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
 E-mail: molkov.photo@yandex.ru, doctorov\_a\_n@mail.ru

### Преобразователь огибающей спектра выходного сигнала радиочастотного ЦАП

В настоящее время широкое развитие получили радиотехнические системы передачи данных на основе технологии Massive MIMO[1-3]. Данная технология подразумевает использование многоантенных приемопередающих систем с когерентными настраиваемыми источниками радиосигналов. Важной особенностью технологии является адаптация систем на ее основе к изменениям параметров канала радиосвязи и пространственно-временное разнесение каналов связи с абонентами. При этом рабочие частоты данных систем постоянно увеличиваются для достижения наибольших скоростей передачи данных. Радиосистемы на основе технологии Massive MIMO используют передовые разработки в области прямого цифрового синтеза - цифровые вычислительные синтезаторы на основе быстродействующих цифроаналоговых преобразователей (ЦАП)[2].

В этой работе проводится анализ работы структурной схемы данного преобразователя, использующего специальный режим работы RF, характеризующийся изменением огибающей спектра выходного сигнала для повышения эффективности применения высокочастотных компонент спектра – образцов основной частоты цифрового синтеза. В этом режиме на выходе быстродействующего ЦАП создаются разнополярные высокочастотные импульсы, переключающиеся за время одного периода тактовой частоты ЦАП. В качестве выходного каскада данных ЦАП используется метод преобразования в режиме напряжения, а в тракте данных используется настраиваемая логика микширования, показанная на рис. 1, для создания более высокочастотного лепестка и использования выходного сигнала в первой или второй зоне Найквиста[4].

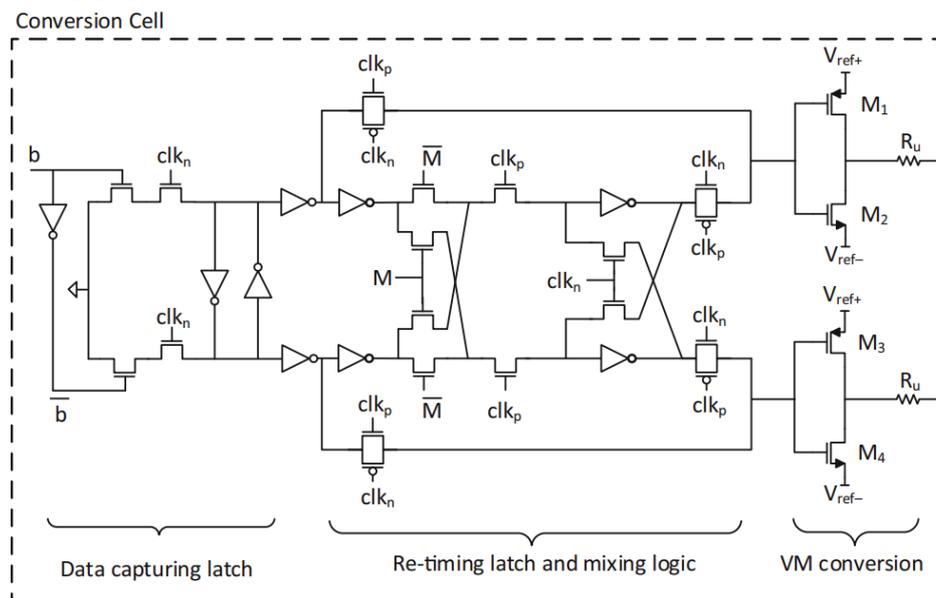


Рис.1. Принципиальная схема ячейки преобразователя кода одного разряда быстродействующего ЦАП в режиме RF

На рис. 1 показана принципиальная схема на уровне транзисторов единичной ячейки преобразования кода для создания режима RF, состоящей из защелки сбора данных, защелки повторной синхронизации и логики микширования, а также каскада преобразования в режиме

напряжения. Сигнал  $b$  - это входной бит для каждой ячейки, использующий дифференциальный тактовый сигнал  $clk_p$  и  $clk_n$  с временами нарастания и спада 5 пс. Сигнал  $M$  выбирает режим микширования (RF) или режим основной полосы частот ЦАП.  $V_{ref+}$  и  $V_{ref-}$  - напряжения опорных источников выходного каскада для создания разнополярных импульсов.

С помощью программы MicroCAP 12 была промоделирована работа ячейки преобразователя данных кода быстродействующего ЦАП, построенного на основе КМОП-ключей и инверторов. Для этого сначала создана модель двухстороннего ключа на транзисторах КМОП, использующая импульсы переключения, формируемые дифференциальным тактовым сигналом (рис. 2).

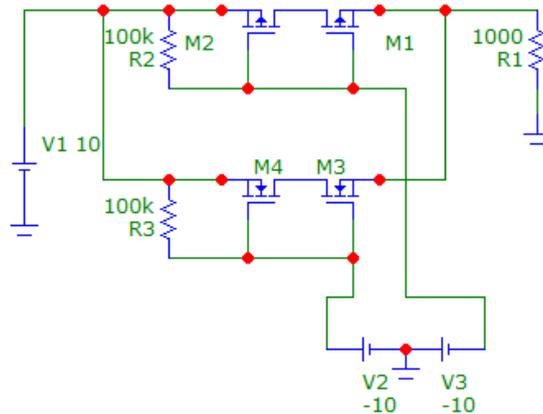


Рис. 2 – Модель двухстороннего ключа на КМОП-транзисторах

Каждый бит данных после прохождения через логику микширования (ячейки преобразователей, аналогичные показанной на рис. 1) подается на переключатели, реализованные с помощью транзисторов, выполненных по технологии КМОП. Современные виды КМОП транзисторов в интегральном исполнении имеют высокие скорости переключения, поэтому в современных быстродействующих ЦАП достигаются высокие рабочие частоты и переключение выходного сигнала.

В дальнейшем планируется моделирование преобразователя данных ЦАП на четыре бита данных.

### Литература

1. M. Reza Sadeghifar, Håkan Bengtsson, J. Jacob Wikner. A voltage-mode RF DAC for massive MIMO system-on-chip digital transmitters // *Analog Integrated Circuits and Signal Processing* (2019) 100:683–692
2. Майер, К., Маклаурин, Д., Фан, Дж., Бал, С., Энджелл, К., Гизель, О., Маккормик, М., Манглани, М., Шуберт, Р., Реджианнини, Б., Корнблюм, Дж., Ву, Л., Леонард, Л., Бхал, С., Каган, А., Монтальво, Т. (2016). Передатчик прямого преобразования для малых сотовых базовых станций со встроенным цифровым предскажемением в 65-нм CMOS. На международной конференции по твердотельным схемам IEEE (стр. 63–66).
3. Lin, C.H., van der Goes, F. M. L., Westra, J. R., Mulder, J., Lin, Y., Arslan, E., et al. (2009). 12-битный ЦАП 2,9 Гвыб / с с IM3 \ 60 дБн за пределами 1 ГГц в 65-нм CMOS. *Журнал IEEE по твердотельным схемам*, 44 (12), 3285–3293.
4. V. V. Romashov, A.N. Doktorov, K. A. Yakimenko, N. A. Sochneva Application high-speed digital-to-analog converters for direct digital synthesis of high-frequency radio signals // *Journal of Physics: Conference Series*. Volume 1632. Russian open scientific conference «Modern problems of remote sensing, radar, wave propagation and diffraction» (MPRSRWD) 2020 23-25 June 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1632/1/012023.

Николаев И.Д.

*Научный руководитель: преподаватели ГБПОУ ВО МКРП М.А. Староверов, к.т.н  
Т.Г. Кострова.*

*ГБПОУ ВО «Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения»*

*602267 г.Муром, Владимирская обл. ул. Комсомольская, д.55*

*E-mail: mtrp@narod.ru*

### **Устройство слежения за солнцем**

Устройство слежения за солнцем (трекер) – устройство, которое позволяет следить за движением солнца по небосводу, перемещая солнечную панель в ту сторону, где больше освещённости. За счёт этого, поглощение лучей солнца происходит наиболее эффективно, что способствует повышению КПД. [1]

Данный прибор может применяться в качестве самостоятельного устройства для слежения за перемещением солнца в домашних условиях, либо в качестве основы для более сложных устройств, применяющиеся в промышленности. [1]

Солнечные трекары подразделяются на несколько видов:

1. С одной осью вращения.
2. С двумя осями вращения. Данный вид трекаров способен вращаться сразу в двух направлениях.
3. Трекары с полярно-ориентированной осью вращения — Polar aligned single axis trackers (PASAT)
4. Трекары с двумя осями вращения и опорной плоскостью — Azimuth-altitude dual axis tracker (AADAT).
5. Трекары с двумя осями вращения на несущем столбе -Tip—tilt dual axis tracker (TTDAT).

[2]

В проекте изготавливается солнечный трекары с одной осью вращения.

Основой устройства служит микроконтроллер Arduino UNO. Именно за счёт него и работает устройство, используемое в проекте. К микроконтроллеру подключаются датчики – фоторезисторы, за счёт которых происходит поглощение света. После этого процесса Arduino UNO посылает команду на сервопривод, который осуществляет поворот платформы. Микроконтроллер, с входным напряжением 5В, может питаться как от блока питания, так и от компьютера.

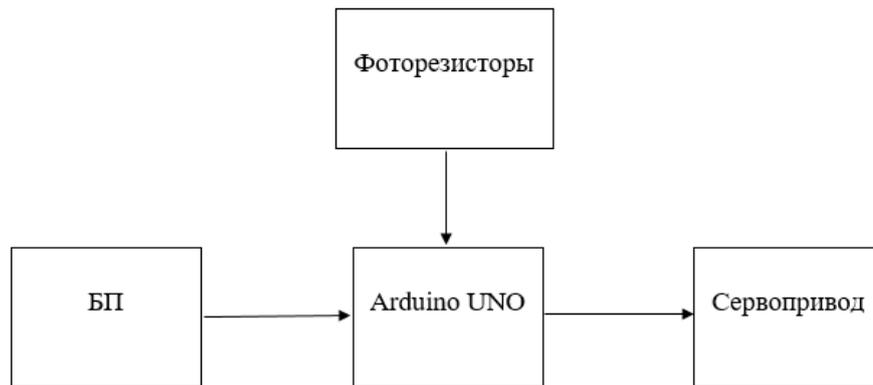


Рис. 1 – Схема электрическая структурная устройства слежения за солнцем

Итак, как было сказано выше, именно за счёт микроконтроллера Arduino UNO (DD1) осуществляется работа устройства. Он периодически считывает значения с двух датчиков (R2 и R3) и сравнивает их. Если значения с датчиков одинаковы, значит панель наведена на солнце. В случае, если значение одного из датчиков отличается от другого, контроллер дает команду на серводвигатель (J1) для поворота платформы. Команда на серво (J1) работает до тех пор, пока значения с датчиков не сравняются. Два датчика фоторезистора (R2, R3) направлены в разные стороны от плоской поверхности на  $45^\circ$ , т.е. относительно друг друга фоторезисторы ориентированы на  $90^\circ$ . Свет попадает на фоторезисторы, они дают сигнал на контроллер Arduino (DD1), тот, в свою очередь, пропускает сигнал, поступающий от фоторезисторов через пин 5 на пин 6, к которому подключен серводвигатель, заставляющий поворачивать платформу с солнечной батареей в ту сторону, где больше света. [1]

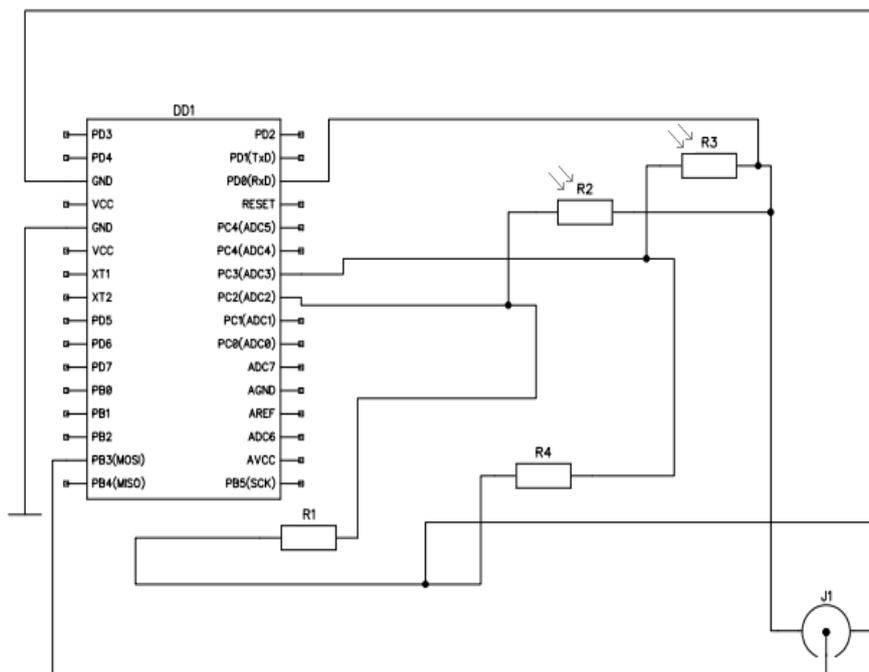


Рис. 2 – Схема электрическая принципиальная устройства слежения за солнцем

Достоинства представленного в проекте устройства слежения за солнцем:

- повышение мощности солнечных модулей на 30%
- простой монтаж, работа в автоматическом режиме
- работоспособность конструкции в зимнее время
- независимость от ориентации скатов кровли и возможность проектирования систем различных размеров

Экономическая целесообразность устройства слежения за солнцем такова – устройство имеет цену ниже средней по рынку. Так, микроконтроллер Arduino UNO имеет цену в 389 рублей, серводвигатель Feetech FS90 стоит 210 рублей, а корпус обошёлся в 201 рубль. Таким образом, в итоге получается, что всё устройство имеет цену в 800 рублей, тогда как в магазине оно бы обошлось в 4000 рублей.

Устройства слежения за солнцем и солнечные панели в целом – это действительно тот вид получения электроэнергии, за которым стоит будущее человечества, который развивается из года в год и в котором никогда не будет наблюдаться застой.

#### **Литература**

1. <https://cxem.net/arduino/arduino20.php>
2. <https://solarpanel.today/trekeri/>

Пальчиков Д.В.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, А.И. Рымов  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А».  
E-mail: dd45512@yandex.ru*

### **Особенности вычисления и оценки координат цели в многопозиционной радиолокационной системе воздушного базирования**

Многопозиционной радиолокационной системой (МПРЛС) называется радиолокационная система, состоящая из нескольких разнесенных в пространстве передающих, приемных или приемопередающих позиций, в которой осуществляется совместная обработка радиолокационной информации, получаемой этими позициями. При облучении цели какой-либо передающей позицией уже не одна, а несколько приемных позиций измеряют угловые координаты, дальности или суммарные дальности и доплеровские сдвиги частоты, пропорциональные производным дальности или суммарной дальности. Кроме того, появляется возможность измерения разностей расстояний от цели до различных приемных или передающих позиций. Все это создает, как правило, значительную избыточность числа единичных измерений “первичных координат”, которую используют для уточнения положения целей и вектора скорости целей, а также для межпозиционного отождествления результатов измерений. Однако эти преимущества достигаются ценой увеличения сложности и стоимости системы. Возникает необходимость организации линий передачи информации, синхронизации работы позиций, их фазирования и навигационной привязки. Кроме того, возрастает объем информации и сложность ее обработки [1].

В параметрах отраженных от целей электромагнитных колебаний «закодированы» координаты и данные о движении целей. В зависимости от решаемых радиолокационной системой задач могут рассматриваться различные допущения о характере изменения координат и параметров движения целей. В ряде случаев, например при обзоре пространства, можно считать, что за время облучения целей координаты и параметры движения не изменяются во времени, они постоянны. В другом случае, при непрерывном сопровождении цели координаты целей непрерывно изменяются, но и в этом случае за время приема сигналов в течение длительности импульса или длительности пачки импульсов можно также считать координаты и параметры движения постоянными. Во всех указанных выше случаях измерение координат сводится к задаче оценки постоянных параметров сигналов, постоянных значений координат и параметров движения целей. Когда допущение о постоянстве координат использовать нельзя, рассматривается оценивание изменяющихся во времени параметров сигналов, то есть осуществляется фильтрация параметров. В радиолокации широко используется двухэтапный метод оценивания координат и параметров целей. На первом этапе выполняется обработка высокочастотных радиолокационных сигналов и оценивании «мгновенных» отсчетных значений координат и параметров движения в течение времени, когда выполняется допущение о их постоянстве. На втором этапе осуществляется обработка «радиолокационных данных», то есть выполняется оценивание переменных во времени отсчетных значений координат, выполняется фильтрование процессов изменения координат. Этот второй этап осуществляется уже в области цифровых значений отсчетных величин и, как правило, соответствует видеочастотной или низкочастотной области спектра. Обычно фильтрация в этом случае относится к линейному типу фильтрации.

При решении задач линейной фильтрации измерение  $Z_k$  на каждом этапе обработки сигнала можно всегда представить в виде

$$Z_k = H_k X_k + V_k, \quad (1)$$

где  $X_k$  – значение измеряемого параметра  $\alpha(t)$  на  $k$ -м этапе обработки сигналов, характеризующее координаты цели и ее параметры движения;  $H_k$  – матрица связи, определяющие

связь измеряемой величины  $Z_k$  и параметра, или координаты  $X_k$ ;  $V_k$  – величина отображающая погрешность в измерениях которая зависит от наличия различных помеховых сигналов. Основной задачей измерений параметра  $\alpha(t)$  является оценка изменений отсчетных значений  $X_k$  от одного этапа к другому. Это может осуществляться путем слежения за параметром  $X_k$  или путем фильтрации этого параметра. Во всех случаях должны быть известны некоторые особенности «поведения» параметра  $X_k$  или эти особенности выявляются при наблюдении отсчетных значений измерений  $Z_k$  [1].

Спецификой работы МПРЛС является одновременность прихода измерений, используемых в пункте обработки в процедурах их комплексирования. Эта особенность предопределяет невозможность использования для комплексирования классических алгоритмов фильтрации, реализующих оптимальную обработку только при одновременном приходе измерений.

Для МПРЛС воздушного базирования сложность совместного оценивания усугубляется тем, что эти временные сдвиги между приходом измерений могут изменяться произвольным образом в зависимости от геометрии взаимного расположения цели и позиций [2].

Для устранения этого недостатка используют алгоритм линейного оценивания с текущей коррекцией прогноза по неодновременно приходящим измерениям, который позволяет сформировать оптимальные оценки при любом сочетании времени прихода измерений от различных датчиков.

$$\begin{aligned} \hat{x}(k) &= x_s(k) + K_\phi(k) \Delta z(k); \\ x_s(k) &= \Phi(k, k-1) \hat{x}(k); \\ \Delta z(k) &= z(k) - Q_z(k) H(k) x_s(k); \\ K_\phi(k) &= D(k) H^T(k) D_H^{-1}(k); \\ D(k) &= \begin{cases} [E - K_\phi(k) H(k)] D_s(k) & \text{при } k = nT / \tau, \\ D_s(k) & \text{при } k \neq nT / \tau; \end{cases} \\ D_s(k) &= \Phi(k, k-1) D(k-1) \Phi^T(k, k-1) + D_x(k-1); \end{aligned} \quad (2)$$

где  $Q_z$  – диагональная матрица признаков прихода измерений от разных позиций, диагональные элементы которой равны единице при наличии соответствующих измерений и нулю при их отсутствии;  $T$  – период повторения измерений позиций;  $\tau$  – интервал дискретизации прогноза ( $\tau \ll T_1$ ,  $\tau \ll T_2$ );

Данный алгоритм позволяет системе функционировать и формировать оптимальные оценки при любом сочетании времени прихода измерений от различных датчиков. Также при применении данного алгоритма повышается помехозащищенность МПРЛС поскольку она продолжает устойчиво формировать все требуемые оценки при отсутствии измерений от любой из позиций, например при радиоэлектронном подавлении соответствующей позиции.

### Литература

1. Дудник П.И. Авиационные радиолокационные комплексы и системы. ВВИА имени профессора Н.Е Жуковского, 2006г. 1112 с.
2. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Т. 2. М.: Радиотехника, 2018г. 486 с.
3. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Т. 1. М.: Радиотехника, 2018г. 360 с.

Пичужкина О.П.

*Научный руководитель: д.т.н. доцент, преподаватель ФРЭКС Федосеева Е.В.  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
madam.pavlova12@yandex.ru*

### Микроволновый делитель мощности с неравномерным делением

Рассматривается устройство для распределения входного сигнала с существенно неравномерным делением мощности, которое может быть применено для формирования амплитудно-фазового распределения в приемопередающих фазированных антенных решетках (ФАР). Технический результат заключается в реализации трехканального делителя мощности с неравным делением без существенного увеличения размеров сравнительно с двухканальным делением, а также в способности осуществлять большой перепад мощностей на выходах делителя. Для реализации данного результата был выполнен расчет топологии и создана модель, представленная на рисунке 1, в программе Microwave Office, в последствии были получены S-параметры (рисунок 2).

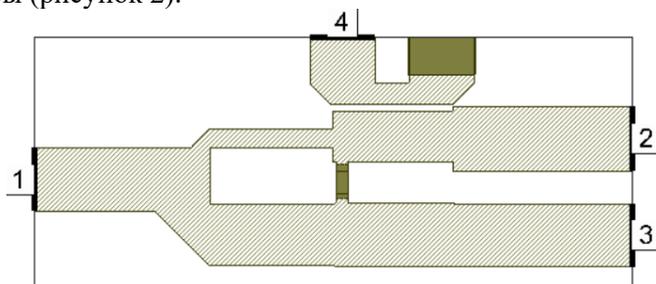


Рисунок 1 – Полосковый делитель мощности с неравным делением

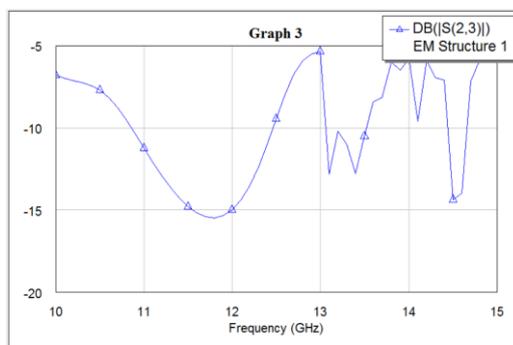


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента передачи от частоты

В данном делителе мощности СВЧ-сигнал поступает на входное плечо полоскового трехканального делителя мощности с неравномерным разделением, далее сигнал делится на два канала с установленным амплитудным распределением. В третье выходное плечо со значительным ослаблением сигнал ответвляется через область с электромагнитной связью по типу направленного ответвителя на связанных линиях.

Выполненное моделирование позволило оценить коэффициент передачи со входа на каждый выход делителя в заданной области частот и оценить условия согласования данного устройства по каждому входу и выходу.

### Литература

1. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М., «Советское радио». 1972, 232 стр.

2. Конструирование и расчет полосковых устройств. Учебное пособие для вузов. Под редакцией чл. – корр. Академии наук БССР проф. И.С. Ковалева М., «Сов. Радио», 1974.

Сасин Р.С.

*к.т.н., доцент каф. УКТС Суржик Д.И.*

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: roman\_sasin@mail.ru*

### **Формирователь сигналов полезной нагрузки радиопередатчика БПЛА с автокомпенсацией фазовых искажений**

Для передачи данных полезной нагрузки от целевого оборудования БПЛА к наземным комплексам управления используются радиопередатчики с различными методами цифровой модуляции. Их особенностью является необходимость формирования квадратурных составляющих для несущего и информационного сигналов. При этом косвенные методы формирования сигналов на основе преобразования частоты вверх с помощью супергетеродина отличаются высокими спектральными характеристиками, но имеет определенные ограничения в использовании, а цифровые вычислительные синтезаторы обладают квадратурными выходами, но при этом имеют ограничения на максимальную синтезируемую частоту порядка 1700 МГц [1, 2].

В работе предложено объединить достоинства данных методов формирования сигналов и устранить при этом наиболее существенные недостатки, переходя к гибридному принципу формирования сигналов. В связи с этим структурную схему формирователя сигналов полезной нагрузки радиопередатчика БПЛА можно изобразить в виде, представленном на рис. 1. На данной схеме приняты следующие обозначения: ОГ - опорный высокостабильный генератор, УЧ1 и УЧ2 - умножители частоты опорного сигнала, ФНЧ ЦВС1 и ФНЧ ЦВС2 - выходные фильтры нижних частот для ЦВС, ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор, I и Q - квадратурные выходы ЦВС, КМ - квадратурный модулятор.

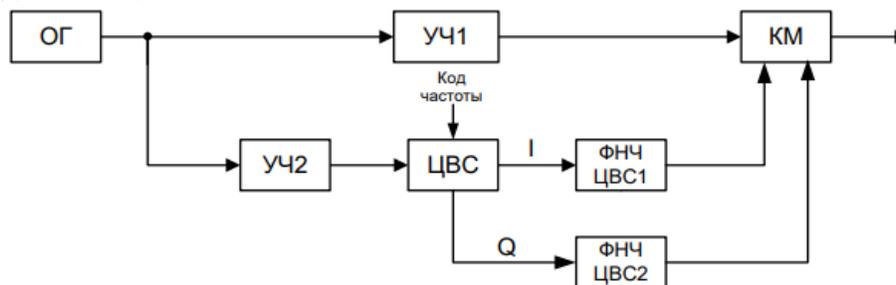


Рисунок 1 - Структурная схема формирователя сигналов полезной нагрузки радиопередатчика БПЛА

В данной схеме в качестве опорного высокостабильного генератора используется прецизионный кварцевый генератор с частотой не более 20 МГц (для приемлемого энергопотребления). Первый умножитель частоты предназначен для получения необходимой несущей частоты и может быть реализован косвенным синтезатором частоты на основе петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), второй умножитель частоты служит для получения заданной тактовой частоты цифрового вычислительного синтезатора. Выходные фильтры нижних частот ЦВС осуществляют функцию устранения побочных спектральных составляющих, лежащих выше тактовой частоты цифрового вычислительного синтезатора в его выходном спектре, а квадратурный модулятор представляет собой универсальное устройство, с помощью которого могут быть получены сигналы с различными видами цифровой модуляции.

Недостатком такого формирователя сигналов является недостаточная спектральная чистота синтезируемых сигналов. Для ее улучшения предложено модифицировать схему, добавив

автокомпенсатор фазовых искажений цифрового вычислительного синтезатора с регулированием по возмущению и устройством управления на основе управляемого фазовращателя. Проведенные исследования показали эффективность такого подхода по улучшению спектральных характеристик формирователя на 10-15 дБ.

#### **Литература**

1. Vankka, J. Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications / J. Vankka, K. Halonen. - Helsinki University of Technology, 2000. - 208 p.
2. Goldberg, Bar-Giora. Digital Frequency Synthesis Demystified DDS and Fractional-N PLLs / Bar-Giora Goldberg. - LLN Technology Publishing, 1999. – 355 p.

Серова С.А.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. радиотехники К.А. Якименко  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: serovasophia@yandex.ru*

### Исследование генераторов, управляемых напряжением

Генератор, управляемый напряжением (ГУН; англ. VCO) – электрический генератор, частота колебаний которого зависит от подаваемого на генератор управляющего напряжения. ГУН широко используется в различных радиоэлектронных системах – аппаратуре радиосвязи, автоматического управления, электромузыкальных инструментах [1].

Целью данной работы является экспериментальное исследование основных характеристик интегрального генератора, управляемого напряжением VCO 190 70T [2].

Схематическое изображение генератора, управляемого напряжением, представлено на рис.1.

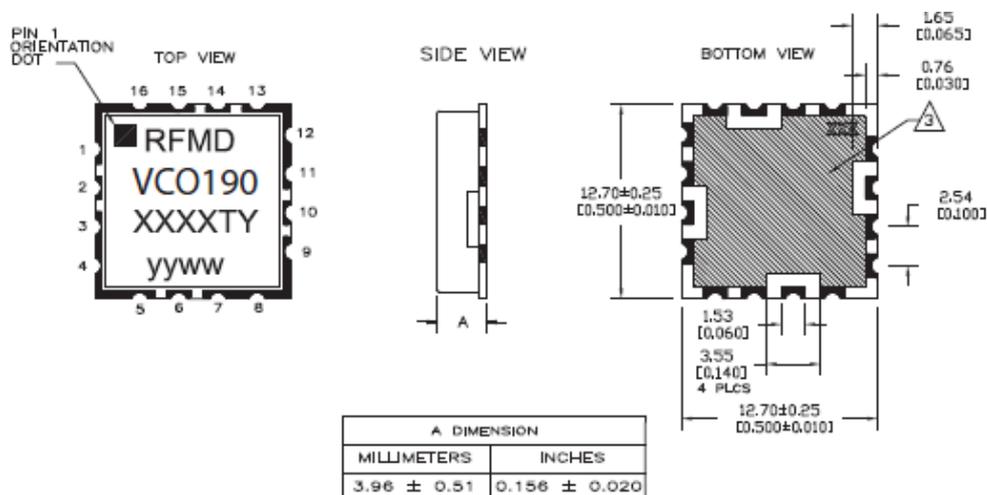


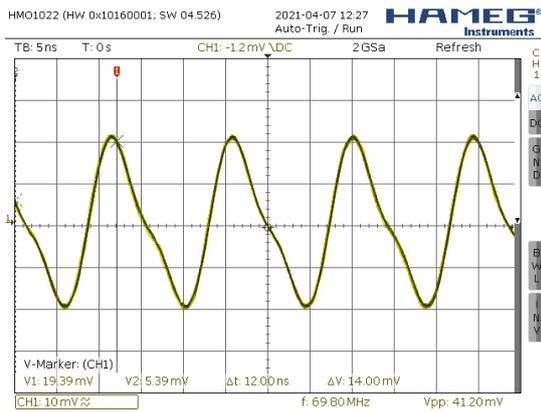
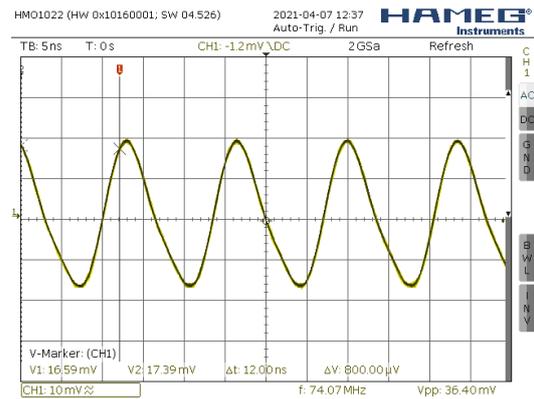
Рис.1 – Схематическое изображение генератора, управляемого напряжением

Таблица с параметрами генератора, управляемого напряжением представлена ниже.  
Таблица 1

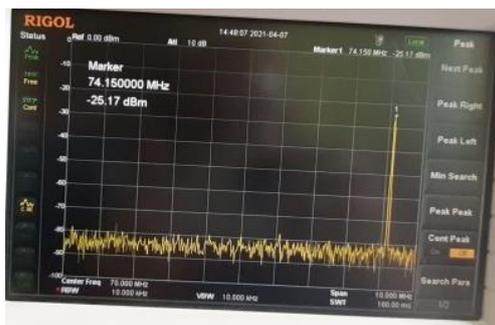
Параметры	Минимальное	Среднее	Максимальное	Единица измерения
Частотный диапазон	68	70	72	МГц
Управляющее напряжение:				
68 МГц	1	1,5		В
72 МГц		3,5	4	В

В данной работе микросхема генератора, управляемого напряжением, была подключена к источнику постоянного напряжения. Были получены осциллограммы выходного сигнала при нескольких значениях управляющего напряжения.

Осциллограммы представлены на рисунках 2, 3.

Рис. 2 – Выходной сигнал при  $V_T = 1,25$  ВРис. 3 – Выходной сигнал при  $V_T = 4$  В

По осциллограммам видно, что при  $V_T = 1,25$  В частота сигнала составляет 69,8 МГц, амплитуда напряжения составляет 20 мВ; при  $V_T = 4$  В амплитуда напряжения чуть меньше (около 17 мВ); частота сигнала составляет 74,07 МГц. Кроме того, при управляющем напряжении  $V_T = 1,25$  В по осциллограмме видно, что форма сигнала чуть отличается от синусоидальной. На рис. 4, рис. 5 представлены спектры выходных сигналов ГУН в широкой и узкой полосе частот.

Рис. 4 – Выходной сигнал при  $V_T = 1,25$  ВРис. 5 – Выходной сигнал при  $V_T = 4$  В

По рис. 5 видно, что вблизи несущей присутствуют комбинационные составляющие, амплитуда которых уменьшается с увеличением частоты отстройки.

### Литература

1. Управляемые напряжением генераторы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lit-phonon.ru/106> (Дата обращения 09.04.2021)
2. Сайт фирмы Qorvo[Электронный ресурс]. URL: <https://www.qorvo.com/> (Дата обращения 09.04.2021)

Соколов А.Н.

*Научный руководитель: преподаватели ГБПОУ ВО МКРП Д.А. Фонин  
ГБПОУ ВО «Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения»  
602267 г. Муром, Владимирская обл. ул. Комсомольская, д.55  
E-mail: mtrp@narod.ru*

### Расчёт базовых станций

Сотовая связь – разновидность радиосвязи, предназначенная для организации связи между пользователями мобильных телефонов, а также доступа в интернет. Между устройством, отправляющим сигнал и устройством, принимающим его, находятся базовые станции, которые ретранслируют сигнал. [1], [2], [3]

Базовая станция – это радиопередающее устройство, предназначенное для передачи и приёма радиосигнала от одного абонента к другому, тем самым, формируя мобильную связь и мобильный интернет. Преимуществами базовых станций является то, что они позволяют создавать мобильную сеть без проводов, имеющую при этом достаточно большую скорость передачи информации. [4], [5], [6]

При всех своих плюсах базовая станция имеет и минус, в виде негативного воздействия на здоровье человека излучения, вырабатываемого при работе данной станции. Чтобы исключить опасное влияние на жизнь человека, плотность энергии магнитного потока должна находиться в пределах 10 мкВт/см<sup>2</sup>. Для соблюдения данной нормы производится расчёт.

Для расчёта плотности энергии электромагнитного поля используется формула для определения напряженности электрической составляющей ЭМП, создаваемого антенной:

$$E = \frac{\sqrt{30PG\Pi_{\text{афт}}}}{R} K_{\phi} A(\alpha) F(\varphi), \quad (1)$$

где P – мощность на входе антенно-фидерного тракта, Вт;

$\Pi_{\text{афт}}$  – коэффициент потерь в антенно-фидерном тракте;

R – расстояние от геометрического центра антенны до точки наблюдения (наклонная дальность), м;

$K_{\phi} = 1,15 \dots 1,3$  – множитель ослабления (в расчетах принято  $K_{\phi} = 1,224$ );

$F(\alpha)$  – нормированная амплитудная диаграмма направленности (ДН) антенны в вертикальной плоскости.

Пересчет напряженности электрической составляющей ЭМП в ППЭ производится по формуле:

$$\text{ППЭ} = \frac{E^2}{(1,2\pi)} \text{ мкВт/см}^2, \quad (2)$$

где E – значение напряженности электрической составляющей ЭМП, В/м.

Данный расчёт производит программа ПК АЭМО.

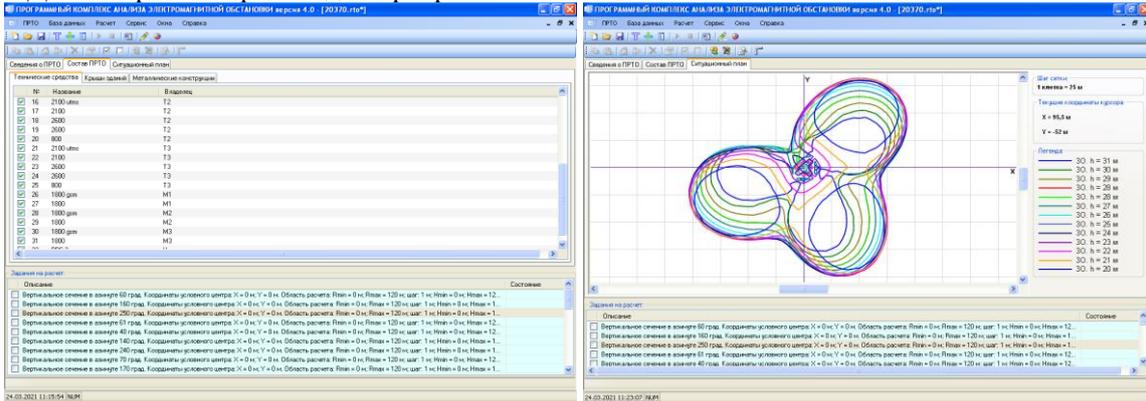


Рис. 1 – Занесение данных в программу ПК АЭМО и окно с вертикальной диаграммой направленности антенн по высотным отметкам

Данные для проведения расчёта предоставляются заказчиком в виде таблицы с основными параметрами используемого оборудования.

№ сектора/направление	Тип радиорешетки радиочастотного устройства	Мощн. ПР Д, Вт	Кол-во ПРД в сектор. шт.	Диапазон частот, МГц	Тип модуляции	Тип антенны	Азимут, град	Суммарный угол наклона антенны, град	Суммарные потери, дБ	Мощн. на входе антенны, Вт	Высота установки антенны, м		Кэф. усил. антенны, дБ	Ширина диаграммы направленности, град	
											от земли	от кровли		гор. плоскость	верт. плоскость
Сектор D1 (A1)	Huawei DBS 3900	20,00	1	1805-1825,5	GMSK	ATR4517R1	320	2	0,991	15,3	26,1	-	17,3	63	6,4
Сектор D2 (A2)	Huawei DBS 3900	20,00	1	1805-1825,5	GMSK	ATR4517R1	100	2	0,991	15,3	26,1	-	17,3	63	6,4
Сектор D3 (A3)	Huawei DBS 3900	20,00	1	1805-1825,5	GMSK	ATR4517R1	205	2	0,991	15,3	26,1	-	17,3	63	6,4
Сектор G1 (A1)	Huawei DBS 3900	20,00	1	939,8-949,8	GMSK	ATR4517R1	320	2	0,68	16,4	26,1	-	15	62	14,6
Сектор G2 (A2)	Huawei DBS 3900	20,00	1	939,8-949,8	GMSK	ATR4517R1	100	2	0,68	16,4	26,1	-	15	62	14,6
Сектор G3 (A3)	Huawei DBS 3900	20,00	1	939,8-949,8	GMSK	ATR4517R1	205	2	0,68	16,4	26,1	-	15	62	14,6
Сектор U1 (A1)	Huawei DBS 3900	20,00	2	2155-2170	QPSK	ATR4517R1	320	2	1,08	29,9	26,1	-	17,8	62	5,7
Сектор U2 (A2)	Huawei DBS 3900	20,00	2	2155-2170	QPSK	ATR4517R1	100	2	1,08	29,9	26,1	-	17,8	62	5,7
Сектор U3 (A3)	Huawei DBS 3900	20,00	2	2155-2170	QPSK	ATR4517R1	205	2	1,08	29,9	26,1	-	17,8	62	5,7
Сектор U7 (A1)	Huawei DBS 3900	20,00	2	939,8-949,8	QPSK	ATR4517R1	320	2	0,68	32,8	26,1	-	15	62	14,6
Сектор U8 (A2)	Huawei DBS 3900	20,00	2	939,8-949,8	QPSK	ATR4517R1	100	2	0,68	32,8	26,1	-	15	62	14,6
Сектор U9 (A3)	Huawei DBS 3900	20,00	2	939,8-949,8	QPSK	ATR4517R1	205	2	0,68	32,8	26,1	-	15	62	14,6

Таблица. 1 – Основные параметры оборудования БС

После проведения расчётов чертится ситуационный план и срезы вертикальной диаграммы направленности по азимутам установленных антенн.

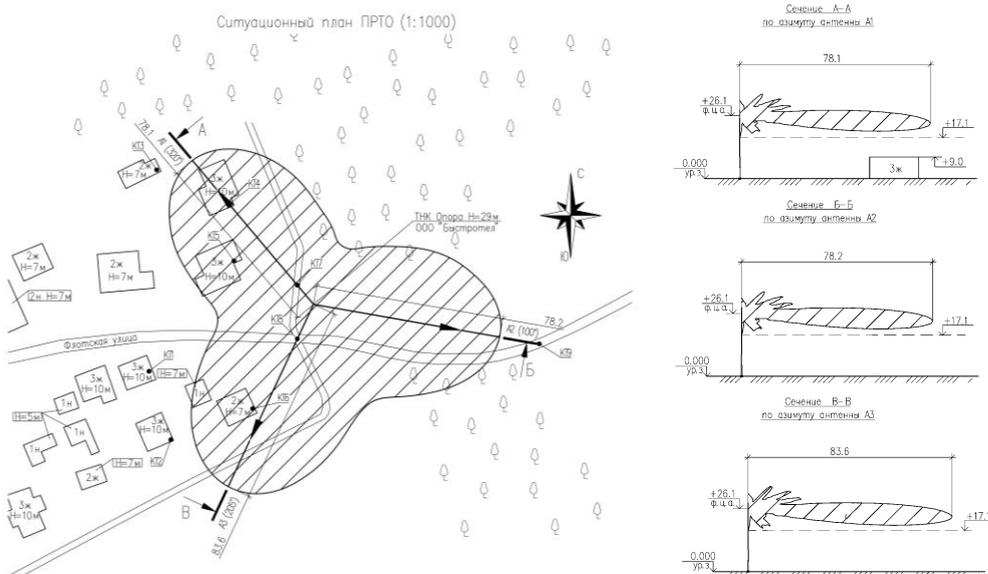


Рис. 2 – Ситуационный план и вертикальные срезы диаграммы направленности по азимутам

В результате проведения расчётов получаются данные со значениями плотности потока энергии электромагнитного поля в контрольных точках, которые заносятся в таблицу. По данной таблице определяется, находится ли показатель плотности потока энергии в норме.

Таблица 6 КТ	Высота КТ от уровня земли	Значение ППЭ, мкВт/см <sup>2</sup>	Расположение КТ
КТ1	12	0,155	На кровле жилого дома +2м
КТ2	12	0,718	На кровле жилого дома +2м
КТ3	9	0,177	На кровле жилого дома +2м
КТ4	12	0,074	На кровле жилого дома +2м
КТ5	12	0,065	На кровле жилого дома +2м
КТ6	9	0,058	На кровле жилого дома +2м
КТ7	2	0,065	На земле +2м, аз. град
КТ8	2	0,698	На земле +2м, аз. град
КТ9	2	0,315	На земле +2м, аз. град

Таблица. 2 –Результаты расчёта интенсивности ЭМП в контрольных точках

При модернизации станции также производятся измерения плотности потока энергии электромагнитного поля на месте, уже имеющейся базовой станции.

Данные измерения производятся с помощью специализированных приборов:

- Narda SRM-3006 – селективный измеритель электромагнитных полей
- ПЗ-41 – широкополосный измеритель напряжённости электрического и магнитного поля
- ИДА-3106 – высокочувствительный анализатор сигналов

Данные, полученные в процессе измерения сравниваются с полученными при расчётах и определяется, находятся ли они в пределах допустимой нормы излучения, а именно 10 мкВт/см<sup>2</sup>. Если показатели в норме, то все эти данные сводятся в отчёт.

Далее, все полученные данные и чертежи отправляются в СанПин который и выдаёт разрешение на модернизацию или постройку базовой станции.

### Литература

1. Рыжков А.Е., Сиверс М.А., Воробьев В.О., Гусаров А.С., Слышков А.С., Шуньков Р.В. Системы и сети радиодоступа 4G: LTE, WiMax. – СПб: Линк, 2012. – 226 с.
2. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. – М: Эко-Трендз, 2010 – 284 с.
3. Скрынников В.Г., Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика – М.: Издательство "Спорт и Культура – 2000", 2012 – 864 с.
4. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн - Г. А. Ерохин, О. В. Чернышев, Н. Д. Козырев, В. Д. Кочержевский
5. Антенно-фидерные устройства - А. М. Сомов, В. В. Старостин, Р. В. Кабетов
6. Основы теории антенн – Н. Фельд, Л. С. Бененсон

Соколов А.Н.

Научный руководитель: преподаватели ГБПОУ ВО МКРП Д.А. Фонин, М.А. Староверов, к.т.н Т.Г. Кострова.

ГБПОУ ВО «Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения»

602267 г. Муром, Владимирская обл. ул. Комсомольская, д.55

E-mail: mtrp@narod.ru

### Устройство для измерения дальности

Устройство для измерения дальности (дальномер) – устройство, предназначенное для определения расстояния от наблюдателя до объекта исследования.

Данный прибор может применяться в качестве самостоятельного устройства для определения расстояния при строительных работах или при работах, связанных с геодезией, либо в качестве основы для более сложных устройств, применяющиеся в робототехнических и беспилотных системах. [1]

Основой устройства служит микроконтроллер Atmega 328P установленный на плате Arduino Nano. Именно за счёт него и работает устройство, используемое в проекте. К микроконтроллеру подключается датчик HC-SR04, предназначенный для определения расстояния по средствам ультразвуковых волн, распространяющихся в пространстве. После определения расстояния Arduino Nano отправляет сигнал на 4х сегментный светодиодный дисплей. Микроконтроллер и вся схема питаются от входного напряжения 5 В, поступающего с батарейного блока установленного в корпусе устройства. [2]

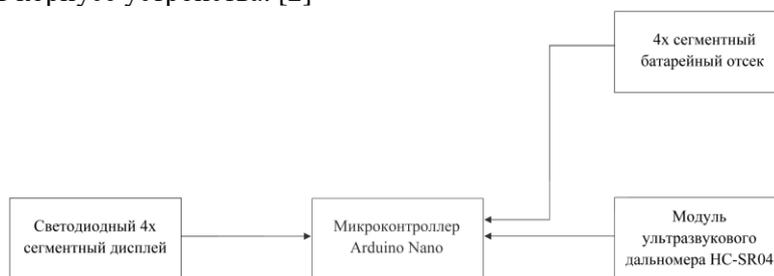


Рис. 1 – Схема электрическая структурная устройства для определения дальности

Как уже было описано выше всё устройство работает за счёт платы Arduino Nano, а точнее, установленного на ней микроконтроллера Atmega 328P. Данное устройство работает по следующему циклу. Микроконтроллер Atmega 328P отправляет импульс на датчик HC-SR04 который, в свою очередь формирует, сигнал ультразвукового диапазона и посылает его в сторону своего направления. После столкновения с препятствием ультразвуковая волна отражается и начинает двигаться в обратном направлении, вследствие этого движения она возвращается к датчику. Он фиксирует её и посылает сигнал на микроконтроллер Atmega 328P. Микроконтроллер останавливает таймер и определяет расстояние, используя формулу:

$$L \approx \frac{\text{Echo} \sqrt{(t + 273,15)}}{1000}, \quad (1)$$

где 273,15 °С – абсолютная температура воздуха (°К);

L – расстояние (см);

Echo – время ожидания эха (мкс);

$t$  – температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ).

После вычисления значения расстояния используя формулу, приведённую выше, микроконтроллер отправляет сигнал на 4x сегментный светодиодный дисплей. На дисплее выводится расстояние от устройства до объекта измерения в мм.

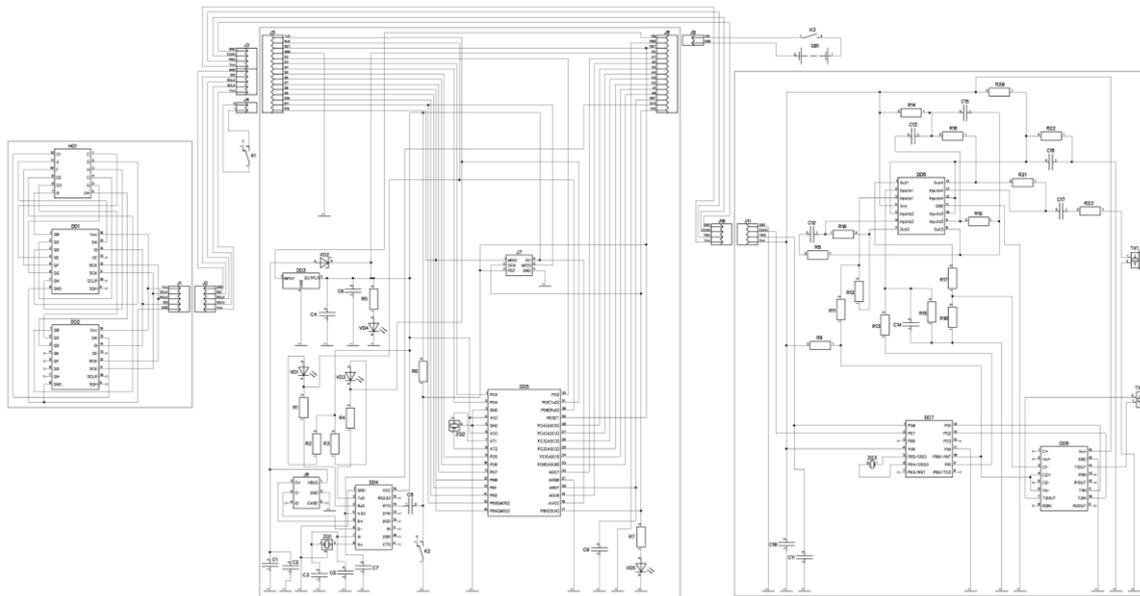


Рис. 2 – Схема электрическая принципиальная устройства для определения дальности

- Достоинства представленного в проекте устройства для измерения дальности:
- На работу устройства не влияют запылённый воздух или туман
  - Точность измерения до 1 мм и максимальная дальность до 3500 м
  - Длительное время автономной работы из-за низкого энергопотребления всей схемы
  - Определение дальности по площади, поэтому никакое, даже самое малое препятствие не останется незамеченным

Экономическая целесообразность устройства для определения дальности – устройство имеет цену ниже средней по рынку. Так, плата Arduino Nano имеет цену в 320 рублей, модуль ультразвукового дальномера HC-SR04 стоит 80 рублей, модуль четырёх сегментного светодиодного дисплея стоит 60 рублей, батарейный блок стоит 100 рублей, а корпус обошёлся в 210 рублей. Таким образом, в итоге получается, что всё устройство имеет цену в 770 рублей, тогда как в магазине оно бы обошлось в 2000 рублей.

Устройства для определения дальности – это устройство, которое позволяет безопасно работать различным роботизированным устройствам, беспилотным автомобилям и летающим беспилотным аппаратами. Оно крайне эффективно в системах определения и исключения столкновений с препятствиями.

### Литература

1. «Ультразвуковые измерения» – Колесников Алексей Евгеньевич
2. «Ультразвуковые датчики для систем управления» – Виктор Жданкин

Тышкевич Е.М.

*Научный руководитель: д.т.н. доцент, преподаватель ФРЭС Федосеева Е.В.  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
tyshkevichliza@gmail.com*

### Численный анализ радиояркой температуры атмосферы с удаленной областью дождя

Своевременное обнаружение условий возникновения опасных атмосферных явлений, например, ливневых дождей, является важной задачей систем дистанционного зондирования. Поэтому необходимо получать оперативные данные измерений, для оценки формирования таких пространственных зон в атмосфере.

Проблема достоверной оценки результатов СВЧ радиометрического зондирования атмосферы состоит в необходимости выделения вариаций выходного сигнала, обусловленных приемом радиотеплового излучения от зон формирования опасных атмосферных явлений [1-2]. Для решения этой проблемы необходимо проанализировать возможные изменения в выходном сигнале СВЧ радиометрической системы, позволяющие оценить наличие таких зон в области зондирования.

Были выполнены расчеты радиояркой температуры в трех частотных диапазонах с центральными длинами волн 1,35 см, 3,2 см и 7,5 см для двух случаев удаленных зон с интенсивностью 1 мм/час и 100 мм/час при разных удалениях зоны дождя от места базирования трехдиапазонной СВЧ радиометрической системы, для известных опубликованных данных по коэффициентам поглощения атмосферы без осадков и области дождя [1].

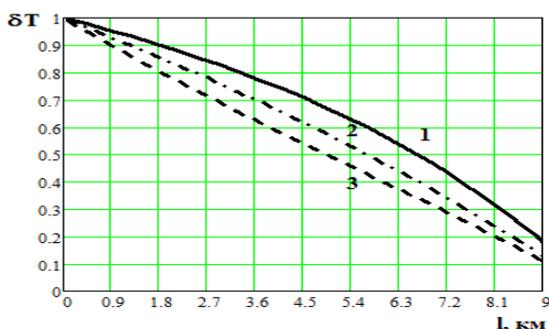
Наличие сложной зависимости радиояркой температуры атмосферы с удаленной областью дождя от его интенсивности и расстояния до области дождя в трех частотных диапазонах позволяет сделать вывод о возможности своевременного выявления приближения области дождя с оперативным отслеживанием его интенсивности по данным многочастных микроволновых радиометрических измерений.

Анализируя полученные результаты расчетов можно сказать, что наличие зависимости от частоты прироста радиояркой температуры, обусловленного наличием в области зондирования удаленной зоны дождя. Было выполнено моделирование вклада радиотеплового излучения зоны дождя в общую величину радиояркой температуры по формуле

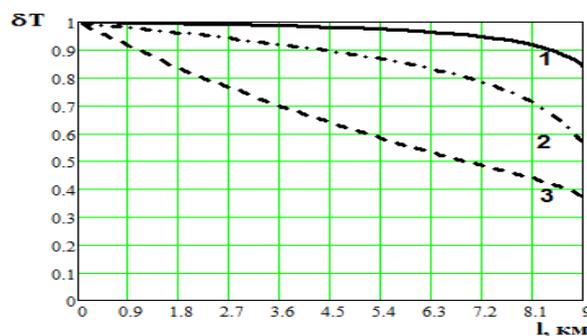
$$\delta T = \frac{\Delta T_{\text{дождя}}}{T_{\text{ярк}}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{ярк}}$  - радиояркая температура атмосферы с удаленной областью дождя;  $T_{\text{дождя}}$  - термодинамические температуры областей дождя;

Результаты моделирования вклада зоны дождя в радиояркую температуру атмосферы приведены на рисунке 1.



а)



б)

Рисунок 1 – Зависимость составляющей радиояркой температуры атмосферы, обусловленной радиотепловым излучением удаленной зоны дождя, от расстояния до этой

зоны дождя с интенсивностью 1 мм/час (а) и 100 мм/час (б) на длине волны 1,35 см (1), 3,2 см (2), 7,5см (3)

Согласно полученным данным рисунка 1 прирост радиояркой температуры атмосферы с удаленной зоной дождя уменьшается с увеличением расстояния до указанной области, но скорость этого изменения зависит от интенсивности осадков и длины волны. Следовательно скорость уменьшения вклада радиояркой температуры самая высокая для длины волны 7.5см, вследствие чего относительное влияние наличия удаленной зоны дождя в области зондирования на результаты моделирования должно быть самым сильным по сравнению с остальными рассмотренными длинами волн (1,35 см и 3,2 см).

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00378, <https://rscf.ru/project/21-19-00378/>»

### Литература

1. Радиотеплолокация в метеорологии / В.Д. Степаненко, Г.Г.Щукин, Л.П. Бобылев, С.Ю. Матросов. – Л.: Гидрометеиздат, 1987 – 283 с.
2. R. Ware, D. Cimini, P. Herzegh, F. Marzano, J. Vivekanandan, E. Westwater GROUND-BASED MICROWAVE RADIOMETER MEASUREMENTS DURING PRECIPITATION Presented at the 8th Specialst Meeting on Microwave Radiometry, 24-27 Feb 2004, Rome, Italy
3. Федосеева Е.В., Щукин Г.Г., Ростокин И.Н., Ростокина Е.А. Компенсация помех в работе СВЧ радиометрических систем // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014. – №1(13). – С. 50 – 62
4. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В. Вопросы построения многочастотной СВЧ радиометрической системы дистанционного зондирования облачной атмосферы с компенсацией фонового излучения // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2015. – №1(17). – С. 5 – 12.

Фадеева Я.А.

*Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Е.А. Жиганова  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: www.fadeeva.yana2013@yandex.ru*

### **Методы уменьшения нелинейных искажений**

Одним из важнейших характеристик усилителя является его линейность. Любое отклонение формы сигнала на выходе от формы сигнала на входе является искажением. Основным способом снижения уровня нелинейных искажений сигнала является применение общей отрицательной обратной связи.

Обратной связью в усилителях называют подачу части или всего выходного сигнала усилителя на его вход. Отрицательная обратная связь является самым известным способом избавления от нелинейных искажений. При использовании ООС высшие гармонические составляющие, которые искажают форму выходного напряжения проходят через звено обратной связи и подаются на вход усилителя и уже усиленными появляются на его выходе. После этого полученные на выходе усиленные высшие гармоники вычитаются из выходного напряжения самого усилителя, так как по действию ООС они будут поступать в противофазе с высшими гармоническими составляющими, появляющимися вследствие нелинейных искажений усилителя. Таким образом, с использованием ООС содержание гармоник при том же значении выходного напряжения уменьшится, а, значит нелинейные искажения в усилителе станут меньше.[1]

Нелинейные искажения создают нежелательные гармоники. Чтобы избежать чрезмерного ухудшения качества можно использовать различные ограничения, предотвращения или компенсации в отношении систем и устройств, генерирующих гармоники.

Одними из распространенных способов избавления от нежелательных гармоник являются пассивные и активные фильтры.

- Пассивные фильтры - это последовательность LC - контуров включенных параллельно нагрузке, они образуют колебательный контур, настроенный на определенную гармонику, тем самым позволяя уменьшить гармонические искажения до желаемых пределов.

- Активные фильтры - эти фильтры используются для уменьшения уровня гармоник нелинейных нагрузок и предотвращают искажения в системе питания за счет последовательного, параллельного и смешанного подключения. Принцип работы такого фильтра основан на анализе гармоник нелинейной нагрузки и генерировании в распределительную сеть таких же гармоник, но с противоположной фазой.

Рассмотрим менее распространенные, но не менее эффективные способы ослабления гармоник.

- Использование выпрямителя выполненного по 12-пульсной схеме, самый распространенный вариант такой схемы - это параллельное включение двух трёхфазных мостовых схем, которые питаются от двух вторичных обмоток преобразовательного трансформатора, которые соединяются по схеме "звезда" и "треугольник".

- Подключение нелинейной нагрузки к системе с большей мощностью короткого замыкания. Практически это означает замену трансформатора питания на более мощный.

- Дроссели переменного и постоянного тока - это включение катушки индуктивности в схему.

1. Последовательное включение линейных дросселей переменного тока является простейшим способом снижения уровня гармоник. Дроссель имеет малое значение индуктивного сопротивления на основной частоте 50 Гц и значительные величины сопротивлений для высших гармоник, что приводит к их ослаблению

2. Дроссели постоянного тока в преобразователях частоты подключаются к специально выведенным клеммам в разрыв цепи постоянного тока. Эффективность дросселей постоянного

тока в части снижения гармонических искажений напряжения сети примерно такая же, как и линейных дросселей переменного тока.[3]

В докладе рассматривается структурная схема усилителя с параллельной ООС по току для уменьшения нелинейных искажений. Так же представлены методы снижения нежелательных гармоник.

### Литература

1. Ежков Ю.С., Справочник по схемтехнике. Издание второе. Москва. Издательское предприятие: РадиоСофт. -2002- С.50-52.
2. Шутов В.Д., Линеаризация СВЧ усилителей мощности методом цифровых предискажений. <https://www.dissercat.com/> - электронная библиотека диссертаций.
3. Барутсков И. Б. Вдовенко С. А. Цыганков Е. В. Гармонические искажения при работе преобразователей частоты. Научная статья. -2011

Фадеева Я.А.

*Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Е.А. Жиганова  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: www.fadeeva.yana2013@yandex.ru*

### **Механизм возникновения нелинейных искажений**

В настоящее время множество передаваемых и приемных устройств окружают человека повсюду и применяются во многих видах жизнедеятельности. При организации линий или сетей радиосвязи одной из главных проблем на сегодняшний день является устранение искажений и помеховых сигналов. В таких устройствах, как усилители мощности происходит преобразование с помощью активных элементов, которые управляются входными сигналами.

Увеличение мощности сигнала в усилителе происходит за счет преобразования энергии источника питания. Основным из показателей усилителей мощности является точность воспроизведения формы усиливаемого сигнала. В идеальном усилителе форма сигнала на выходе должна точно повторять форму входного сигнала. Отклонение формы выходного сигнала от формы сигнала, подаваемого на его вход, называется искажением.

Различают два вида искажений - это линейные и нелинейные искажения. Оба вида таких искажений изменяют форму входного сигнала на выходе схемы. Рассмотрим нелинейный вид искажений и причины их возникновения.

Нелинейные искажения – это изменение формы выходного сигнала, обусловленные нелинейностью характеристик транзисторов, диодов, полупроводниковых конденсаторов микросхем и других элементов, используемых в усилителе. Нелинейные элементы широко распространены, т.к с их помощью решаются многие задачи, решить которые невозможно с помощью линейных элементов. Одной из таких задач является усиление сигналов.[1]

Для оценки нелинейных искажений служит коэффициент нелинейных искажений  $K_n$ , он оказывает большое влияние на качество звука и показывает отношение побочных гармоник к основному колебанию:

- Если  $K_n$  меньше 5%, тогда ухо человека не услышит искажения;
- Если  $K_n$  больше 10%, тогда искажение звука станут заметны;
- Если  $K_n$  больше 20%, тогда речь становится непонятной и такие искажения недопустимы.

Нелинейные искажения в усилителях появляются из-за непрямолинейности характеристик транзисторов, ламп и магнитного насыщения сердечников трансформаторов.

В отличие от частотных, величина и характер нелинейных искажений зависят от уровня сигнала, а их появление сопровождается возникновением дополнительных составляющих в спектре сигнала.

При создании усилительного каскада необходимо свести искажения к минимуму. Чаще всего для уменьшения нелинейных искажений в усилителях используют ООС.

В данной работе представлен механизм возникновения нелинейных искажений в усилителе мощности, рассмотрены виды искажений и коэффициент искажений  $K_u$ . Наглядно показан пример схемы с ОЭ и появление в данной схеме нежелательных колебаний.

### **Литература**

1. Лисицкий А.П., Никифоров В.В. Методы уменьшения нелинейных искажений сигналов в радиопередающих трактах // Полупроводниковая электроника в технике связи / Под ред. И.Ф. Николаевского. - М.: Радио и связь, 1990 - Вып. 28
2. Нелинейные искажения: [https://studopedia.su/5\\_13279\\_prichini-nelineynih-iskazheniy.html](https://studopedia.su/5_13279_prichini-nelineynih-iskazheniy.html)



Шахов Д.А.

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Д.Н. Романов  
Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: radon81@mail.ru*

### Контроллер управления температурой и влажностью для теплиц

Целью работы является разработка регулятора температуры и влажности воздуха для теплиц с использованием современной электронной базы для закрытого грунта.

Задачи:

- Провести сравнительный анализ аналогов автоматизированных систем управления климатом теплиц;
- Провести разработку автоматизированной системы управления климатом теплицы;
- Разработать структурную схему системы управления теплицы;
- Провести расчеты электрических параметров датчиков;
- Рассмотреть характеристики принципиальных схем их подключения;

В ходе исследования был произведен патентный поиск, в результате которого были выявлены следующие тенденции развития систем управления микроклиматом:

- стремление к энергосбережению;
- улучшение точности регулирования основных параметров;
- улучшение наглядности представления информации о состоянии теплицы;
- увеличение количества датчиков и исполнительных систем.

В теплице также есть датчик температуры и датчик влажности. Количество датчиков выбирается в соответствии с результатами, приведенными в [1], где говорится, что для определения температуры в любой точке теплицы необходимо и достаточно иметь температуру в геометрическом центре теплицы, а влажность, предполагается равномерной по всему объему.

В теплице используются четыре типа исполнительных систем: отопление, вентиляция, принудительная вентиляция, испарительное охлаждение и обезвоживание воздуха. Вентиляция используется для удаления теплого воздуха из теплицы и замены его более прохладным окружающим воздухом, а также для снижения относительной влажности внутри теплицы. Система переувлажнения снижает температуру воздуха на 5-10 градусов и создает в теплице необходимую влажность. Структурная схема системы управления представлена на рис. 1.



Рис.1 – Структурная схема системы управления

Логику работы системы можно описать следующим образом: контроллер получает информацию от датчиков температуры и влажности, сравнивает полученные значения с заданными, при наличии расхождения параметров распределяет воздействия на исполнительные механизмы с целью минимизации полученного расхождения.

#### 1. Литература

2. Соммер У. Программирование микроконтроллерных Arduino/Freduino. СПб: БВХ-Петербург, 2012 256с.