

Информатика, вычислительная техника и управление

ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК

Ю.Н. Згода

Аннотация: моделирование напряженно-деформированного состояния тонкостенных оболочечных конструкций по методу Ритца предполагает выбор аппроксимационных функций, которые подставляются в функционал полной потенциальной энергии деформации для сведения вариационной задачи к задаче многомерной минимизации. Однако в современных исследованиях по моделированию оболочек вопрос выбора аппроксимационных функций зачастую рассматривается поверхностно. В то же время использование некоторых способов построения аппроксимационных функций позволяет значительно повысить как точность, так и производительность вычислений. Целью является разработка высокоэффективных подходов к генерации аппроксимационных функций при моделировании тонкостенных оболочечных конструкций по методу Ритца. В рамках реализации данной цели были предложены два подхода к построению аппроксимационных функций. Первый подход заключается в поэтапном увеличении количества слагаемых в аппроксимационных функциях с тем, чтобы предоставить исследователю более гибкие средства для задания точности и длительности моделирования. Второй подход заключается в использовании разного количества аппроксимационных слагаемых для разных компонент напряженно-деформированного состояния оболочки. Оба подхода были включены в авторский программный комплекс высокопроизводительного моделирования оболочек OptiShellX и апробированы на различных тестовых задачах. Результаты вычислительных экспериментов показали, что эти подходы позволяют значительно сократить длительность моделирования без существенных потерь в точности моделирования, а также упростить валидацию получаемых результатов. Они являются универсальными и могут быть реализованы практически в любом математическом пакете или языке программирования

Ключевые слова: оболочки, аппроксимационные функции, метод Ритца, функционал, вариационная задача, Julia

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

И.Н. Волков, В.Л. Бурковский

Аннотация: автомобильные дороги являются важной частью производственной инфраструктуры страны, поэтому развитие строительной индустрии в этой области является приоритетной задачей. Следует отметить, что внедрение средств автоматизации в технологические процессы строительства автомобильных дорог позволяет существенно повысить их качество и срок эксплуатации. Рассматриваются проблематика алгоритмизации управления технологическим процессом производства асфальтобетонных смесей, одной из существенных в дорожной строительной индустрии, а также структура системы управления. Технология производства асфальтобетонных смесей включает следующие этапы: подготовительный, основной и заключительный, в рамках каждого из которых осуществляются процессы, которые взаимосвязаны между собой. При этом требуется высокоточное обеспечение количества таких компонентов смеси, как песок, щебень, минеральный порошок, битум, а также различных химических добавок. В зависимости от значений различных количественных характеристик составляющих компонентов формируется разная по технологическим, общезначимым, химическим, теплофизическим, механическим и эксплуатационным свойствам асфальтобетонная смесь. Все это необходимо учитывать при создании эффективной структуры системы управления производством асфальтобетонных смесей в рамках средств алгоритмического обеспечения. Полученный материал может быть полезен для создания интеллектуальных средств управления технологическими процессами при производстве асфальтобетонных смесей

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, алгоритмизация технологических процессов, система управления, высокоточное дозирование, структурная схема алгоритма, контроль параметров

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

С.А. Олейникова, К.А. Бидненко, А.В. Малюгин

Аннотация: рассматривается задача прогнозирования объема потребления электроэнергии для энергосетевых компаний на примере ООО «Донская Энергосетевая компания» («ДЭК»). Абонентам (физическим и юридическим лицам) прогноз почасового потребления необходим для понимания целесообразности использования именно данного тарифа или тех или иных мощностей. Руководство компании еще больше заинтересовано в прогнозе, поскольку наличие данной информации позволяет точнее оценивать требуемые объемы и минимизировать риски при принятии управленческих решений. Специфика предметной области, особенность факторов, влияющих на результат, а также анализ возможных подходов к прогнозированию позволили определить наилучший способ к оценке потребляемых мощностей. Он основывается на использовании аппарата искусственных нейронных сетей. Специфика задачи определила структуру сети: была предложена рекуррентная нейронная сеть с двумя скрытыми слоями, которая способна обучаться долгосрочным зависимостям. В результате решены следующие задачи: определены входные данные, которые будут оказывать влияние на объем потребления электроэнергии; осуществлена предобработка данных; спроектирована структура искусственной нейронной сети, позволяющей получить прогнозируемое значение; реализовано приложение, которое с использованием обученной нейронной сети позволяет предсказывать объем потребляемой электроэнергии

Ключевые слова: рекуррентная нейронная сеть, машинное обучение, искусственный интеллект, прогнозирование, объем потребляемой электроэнергии

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ QR-КОДА

А.В. Каляшина, Л.Ф. Фаткуллина

Аннотация: выполнена программная реализация управления движением мобильного робота с использованием QR-кода. Цель исследования – обеспечение автономного движения мобильного робота по пути следования с препятствиями, с использованием алгоритмов движения, основанных на информации с сенсорных устройств и QR-кодах. Предварительно был проведен анализ существующих алгоритмов движения мобильных роботов, отражены их достоинства и недостатки. Для достижения цели была разработана структурная схема мобильного робота, которая демонстрирует связь контроллера с внешними устройствами сбора информации и управления движением. Получение сигналов и их предварительная обработка проведены сенсорными устройствами – инфракрасными и ультразвуковыми датчиками и акселерометром. В качестве аппаратной части для моделирования выбран Tetrìx, для программной реализации – микроконтроллер National Instrument myRIO, среда разработки – LabVIEW. Разработан алгоритм построения траектории движения робота по заданному маршруту с использованием QR-кода, который позволяет считывать закодированную информацию сканером. QR-код необходим, прежде всего, для определения направления движения на перекрестках. При проведении экспериментов использованы две карты местности с разными траекториями движения. Реализованы различные варианты движения робота – прямо, поворот налево, поворот направо. Благодаря реализации алгоритма обеспечено точное следование мобильного робота к заданной конечной точке в условиях складского помещения. Вопрос навигации решен с помощью карты черных линий, которая формирует сеть возможных маршрутов. Экспериментальные результаты получены в условиях инженерного полигона

Ключевые слова: мобильный робот, складская логистика, сенсорные устройства, микроконтроллер, алгоритм движения, QR-код

**ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНОЙ МЕТАПОВЕРХНОСТИ
ДЛЯ КОДИРОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ**

Е.А. Ищенко, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин, С.М. Фёдоров

Аннотация: рассматривается конструкция антенны с активной метаматериальной поверхностью, которая используется для кодирования информации. Конструкция базируется на основе узконаправленных планарных антенн Уда-Яги, которые излучают линейно поляризованные волны, что позволяет управлять характеристиками сигналов на основе коэффициента поляризационных потерь. На основе влияния коэффициента поляризационных потерь, а также путем выполнения коммутации слоев метаматериала удается обеспечить передачу данных с учетом дополнительного кодирования и шифрования. На основе предложенной конструкции была сформирована антенна с четырьмя излучателями, каждый из которых имеет различный угол наклона, который обеспечивает рассогласование поляризаций при неверном расположении, а также с метаповерхностью, которая блокирует излучение информации для кодов, которые не используются в момент передачи. Особенностью предлагаемой конструкции является возможность формирования модулированных поляризацией сигналов с кодами 00, 01, 10, 11. Такая конструкция обеспечивает дополнительное шифрование с возможностью перестановок разных комбинаций в размере 24 позиций. Благодаря реализации этой конструкции было показано, что задействование конструкции данного типа позволяет использовать динамически перестраиваемые метаповерхности для шифрования данных в системах их передачи. Такая система позволяет повысить защищенность данных, благодаря использованию комбинации метаматериала, который выступает в роли мета-ключа, а также направлений поляризации антенн на основе угла наклона векторов поляризации волн

Ключевые слова: метаматериал, шифрование данных, поляризация, поляризационное кодирование

**СИГНАЛЬНО-КОДОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ И СТРУКТУРА СИГНАЛОВ
РАДИОЛИНИЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ**

Д.Г. Пантенков, В.П. Литвиненко, А.Н. Глушков

Аннотация: в настоящее время системы спутниковой связи находят широкое применение в повседневной жизни гражданских и специальных потребителей информации и позволяют обеспечить ее оперативное доведение между абонентами, находящимися на значительном удалении друг от друга, для решения различных целевых задач. Для передачи информации по спутниковым каналам связи в стандартах DVB-S и DVB-S2 в L-, S-, C-, Ku-, K-, Ka-диапазонах частот в современных системах спутниковой связи используются цифровые методы модуляции и кодирования с учетом типовых значений отношений сигнал/шум для реальных модемов. В качестве модуляции сигналов спутниковой связи в основном используются фазовая модуляция с различными скоростями кодирования (QPSK, 8-PSK, 16-PSK) или квадратурная амплитудная модуляция с различными скоростями кодирования (QAM-8, QAM-16, QAM-32, QAM-64). В качестве помехоустойчивых кодов современные системы спутниковой связи используют коды Рида-Соломона, Турбо-коды, сверточные коды, каскадные коды. При этом основные усилия разработчиков систем спутниковой связи направлены на повышение пропускной способности сети спутниковой связи при условии увеличения гарантированной зоны покрытия и фиксированной вероятности ошибки на бит передаваемой информации. В качестве типового модельного примера рассматриваются вопросы формирования и структуры канальной информационной последовательности в режимах непрерывной передачи, пакетной передачи и передачи запросно-вызывного канала, представлены схемы формирования сигналов абонентской станции и сигналов запросно-вызывного канала, обозначены требуемые длительности информационных слотов и канальные информационные скорости передачи данных

Ключевые слова: радиолиния спутниковой связи, сигнально-кодовая конструкция, кодирование, абонентский канал, запросно-вызывной канал, пакетная передача данных, обработка информации на борту, скорость передачи информации, типовой модельный пример

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТРАКТА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЕМНИКА С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ

А.И. Гревцев, В.И. Зимарин, В.В. Капитанов

Аннотация: при проектировании приемного тракта промежуточной частоты супергетеродинного радиоприемника с цифровой обработкой сигналов применительно к узкополосным сигналам возникает необходимость учета особенностей выбора номинального значения промежуточной частоты и дискретизации не только полезного сигнала, но и всех помеховых частотных составляющих, поступающих на вход аналого-цифрового преобразователя. Целью работы является разработка предложений по построению тракта промежуточной частоты супергетеродинного радиоприемника с цифровой обработкой сигналов, учитывающих ослабление нежелательных частотных составляющих ближайшего отображения спектра при аналого-цифровом преобразовании сигнала. Элементами новизны является подход к выбору номинального значения промежуточной частоты и определение требований к минимальному значению ширины полосы мешания антиалиасингового фильтра. В работе показано, каким образом на этапе проектирования осуществляется предварительный выбор структуры тракта промежуточной частоты, определяется номинальное значение промежуточной частоты, выбирается антиалиасинговый полосовой фильтр, обеспечивающий ослабление нежелательных составляющих спектра в соседних каналах приема и в пределах отображения размноженного спектра при аналого-цифровом преобразовании сигнала. Предложенный подход позволяет сформировать структурную схему тракта второй промежуточной частоты и предъявить требования к его функциональным элементам

Ключевые слова: радиоприемник с цифровой обработкой сигналов, тракт промежуточных частот, размножение спектра, полоса мешания, полосовой фильтр

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ В РАМКАХ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ

И.С. Киреев, И.В. Зубарев, А.В. Бурковский

Аннотация: важной задачей на уровне проектного решения является расчет характеристик сигнала в любой точке, в которой выполняется поддержание связи. По результатам расчета можно предположить, какое число базовых станций необходимо для обеспечения качественного приема и передачи сигнала в условиях работы базовых станций. Поскольку в городской среде с высокой плотностью застройки имеются особенности в виде многолучевых сигналов со сложной интерференцией, теневые зоны, в которых распространение сигнала затруднено, необходимо иметь хотя бы приближенные модели, способные описывать распространение радиоволн в данных условиях. Особой проблемой является возникновение межсимвольной интерференции, при которой длительность задержки будет больше, чем длительность информационного символа. Приведены наиболее распространенные модели для анализа электромагнитного взаимодействия в системах радиосвязи, в том числе и системах сотовой связи. Представлена структура сотовой сети, рассмотрено влияние одиночных препятствий на распространение радиоволн. Основой представленных моделей является принцип суперпозиции, то есть принцип представления трассы распространения сигнала в виде отдельных участков путей, по которому осуществляется взаимодействие между абонентом и базовой станцией

Ключевые слова: радиосвязь, системы сотовой связи, структура сотовой связи, двулучевая модель распространения, одиночные препятствия

АНАЛИЗ РАБОТЫ ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ ТИПА Н-ДЕРЕВО ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

А.С. Новак, М.С. Пашенко, А.А. Антонов

Аннотация: связь стала одной из основ развития инфраструктуры. В частности, разрабатываются системы радиосвязи, которые одновременно используют различные диапазоны частот. При создании устройств производители переходят к более высоким частотам и широкополосной передаче данных. Это говорит о том, что существует необходимость в совершенствовании современных антенн. Фрактальная антенна Н-дерево является хорошей основой для получения многодиапазонной антенны уменьшенного размера в следующих диапазонах частот: 4,4 – 4,9 ГГц и 24,5 – 29,5 ГГц (сеть 5 G - fifth generation). Работа сети пятого поколения (5G) объясняется использованием высокочастотных волн, которые обеспечивают хорошую направленность сигнала. То есть высокочастотный сигнал будет отправлен в место, где находится большой запрос в трафике. Полученная в результате система будет обладать быстрой работой и высокой производительностью. Индустрия связи должна стремиться к тому, чтобы обеспечить поддержку как можно большего количества устройств на квадратный километр. Поэтому проблема со связью в густонаселенных местах и в местах с большим количеством людей должна отойти на второй план. В статье представлены результаты моделирования фрактальной древовидной антенны. Исследования типа поляризации и согласования вибраторов друг с другом проводились с использованием программного комплекса MMANA-GAL. Размеры рассчитаны таким образом, чтобы охватывать определенный диапазон частот. Проведен анализ характеристик антенны в диапазоне частот 5G; выбор количества итераций антенны производится путем оценки ключевых параметров

Ключевые слова: фрактальная антенна, итерация, древовидная антенна, диаграмма направленности, поляризация, коэффициент усиления

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания FZNS-2023-0008

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАКАГАМИ

А.Н. Глушков, Ю.В. Литвиненко, А.В. Мандрыкин, Е.В. Черноярова

Аннотация: задача экспериментального определения параметров моделей каналов радиосвязи является актуальной в связи с развитием систем передачи информации. Помимо традиционных для радиотехники моделей с гауссовой помехой и релеевскими или райсовскими замираниями появляются другие варианты, учитывающие особенности новых средств связи. Модели на основе плотности распределения вероятностей Накагами возникают в многолучевых радиоканалах и описывают изменение уровня принимаемого сигнала (его замирания) в различных условиях приема и частотных диапазонах, и в различных его вариантах обобщают классические модели. Двумерное распределение Накагами позволяет учитывать корреляционные свойства соседних отсчетов случайного процесса, расширяя возможности моделирования замираний с приемлемой сложностью. Для адекватного отображения вероятностных свойств флуктуаций амплитуды принимаемого сигнала необходимы измерения параметров двумерной модели. Рассматривается имитатор замираний сигнала с заданным двумерным распределением Накагами, который позволяет исследовать измерительную процедуру и может использоваться самостоятельно как источник отсчетов случайного процесса при моделировании канала связи. Полученные результаты могут использоваться в теоретических исследованиях системы связи и в ее экспериментальном моделировании (тестировании) с помощью имитатора канала связи. Достоинствами модели Накагами являются математическая простота, небольшое число параметров и экспериментально подтвержденное соответствие реальным каналам связи

Ключевые слова: канал связи, замирания сигнала, моделирование, плотность распределения вероятностей, измерение

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

В.В. Готов, И.В. Семейкин, А.Е. Рудь

Аннотация: представлен алгоритм моделирования источников электромагнитных помех с помощью измерений, выполненных в ближней зоне магнитного поля, излучаемого силовым электронным оборудованием. Данный вид измерений происходит на внутриаппаратурном уровне электромагнитной совместимости. Для прогнозирования излучаемого магнитного поля разработана модель, основанная на элементарных магнитных диполях. Эта модель получена на основе измерений в ближнем поле. Для определения параметров модели используется процедура оптимизации в сочетании с матричной инверсией. В отличие от стандартных подходов, новая методика позволяет находить эквивалентные источники излучений с небольшим числом диполей за наименьшее время вычислений. Продемонстрировано экспериментальное исследование разработанной методики, проведено сравнение полученных результатов с классическим методом, а именно с помощью аппаратно-программного комплекса сканирования ближнего электромагнитного поля. Для экспериментальной проверки этого метода проводятся магнитные измерения в ближнем поле для нахождения эквивалентной модели в случае одновитковой катушки, тороидальной катушки и DC/DC-преобразователя. Результаты, полученные с помощью разработанной методики, имеют погрешность относительно сканера ближнего поля около 10%, что является хорошим показателем для внедрения ее в промышленность

Ключевые слова: эквивалентные источники, магнитные диполи, магнитное поле, ближние поля, метод оптимизации

СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ АС-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

М.А. Ромащенко, А.В. Гудков

Аннотация: рассмотрен подход для сокращения времени и удешевления предварительной оценки соответствия нормам обеспечения электромагнитной совместимости импульсных источников питания типа АС-DC. Рассмотрено решение задачи повышения эффективности разработки импульсных АС-DC преобразователей на этапе предварительного тестирования уровня кондуктивных помех. Предложенный подход заключается в замене дорогостоящей процедуры использования измерителя радиопомех, целесообразной при приемочных испытаниях, на инженерное оценочное измерение при помощи осциллографа с функцией быстрого преобразования Фурье. Описан способ, реализующий данный подход, приведена структурная схема подключения испытуемого устройства, измерительной аппаратуры и вспомогательного оборудования при измерении напряжения радиопомех с использованием эквивалента сети. Обоснована новизна способа, заключающаяся в добавлении развязывающего усилителя между эквивалентом сети и осциллографом, питающегося от аккумулятора, что исключает возможность попадания дополнительных помех. Представлены результаты экспериментального исследования предлагаемого способа в виде результирующих спектрограмм кондуктивных помех, создаваемых потребительским импульсным АС-DC преобразователем мощностью 120 Вт. Проведено сравнение спектрограмм, полученных при помощи осциллографа и анализатора спектра в диапазоне 9 кГц-30 МГц. Подтверждена эффективность способа, даны рекомендации по практическому применению способа в деятельности инженера-разработчика

Ключевые слова: импульсный источник питания, кондуктивные помехи, АС-DC преобразователь, электромагнитная совместимость

МИКРОПОЛОСКОВАЯ ИМПЛАНТАЦИОННАЯ АНТЕННА ДИАПАЗОНА MICS/ISM ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТОВ

Е.Д. Егорова, Д.В. Журавлёв

Аннотация: рассматривается исследование микрополосковой имплантационной антенны диапазона MICS/ISM, предназначенной для использования в системах связи медицинских имплантов. Ее преимущества заключаются в возможности передачи данных на большие расстояния с минимальными потерями сигнала, обеспечивая качественную связь между устройствами внутри организма. Антенна была разработана с учетом особенностей работы внутри тела человека, где присутствует множество помех, вызванных тканями и жидкостями. Использование диапазона MICS/ISM позволяет обеспечить высокую степень защищенности от внешних помех и гарантировать надежную связь между имплантами и внешними устройствами. В рамках исследования сделаны общие оценки рабочих диапазонов, выделенных для медицинских приложений, геометрии излучения имплантационных антенн и ограничений по удельной скорости поглощения. Также приводятся результаты экспериментальных исследований, проведенных на фантомах, моделирующих тело человека. Благодаря своим компактным размерам и низкой массе антенна может быть использована в широком спектре медицинских имплантов, включая кардиостимуляторы, датчики и другие устройства. Таким образом, разработанная микрополосковая имплантационная антенна диапазона MICS/ISM представляет собой перспективное решение для создания надежных систем связи медицинских имплантов, способных обеспечить высокую эффективность передачи данных

Ключевые слова: медицинский имплантат, микрополосковая имплантируемая антенна, диаграмма направленности, MICS-диапазон, ISM-диапазон

РАЗРАБОТКА ДВУХДИАПАЗОННОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДЕЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ УИЛКИНСОНА

И.А. Черноиваненко, Е.А. Ищенко, А.В. Останков, С.М. Фёдоров

Аннотация: рассматривается усовершенствованная конструкция делителя мощности Уилкинсона для уменьшения его размеров. Данное устройство рассчитано для работы на двух рабочих диапазонах частот с центральными частотами 2,4 ГГц и 5,8 ГГц, соответственно. Моделирование выполнялось на основе использования программного продукта CST Studio Suite 2023. Делитель мощности разработан и смоделирован на подложке Rogers RT5880, которая имеет диэлектрическую проницаемость $\epsilon_r = 2,2$, тангенс угла потерь $\text{tg } \delta = 0,0009$ и толщину $h = 1,57$ мм. Разработанное устройство имеет один вход и два выхода. Полученные результаты моделирования показывают, что делитель мощности обеспечивает равное деление мощности на обоих выходах конструкции. На основании произведенного имитационного моделирования было получено, что устройство имеет коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) на двух центральных частотах 1,56 и 1,27, соответственно. Графики возвратных потерь показали, что разработанный делитель мощности Уилкинсона имеет два рабочих диапазона частот 1,1-3,2 ГГц и 4,8-6,5 ГГц по уровню -10 дБ. Данные частотные диапазоны указывают на широкополосность устройства. Смоделированные графики потерь мощности свидетельствуют об ослаблении 0,2 дБ на частоте 2,4 ГГц и 0,6 дБ для частоты 5,8 ГГц. Произведенный расчет токов при заданной мощности показал, что спроектированные микрополосковые линии выдержат нагрузку в 1 кВт

Ключевые слова: делитель мощности, линия передачи, S-параметры, микрополосковые линии

МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

Аннотация: были проанализированы топологические структуры систем сетевого кодирования и мониторинга беспилотных летательных аппаратов, чтобы обеспечить эффективный обмен данными для групп беспилотных летательных аппаратов. Топологические структуры систем сетевого кодирования и мониторинга беспилотных летательных аппаратов похожи друг на друга, если рассматривать множество беспилотных летательных аппаратов, множество микроспутников и центр командования и управления в качестве источника, ретранслятора и пункта назначения соответственно. Однако производительность комплексного сетевого кодирования с вероятностью символьной ошибки является низкой из-за многопользовательских помех и многолучевого затухания в каналах. Чтобы улучшить показатели качества и надежности, здесь представлена улучшенная схема передачи данных комплексного сетевого кодирования на основе предварительного кодирования для повышения надежности работы множества беспилотных летательных аппаратов. Помимо теоретического анализа системы, проверено несколько параметров с помощью имитационных экспериментов, включая различные топологические структуры, количество исходных узлов и ретрансляционных узлов, схемы кодирования и предварительного кодирования. Моделирование показывает, что предложенная схема передачи обеспечивает надежность, превосходящую надежность обычной схемы комплексного сетевого кодирования для различных топологических структур, включая структуры с регулярной и нерегулярной топологией, и различных схем канального кодирования

Ключевые слова: передача информации, беспилотные летательные аппараты, коды с низкой плотностью проверки четности (LDPC), предварительное кодирование, комплексное сетевое кодирование

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZGM-2023-0011)

ЦИФРОВОЙ ДЕМОДУЛЯТОР СИГНАЛОВ С АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

А.Н. Глушков, Ю.В. Литвиненко, Б.Н. Тишуков, Е.В. Черноярова

Аннотация: исследуется оптимальный цифровой алгоритм когерентной демодуляции сигналов с амплитудно-фазовой манипуляцией (АФМ или APSK). Демодуляция фазы выполняется на основе фазового детектора сигналов с многопозиционной фазовой манипуляцией, а амплитуды символов определяются по откликам квадратурных каналов обработки сигнала. Проведен анализ алгоритма обработки сигнала с АФМ, рассмотрены временные реализации откликов демодулятора. Определена помехоустойчивость демодуляции для сигналов с двухуровневой АФМ для двух наиболее распространенных вариантов созвездий, оценены вероятности ошибочной демодуляции фазы и амплитуды сигнала, дан сравнительный анализ помехоустойчивости сигналов с различными созвездиями. Рассмотрена помехоустойчивость демодуляции сигналов с амплитудной относительно-фазовой манипуляцией (АОФМ), дан сравнительный анализ потерь в отношении сигнал/шум по сравнению с АФМ для различных вариантов созвездий. Проведено статистическое имитационное моделирование алгоритма демодуляции при воздействии шумовой помехи. Исследовано влияние на помехоустойчивость погрешностей оценки пороговых уровней принимаемых сигналов. Реализация демодулятора ориентирована на программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)

Ключевые слова: фазовая и амплитудная манипуляция, помехоустойчивость, вероятность ошибки, статистическое имитационное моделирование

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № FSWF-2023-0012

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРЕДЕЛЬНЫХ АМПЛИТУД НАПРЯЖЕНИЙ ЦИКЛОВ ПРИ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУРНЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К.А. Молоков, В.В. Новиков, А.И. Мамонтов

Аннотация: в результате перегрузок при действии внешней циклической нагрузки на конструкции в области концентраторов напряжений повышается степень асимметрии цикла, уровень максимальных напряжений и деформаций в областях значительной неоднородности, имеющей место особенно при сварке термоупрочненных сталей. Учитывая это, важно уметь строить диаграммы предельных амплитуд напряжений циклов с учетом структурной и механической неоднородности для сварных соединений. Оценка таких предельных амплитуд напряжений для действующих циклических напряжений на участках сварного соединения может быть выполнена с помощью диаграмм предельных амплитуд напряжений, построенных для этих участков зоны термического влияния. Предлагаемый метод построения диаграмм предельных амплитуд напряжений для зон сварного соединения апробирован численно на феррито-перлитных сталях (сталь 10, 50, Ст.3сп, 22К, 15Г и др.), он базируется на использовании математических моделей классической линейной и структурно-механической механики разрушения материалов. Разработана инженерная методика расчета предельных амплитуд напряжений и построения диаграмм Хейя. Аналитическим расчетом подтверждена справедливость предлагаемого подхода, заключающегося в определении предельных амплитуд напряжений при многоцикловом нагружении в широком диапазоне изменения коэффициента асимметрии цикла $-1 \leq r < 1$ применительно для сталей феррито-перлитного класса с пределом текучести до 400 МПа. Представлена блок-схема алгоритма отражающего поиск максимальной длины микротрещины, согласующейся с граничным условием равенства средних напряжений цикла пределу прочности материала. Характерной особенностью методики является возможность расчета предельных амплитуд напряжений для высоких значений асимметрии цикла и напряжений цикла, а также то, что в ней могут быть учтены: характеристики внешней нагрузки; структурные и механические характеристики в области зоны термического влияния, зависящие от выбранного режима сварки. Предлагаемый метод позволяет с допустимой для инженерных расчетов погрешностью строить диаграммы усталости Смита и Хейя для области растяжения, учитывая, в том числе средний размер зерна феррито-перлитного материала в зоне термического влияния (ЗТВ) сварного соединения. Численно полученные диаграммы предельных амплитуд напряжений сравнивались с имеющимися экспериментальными данными феррито-перлитных сталей. Результаты согласования численных с экспериментальными данными убедительно говорят о применимости используемых математических и физических моделей в предложенном расчетном методе

Ключевые слова: предел выносливости, феррито-перлитная сталь, зона термического влияния, пластическая деформация, длина трещины, предельная амплитуда цикла, коэффициент интенсивности напряжений

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ В ФОРСУНКАХ НА ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

О.Н. Кириллов, Е.А. Рязанцева, В.В. Куц, А.Ю. Рязанцев

Аннотация: рассмотрено назначение топливных форсунок, обеспечивающих подачу горючего и окислителя в камеру сгорания жидкостного ракетного двигателя в необходимых пропорциях. Представлены методы получения тангенциальных отверстий в форсунках жидкостных ракетных двигателей. Выполнены исследования, в том числе экспериментальные, по изучению влияния метода изготовления тангенциальных отверстий на рабочие параметры форсунок. Показано испытательное оборудование, которое применяется для подтверждения гидравлических характеристик форсунок. В результате проведенных исследований и экспериментов установлено, что получение тангенциальных отверстий механическим методом, без выполнения операции доводки, не дает возможность получения гидравлических характеристик форсунок в соответствии с требованиями нормативной документации. Электроэрозионный метод обработки непрофилированными электродами-инструментами, в виде стержня, позволяет получить необходимую точность отверстий форсунок и обладает высокой производительностью. Выполненные работы позволяют сделать вывод о том, что для достижения заданных рабочих характеристик форсунок жидкостных ракетных двигателей способ электроэрозионного изготовления отверстий в настоящее время предпочтительнее, по отношению к механическому способу их обработки. Полученные результаты могут быть использованы для изготовления деталей и сборочных единиц изделий аэрокосмической отрасли с помощью электрических методов обработки, что, в частности, расширяет область использования электроэрозионного метода обработки

Ключевые слова: форсунки, электроэрозионная обработка, гидравлические испытания, пролив форсунок, ракетный двигатель