

Астафьев С.О.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент 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 sergey_astafev_95@mail.ru*

Разработка алгоритмов поверки установки для испытания электронных устройств в экстремальных условиях

Основная цель аттестации испытательного оборудования – подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допускаемых отклонений и установление пригодности использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением [1].

В процессе эксплуатации испытательное оборудование подвергают периодической аттестации через интервалы времени, установленные в эксплуатационной документации на испытательное оборудование или при его первичной аттестации.

Для аттестации испытательного оборудования, используемого при обязательной сертификации продукции, при испытаниях продукции на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов и при производстве продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд, в том числе для нужд сферы обороны и безопасности, должны применяться средства измерений утвержденных типов, экземпляры средств измерений должны быть поверены [1].

Первичная аттестация испытательного оборудования заключается в экспертизе эксплуатационной и проектной документации (при наличии последней), на основании которой выполнена установка испытательного оборудования, экспериментальном определении его технических характеристик и подтверждении пригодности использования испытательного оборудования.

Целью метрологического обеспечения испытаний является получение достоверной измерительной информации о значениях показателей качества и безопасности продукции.

Аттестация испытательного оборудования – одна из важнейших процедур при контроле качества продукции. В настоящее время аттестация испытательного оборудования проводится на всех предприятиях, где производят и испытывают продукцию общего и военного назначения.

Методики для аттестации и методы испытаний разрабатываются средствами организации-владельца испытательного оборудования [2]. Методики должны быть утверждены организацией, имеющей положительное экспертное заключение.

В докладе рассматриваются вопросы разработки специализированных методик для аттестации испытательного оборудования, специальных методов испытаний, основные характеристики испытательного оборудования и электронных устройств, проходящих испытания, применение, а также преимущества использования специализированных методик и методов испытаний.

Литература

1. ГОСТ Р 8.568-97 ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
2. ГОСТ Р 51672-2000 Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения.

Бушуев В.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент 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: revual@yandex.ru

Беспроводная система контроля микроклимата внутри помещения

Микроклимат – это комплекс метеорологических показателей помещения, оказывающий влияние на здоровье и комфортную работу человека. К таким показателям относятся, в частности, температура и относительная влажность воздуха, освещенность и т.д.

Система контроля микроклимата помогает в реальном времени получить все интересующие нас показатели, а также, при желании, корректировать их, используя соответствующие исполнительные устройства. Данные системы хорошо себя зарекомендовали, в тех сферах, где необходимо строго следить за микроклиматом (животноводческие базы, теплицы, складские помещения, хранилища и т.д.), а также в помещениях, где постоянно пребывает человек.

Большое распространение получили беспроводные системы контроля, в том числе использующие мобильные устройства для управления параметрами микроклимата [1].

В работе рассматривается реализованная беспроводная система контроля микроклимата, структурная схема которой изображена на рис. 1.

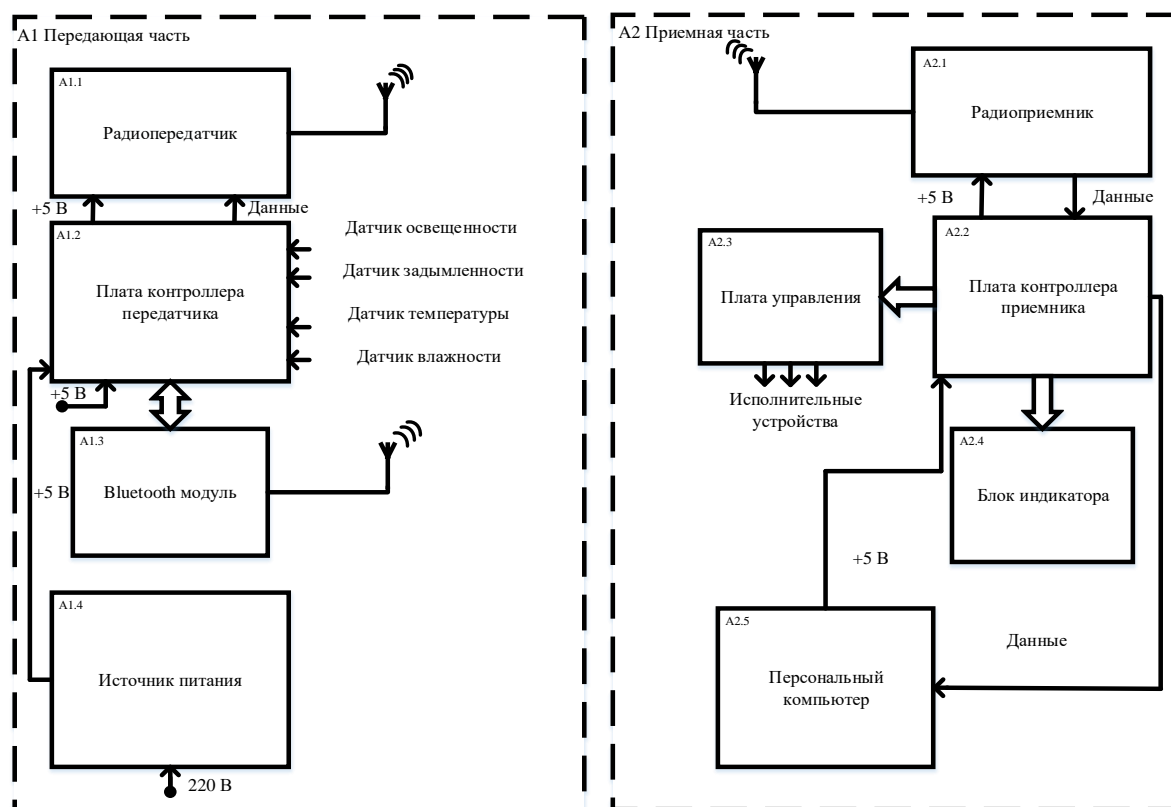


Рис. 1. Структурная схема беспроводной системы контроля микроклимата внутри помещения

Система состоит из передающей и приемной частей. Принцип действия данной системы заключается в том, что контроллер передатчика принимает цифровые данные с датчиков и

передает их по радиоканалу. Радиоприемник, получив данные, передает их контроллеру приемника. Данные отображаются на экране персонального компьютера и, дополнительно, на экране мобильного устройства.

Передающая часть состоит из радиочастотного тракта, контроллера и источника питания. В качестве контроллеров передатчика и приемника был выбран контроллер Arduino Uno R3 [2]. Данный контроллер отлично подходит для разработанной системы, имеет достаточное количество выводов для подключения датчиков, а так же имеет широкую библиотеку поддерживаемых устройств. В качестве датчика температуры и влажности был взят широко распространенный датчик DHT11, датчик освещенности – LM393, датчик задымленности – MQ-2. Все датчики обладают достаточно высокой точностью измерений и низкой стоимостью. Модули радиопередатчика и радиоприемника работают в ISM-диапазоне 433 МГц. Приемная часть состоит из приемника так же работающий в диапазоне 433 МГц. К плате контроллера приемника через плату управления подключаются исполнительные устройства, которые корректируют тот или иной параметр микроклимата. Питание приемника может быть реализовано через USB-интерфейс персонального компьютера, либо от отдельного источника питания через соответствующий разъем.

Достоинством системы является возможность выбора необходимых датчиков, что повышает ее универсальность, подстраивая под желания и бюджет потребителя.

В докладе рассматривается принципиальная схема беспроводной системы контроля микроклимата, ее параметры, особенности программной реализации, конструктивное исполнение, а также области применения и методика работы пользователя с системой.

Литература

1. Сайт компании Smarton [Электронный ресурс].URL: <http://smarton.com.ua/> (дата обращения: 19.03.2018).
2. Белов А.В. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2007. – Серия «Радиолюбитель».

Зимин М.А.

*Научный руководитель: старший преподаватель Смирнов М.С.
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: sochnewa.natalya@yandex.ru*

Оценка эффективности алгоритмов ЦОС при реализации их на ПЛИС

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) в наше время набирают все большую популярность в области разработки цифровых устройств. Основные области применения ПЛИС являются: высокоскоростная обработка данных; промежуточные этапы проектирования СБИС; задачи обработки информации, требующие большого количества выводов; алгоритмы цифровой обработки сигналов, в особенности обработки данных в реальном времени. Новые разработки ПЛИС все больше вытесняют интегральные схемы малой и средней степени интеграции. Применение ПЛИС в средствах ЦОС обусловлено их высоким быстродействием, а так же возможностью 12 реализации сложных параллельных алгоритмов. Они совместимы при переносе алгоритмов на уровне языков описания аппаратуры. Созданы библиотеки мегафункций, описывающие сложные алгоритмы. Разработаны программные обеспечения, позволяющие полностью моделировать создаваемые устройства, а так же программировать или изменять конфигурацию ПЛИС непосредственно в системе. Архитектурные особенности ПЛИС как нельзя лучше приспособлены для умножения, свертки и другим математическим функциям [1].

При анализе эффективности цифровых алгоритмов использовались алгоритмы БПФ и реализации цифрового фильтра с конечно импульсной характеристикой. Алгоритмы оценивались с точки зрения использования ресурсов микросхем ПЛИС, а также с точки зрения быстродействия, на базе статического временного анализа. Алгоритмы были реализованы на языке VHDL на основе микросхемы Cyclone III EP3C16F484C6.

При синтезе алгоритма БПФ на основе микросхемы Cyclone III EP3C16F484C6 были получены следующие результаты. Количество использованных логических элементов: 624/15408(4%); количество регистров: 332/15408(2%); количество PLLs 0/4(0%); память 0/516,096(0%); количество аппаратных умножителей: 0/112(0%).

При синтезе алгоритма на основе микросхемы Cyclone III EP3C16F484C6 были получены следующие результаты. Количество использованных логических элементов: 2472/15408(16%); количество регистров: 44/15408(<1%); количество PLLs 0/4(0%); память 0/516,096(0%); количество аппаратных умножителей: 0/112(0%)

Литература

1. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы “Altera”: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. / В.Б. Стешенко – М.: Изда- тельский дом «Додэка-XXI», 2002. – 576 с..

Иванов А.Г.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жиганов С.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: alexsey2911@mail.ru.

Исследование методов аппроксимации законов распределения случайной величины

На пути создания образцов новой техники, технологических процессов научные исследования являются первым шагом, в процессе которого исследователь открывает новые законы, закономерности, совершает научные открытия.

Значение экспериментальных методов трудно переоценить. Только с помощью эксперимента возможно получить достоверную информацию об исследуемом объекте в реальном масштабе времени, после обработки которой возможно построение ее модели.

Целью данной работы является анализ точности моделирование некоррелированных временных рядов на основе построенных гистограмм распределений и фазовых портретов. В работе рассмотрены методы аппроксимация законов распределения на основе семейства законов распределения Пирсона, Джонсона, кроме этого исследованы ряд Грамма-Шмидта и параметрическая модель.

Для решения задачи моделирования с заданным законом случайный процесс подвергается нелинейному преобразованию. Теоретической базой для определения вида и характеристик нелинейной функции является теория функций случайного аргумента.

Литература

1. Прохоров С.А. Моделирование и анализ случайных процессов; Самарский государственный аэрокосмический университет, 2001. 191с.

Илларионова Т.С.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор 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: illarionova_tatyana_2010@mail.ru*

Особенности применения многофункциональных радиолокационных систем с АФАР космического базирования

Работа радиолокационных станций с синтезированием апертуры (РСА) космического базирования связана с необходимостью учета ряда специфических факторов [1]. В отличие от авиационных РСА при обработке сигналов и формировании радиолокационных изображений нужно принимать во внимание:

- кривизну земной поверхности;
- неточности ориентации космического аппарата (КА), вызывающие смещение доплеровского спектра;
- высокую орбитальную скорость КА, из-за которой возникают неоднозначности в приеме сигнала по азимуту или дальности.

В последние годы все чаще разрабатываются многофункциональные радиолокационные системы с твердотельными активными фазированными антенными решетками (АФАР) [1,2], которые существенно расширяют возможности РСА по обзору и полноте получаемой информации. Основная часть обработки сигналов АФАР производится в цифровой форме, при помощи мощного компьютера. Большое количество отдельных приёмо-передающих модулей, составляющих АФАР, позволяет реализовать как однолучевой, так и многолучевой режимы обзора, вести сканирование в двух плоскостях, формировать диаграмму направленности заданной формы. Вычисление и анализ изменений фаз принимаемых сигналов в АФАР позволяет реализовать новые режимы землеобзора, а компьютерное формирование зондирующего сигнала обеспечивает высокую стабильность колебаний и, в конечном счете, высокое качество получаемых радиолокационных изображений. Благодаря РСА с АФАР обеспечивается полноценная работа по множеству целей, а так же картографирование поверхности с возможностью обнаружения наземных целей.

Для нацеливания радиолокатора на объект съемки необходимы измерение текущих координат КА, ориентация осей КА в пространстве обзора, а также управление параметрами радиолокатора (частотой повторения сигнала, положением временных стробов приема) и управление диаграммой антенны по углу места и азимуту. Необходимые управляющие параметры вводятся на основании баллистических расчетов движения КА, данных текущих траекторных измерений. Движение КА относительно рассматриваемого объекта приводит к доплеровскому сдвигу частоты, который, в отличие от временных флуктуаций имеет регулярный характер (закон, близкий к ЛЧМ) и компенсируется в процессе синтеза апертуры. Дополнительное к регулярному закону смещение принимаемого сигнала по доплеровской частоте, вызванное движением объекта, приводит к азимутальному смещению отметок от объекта, величина которого зависит от параметров РСА. В результате на радиолокационном изображении будет происходить "размазывание" (расфокусировка) отметок от объекта по случайному закону.

Литература

1. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. – М.: Радиотехника, 2010. – 680 с.
2. Неронский Л.Б., Михайлов В.Ф., Брагин И.В. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны: Учеб.пособие. Ч. 2. – СПб: СПбГУАП, 1999. – 220 с.

Круглов А.С.

*Научный руководитель: д.т.н., доцент Е.В. Федосеева
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: kruglov.a2010@yandex.ru*

Порядок определения радиояркой температуры облачной атмосферы

К основным атмосферным образованиям, влияющим на формирование погоды и климата, относятся облака и осадки, которые выпадают из них.

Наибольший вклад в формирование радиотеплового излучения облачной атмосферы вносят кислород, водяной пар, жидкокапельные облака и осадки. Мощность радиотеплового излучения облачной атмосферы численно принято определять величиной радиояркой температуры, задаваемой следующим выражением [1]:

$$T_{обл} = \int_0^{\infty} (\alpha_{O_2} + \alpha_{H_2O}) * T * \exp(-\int_0^r (\alpha_{O_2} + \alpha_{H_2O}) dr) dr; \quad (1)$$

В формуле (1) учтены коэффициент поглощения кислорода, который рассчитывается по формуле (2), а также коэффициент поглощения парами воды, рассчитываемый по формуле (3).

$$\alpha_{O_2} = \alpha_{O_2}^0(\nu) \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{5}{2}}; \quad (2)$$

$$\alpha_{H_2O} = 7,89 * 10^6 \frac{SP\nu}{TG^0(T)} \sum_k \left\{ \frac{x_k g_k(T) \Delta\nu_k}{[(W_{1k} - W_{2k})^2 - \nu^2] + 4\nu(\Delta\nu_k)^2} \right\} + \exp(2,33 \ln \nu - 4,34) \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-33} \left(\frac{S}{S_0} \right) \frac{1 - (\sigma_2 - 1)S}{1 + (\sigma_2 - 1)S_0}; \quad (3)$$

В модели расчета радиояркой температуры учитываются модели зависимости параметров от высоты для летнего и зимнего периода года.

Был выполнен расчет для двух длин волн (1,35 см и 3,2 см) для зимы и для лета и получены следующие результаты:

- для лета при длине волны 1,35 см - 4,8 К;
- для лета при длине волны 3,2 см - 4,16 К;
- для зимы при длине волны 1,35 см - 4,76 К;
- для зимы при длине волны 3,2 см - 4,53 К.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: летом для длины волны 1,35 см температура больше, чем при длине волны 3,2 см, зимой так же при длине волны 1,35 см температура выше, но разница с длиной 3,2 см меньше, чем для лета.

Литература

1. Hogg D.C., Semplak R.A. The effect of rain water vapor on sky noise at centimeter wavelengths. Bell System Tech. J., 1961, Sept., vol.40, p. 1331-1348

Овчинников Р.В.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор 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: ovch.rv.9n@yandex.ru*

Исследование когерентной обработки пачки ФКМ импульсов с использованием доплеровских фильтров

Основной проблемой при первичной обработке сложных радиолокационных сигналов является повышение устойчивости фазокодомодулированных (ФКМ) сигналов к доплеровскому смещению частоты. Особенно остро эта проблема проявляется при больших базах сигнала, когда незначительные фазовые искажения структуры могут привести к существенному снижению качества сжатия сигнала. Такой эффект приводит к дополнительным потерям в мощности порогового сигнала, что, в свою очередь, ухудшает качество обнаружения и другие тактико-технические характеристики радиолокационных станций. Это является одной из причин широкого распространения радиосигналов с линейной частотной модуляцией, которые более устойчивы к доплеровскому смещению. В импульсно-доплеровских радиолокационных станциях с ФКМ сигналами для снижения влияния доплеровского смещения частоты применяется многоканальная доплеровская фильтрация. Целью данной работы является синтез доплеровских фильтров для повышения устойчивости системы обнаружения к изменению доплеровской частоты.

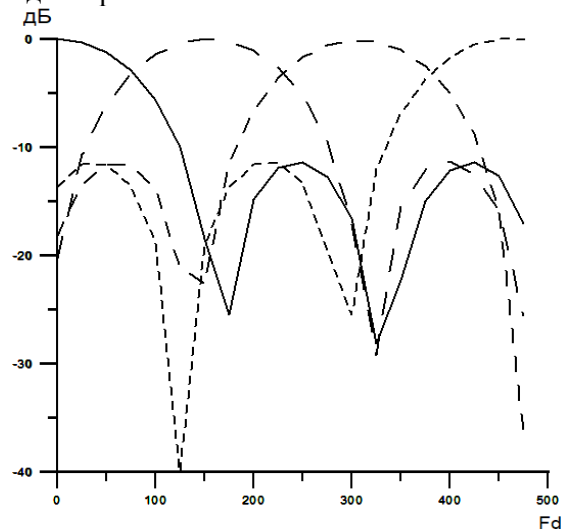


Рис. 1. Обработка пачки ФКМ импульсов с использованием доплеровских фильтров

В докладе рассмотрены основные свойства сложного ФКМ сигнала, с использованием [1] произведен выбор базы и длительности импульса; изучены принципы формирования пачки импульсов [2] и ее когерентного (синфазного) накопления [3]; разработан фильтр, частотная характеристика которого настроена на заданную частоту Доплера. С помощью интегральной среды программирования Dev-C++ произведено моделирование пачки импульсов и ее обработка с помощью доплеровских фильтров. При моделировании сформирована пачка из 4 ФКМ импульсов с базой 255, длительностью 200 мкс и периодом следования 1,5 мс. При фильтрации данной пачки, во избежание больших потерь сигнала периодичность фильтров выбрана по уровню ширины полосы пропускания (-3 дБ). На рисунке приведены результаты моделирования частотных характеристик фильтров при когерентной обработке пачки импульсов в зависимости от доплеровской частоты (Гц).

Таким образом, по результатам проведенного моделирования можно судить о потерях порогового отношения сигнал-шум, а также о применимости данной программной модели для определения числа каналов и изучения способов фильтрации пачки импульсов и формирования доплеровских фильтров.

Литература

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2004, – 320 с.
2. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.
3. Сосулин Ю.Г., Костров В.В., Паршин Ю.Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. – М.: Радиотехника, 2014. – 632 с.

Пальманов В.А.

Научный руководитель: к.т.н. Михеев К.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: palmanov1@gmail.com.*

Совершенствование метода воспроизведения траекторий движения воздушных объектов

При проведении контроля работоспособности радиотехнических систем (РТС) в автоматическом режиме назначаются и непрерывно формируются трассы движения воздушных объектов (ВО), заключающиеся в ручном вводе координат опорных точек, определяющих траекторию движения в виде ломаной линии, с указанием скоростей полета в этих точках [1]. От РТС требуется при последовательном накоплении массива информации об опорных точках автоматически формировать непрерывную траекторию движения ВО по трем координатам $x(t_p)$, $y(t_p)$, $z(t_p)$ и скорости $V(t)$. Эта задача решается путем аппроксимации трассы отрезками прямых, соединяющих заданные точки, однако, при переходе с одного отрезка траекторий на другой происходит резкое изменение курса и скорости ВО, что не соответствует реальным траекториям, кроме этого, подобная модель не позволяет формировать ускоренное движение ВО. Траектория движения объекта должна образовываться только набором чередующихся круговых, параболических и прямолинейных сегментов. Она должна обладать нулевым кручением и, таким образом, должна быть более адаптирована для имитации плоских маневров ВО. Движение вдоль каждого сегмента в общем случае должно быть равноускоренным либо равномерным [1, 2].

Реальная имитация траектории движения должна учитывать кинематику маневра ВО, когда объект (его пилот) испытывает мгновенное воздействие перегрузки вследствие скачка центробежной силы

$$F_{ц} = mv^2/R,$$

где m и v – соответственно масса и скорость ВО, который неизбежно возникает при переходе с траектории движения по прямой с радиусом кривизны $R \rightarrow \infty$ на траекторию движения с конечным радиусом $R_{окр}$. Кроме этого, имитируемая траектория должна формировать координаты движения ВО в трехмерном пространстве.

Для реализации отмеченных требований можно использовать способ описания кривой Безье, задаваемой графически и аналитически с наглядным, интуитивным представлением отдельных сегментов ее воспроизведения. Но данный способ задает лишь геометрическую форму кривой и не обеспечивает физическое воспроизведение траектории движения ВО с учетом его кинематики - скоростей, ускорений, непосредственно привязанных к каждой точке всей траектории в заданные моменты времени. Кроме этого безразмерный параметр $t \in [0; 1]$ не привязан к реальному времени t_p движения по траектории.

Для исключения отмеченных недостатков можно использовать более эффективный метод сегментации траекторий – на основе гладко совмещенных кривых различных степеней, построенных на общей опорной ломаной, которая задана группой из последовательно расположенных отрезков прямых.

Для достижения технического результата положение и геометрическое представление траектории движения объекта в пространстве плавно комплексируется из последовательно сопрягаемых сегментов с итерационными, наглядными графическими интуитивными изменениями их формы и кривизны, расчетом параметрических уравнений движения в каждом сегменте по трем координатам $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ зоны обзора РТС в функции безразмерного параметра $t \in [0; 1]$ (рис.1) с преобразованием его при различных законах изменений линейной скорости движения в функцию от аргумента - линейно-нарастающего временного интервала реального времени t_p воспроизведения траектории путем определения проходимого по сегментам пути $S(t_p)$, вычисления в соответствии с обратной функцией значений $t(S)$ в каждом

сегменте и последующим вычислением в блоке расчета координат по параметрическим уравнениям движения значений текущих декартовых координат объекта [3].



Рис. 1. Траектория движения воздушного объекта

Данный подход сочетает в себе предварительные действия оператора, направленные на проектирование модели движения, подготовительные расчеты, необходимые для определения траекторий движения, а также расчеты, вычисляющие мгновенные значения координат движущегося объекта в реальном масштабе времени. В качестве траектории задается кусочно-заданная пространственная кривая, состоящая из плавно совмещаемых сегментов в виде параметрических кривых Безье первого-третьего порядков. Для определения максимальной перегрузки необходимо для кубической кривой определить минимальный радиус кривизны. Наряду с вышеизложенным необходимо определить путь, пройденный по параметрически заданной кривой на плоскости в функции нормированного времени и аппроксимировать функции пути и функции, обратную функции пути.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-37-00077.

Литература

1. Квасов, Б.И. Методы изогеометрической аппроксимации сплайнами / Б.И. Квасов – М.: ФИЗМАЛИТ - 2006.-360с.
2. Чекушкин В.В., Аверьянов А.М., Бобров М.С. Способ имитации траекторий движения воздушных объектов // Патент № 2419072 от 20.05.2011.
3. Чекушкин В.В., Михеев К.В. Способ имитации траекторий движения объектов // Патент №2617144 от 21.04.2017.

Пронин А.А.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор 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:pronin.aleksey106@yandex.ru*

Робастный фильтр Калмана

Фильтр Калмана – это один из самых распространенных алгоритмов фильтрации, который используется во многих областях науки и техники. Благодаря своей простоте и эффективности его можно встретить в системах управления производственными процессами и ракетами, в радиолокационных станциях, в системах траекторных измерений и GPS-приемниках, в устройствах обработки показаний датчиков, в химической промышленности, в бортовой автомобильной электронике и т.д. Фильтр был разработан для линейной динамической системы, которая работает в дискретном времени, а наблюдаемый процесс является аддитивной смесью полезного сигнала и шума. В фильтре Калмана есть возможность задать априорную информацию о характере системы, связи переменных и на основании этого строить более точную оценку, но даже в простейшем случае (без ввода априорной информации) он дает отличные результаты. Однако изменение статистических свойств шума, особенно отклонение от гауссовского распределения, приводит к потере оптимальности.

Целью данного доклада является повышение устойчивости фильтра Калмана к изменению характеристик шума канала наблюдения.

Фильтр Калмана – это мощнейший инструмент фильтрации данных. Основной его принцип состоит в том, что при фильтрации используется информация о физике самого явления. Скажем, если вы фильтруете данные со спидометра машины, то инерционность машины дает вам право воспринимать слишком быстрые скачки скорости как ошибку измерения. Фильтр может эффективно использоваться в системах управления, когда задаются управляющие воздействия и производится множество последовательных измерений для формирования оптимальной оценки состояния. Модель системы для фильтра Калмана подразумевает, что реальное состояние в момент времени k получается из состояния в момент времени $k-1$ по правилу:

$$x_k = F_k x_{k-1} + w_k,$$

где F_k – матрица, соответствующая модели преобразования системы со временем, применяемая к предыдущему состоянию x_{k-1} ; w_k – вектор погрешности, которая имеет нулевое математическое ожидание, нормальное гауссовское распределение.

В момент времени k производится наблюдение (или измерение) y_k реального состояния системы x_k в соответствии с моделью измерения

$$y_k = H_k x_k + v_k,$$

где H_k – матрица, соответствующая модели наблюдения, которая отображает пространство векторов реального состояния системы в пространство векторов результатов наблюдений, а v_k – вектор ошибки наблюдения с нулевым математическим ожиданием и нормальным распределением.

Исходный фильтр Калмана не является робастным, т.к. множество реальных динамических систем не полностью вписываются в эту модель. При этом фильтр Калмана теряет свои оптимальные свойства, поскольку по наблюдаемому процессу он линеен. Устойчивость рекуррентной процедуры фильтрации можно получить за счет нелинейного преобразования невязки, который приводит к робастному алгоритму

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_{k,k+1} + R_{k+1} f_{NL}(y_{k+1} - H \hat{x}_{k,k+1}),$$

где $\hat{x}_{k,k+1}$ - экстраполяционная оценка, R_{k+1} - коэффициент усиления фильтра Калмана, $f_{NL}(\ast)$ - нелинейное преобразование, зависящее от плотности распределения шума канала наблюдений.

Робастный фильтр Калмана также является разновидностью рекурсивного фильтра. Это означает, что только результат предыдущей итерации фильтра (в виде оценки состояния системы и оценки погрешности определения этого состояния) и текущие наблюдения нужны для расчета текущего состояния системы. При этом не требуется хранение всех предшествующих наблюдений, что снижает требования к памяти и быстродействию цифровой системы обработки данных. Статистическое моделирование робастного фильтра в условиях воздействия ε -загрязненных помех показало, что применение безынерционного нелинейного преобразователя позволяет в 3...10 раз снизить дисперсию ошибок оценивания (в зависимости от степени отклонения плотности распределения шума от гауссовской).

Фильтр Калмана широко используется в инженерных и эконометрических приложениях: от радаров и систем технического зрения до оценок параметров макроэкономических моделей. Калмановская фильтрация является важной частью теории управления, играет большую роль в создании систем управления. Совместно с линейно-квадратичным регулятором фильтр Калмана позволяет решить задачу линейно-квадратичного гауссовского управления. Фильтр Калмана и линейно-квадратичный регулятор – возможное решение большинства фундаментальных задач в теории управления. В качестве примера использования фильтра можно привести предоставление точной, поддерживаемой в актуальном состоянии информации о положении и скорости объекта при наличии серии измерений положения объекта, каждое из которых в некоторой степени неточно. Например, в РЛС при отслеживании цели мы имеем очень зашумлённую (неточную) информацию о положении, скорости и ускорении наблюдаемого объекта. Траекторный робастный фильтр Калмана использует известную нам математическую модель динамики объекта, которая описывает возможные изменения состояния объекта. Это позволяет снизить погрешности измерения и достичь хорошей точности измерения положения объекта в данный момент (фильтрация), в будущие моменты (предсказание), или в какие-то из прошедших моментов (интерполяция или сглаживание).

Литература

1. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.
2. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. Учеб. пособие для вузов. – М.: Радиотехника, 2003. – 400 с.

Савин С.И.

Научный руководитель: к.т.н. К.В. Михеев

*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
SavinRT114@yandex.ru*

Исследование метода частотной выборки при реализации КИХ - фильтра

В наше время цифровые фильтры нашли широкое применение при обработке радиосигналов. Цифровые фильтры делятся на два типа: КИХ - фильтры (с конечной импульсной характеристикой) и БИХ - фильтры (с бесконечной импульсной характеристикой). Сигнал на выходе КИХ – фильтра является результатом свертки входного сигнала $x(n)$ и импульсной характеристики фильтра $h(n)$ [1]:

$$y(m) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n) x(m-n) .$$

Импульсная характеристика фильтра связана с передаточной функцией фильтра соотношением

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n) z^{-n} .$$

Операция синтеза КИХ фильтра состоит в расчете значений коэффициентов фильтра, получение значений $h(n)$, при которых характеристики фильтра удовлетворяют заданным спецификациями, чаще всего задают ряд параметров амплитудно-частотной характеристики фильтра и величину пропускной способности. На практике широко используют несколько методов расчета $h(n)$ [1] - это метод вырезания, оптимальный метод и метод частотной выборки. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Метод частотной выборки позволяет разрабатывать нерекурсивные КИХ - фильтры, в число которых входят как обычные частотно - избирательные фильтры (фильтры нижних частот, верхних частот, полосовые и режекторные), так и фильтры с произвольной частотной характеристикой. Уникальное достоинство метода частотной выборки заключается в том, что он допускает рекурсивные реализации КИХ - фильтров, что позволяет получать вычислительно эффективные фильтры. При некоторых условиях можно даже разработать рекурсивные КИХ - фильтры, коэффициент которых - целые числа, что удобно, если допустимы только элементарные арифметические операции (это справедливо, например, для систем, реализованных на стандартных микропроцессорах) [1].

Основная идея метода частотной выборки состоит в том, что искомую частотную характеристику можно аппроксимировать ее отсчетами, взятыми в N равноотстоящих точках, а затем путем интерполяции получить результирующую частотную характеристику, которая будет проходить через исходные отсчеты. Ошибка интерполяции для фильтров с достаточно гладкими частотными характеристиками обычно имеет небольшую величину. В случае селективных фильтров, когда заданная частотная характеристика резко меняется от полосы к полосе, частотные отсчеты в переходных полосах остаются незадавленными переменными, значения которых подбираются с помощью алгоритма оптимизации таким образом, чтобы минимизировать некоторую функцию ошибки аппроксимации характеристики фильтра[1].

Литература

1. Айфичер, Эмануил С., Джервис, Бфрри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. : Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. - ил. Парал. тит. англ. – 418 с.

Самарин А.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жиганов С.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: lolik9393@mail.ru.

Исследование методов аппроксимации спектральных плотностей и корреляционных функций

Математические модели сигналов позволяют с высокой точностью описать поведение различных физических объектов и процессов, однако, полученные математические соотношения могут быть очень сложными, будут обладать большой вычислительной сложностью и их применение для моделирования и анализа физических процессов будет мало пригодно. С другой стороны, на практике регистрация измерительных сигналов выполняется, как правило, с определенной погрешностью, сигналы искажаются шумами и помехами, и их моделирование сложными моделями не принесет повышение точности расчетов и обработки данных. При решении перечисленных задач необходимо использовать методы аппроксимации – представление произвольных сложных функций простыми и удобными для практического использования соотношениями, построенными на основе компромисса между точностью описания физического процесса и необходимой вычислительной сложностью алгоритма.

В работе рассмотрены методы аппроксимации ряда корреляционных функций и спектральной плотности случайных процессов при помощи параметрических моделей и полиномов Лагерра. Качество аппроксимации проверялось на основе построения фазовых портретов.

Сочнева Н.А.

*Научный руководитель старший преподаватель Смирнов М.С.
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: sochnewa.natalya@yandex.ru*

Разработка программной модели блока формирования и обработки радиолокационных сигналов в системе LabVIEW

Современные радиолокационные системы (РЛС) – это сложные изделия, состоящие из большого количества функционально связанных блоков. От эффективной работы каждого устройства зависит работоспособность всего изделия. Важным этапом в разработке и производстве любого радиотехнического изделия является контроль работоспособности отдельных блоков и тренировка операторов. Эффективность этого этапа в настоящее время может быть обеспечена современными вычислительными средствами и, реализуемыми ими математическими моделями, адекватно описывающими физические явления.

Целью работы является разработка автоматизированной системы, осуществляющей моделирование формирования и обработки радиолокационных сигналов.

Реализация модели траектории движения воздушного объекта и динамика передающего и приемного лучей антенны осуществлена программным способом. Для формирования сигналов использовался векторный генератор, способный сформировать сигнал на основе заданной последовательности. Для приема сигналов использовался цифровой осциллограф с требуемым разрешением.

Аппаратная часть системы собрана на основе модульных приборов компании National Instrument s. Система построена на основе шасси PXIc контроллером, обеспечивающим управление модульными приборами и осуществляющим обработку поступающих сигналов. В качестве блока формирования сигналов используется векторный генератор с возможностью формирования сигналов на основе произвольной последовательности. Блок приемник представляет собой цифровой осциллограф с частотой дискретизации 60 МГц и разрешением 12 бит. В качестве программной среды разработки использовалась LabVIEW 2014. Программная часть системы состоит из трех основных блоков.

Блок моделирования движения луча обзора и движения цели. Скорость вращения луча обзора составляет 1 оборот за 10 секунд. Скорость движения цели задана параметрически в м/с. Для движения цели может быть выбрана прямолинейная или криволинейная траектория движения.

Блок управления модульными приборами управляет работой векторного генератора и цифрового осциллографа. Векторный генератор формирует ЛЧМ радиоимпульсы на промежуточной частоте 30 МГц. Цифровой осциллограф принимает и оцифровывает сигнал, а также формирует квадратурные составляющие с частотой дискретизации 24 МГц. Цифровые отсчеты квадратур следуют с частотой 1,2 МГц.

Блок обработки осуществляет дискретную свёртку сигнала с цифровой копией излученного сигнала, после чего осуществляется селекция движущихся целей.

Система способна работать в нескольких режимах.

Режим полной симуляции. В данном режиме сформированный ЛЧМ сигнал поступает сразу на вход блока обработки, без использования векторного генератора и цифрового осциллографа. Формирование сигнала в этом случае осуществляется с учетом возможных изменений при отражении его от движущейся цели.

Режим частичной симуляции. В этом режиме вращение луча обзора сопровождается генерированием ЛЧМ сигнала, посредством векторного генератора. Сигнал с выхода генератора поступает напрямую на вход цифрового осциллографа. Искажения в принимаемый сигнал вносятся программным образом в блоке предварительной обработки. Цифровой

осциллограф начинает принимать сигналы только по команде от блока управления. Команда поступает тот момент, когда луч обзора пересекает траекторию движения цели.

Режим имитации работы. В этом режиме генератор и осциллограф работают независимо. Генерируемые ЛЧМ импульсы излучаются в передающую антенну, а на осциллограф приходят сигналы с приемной антенны через цифровой приемник.

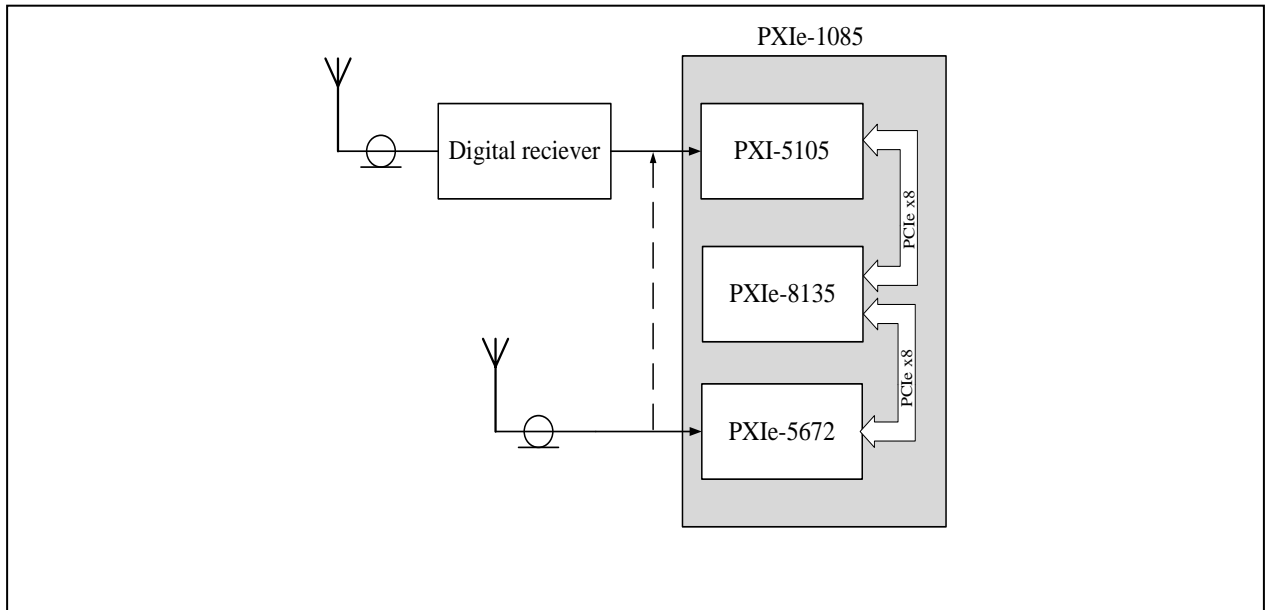


Рис. 1. Структурная схема системы формирования приема и обработки сигналов

Литература

1. S.N. Zhiganov, M.S.Smirnov "An automated control system by probe signal generator in radar" *Procedia Engineering*, vol. 129, pp. 178-183, October 2015.
2. Чекушкин В.В., Жиганов С.Н., Михеев К.В., Быков А.А. Математическое моделирование и вычислительные алгоритмы в радиотехнических системах // *Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей»*. № 1, 2017. – С. 98-104

Тышкевич Е.М.

*Научный руководитель: д.т.н., доцент Е.В. Федосеева
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: tyshkevichliza@gmail.com*

Исследование влияния реальных условий на результаты исследования прохождения поля по зонной теории Френеля

Работа посвящена исследованию влияния условий эксперимента на результаты исследования поля по зонной теории Френеля.

В работе выполнено моделирование прохождения радиоволн через отверстие в непроводящем экране и при наличии закрытых зон Френеля - локальных препятствий в свободном пространстве между источником и приемником. Для нахождения поля в точке приема использовались методы Гейгенса-Кирхгофа и зонная теория Френеля. Данные расчетов показали хорошее совпадение результатов этих методов. В связи с чем учет влияния условий эксперимента выполнялся в зонной теории Френеля.

В лабораторном стенде предусмотрено исследование прохождения радиоволн через препятствие, путем закрытия определенных центральных зон Френеля.

На основе зонной теории Френеля проанализировали влияние реальных условий на результаты исследования: ограниченный размер экрана в виде круга с радиусом равным радиусу восьмой зоны Френеля и диаграммы направленности приемной и передающей антенн.

На рис. 1 и рис. 2 представлены графики зависимости погрешности оценки влияния препятствий на пути распространения электромагнитных волн по зонной теории Френеля с учетом и без учета реальных условий эксперимента.

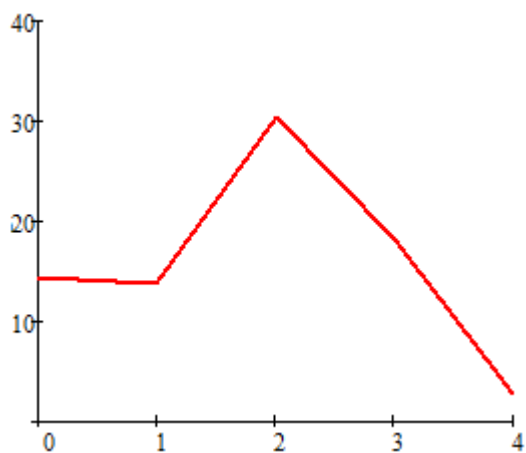


Рис. 1. Погрешность оценки поля по зонной теории Френеля в лабораторном стенде без учета ДН антенны

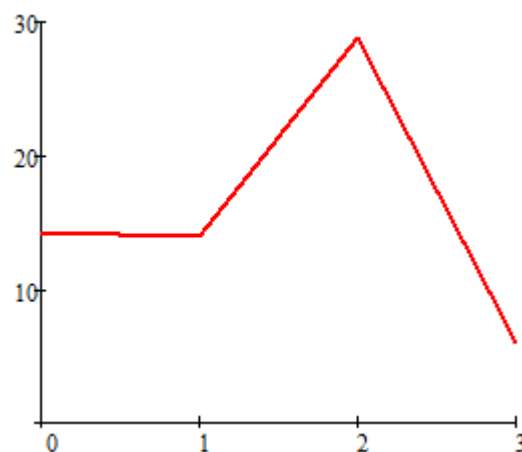


Рис. 2. Погрешность оценки поля по зонной теории Френеля в лабораторном стенде без учета ограниченности размера экрана

Полученные результаты показывают наличие погрешности в пределах 30 % в случае, если не учитываются диаграммы направленности антенн и ограниченность размеров экрана, но при увеличении размеров препятствий погрешность уменьшается. Таким образом, самое большое отличие результатов эксперимента от результатов расчета по зонной теории Френеля имеет место при малых размерах препятствий.