

**РЕШЕНИЕ МАТРИЧНО СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МИНИМАЛЬНОЙ СИЛЫ
И С МНОГОМЕРНЫМИ УПРАВЛЕНИЯМИ**

Ю.В. Корыпаева, В.В. Пешков

Аннотация: предлагается асимптотический подход к решению задачи оптимального управления с помощью минимально возможной силы. Динамическая система относится к классу линейных матрично сингулярно возмущенных систем. Управляющие функции считаются многомерными, причем евклидова норма их значений ограничена. Для матрично сингулярно возмущенных систем анализ этой проблемы до сих пор не осуществлялся. Ранее задача в аналогичной постановке, но для линейной сингулярно возмущенной динамической системы была решена А.И. Калининым. В нашем исследовании перечисляются условия, при которых исходное уравнение состояния может быть приведено к системе, в которой выделены быстрые и медленные переменные. Конструируется и обосновывается алгоритм поиска асимптотического решения рассматриваемой задачи, который основывается на расщеплении исходной возмущенной задачи оптимального управления на две задачи меньшей размерности и не содержащих возмущений, при этом одна из них является соответствующей вырожденной задачей. После решения этих задач структура оптимального управления полностью определена и может быть получено в явном виде выражение для асимптотически субоптимального управления желаемого порядка точности

Ключевые слова: сингулярные возмущения, асимптотические методы, оптимальное управление, многомерные управляющие воздействия

**АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ
УКЛОНЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ОТ УПРАВЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ
ПОРАЖЕНИЯ**

М.А. Горчаков, А.В. Луцник, В.И. Рубинов

Аннотация: проведенный анализ состояния и перспектив развития систем помощи принятия решений экипажу в критических ситуациях позволяет сделать вывод о том, что существующие системы находятся на таком этапе развития, когда не способны в полной мере правильно сопоставить всю получаемую информацию о развитии воздушной обстановки, оценить ее, выработать различные варианты и соответственно оказать содействие в правильности выбора действий пилота.

Перспективным методом повышения безопасности полетов при выполнении различных задач военного назначения является модернизация этих систем методом внедрения алгоритмического обеспечения, при котором происходит построение траектории маневрирования летательного аппарата от управляемых средств поражения в автоматическом или автоматизированном режиме. Расчет траектории производится в пилотажно-навигационном комплексе иерархически: на навигационном и траекторном уровнях. Первый уровень предназначен для определения точки в трехмерном пространстве, при движении в которую достигается минимизация вероятности поражения или срыв наведения. На втором уровне строится траектория маневрирования - полиномом от времени по каждой оси в отдельности, при следовании по которой вероятность поражения уменьшается с 0,89 до 0,18. Взаимодействие уровней выполняется при условии, что выходные сигналы навигационного уровня – координаты вычисленной точки - являются задающими для траекторного

Ключевые слова: безопасность полетов, траектория маневрирования, пилотажно-навигационный комплекс

СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИГРОКОМ-СОЮЗНИКОМ В ЗАДАЧЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИГРЫ С ТЕРМИНАЛЬНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

И.В. Щербань, С.В. Иванов, О.Г. Щербань

Аннотация: рассмотрен метод формирования стратегии управления игроком-союзником в задаче нелинейной дифференциальной игры о преследовании. Приняты допущения о том, что противник формирует наиболее вероятное управление с целью перехвата объекта союзника и что в каждый момент времени союзнику известны начальные условия и динамические возможности как игрока-союзника, так и противника. Управление ЛА союзника формируется за счет автономных средств его системы управления в реальном масштабе времени. Это позволило свести игровую задачу к задаче одностороннего управления союзником, где не требуется выполнение условия достижения седловой точки. Управление реализовано в форме синтеза и дополнительно обеспечивает выполнение требований о приведении объекта союзника в заданную область пространства с терминальной оптимизацией некоторых фазовых переменных. Целью работы является построение эффективного в вычислительном отношении метода решения задачи синтеза терминально-оптимального управления движением игрока-союзника в вышеназванных условиях. Такая постановка задачи отличается от классических конфликтных задач о преследовании, решаемых с привлечением теории дифференциальных игр. Рассмотрен практический пример, позволяющий оценить вычислительную эффективность представленного подхода, выполнено численное моделирование практического примера

Ключевые слова: нелинейная дифференциальная игра о преследовании, одностороннее управление игроком-союзником, терминальная оптимизация

МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ

А.Ю. Русин, Г.А. Дмитриев, М.А. Абдулхамед

Аннотация: в настоящее время одной из основных задач при испытании оборудования является разработка ускоренных методов определения количественных значений показателей надежности. Показатели надежности механических систем могут быть определены только после накопления достаточного количества статистических данных. Средняя наработка до отказа современных машин и оборудования, их отдельных деталей и узлов может исчисляться годами, поэтому существующие методы испытаний опытных образцов неэффективны из-за своей продолжительности. Сократить продолжительность испытаний можно, используя законы математической статистики, общей теории планирования эксперимента и применяя ЭВМ. Повышения экономической эффективности системы испытания оборудования на надежность можно добиться сокращением времени испытаний или уменьшением количества испытываемых образцов. При сокращении времени испытаний возрастает степень цензурирования выборки, а при уменьшении количества образцов уменьшается объем выборки наработок оборудования. В работе построены регрессионные модели, устанавливающие зависимость между отклонением оценки максимального правдоподобия от истинного значения и параметрами, характеризующими структуру выборки. Они позволяют рассчитать и ввести поправки к оценкам максимального правдоподобия. Были проведены экспериментальные исследования результатов их использования. Точность оценок максимального правдоподобия после применения разработанных моделей и введения поправки к оценкам максимального правдоподобия значительно возрастает

Ключевые слова: моделирование на ЭВМ, обработка информации, метод ММП, испытание на надежность

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

А.Д. Данилов, В.А. Минеев

Аннотация: рассматривается процесс разработки алгоритмов процесса тестирования для программно-аппаратного комплекса климатических испытаний модулей электропитания. В качестве рассматриваемого этапа изготовления модулей электропитания выбран этап проведения испытания на термоциклирование. Были рассмотрены существующие программно-аппаратные комплексы, позволяющие автоматизировать этап климатических испытаний. Выявлены недостатки существующих аппаратно-программных комплексов. Указана специфика мониторинга параметров модулей электропитания. Описана структура разрабатываемого программно-аппаратного комплекса с учетом специфики испытаний. Выбран способ организации данных для программно-аппаратного комплекса. Представлена программная архитектура для работы с устройствами на нижнем уровне. Определена среда программирования для разработки человеко-машинного интерфейса и рассмотрены варианты его основного предназначения. Выбрана основа для

реализации скриптовой системы. Представлен технологический процесс проверки модулей электропитания на воздействие пониженной и повышенной температуры окружающей среды. Приведен пример реализации технологического процесса на базе программно-аппаратного комплекса с использованием скриптовой системы. Описаны алгоритмы испытаний. Показаны процесс взаимодействия базы данных и метод описания сценария для тестирования. Представлен листинг скрипта испытаний. Рассмотрены возможные варианты использования разрабатываемого программно-аппаратного комплекса. Рассмотрены преимущества и недостатки создания сценариев для пользователей на данном этапе разработки

Ключевые слова: программное обеспечение, компьютерные системы, алгоритмы, базы данных

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРА ОБЪЕКТА НА ИЗОБРАЖЕНИИ

О.А. Пахомова, О.Я. Кравец

Аннотация: даны основные определения базовых понятий в теории выделения границ объектов таких, как детектирование, градиент, контурная точка и яркость. Показан способ преобразования изображения из формата RGB в полутоновое. Рассмотрена математическая модель формирования и способ расчета градиента, а также его роль в идентификации объекта. Продемонстрированы способы дискретизации градиента для каждого пикселя изображения, основанные на понятии конечной разности и на свертке исходного изображения с маской операторов Собеля, Робертса, Прюитта и Щарра. Приведены результаты вычислительного эксперимента по применению масок операторов Собеля, Робертса, Прюитта и Щарра для расчета значений градиентов и их направлений к конкретному изображению. Метод конечных разностей заключается в замене области непрерывного изменения аргумента конечным множеством точек. Сверткой же можно назвать операцию, осуществляющую переопределение значения рассматриваемого пикселя с учетом его окружения. Маской является определенная матрица - ядро свертки, которое заранее определено с учетом использования того или иного оператора детектирования границ. Проведен сравнительный анализ и выделены лучшие методы на основании визуального восприятия полученных контуров на изображении и рассчитанных градиентов

Ключевые слова: градиент, конечная разность, свертка исходного изображения

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.В. Шипко, В.И. Рубинов, И.Е. Шаронов, А.С. Ханов

Аннотация: представлен алгоритм определения координат и параметров движения наземных объектов с помощью оптико-электронной системы с блоком цифровой обработки изображений, установленной на борту беспилотного летательного аппарата. После обнаружения и захвата наземного объекта оптико-электронной системой в отдельные моменты времени определяют углы визирования в

горизонтальной и вертикальной плоскости, высоту полета и еще ряд параметров, выступающих в качестве исходных данных. По этим исходным данным выполняется определение координат наземного объекта и параметров его движения путем решения геометрической задачи по разработанному алгоритму, заложенному в бортовой вычислительной системе. Такой подход обеспечивает пассивное дистанционное определение координат наземного объекта, а также его параметров движения. В частности, в предлагаемом алгоритме не требуется доплеровский измеритель скорости или другое дополнительное оборудование, в результате чего существенно уменьшаются стоимость и масса оборудования, устанавливаемого на беспилотном летательном аппарате, а также затраты потребляемой этим оборудованием энергии бортового источника электроэнергии. Разработанный алгоритм позволяет определять координаты, скорость и направление движения наземного объекта, перемещающегося в любом направлении относительно линии полета беспилотного летательного аппарата

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, параметры движения наземного объекта, оптико-электронная система

Энергетика

АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ СРОКОМ СЛУЖБЫ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.П. Поваров, М.Б. Бакиров, А.Д. Данилов

Аннотация: рассмотрены физические особенности эксплуатационной повреждаемости узлов энергетических установок атомных электростанций. Приведена оценка влияния тепло-гидравлических и физических характеристик стратификационного потока на повреждаемость металла. Показан механизм пластической деформации и накопления эксплуатационной повреждаемости как причина замедленного разрушения критических элементов, находящихся под температурным напряжением. Для контроля за такими повреждениями была использована концепция многопараметрического мониторинга, которая позволила разработать процедуру расчетно-экспериментального прогнозирования остаточного ресурса оборудования ядерных энергетических установок. Приведена схема анализа безопасного остаточного ресурса критических элементов с использованием многопараметрического расчетно-экспериментального мониторинга. Разработан алгоритм определения интенсивности отказов и перехода в предельное состояние при управлении сроком службы. Был предложен алгоритм реализации концепции безопасной эксплуатации объектов ядерной энергетики. На основе данных исследований продлен срок промышленной эксплуатации 5 блока Нововоронежской

АЭС (атомной электростанции) на 30 лет, и в настоящий момент ведутся работы по повторному продлению срока действия для 4 блока

Ключевые слова: остаточный ресурс, термическая усталость, многопараметрическая диагностика, алгоритмы принятия решений

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

С.Ш. Таваров

Аннотация: рассматривается проблема потери активной мощности и напряжения в электрической сети напряжением 220 кВ северной части электрической системы Республики Таджикистан. Данная проблема связана с отсутствием средств компенсации реактивной мощности в узлах распределительной сети напряжением 10 кВ и передачей необходимой реактивной мощности для потребителей по электрической сети напряжением 220 кВ и ниже. В узлах распределительной сети напряжением 10 кВ приведены максимальные значения активной и реактивной мощности, полученные расчетным путём. Предлагаемый способ со стороны энергоснабжающей организации – централизованная компенсация реактивной мощности с последующей передачей необходимой реактивной мощности от подстанций энергосистемы «Сугд-500» по электрическим сетям 220 кВ и ниже к потребителям – полностью не решает поставленную проблему, связанную с высокими потерями активной мощности и напряжения как в самих электрических сетях напряжением 220 кВ, так и в последующих ступенях класса напряжения. Таким образом, для решения поставленной проблемы, связанной с уменьшением потерь активной мощности и напряжения, актуальным решением является децентрализация компенсации реактивной мощности с установками средств компенсации реактивной мощности на напряжение 10 кВ

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, потери активной мощности, напряжение

ОБРАБОТКА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В.П. Поваров, М.Б. Бакиров, А.Д. Данилов

Аннотация: рассмотрена процедура обработки данных в системе непрерывного мониторинга эксплуатационной повреждаемости критических элементов энергетических установок атомной электростанции (АЭС). Приведены состав системы ультразвукового (УЗ) мониторинга и технология сбора и анализа информации об исследуемом процессе образования механических повреждений. За основной информативный параметр роста дефекта принято увеличение амплитуды эхо-сигнала (эквивалентной площади), которая изменяется во времени в процессе роста дефекта. В процессе мониторинга записываются все собираемые данные, так называемые А-сканы эхо-сигналов в каждом из 3-х измерительных стробов, установленных на дефектоскопе УМД-8, и определяются максимальные амплитудные значения зарегистрированных величин эхо-сигналов. А-скан представляет собой изображение эхо-сигналов, отраженных от дефектов в сварных соединениях или конструктивных элементов контролируемой зоны. При этом временной промежуток между зондирующим импульсом и отраженным от дефекта эхо-импульсом с учетом скорости распространения ультразвуковых колебаний определяет расстояние от УЗ-преобразователя до дефекта, а амплитуда эхо-сигнала пропорциональна величине дефекта. Проведенные исследования показали, что ультразвуковой метод контроля в настоящее время является наиболее эффективным и достоверным способом выявления и измерения характеристик дефектов оборудования и трубопроводов АЭС

Ключевые слова: УЗ-мониторинг, А-сканы, эхо-сигналы, измерительные стробы, цифровая обработка, анализ данных, зона несплошности

Радиотехника и связь

МНОГОЛУЧЁВАЯ АНТЕННА С ГРЕБЕНЧАТЫМ РЕФЛЕКТОРОМ

А.В. Останков

Аннотация: современные телекоммуникационные системы остро нуждаются в антеннах с многолучевыми диаграммами направленности (ДН). Во многих случаях и по ряду причин предпочтительны зеркальные многолучевые антенны. И если для традиционного варианта зеркальной антенны задача реализации многолучевой ДН

успешно решена, то для антенн с плоскими зеркалами она по-прежнему актуальна. В статье рассматривается антенна с рефлектором в виде гребенчатой решётки. Закороченные щели гребёнки имеют разную глубину и тем самым корректируют набег фазы отражаемых парциальных волн, фокусируя их в точке размещения облучателя. Для исследования возможности и эффективности реализации многолучевой ДН такой антенны с многопозиционным облучателем использован оригинальный вычислительный алгоритм. Алгоритм основан на относительно строгом решении задачи дифракции волны облучателя на конечной гребенчатой решётке. В статье приведены основные соотношения, положенные в основу алгоритма. Для указанных параметров раскрыва и облучателя исследовано влияние смещения облучателя на направленные свойства антенны. Установлено, что смещение сопровождается отклонением главного лепестка ДН от исходного направления и ростом уровня бокового излучения. Оценена величина смещения, приводящая к отклонению луча на 1° . Поиск пространственного положения облучателей многолучевой антенны сведен к отысканию экстремума целевой функции, учитывающей как рассогласование ожидаемого и фактического угловых направлений луча, так и максимальный уровень боковых лепестков ДН, и реализован на основе генетического алгоритма. Результаты параметрического синтеза антенны представлены в виде ДН каждого из шести реализованных каналов многолучевой антенны с угловым разбросом лучей 5° . Анализ, выполненный методами математического моделирования, подтверждает возможность эффективной реализации многолучевой ДН на основе антенны с гребенчатым рефлектором. Использованный вычислительный алгоритм способен отыскать оптимальное положение облучателей. Результаты моделирования утверждают, что направленные свойства антенны при переходе от центрального луча к периферийным лучам несколько ухудшаются.

Ключевые слова: антенна, облучатель, гребенчатый рефлектор, моделирование, многолучевая диаграмма направленности

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ДЕЦИМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СИС-ФИЛЬТРА В ЦИФРОВОМ ПРИЁМНИКЕ

Д.В. Журавлёв, С.В. Поляков

Аннотация: в данной статье приведены краткое описание и расчётная часть приёмника, построенного с применением СИС-фильтров в задачах децимации. Под децимацией понимается уменьшение частоты дискретизации дискретного сигнала во времени путём прореживания его отсчётов. Использование именно этих фильтров необходимо по причине отсутствия операций умножения в них, что упрощает и ускоряет работу процессора. Расчёт фильтров проводился в программе "Softcell Filter Designer" от фирмы Analog Devices, также приведены структурные схемы и методики расчёта таких параметров приёмника, как чувствительность, избирательность по соседнему каналу, динамический диапазон. Чувствительность измерялась в диапазоне

частот от 2.5 МГц до 22.5 МГц при отношении сигнал/шум, равном 12 дБ. Значение чувствительности составило 35 мкВ. Избирательность по соседнему каналу измерялась на частотах 7.8 МГц и 14.2 МГц, так как при измерении использовались режекторные фильтры (РФ) соответствующих частот, вследствие попадания в спектр полезного сигнала помех от других каналов приёма. Измеренный динамический диапазон (89.5 дБ) получился меньше рассчитанного (91дБ), так как формулы, приведённые в расчёте, относятся к идеальному приёмнику, в котором отсутствуют шумы АЦП, шумы других каналов приёма и шумы эфира

Ключевые слова: децимация, СИС-фильтр, понижающий преобразователь частоты, гетеродин, алиасинг

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ ДЕЦИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Д.В. Асотов, Б.В. Матвеев, А.В. Останков, А.А. Макаров

Аннотация: в статье предлагается процедура определения коэффициента ослабления побочных электромагнитных излучений (КО ПЭМИ) при расчёте размера зоны возможного приема в ней ПЭМИ (зоны 2). Рассматриваются два способа его определения - теоретический и экспериментальный. Особенность этой задачи состоит в том, что определение КО ПЭМИ нужно осуществлять для отдельных частот в сверхшироком диапазоне от десятков мегагерц до единиц гигагерц. На двухлучевой модели распространения радиоволн над поверхностью земли показана невозможность достоверного определения ослабления ПЭМИ в произвольной точке пространства в условиях многолучёвости вследствие формирования в нем интерференционных провалов и всплесков. Приведены результаты экспериментального исследования распространения радиоволн, полученные для трёх типовых трасс: открытой (над поверхностью земли), закрытой (помещение-стена-улица) и внутри помещения. Показана возможность проведения расчёта ослабления ПЭМИ на основе экспериментальных данных, полученных для трёх каналов его распространения. Выявлено влияние многолучёвости на погрешность при расчёте размера зоны 2. Предложен подход по уменьшению влияния многолучёвости, основанный на сглаживании частотной зависимости напряженностей электрического поля (НЭП). Изложена методика экспериментального определения величины ослабления ПЭМИ

Ключевые слова: многолучёвость, коэффициент ослабления ПЭМИ, распространение радиоволн

АРХИТЕКТУРА ДЛЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ LDPC-ДЕКОДЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ КРИСТАЛЛА НА ОСНОВЕ ПЛИС

М.В. Хорошайлова

Аннотация: в этой статье исследована сложность и производительность стохастических декодеров низкой плотности проверки на четность (LDPC) на основе ПЛИС. Представлен новый мощный алгоритм декодирования с использованием метода низкой плотности проверки на четность (LDPC) на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) для реализации полностью параллельных LDPC-декодеров. Предлагаемый метод предназначен для оптимизации использования логики ПЛИС и уменьшения времени задержки декодирования. Чтобы уменьшить сложность, выходной счетчик переменных узлов (VN) удаляется и каждая внутренняя память VN отображается только в одном распределенном ОЗУ. Кроме того, для повышения конвергенции декодера выполняется эффективная инициализация переменных узлов (VN) с использованием вероятности входного канала, без необходимости дополнительных ресурсов. Реализация Xilinx ПЛИС показывает, что предлагаемый подход к декодированию достигает высокой производительности наряду с сокращением использования логики даже для коротких кодов. Для проверки преимущества предлагаемого подхода ПЛИС реализуется с использованием Xilinx Virtex-6 VLX240T. В результате для (200, 100) правильных кодов 57% сокращение средних циклов декодирования достигается с улучшением частоты ошибок в битах, при отношении $E_b / N_0 = 5,5$ дБ. Кроме того, достигается значительное сокращение аппаратного обеспечения

Ключевые слова: полностью параллельная архитектура, LDPC-декодер пропускная способность, алгоритм передачи сообщения

МЕТОДОЛОГИЯ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ И КАЛИБРОВКИ ОПТИЧЕСКИХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК, ОСНОВАННАЯ НА АППРОКСИМАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Д.К. Проскурин, Ю.Г. Пастернак, К.С. Сафонов, Ф.С. Сафонов

Аннотация: учитывая тот факт, что размеры элементов оптических антенных решеток, как правило, не превышают половины минимальной длины волны рабочего диапазона волн, актуальными проблемами являются выявление дефектов в структуре антенной решетки и калибровка каналов приема и излучения оптических волн в процессе эксплуатации оптической системы. При функционировании оптической фазированной антенной решетки необходимо контролировать геометрию ее элементов, а также их материальные свойства. Геометрия элементов оптической ФАР может изменяться как в результате механических воздействий, так и в результате температурной зависимости линейных размеров деталей устройства. Кроме того, в полупроводниковых оптических модуляторах, основанных на эффекте Эрли (вариации толщины р-п перехода от величины приложенного напряжения смещения), имеет место также и температурная зависимость как толщины р-п перехода, так и концентрации электронов и дырок, а следовательно - комплексной диэлектрической проницаемости неоднородного материала. Поэтому выявление дефектов в структуре оптической фазированной антенной решетки должно проводиться для корректировки управляющих напряжений, подаваемых на оптические фазовые модуляторы, как в

полупроводниковых фазовращателях, так и в отражательных оптических ФАР, построенных на МЭМС-зеркалах, перемещаемых в направлении нормали к решетке. В настоящей работе предпринята попытка создания методологии дефектоскопии и калибровки оптических фазированных антенных решеток, основанной на аппроксимации пространственной структуры поля с помощью метода вспомогательных источников, проводимой на основе измерения комплексных амплитуд оптического поля в точках, соответствующих фазовым центрам элементов оптической антенной решетки

Ключевые слова: оптическая антенная решетка, калибровка, фазированная решетка, дефектоскопия, аппроксимация поля, вспомогательные источники, комплексные амплитуды и фазы, виртуальная антенная решетка, реальная антенная решетка

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ РАДИОСИГНАЛОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МИНИМИЗАЦИИ ЕЁ НЕГАТИВНЫХ ПОБОЧНЫХ ЭФФЕКТОВ

А.О. Рыжов, И.Б. Крыжко, А.А. Макаров, А.Б. Токарев

Аннотация: термостабилизация опорного генератора измерительного радиоприемника способствует снижению отклонения реальной частоты его колебаний от номинального значения, однако на практике не является идеальной. При эксплуатации измерительной аппаратуры в большом диапазоне температур реальный температурный режим генератора характеризуется медленными квазипериодическими колебаниями температуры, которые сопровождаются квазипериодическими флуктуациями частоты опорного генератора. И при необходимости дальнейшего повышения стабильности опорной частоты необходимо использовать меры, базирующиеся на ином механизме стабилизации. Возможным вариантом повышения точностных характеристик измерительного приемника является контроль рассогласования его локальной шкалы времени (ЛШВ) с высокоточной внешней шкалой всемирного координированного времени UTC. Базой для слежения и подстройки ЛШВ служат при этом строб-импульсы (PPS), вырабатываемые тайминговым навигационным приемником в начале каждой секунды по шкале UTC. Для получения уточненных оценок частоты принимаемых колебаний рекомендуется ограничиться лишь математическим учетом поправок, соответствующих текущему рассогласованию шкал, но не использовать физическую коррекцию опорного генератора, что может породить те или иные побочные эффекты. В работе конкретизируется алгоритм слежения за рассогласованием шкал ЛШВ и UTC, предлагается правило расчета поправки к оценке измеряемой частоты, определяется формула расчета относительной погрешности измерений с учетом коррекции. Установлено, что при типовых режимах работы системы термостабилизации использование поправок, базирующихся на контроле рассогласования ЛШВ по отношению к UTC, позволяет снизить относительную погрешность оценивания в 3-4 раза и более

Ключевые слова: измерение частоты, опорный генератор, оценка параметров сигналов, термостабилизация

ЕВКЛИДОВО-ОРТОГОНАЛЬНАЯ LDPC-АРХИТЕКТУРА С НИЗКИМ УРОВНЕМ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

А.В. Башкиров, М.В. Хорошайлова

Аннотация: в этой статье предложена высокоэффективная архитектура декодирования кода низкой плотности проверки на четность (LDPC) для приложений с малой потребляемой мощностью. Коды низкой плотности были реализованы в цифровом видеовещании, широкополосном беспроводном доступе (WiMax) и четвертом поколении беспроводных стандартов. В этом исследовании также рассматривается проектирование и анализ блоков контрольного узла, переменного узла и евклидова ортогонального генератора в архитектуре LDPC-декодера. Евклидовый ортогональный генератор используется для уменьшения частоты ошибок предлагаемой LDPC-архитектуры, которая может быть включена между архитектурой проверочного узла и переменного узла. Эта предлагаемая конструкция декодера синтезируется на платформе Xilinx 9.2i и моделируется с использованием Modelsim, предназначенной для 45-нм устройств. В данной статье показано, что предлагаемая архитектура значительно снижает потребление энергии и аппаратных средств при сравнении с другими традиционными архитектурами. Приведенная модель демонстрирует лучшие результаты по сравнению с традиционными архитектурами декодеров с меньшим использованием оборудования и потреблением энергии около 27 мВт, что более подходит для большинства приложений с малой потребляемой мощностью

Ключевые слова: евклидовый ортогональный генератор, LDPC-декодер, низкая мощность потребления, алгоритм передачи сообщения

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АППРОКСИМАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОБЛАСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ, ОСНОВАННОГО НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПОЛЯ

Д.К. Проскурин, Ю.Г. Пастернак, К.С. Сафонов, Ф.С. Сафонов

Аннотация: рассмотрена модель оптической антенной решетки, функционирующей в режиме приема электромагнитных волн в диапазоне частот 30-300 ТГц (при этом длина волны изменяется от 10 мкм до 1 мкм). В ходе численных экспериментов (для решения системы уравнений Максвелла в интегральной формулировке использовался метод Вейланда [1]) исследовалась точность аппроксимации пространственной структуры оптического поля в точках расположения элементов «виртуальной» антенной решетки с использованием метода вспомогательных источников поля. Также проводилось исследование возможности использования виртуальной антенной решетки, сформированной на плоскости расположения элементов реальной решетки, для повышения разрешающей способности многоканальной оптической системы. На верхней частоте анализируемого диапазона 300 ТГц длина волны равна 1 мкм. Период решетки был выбран равным половине минимальной длины волны $d=0.5$ мкм, чтобы была

возможность аппроксимации пространственного распределения поля в пространстве между элементами антенной решетки в соответствии с требованием теоремы Котельникова-Шеннона

Ключевые слова: оптическая антенная решетка, виртуальная антенная решетка, реальная антенная решетка, аппроксимация оптического поля, вспомогательные источники поля

СОВМЕСТНОЕ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОММУТАЦИЯ ПОТОКА ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Б.В. Матвеев, Д.В. Асотов, В.И. Маслов, Л.Ш. Голоскокова

Аннотация: на основе результатов анализа особенностей функционирования беспроводных каналов передачи данных (БКПД) разработаны предложения по совершенствованию приёма информации, передаваемой по БКПД ре-гиональных сетей. Показана возможность использования БКПД стандарта IEEE 802.16 (WiMAX) для связи с конкретным получателем на основе использования технологии MIMO («множественный вход – множественный выход») в сочетании с пространственной коммутацией потока передаваемых данных. В режиме MIMO поток данных в БКПД на передающей стороне разделяется путем демультиплексирования на N независимых каналов в виде последовательностей битов. Подобное разделение потока данных позволяет перед излучением в эфир осуществить пространственную коммутацию каналов, в ходе которой каждая из N последовательностей битов разбивается на временные интервалы определенной длины Δt и одновременно осуществляется перенос части последовательности битов из определенного временного интервала одного канала в тот же временной интервал другого канала. На приемной стороне сначала осуществляется обратная операция пространственной коммутации N каналов для каждого временного интервала Δt , а затем мультиплексирование потока данных от N независимых пространственных каналов. Приемник, которому информация не предназначается, осуществляя ее прием по каналу основного излучения беспроводной сети, после пространственной коммутации получает сигнал в виде битовой последовательности, состоящей из фрагментированных пакетов длительностью Δt , чередование которых осуществляется по случайному закону. Содержание подобной битовой последовательности значительно затрудняет восстановление смыслового содержания передающихся сообщений

Ключевые слова: беспроводные сети, WiMAX, MIMO, пространственное мультиплексирование

ДИФФУЗИОННО-СВАРНЫЕ ТИТАНОВЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ СЛОИСТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В.В. Пешков, А.Б. Булков, В.И. Максименков, А.Б. Коломенский

Аннотация: одним из путей снижения массы летательных аппаратов является применение в их конструкции крупногабаритных тонкостенных оболочковых конструкций из титановых сплавов. При создании таких конструкций большое внимание необходимо уделить способам соединения их элементов между собой. Основным требованием, предъявляемым к процессу соединения заготовок, является обеспечение высокой прочности и надежности без потери устойчивости соединяемых заготовок. В статье проведен анализ традиционных технологий изготовления типичных представителей этого класса конструкций. В частности, пайка твердыми припоями применяется для изготовления сопел жидкостных реактивных двигателей и рабочих колес турбонасосных агрегатов, контактная сварка – для соединения элементов звукопоглощающих конструкций авиационной техники и несущих элементов мотогондол, механические способы крепления используют в выпускных окнах ускорителей электронов с выводом пучка ускоренных частиц в атмосферу или в газ повышенного давления. Определены недостатки указанных технологий и возможные дефекты конструкций, связанные с типом соединения, сварочными материалами или параметрами технологических процессов. Предложены варианты изготовления рассматриваемых узлов с помощью диффузионной сварки. Обоснование возможности использования диффузионной сварки при получении неразъемных соединений выполнено по результатам механических испытаний и фрактографических исследований поверхностей разрушения узлов и конструкций

Ключевые слова: диффузионная сварка, титановые сплавы, тонкостенные конструкции

ВЛИЯНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ

В.С. Быкадор, Е.С. Шаламов, О.В. Тетенко

Аннотация: в статье приведено исследование развития автоколебательных движений в системе точения в зависимости от значений управляющих параметров процессом резания – скорости и глубины резания. Показано, что для определенных пар значений скорости и глубины резания в технологической системе точения могут развиваться автоколебательные движения. Установлено, что при значениях глубины резания выше некоторой предельной величины вариации скорости резания могут иметь существенное влияние на развитие в технологической системе устойчивых колебаний. Последнее обстоятельство имеет особое значение, если система находится

на границе, разделяющей затухающие колебательные и автоколебательные движения. Исследования проводились методом вычислительного эксперимента, основанного на компьютерном моделировании математической модели динамики процесса точения, в динамической характеристике которой была учтена координатно-скоростная связь процесса резания. Данная связь возникает в результате вариаций движения элементов технологической системы за счет конечности жесткостных характеристик подсистемы режущего инструмента и действующих сил резания на инструмент. В результате проведенного компьютерного моделирования были определены области существования затухающих и автоколебательных движений подсистемы инструмента технологической системы точения. Данные области построены в плоскости режимов резания – глубины и скорости резания, что, в свою очередь, позволяет выбирать значения глубины и скорости резания в зависимости от того, какой тип движения в системе точения необходимо обеспечить

Ключевые слова: автоколебания, динамика, точение

Физика

НИЗКОЧАСТОТНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ В СВЕРХПРОВОДНИКАХ

И.М. Шушлебин, О.В. Калядин, А.В. Сергеев

Аннотация: в обзоре рассмотрены основные работы, образующие методическую базу исследований сверхпроводников, проводившихся на протяжении почти полувековой истории Криогенной лаборатории ВГТУ (ВПИ) при непосредственном участии её руководителя Владимира Евдокимовича Милошенко. При изложении материала авторы старались максимально сохранить уникальный научный стиль, присущий работам В.Е. Милошенко. Первыми рассмотрены исследования влияния сверхпроводящего состояния на затухание изгибных колебаний пластин из сверхпроводника. Здесь в области сверхпроводящего перехода был обнаружен пик внутреннего трения, изучено воздействие на его величину внешнего магнитного поля, частоты колебаний, состояния кристаллической структуры сверхпроводника. Отдельное внимание уделено исследованиям аномального затухания колебаний сверхпроводников второго рода во внешнем магнитном поле. В области смешанного состояния обнаружены пики изменения внутреннего трения и частоты колебаний вблизи второго критического поля. Данный электродинамический вклад во внутреннее трение обладает определённым своеобразием. В экспериментальных ситуациях с системами, включающими сверхпроводящие и нормальные компоненты, например, возможна диссипация упругой энергии несверхпроводящего тела, на котором закреплён сверхпроводник, обусловленная процессами внутри сверхпроводника

Ключевые слова: сверхпроводник, жидкий гелий, внутреннее трение, колебания, магнитное поле, диссипация энергии