

Информатика, вычислительная техника и управление

ИНСТРУМЕНТЫ МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.В. Барабанов, В.Ф. Барабанов, М.А. Белых

Аннотация: проанализированы инструменты мониторинга производительности вычислительной системы, определены внутренние механизмы их работы и способы взаимодействия с ними. На основании механизмов работы был разработан алгоритм мониторинга состояния вычислительной системы, предназначенный для оперативного контроля и анализа работоспособности различных компонентов системы. Алгоритм позволяет осуществлять постоянный сбор данных о производительности, нагрузке, ресурсах и других параметрах системы, а также предоставляет возможность прогнозирования возможных сбоев и ухудшения работы. На основании алгоритма реализована программа по мониторингу ресурсов. Получаемая описанными алгоритмами информация о процессах и загрузке центрального процессора системы допускает расхождения с диспетчером задач не более 5 % по загрузке центрального процессора (ЦП) в связи с разными алгоритмами расчета и абсолютно идентична по расчету загрузки оперативной памяти. Использование описанных алгоритмов целесообразно в случаях, если нет встроенных счетчиков или имеется потребность в анализе конкретных параметров системы. Как итог – был разработан и реализован алгоритм по мониторингу ресурсов, доступный в большинстве систем, но не требующий дополнительных прав пользователя для своего использования

Ключевые слова: мониторинг вычислительной системы, контроль и анализ компонентов системы, системы прогнозирования состояния, счетчики производительности

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИК-ОБЛУЧЕНИИ ВОДЫ: ЭКСПЕРИМЕНТ И МОДЕЛЬ

Д.С. Сайко, Д.Г. Андреев, С.А. Титов, В.И. Корепанов

Аннотация: проведено экспериментальное исследование поглощения водой инфракрасного излучения, получены кривые зависимости температуры от времени и глубины положения двух датчиков относительно поверхности. Датчики были размещены на поплавках с таким условием, чтобы положение верхнего датчика было 0,5 мм от поверхности. Расстояние между термопарами было фиксировано и составляло 3 мм. Проведено моделирование тепловых процессов в образце. Для описания тепловых потоков в жидкости используется стандартная модель – уравнение теплопроводности с граничными условиями Ньютона-Рихмана. Для неоднородного уравнения теплопроводности с краевыми условиями третьего типа для полубесконечной среды с неоднородностью экспоненциального вида ранее было получено точное решение, которое используется для описания процессов в приповерхностной области при относительно малой длительности эксперимента. Проведено сравнение модели с экспериментом путем процедуры оптимизации входных параметров модели. Показано, что использование модели приводит, при высокой интенсивности инфракрасного (ИК)-облучения поверхности воды, к наблюдаемой зависимости температуры от времени и координаты, если полагать коэффициент теплопроводности в несколько раз большим табличного значения. В этом случае модель показывает, что в приповерхностной области толщиной порядка микрометра при высокой интенсивности облучения образца возникает инверсный тепловой поток, направленный к поверхности. Обсуждаются результаты моделирования и границы применения модели

Ключевые слова: тепловые свойства воды, инфракрасное поглощение в жидкости, моделирование теплопереноса в жидкости, одномерное уравнение теплопроводности, неоднородное уравнение параболического типа, третья краевая задача, задача Робена, аналитическое решение, экспоненциальная неоднородность, функция ошибок

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ О ТЕЧЕНИИ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ЗАЗОРЕ МЕЖДУ ДВУМЯ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ЦИЛИНДРАМИ

В.С. Купцов, А.А. Катрахова

Аннотация: представлена математическая модель, при помощи которой решается задача вращения двух цилиндров в неньютоновском потоке несжимаемой жидкости. Для решения представленной задачи использовались цилиндрическая система координат для уравнений в частных производных (в напряжениях) и уравнение неразрывности данного течения. При этом учитывалась конвективная часть уравнений, описывающих течения жидкости. Рассматривалась модель неньютоновской жидкости с нелинейными компонентами напряжений. Течение жидкости установившееся. С учетом нелинейности поля напряжений данного течения жидкости вычислены компоненты скоростей деформации и напряжений, а также вычислен момент всех сил относительно оси симметрии по какой-либо окружности произвольного радиуса. Рассмотрен вариант решения задачи, совпадающий с классическим, но для неньютоновского стационарного потока несжимаемой жидкости. Получены аналитические формулы для вычисления гидродинамических параметров потока течения неньютоновской жидкости. Формулы применяются для конкретных неньютоновских жидкостей аналитически или численно в зависимости от вида жидкости и условий технической задачи. Частный случай данного результата совпадает с формулами для задачи в аналогичной постановке для ньютоновского стационарного потока вязкой несжимаемой жидкости

Ключевые слова: неньютоновская несжимаемая жидкость, система уравнений, частные производные, цилиндры, цилиндрические координаты, стационарный поток, математическая модель

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

В.И. Плющев

Аннотация: в настоящее время информационный обмен при реализации диспетчерского регулирования движения флота на внутренних водных путях в основном базируется на радиотелефонной связи. Такой вид связи отвлекает судоводителя от управления судном, не гарантирует доставку сообщений, требует ручной фиксации и архивации принятой информации, серьезно усложняет создание баз данных о движении судов и грузоперевозках. Создание полноценной и эффективной информационной системы для внутренних водных путей требует серьезной модернизации существующей системы диспетчерского управления. Рассматриваются подходы к созданию цифровой системы диспетчерского регулирования. Предложена структура диспетчерской системы Администрации бассейна внутренних водных путей. Обоснован вариант организации информационного обмена на базе сети автоматических идентификационных станций (АИС) и сети интернет. Приведены результаты исследования загрузки каналов АИС, доказана возможность передачи дополнительной информации с использованием АИС. Определен состав и структура сообщений при обмене данными между объектами информационной сети на внутренних водных путях. Предложены варианты формализации сообщений и автоматизации их генерации. Представлена техническая платформа для реализации цифровой информационной сети, рассмотрены состав и структуры автоматизированного рабочего места диспетчера и автоматизированного рабочего места вахтенного начальника судна, приведены варианты интерфейса рабочих мест. Техническая платформа диспетчерской системы позволяет принимать, архивировать, распечатывать сообщения диспетчерских пунктов и других судов, формировать, редактировать, архивировать и осуществлять передачу сообщений как в береговые диспетчерские пункты, так и между судами. Реализация автоматизированной информационной системы, наряду с повышением безопасности судоходства, позволит формировать базы данных по движению судов и грузопотоков на внутренних водных путях для проведения оптимизации транспортного процесса

Ключевые слова: внутренние водные пути, диспетчерское управление, информационные системы, автоматическая идентификационная система, передача данных, автоматизированное рабочее место

СПОСОБ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ (ТЯГИ) ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПОЛЕТЕ НА ФИКСИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

С.В. Николаев, А.П. Тупицын, Д.С. Меренцов

Аннотация: исследуется вопрос повышения безопасности полетов авиационных комплексов. Проведен анализ авиационных происшествий на современных и перспективных авиационных комплексах, причиной которых стал отказ (повреждение) элементов силовой установки. Показаны направления развития бортовых средств повышения безопасности полетов и информирования экипажа об опасной ситуации. Проанализированы известные способы контроля состояния и идентификации высотно-скоростных характеристик двигателей в полете, их недостатки. Показаны причины отличия фактических высотно-скоростных характеристик турбореактивных двигателей (в составе авиационного комплекса) от полученных в стендовых испытаниях. Рассмотрены задачи информационно-управляющей системы авиационного комплекса. Предложен способ контроля состояния (тяги) турбореактивного двигателя в полете, основанный на экспериментально-расчетном методе определения безиндуктивного избытка тяги. Заявленный результат предлагаемого способа достигается за счет: внедрения в информационно-управляющую систему математической модели летно-технических характеристик движения авиационного комплекса как материальной точки; коррекции математической модели путем идентификации высотно-скоростных характеристик двигателя (с учетом интерференции элементов планера); расчета отклонений тяги двигателя от стандартной (эталонной); внедрения в систему интеллектуальной поддержки экипажа дополнительных информационных элементов на многофункциональном индикаторе в кабине, показывающих экипажу текущие характеристики каждого двигателя и возможности авиационного комплекса в части летно-технических характеристик непосредственно в полете. Продемонстрированы примеры идентификации высотно-скоростных характеристик двигателя, выполненные в рамках летных испытаний современных авиационных комплексов

Ключевые слова: авиационный комплекс, турбореактивный двигатель, неиндицируемые отказы, высотно-скоростные характеристики, обеспечение безопасности полетов, летные испытания, информационная поддержка экипажа, многофакторный регрессионный анализ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ

М.А. Белых, Д.А. Баранов, В.Ф. Барабанов

Аннотация: проводится вычислительный эксперимент по решению многокритериальной транспортной задачи с использованием набора эволюционных алгоритмов, в числе которых генетический алгоритм, алгоритм муравьиной колонии и алгоритм пчелиной колонии. В исследовании используется 10000 различных постановок задачи, каждая из которых состоит из квадратной матрицы смежности размерностью от 10x10 до 20x20. Каждая из этих постановок решалась с использованием 39 вариаций каждого из алгоритмов. Каждым алгоритмом было выполнено по 60 итераций с 60 особями в составе. Основная цель вычислительного эксперимента заключалась в оценке производительности и качества решений, предоставляемых этими алгоритмами, а также в выявлении их преимуществ и недостатков их применения в различных условиях в рамках решения многокритериальной транспортной задачи без ограничений. Результаты экспериментов показывают, что каждый из алгоритмов обладает уникальными характеристиками и может быть предпочтителен в зависимости от специфики задачи и требований к вычислительным ресурсам. Проведенный анализ предоставляет ценную информацию для дальнейших исследований и практического применения метаэвристических методов в решении, в частности, комбинаторных задач оптимизации

Ключевые слова: метаэвристические методы, эволюционные алгоритмы, муравьиный алгоритм, генетический алгоритм, пчелиный алгоритм

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ С ТУРБУЛЕНТНЫМ ПОТОКОМ В РАМКАХ $k-\omega$ МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

О.А. Дорохова, И.Л. Батаронов, Т.А. Наденна, Н.А. Ююкин

Аннотация: рассматривается двумерная задача теплообмена турбулентного потока и термоэлектрического охлаждающего модуля. Физические свойства термоэлемента и теплоносителя считаются постоянными, равными усредненным значениям физических параметров. Расчет проводится в $k-\omega$ модели турбулентности, позволяющей получить решение в пристеночной зоне. Анализ в рамках теории подобия показал, что профили нормированной разности температур зависят от чисел Рейнольдса и Прандтля и параметра Υ термоэлемента. Найдено, что координатная зависимость на начальном участке профиля хорошо аппроксимируется кубическим корнем, а основная часть профиля – дробно-иррациональной функцией, дополненной линейной асимптотической зависимостью. Из-за сильной коррелированности коэффициентов модели расчет проводился в два этапа. На первом этапе определяются два параметра основной части профиля. Показано, что они линейно зависят от критериального отношения Υ , а зависимость от Re и Pr подобна формуле М.А. Михеева. На втором этапе находится поправочный множитель начального участка, который аппроксимировался экспоненциальными функциями. Установлено, что поправочный множитель зависит только от чисел Re и Pr . На основе одномерного уравнения баланса энергии получено выражение для локального числа Нуссельта, отличающееся от такового без термоэлемента вычитанием параметра Υ , умноженного на коэффициент, зависящий от числа Pr . Обнаружено существование критического режима, возникающего при сближении значений чисел Nu и Υ

Ключевые слова: теплопередача, термоэлектрические охладители, температурное поле, метод конечных элементов, критериальные параметры

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛЕТА ГИБРИДНОГО ДВУХМОТОРНОГО АППАРАТА

В.Б. Фурсов, Ю.В. Писаревский, Ж.А. Ген

Аннотация: исследование движения гибридного летательного аппарата определяется необходимостью создания перспективных видов воздушной техники. В настоящее время могут быть разработаны летательные аппараты новой конструкции, аппараты гибридного типа, отличающиеся своей конструкцией и функциональностью. Форма гибридного дирижабля приближена к крылу самолета. Это позволяет получить во время полета дополнительную подъемную силу и скорость. Огромный потенциал подобных летательных аппаратов в малоразмерной версии практически не используется. Создание подобных летательных аппаратов сдерживается необходимостью проведения исследований в области динамики полёта. Обеспечение устойчивости полета любого летательного аппарата является наиболее важным фактором, определяющим перспективность конструкции летательного аппарата. Для летательных аппаратов легче воздуха статическая устойчивость связана с устойчивым состоянием в режиме зависания, но в данном случае речь идет о динамической неустойчивости, которая наблюдается только во время движения и, как правило, зависит от скорости перемещения. При этом наибольшую опасность представляет продольная неустойчивость. В статье рассматривается динамическая устойчивость летательного аппарата с положительной плавучестью эллиптической формы. Исследования показывают, что при некоторой определённой скорости устойчивость летательного аппарата теряется и без дополнительной активной стабилизации полёт неустойчив уже на малых скоростях. При моделировании использовался квазидинамический метод — функции сопротивления полёту при различном положении летательного аппарата получены численно для стационарного движения, что при малых скоростях не должно приводить к большой ошибке моделирования

Ключевые слова: гибридный двухмоторный аппарат, моделирование, неустойчивость полета, угол атаки, колебания

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БПЛА

И.А. Болдырев, А.С. Кожин, А.В. Бурковский, А.В. Тихонов, Т.Е. Черных

Аннотация: приводится обоснование актуальности обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации в области исследования и разработки беспилотных авиационных систем и их компонентов, в частности, систем управления электрическими двигателями, входящих в состав винтомоторных групп мультироторных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Фактически единственным типом электрических двигателей для силовых установок беспилотных аппаратов являются синхронные электродвигатели на постоянных магнитах (СДПМ). Объектом исследования является векторное управление СДПМ, относящихся к классу неявнополюсных с синусоидальной электродвижущей силой (ЭДС). Приведено математическое описание СДПМ, включая систему уравнений, которая моделирует электромагнитные и механические процессы работы СДПМ в динамическом режиме работы и статические уравнения, моделирующие электромагнитные процессы в установившемся режиме работы двигателя. Описан принцип построения системы регулирования токов СДПМ и принцип построения системы регулирования частоты вращения СДПМ. Приведено условие эквивалентности методик управления неявнополюсным и явнополюсным СДПМ. Представлена Simulink-модель предлагаемой системы автоматического управления углом вращения ротора и Simulink-модель предлагаемого регулятора электрической угловой скорости ротора. Изложен один из возможных методов построения системы управления электродвигателем винтомоторной группы БПЛА на основе векторного управления СДПМ с улучшенными свойствами переходных процессов, как в случае изменения задания, так и подавления возмущающих воздействий

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, бесконтактный двигатель постоянного тока, синхронный двигатель на постоянных магнитах, векторное управление

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006)

Радиотехника и связь

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА БАЗЕ ФЛЭШ-ПАМЯТИ С УЧЕТОМ АНАЛИЗА ПОРОГОВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

А.В. Башкиров, М.В. Хорошайлова, А.С. Демихова

Аннотация: разработана методика регулирования хранения данных с учетом анализа порогового напряжения для увеличения срока службы флэш-памяти. Основная идея заключается в том, что во время операции считывания модуляция условий смещения позволяет анализировать уровень порогового напряжения (V_{th}). Могут быть обнаружены биты со слабым уровнем заряда при использовании кодов исправления ошибок (ЕСС), оперативного резервирования и анализа V_{th} . Для этой цели разработана модель массива памяти, использующая ячейки для обеспечения надежности реализации использования стандартного кода исправления ошибок. Данная методика позволяет разделить страницы, хранящиеся во флэш-памяти, на две группы в зависимости от частоты записи страниц и применить наиболее подходящих средства управления доступа к двум различным группам флэш-страниц/блоков. Данная методика позволяет устранить значительное количество ненужных обновлений и значительно увеличивает срок службы флэш-памяти. Приведена архитектура, которая повышает надежность ячейки памяти, и позволяет заменить ошибочную страницу избыточной страницей, как только будет обнаружена ошибка. Проведенное моделирование показывает, что с использованием кода четности, который может обнаруживать только одну ошибку, коррекция ошибок с анализом порогового напряжения может исправить до одной ошибки, что позволяет улучшить среднее время работы до отказа памяти в 4,7 раза в 2-мегабитном массиве с 32 битами на слово

Ключевые слова: флэш-память, коды исправления ошибок, хранение данных, массив памяти, частота записи, увеличение срока службы

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ ЛИНЗОВЫХ АНТЕНН

Д.А. Шершов, С.М. Фёдоров, Е.А. Ищенко

Аннотация: рассматриваются многолучевые антенны на основе диэлектрических линз с применением современных методов 3D-печати. Диэлектрические линзовые антенны вызывают повышенный интерес для применения на миллиметровых и субмиллиметровых волнах, где они становятся компактными, особенно в конфигурациях со встроенным источником питания, которые обычно называют интегрированными линзовыми антеннами. Линзы очень гибки и просты в проектировании и изготовлении, являются надежной альтернативой отражательным антеннам на этих частотах. Выходной сигнал объектива может варьироваться от простого коллимированного луча (увеличивающего направленность излучения) до более сложных многоцелевых устройств. Представлены основные виды линз, такие как: линза Лüneберга, линза Максвелла. Было показано, что линза Максвелла «рыбий глаз» (MFEL) с положительным преломлением позволяет получать идеальную визуализацию, но требует дополнительных затрат на дренаж. MFEL, встроенный в наружное покрытие, вдохновленный концепцией solid immersion, позволяет получать изображения с высоким разрешением без утечек. Было обнаружено, что полное отражение на внешнем твердотельном иммерсионном интерфейсе и естественная идеальная фокусировка MFEL синтетически способствуют получению изображения с высоким разрешением, формируемого в воздухе. Представлена инновационная конструкция антенны, в которой используется цилиндрическая диэлектрическая линза Лüneберга, разработанная специально для приложений Интернета вещей (IoT) с частотой 60 ГГц. Для оптимизации связи в V-диапазоне диэлектрическая проницаемость диэлектрической среды стратегически регулируется путем точного регулирования физической пористости. Результаты измерений демонстрируют исключительную производительность антенны, превосходящую стандарты развертывания Интернета вещей. Это открывает путь к созданию усовершенствованной инфраструктуры Интернета вещей, характеризующейся расширенными возможностями обнаружения и улучшенной связью

Ключевые слова: антенна, линзовые антенны, линза Лüneберга, линза Максвелла, миллиметровые волны, Интернет вещей, 3D-печать

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZGM-2023-0013)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КАНАЛА СВЯЗИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ К ШУМОПОДОБНЫМ ПОМЕХАМ

М.А. Ромашенко, Д.В. Васильченко, А.Ю. Аралов

Аннотация: рассмотрен вопрос исследования помехоустойчивости каналов радиосвязи на основе технологии Long Range (LoRa), используемых в беспилотных летательных аппаратах, к воздействию шумоподобных помех с частотной модуляцией шума. Дано обоснование выбора шумоподобной помехи как наиболее распространенной и эффективной для подавления каналов связи. Представлен алгоритм формирования частотно-модулированной шумоподобной помехи и его математическая реализация в среде моделирования MatLab, приведены соответствующие спектрограммы. Полученные квадратуры сигнала при помощи векторного генератора использовались для экспериментальной реализации помехового воздействия. Разработана структурная схема экспериментального стенда для практического подавления канала связи LoRa и произведен выбор необходимого оборудования. В рамках эксперимента выполнена оценка зависимости между мощностью помехового и полезного сигнала в условиях подавления связи и в условиях стабильной работы приёмника LoRa. Представлены спектральные данные и уровни отношения сигнал/шум на разных этапах эксперимента. На основе полученных данных сделаны выводы о низкой энергоэффективности шумоподобной помехи для подавления системы связи на основе LoRa. Даны рекомендации для дальнейших исследований в области помехоустойчивых систем связи и управления наземными и воздушными беспилотными роботизированными аппаратами, использующих технологию LoRa

Ключевые слова: помехоустойчивая связь, канал связи, БПЛА, шумоподобная помеха, LoRa

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПАУНДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНАРНОГО ТРАНСФОРМАТОРА В МОДУЛЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

И.С. Бобылкин, А.А. Кузёмкин, Е.М. Ивашкина, А.М. Безрукавый

Аннотация: в современном мире электроники и электротехники всё большее значение приобретают компактные и эффективные решения для систем электропитания. Планарные трансформаторы, благодаря своей плоской конструкции, представляют собой перспективное направление для уменьшения размеров и веса модулей электропитания. Однако их изготовление требует особого внимания к выбору и использованию компаундов, которые играют ключевую роль в обеспечении надёжности, безопасности и эффективности работы трансформаторов. Компаунды выполняют несколько важных функций: герметизация, электроизоляция, взрывозащита и влияние на тепловые характеристики. Рассматривается исследование влияния компаундов на характеристики планарного трансформатора в модуле электропитания, приводится анализ различных типов компаундов и их воздействия на параметры трансформатора, такие как индуктивность, потери, температурный режим и надёжность. Представлены результаты экспериментальных исследований, которые позволяют оценить эффективность использования различных компаундов для улучшения характеристик трансформатора. Также обсуждаются перспективы применения полученных результатов в разработке современных модулей электропитания. С результатами будет полезно ознакомиться специалистам в области электротехники, электроники и проектирования электронных устройств при изучении данных и рекомендаций для оптимизации и модернизации трансформаторных модулей

Ключевые слова: планарный трансформатор, компаунд, модуль электропитания, характеристика трансформатора

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С РЕГИСТРОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ

М.В. Хорошайлова, А.В. Турецкий, А.С. Демихова

Аннотация: представлена реализация блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с регистром последовательного приближения. На основе разработанного алгоритма последовательного приближения, который помогает уменьшить число шагов преобразования, была представлена усовершенствованная конструкция АЦП с регистром последовательного приближения (SAR), использующая нескольких параллельных компараторов и двоично-взвешенную емкостную матрицу цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с распределением заряда. Схема двухкаскадного компаратора была построена с использованием дополнительных транзисторов nМОП и рМОП. Логика битового цикла была разработана с использованием D-триггеров и инверторных элементов, доступных в Multisim 14.0. Эта логика требует для своей работы двухфазных неперекрывающихся тактовых импульсов. Поэтому схема генерации тактовой частоты также была разработана с использованием триггеров и инверторов с соответствующей задержкой. Приведенные результаты моделирования показывают, что предлагаемый АЦП снижает время преобразования с 16 % до 5 %. Также показано, что 5-разрядная операция сокращает время преобразования примерно на 16,25 %. Кроме того, емкостный ЦАП с встроенными функциями выборки и удержания потребляет меньше энергии и времени, а также вызывает меньше ошибок рассогласования по сравнению с резистивным ЦАП

Ключевые слова: АЦП с регистром последовательного приближения, емкостная матрица ЦАП, время преобразования, компаратор, регистр сдвига

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006)

ПЕЧАТНАЯ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКАЯ АНТЕННА ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ПЕЛЕНГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Е.Д. Егорова, Е.А. Ищенко, А.Е. Медведев, Д.В. Пацев, С.М. Фёдоров

Аннотация: рассматривается печатная широкополосная антиподальная логопериодическая антенна, которая предназначена для реализации широкополосного пеленгационного комплекса. Предлагаемая конструкция антенны обладает простотой реализации, повторяемостью, а также стабильностью характеристик в широком диапазоне рабочих частот. Для реализации был выбран диапазон рабочих частот 900-1400 МГц, что позволяет обеспечить максимально широкое перекрытие диапазона, в котором работают автоматизированные роботизированные комплексы. Приводятся результаты электродинамического моделирования антенны, а также измерения характеристик макета. Макет выполнялся на основе двустороннего фольгированного диэлектрика Fг-4 толщиной 1 мм, что позволяет обеспечить малые размеры антенны, а также большую прочность. Полученный макет использовался для измерения диапазона рабочих частот с применением векторного анализатора цепей, а также для измерения диаграммы направленности. Полученные результаты показывают высокую корреляцию результатов измерений и моделирования, что особенно важно для антенных систем пеленгационных комплексов. Также особое внимание в работе было уделено позиции фазового центра антенны, так как он оказывает влияние на измерение характеристик электромагнитного поля, что особенно важно в задачах пеленгации источников электромагнитного излучения

Ключевые слова: печатная антенна, логопериодическая антенна, пеленгационная антенна, широкополосная антенна

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЖСИМВОЛЬНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НА ПЕРЕДАЧУ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

Л.А. Сенаторов

Аннотация: исследуется влияние внешних помех на качество передачи сигналов по радиоканалу. Изучается устойчивость линейно-частотно-модулированных и нелинейно-частотно-модулированных сигналов к помехам, возникающим при работе других радиопередающих устройств. Увеличение плотности расположения радиоэлектронных устройств на ограниченных территориях ведет к постепенному ухудшению помеховой обстановки, что зачастую может приводить к появлению преднамеренных или случайных мешающих воздействий, которые способны ухудшить качество связи или полностью заблокировать ее. Взаимная установка блокирующих помех рассматривается как случай возникновения межсимвольной интерференции. Для исследования устойчивости линейно-частотно-модулированных и квадратурных нелинейно-частотно-модулированных сигналов была составлена имитационная модель передачи сложных сигналов под влиянием межсимвольной интерференции в Matlab R2023a. Эксперименты показали высокую помехоустойчивость сложных сигналов, вероятность битовой ошибки не превысила 10 %. Исследование показало, что сложные сигналы обладают высокой устойчивостью к внешним помехам, однако линейно-частотно-модулированный сигнал является наиболее помехоустойчивым из рассмотренных, а потому может быть использован в перспективных системах радиосвязи, предназначенных для использования в крупных городах или при работе критически важных узлов связи в случае происшествий

Ключевые слова: ЛЧМ, Matlab, обработка сигналов, модуляция, демодуляция

УМЕНЬШЕНИЕ ГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ В ТРАНСФОРМАТОРЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Н.Ю. Веретенников

Аннотация: основным путем к снижению габаритных размеров радиотехнических устройств является уменьшение габаритов магнитного компонента импульсного источника питания посредством повышения частоты работы преобразователя. Однако с увеличением рабочей частоты магнитного компонента может страдать его эффективность, вследствие возникновения высокочастотных потерь на перемагничивание сердечника и потерь, вызываемых вихревыми токами в медных проводниках. Рассмотрены основные механизмы возникновения высокочастотных потерь в обмотках магнитных компонентов с накоплением энергии, а также способ аналитического моделирования высокочастотных потерь в обмотках, вызываемых эффектом близости. Наиболее популярным способом снижения потерь в силовых трансформаторах является чередование обмоток с применением провода оптимальной толщины. Однако в обратноходовом преобразователе в силу особенностей топологии силового каскада обмотки работают попеременно. При этом, пассивные слои обмоток выступают в качестве экрана, и их потери могут существенно превышать потери в обмотках, проводящих ток. Показано, что, несмотря на невозможность компенсации поля в обратноходовом трансформаторе, чередование обмоток способно перераспределить вихревые токи в обмотках, и, как следствие, уменьшить потери, связанные с эффектом близости

Ключевые слова: вихревые токи, эффект близости, скин-эффект, оптимизация магнитных компонентов, высокочастотные магнитные компоненты, импульсные трансформаторы, обратноходовый преобразователь

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЛИНЗ РОТМАНА

Д.А. Шершов, С.М. Фёдоров, Е.А. Ищенко

Аннотация: рассматриваются антенные системы на основе линзы Ротмана для формирования многоэлементных фазированных антенных решеток путём изменения фазового распределения сигнала Кв-диапазона. Описывается конструкция и экспериментальная проверка полностью металлической двухсторонней волноводной линзы Ротмана 10x10, изготовленной аддитивным способом как единая деталь. Широкополосная работа этого квазиоптического формирователя луча позволяет нам охватывать частоты восходящей и нисходящей линий связи, выделенные для спутниковой связи в К/Кв-диапазоне, от 17,3 ГГц до 30 ГГц. Конструкция загрузочного отверстия была изменена таким образом, чтобы обеспечить вертикальную печать, что позволило свести к минимуму использование вспомогательных конструкций. Был изготовлен и протестирован опытный образец. Представленные результаты указывают на потери в диапазоне 0,5 дБ в полосе нижних частот и 0,8 дБ в полосе верхних частот, включая волноводные переходы, добавленные для целей тестирования. Измеренные коэффициенты отражения и связи остаются ниже $\approx 11,5$ дБ в рабочей полосе. Стандартное отклонение остаточной фазовой погрешности по портам матрицы составляет менее 5 при моделировании и менее 10 при измерениях. Коэффициенты матрицы, синтезированные с использованием параметров рассеяния, подтверждают хорошую стабильность функциональности формирования луча в широком анализируемом диапазоне частот. Такая монолитная конструкция является многообещающим шагом на пути к созданию более интегрированных антенных систем, таких как компактная конфигурация с двумя стеками для проектирования плоских антенных решеток

Ключевые слова: линза Ротмана, К/Кв диапазон, Волноводная линза Ротмана, 30ГГц

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «молодежная лаборатория» № FZGM-2024-0003

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

М.В. Хорошайлова, А.А. Пирогов, А.В. Турецкий

Аннотация: предлагается метод планирования передачи данных высокой плотности в беспроводной сенсорной сети на основе Wi-Fi. Этот метод создает модель взаимодействия узлов, модель структуры сети и модель энергопотребления перед отправкой данных высокой плотности, учитывает процесс генерации и передачи пакетов в беспроводной сенсорной сети, и оптимизирует время выполнения узловой задачи, тем самым сокращая задержку узла. Узлы в сети полностью спланированы таким образом, чтобы контролировать время генерации пакетов в сети, что еще больше снижает потребление энергии. Предложен алгоритм оптимизации энергии на основе кластеров, позволяющий выбрать главный узел кластера, путем всестороннего влияния факторов на энергетический баланс беспроводной сенсорной сети. В предложенном алгоритме сначала вводится функция плотности энергии, учитывая скорость и плотность остаточной энергии в радиусе окрестности узлов, чтобы уменьшить случайность выбора главного узла кластера. Контрольные узлы сигналов располагаются в нескольких порядках, в соответствии с общим объемом данных, тем самым уменьшая время ожидания, необходимое в процессе оптимизации. Функция производительности движения была разработана на основе переменных параметров движения мобильного приемника, что позволило эффективно сбалансировать нагрузку на сеть и уменьшило задержку данных.

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, энергопотребление, время задержки, передача данных, кластеризация

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Федерального Проекта «Подготовка кадров и научного фундамента для электронной промышленности» Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» при реализации Программы развития учебного дизайн-центра электроники «Силовая электроника» (соглашение № 075-02-2024-1517 от 7.03.2024 г. и № 075-02-2024-1520 от 7.03.2024 г.) в ФГБОУ ВО «Воронежском государственном техническом университете»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОВЫШЕННОГО ИЛИ ПОНИЖЕННОГО ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ИМПУЛЬСНОМ ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

И.С. Бобылкин, А.В. Иванов, А.А. Кузёмкин, Д.А. Кисленков

Аннотация: ограничение входного напряжения в импульсном вторичном источнике питания (ВИП) (так же называемом модуль электропитания) необходимо для обеспечения его стабильного и надёжного функционирования. Узел ограничения входного напряжения защищает источник от скачков напряжения по входу, которые могут возникнуть из-за нестабильности сети или переходных процессов. Ограничение по входному напряжению, как правило, применяют в маломощных преобразователях постоянного тока (DC/DC), использующих аккумуляторные батареи в качестве первичного источника питания (ПИП). Это связано с тем, что напряжение аккумуляторной батареи, в процессе ее эксплуатации под нагрузкой, уменьшается. Низкой величины напряжения на входе источника питания может не хватить для запуска микросхемы, управляющей силовым контуром модуля с помощью сигнала широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В иных случаях, когда напряжение питания на входе превышает допустимую величину, это может привести к некорректной работе источника питания, одним из признаков которой является возникновение кратковременных колебаний напряжения по выходу. Как правило, в этот момент срабатывает внутренняя схема защиты модуля от перенапряжения или от перегрузки по току. Она будет действовать до того момента, пока напряжение на входе не войдет в допустимый рабочий диапазон. Для защиты источника питания от повышенного или пониженного напряжения на входе предложен способ идентификации величины напряжения с помощью простого функционального узла, состоящего из нескольких электрических схем, основанных на распространенных электрорадиоизделиях (ЭРИ). Проведен теоретический расчет и выполнено моделирование в SPICE симуляторе Multisim. Путем подачи различных импульсов типа 5 по стандарту ISO7637 (тесты кондуктивной помехозащищенности) продемонстрирована эффективная работа схемы защиты как от коротких импульсов напряжением до 80 В и длительностью 120 мс, так и от более длительных, амплитудой до 70 В и длительностью 500 мс. Использование комбинации устройства защиты и импульсного ВИП позволяет сэкономить пространство и снизить затраты на реализацию изделия.

Ключевые слова: ограничение напряжения, схема защиты, диапазон напряжения, модуль электропитания, постоянный ток, компаратор, источник питания, электрическая мощность

МЕТОДИКА ПРИЕМА, ОБРАБОТКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М.А. Ромащенко, А.Ю. Мантула

Аннотация: рассматривается один из вариантов обнаружения функционирования беспилотной авиационной системы с целью ее дальнейшей идентификации и определения правомерности нахождения беспилотного аппарата в воздушном пространстве. Сформулирована проблема обосновывающая необходимость быстрого и своевременного противодействия незаконной деятельности беспилотных авиационных систем в целях безопасности производственных объектов, инфраструктуры и гражданского населения. Поставлена задача разработки методики позволяющей автоматизировать процесс получения и обработки данных для обнаружения беспилотных летательных аппаратов и их последующей идентификации. Проведен обзор основных существующих подходов к обнаружению беспилотных летательных аппаратов, среди которых отдельно рассмотрено радио- и радиолокационное обнаружение. Описана и приведена структурная схема методики приема, обработки и распознавания радиосигналов, позволяющая проводить обнаружение беспилотных летательных аппаратов. Проведено экспериментальное исследование предложенной методики, заключающееся в имитации нахождения в воздушном пространстве беспилотника, путем излучения характерных сигнатур. Последовательно выполнены шаги методики по анализу радиоэфира, адаптивной подстройке порога обнаружения, цифровой фильтрации был получен спектральный снимок, характеризующий присутствие БПЛА. Последующая идентификация полученного сигнала по высокочастотному и низкочастотному диапазону позволила успешно определить тип беспилотного летательного аппарата

Ключевые слова: беспилотная авиационная система, беспилотный летательный аппарат, радиобнаружение, радиолокация

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006)

Машиностроение и машиноведение

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕГО РАДИУСА И ЧИСЛА ЗУБЬЕВ ОХВАТЫВАЮЩЕЙ ФРЕЗЫ С КОНСТРУКТИВНОЙ РАДИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТРЕБУЕМУЮ ПОГРЕШНОСТЬ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ РК-ПРОФИЛЬНЫХ ВАЛОВ

Ю.А. Мальнева, В.В. Куц, А.Н. Кальченко, Т.А. Толмачева

Аннотация: рассматривается установление области допустимых значений среднего радиуса и числа зубьев охватывающей фрезы с конструктивной радиальной подачей, обеспечивающих требуемую погрешность формообразования РК-профильных валов, а именно исследование влияния на погрешность формообразования РК-профильных валов конструктивных параметров охватывающей фрезы с радиальной конструктивной подачей. Описывается предложенный способ формообразования РК-профильных валов с применением охватывающей фрезы с конструктивной подачей, приводится уравнение профиля производящей поверхности фрезы, обеспечивающей выполнение всех условий формообразования. Получены значения и установлена зависимость для минимального среднего радиуса профиля охватывающей фрезы, обеспечивающего выполнение условий формообразования. Показано несоответствие угловых положений зубьев фрезы заданных параметрическими углами их фактическому (геометрическому) угловому положению. Предложен способ расчёта величины параметрического угла положения зубьев охватывающей фрезы через величины их фактического (требуемого) углового положения. Выполнено исследование и установлено регрессионное уравнение, описывающее влияние на погрешность формообразования среднего радиуса охватывающей фрезы и числа зубьев при их равномерном расположении. Использование данного уравнения позволило установить области допустимых значений конструктивных параметров проектируемых фрез обеспечивающих требуемую точность формообразования

Ключевые слова: охватывающая фреза, РК-профильный вал, погрешность, формообразование, конструктивная радиальная подача

Благодарности: работа выполнена в рамках ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» проекта «Приоритет 2030»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗВАРКИ КОНТАКТОВ В СЛУЧАЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

С.В. Долженков, А.В. Звягинцева, Т.Г. Меньшикова

Аннотация: приведено исследование процесса ультразвуковой микросварки проводников методом «клин – клин». Приведена методика исследования микросоединения проволоки с контактными площадками кристалла и внешними выводами. Было проведено определенное сравнение прочности соединений, сформированных при использовании двух различных мощностей (на траверсе и на кристалле). Установлены параметры, при которых зафиксирована максимальная прочность микросварных соединений на разных уровнях мощности ультразвуковой сварки при стандартной частоте ультразвуковых колебаний. Использован метод ультразвуковой сварки только «клин-клином». Ультразвуковая сварка методом клин-клин Au или Al проволокой - передовая технология сварки, обеспечивающая прочные соединения. Она применяется для сварки различных материалов, включая металлы, пластмассы и композиты. Этот метод обладает высокой скоростью сварки и исключает необходимость в клеевых соединениях. Тестирование на отрыв гарантирует надежность и соответствие стандартам сварных соединений. Определено, какое влияние имеет мощность УЗС на прочностные характеристики сварных соединений. Реализована оценка качества сварных швов в 3-х режимах: с увеличенным, нормализованным и со сниженным параметром мощности. Зафиксирован оптимальный режим разварки контактов, обеспечивающий прочность микросоединений

Ключевые слова: мощность, ультразвуковой генератор, ультразвуковая сварка, клин-клин, сварка, прочность микросоединений