

Информатика, вычислительная техника и управление

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТРИК JAVA-ПРИЛОЖЕНИЯ В КОНТЕЙНЕРАХ DOCKER

В.Ф. Барабанов, А.К. Донских, Н.И. Гребенникова, С.Л. Кенин

Аннотация: объектами исследования являются: java-приложение с поддержкой JMX технологии; демон для сбора метрик Collectd; программный продукт для хранения временных рядов Graphite; система аналитики и визуализации данных Grafana. Актуальность разработки решения определяется тем, что в настоящее время веб-приложениям необходимо обрабатывать огромные потоки данных. Для решения этой проблемы используются высокомасштабируемые микросервисы, а для их управления контейнер Docker. Работа с Docker несколько отличается от работы с традиционными приложениями, однако в корпоративном сегменте имеется большой пласт классических наработок. Как следствие, на данный момент актуальной является разработка решения, которое будет работать с классическими решениями в контейнерах Docker. Приведено описание и особенности работы java-приложений в контейнерах Docker. Предлагается решение для сбора, хранения, обработки, анализа и визуализации метрик веб-приложений с помощью JMX, Collectd, Grafana и Graphite. Показано, как взаимодействуют между собой данные компоненты. Приведены примеры настройки java-приложения для работы с JMX, добавление плагина FastJMX в collectd, а также настройки для Grafana и Graphite. Результатом работы, описанным в статье, является система, отвечающая всем требованиям к системам для хранения и анализа больших объемов аналитических данных и имеющая все преимущества использования Docker. Полученное решение позволит сократить затраты на рабочую силу, а использование в разработке программного обеспечения с открытым исходным кодом позволяет еще больше снизить затраты на разработку и последующее использование

Ключевые слова: веб-приложение, сбор метрик, программные средства обработки, аналитики и визуализации данных

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОБЛУЧЕННЫХ РЕЗИН

С.Л. Подвальный, А.А. Хвостов, А.В. Карманов, Г.С. Тихомиров, А.П. Попов

Аннотация: представлены результаты исследования термомеханической деструкции резин, предварительно подвергнутых воздействию ионизирующего излучения на установке ускоренных электронов дозами 100, 150 и 200 кГр. Термомеханообработку облученных резин на основе бутилкаучука осуществляли в камере роторного вискозиметра в течение 40 минут при температурах 373, 393, 413 К. Предложенный процесс термомеханической деструкции облученных резин обеспечивает более эффективную переработку полимеров и позволяет получить полимерный материал с заданными вязкоупругими свойствами. Установлено, что увеличение дозы обработки бутиловых резин ионизирующим облучением приводит к снижению вязкости по Муни примерно в 2,6-3,9 раз. В ходе исследования процесса проведена оценка влияния температуры и времени термомеханической обработки на изменение вязкости по Муни облученных резин. Предложена математическая модель динамики процесса изменения вязкости по Муни в процессе термомеханообработки облученной резины. С использованием экспериментальных данных измерения вязкости по Муни образцов рассчитаны кинетические характеристики процесса. Установлено, что скорости отдельных стадий процесса определяются условиями облучения исходных образцов и мало зависят от температуры обработки. Анализ результатов моделирования подтвердил адекватность модели, погрешность вычислений не превысила 8 %

Ключевые слова: математическая модель, деструкция, бутилкаучук, вязкость, кинетика

Благодарности: работа выполнена в рамках гранта программы «У.М.Н.И.К-2018», г/к № 14279ГУ/2019 от 10.07.2019 г.

МНОГОРАЗМЕРНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НА БАЗЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

И.Ю. Галкин, А.М. Литвиненко, М.А. Чурсин

Аннотация: рассматривается математическая модель воспроизведения движения объекта-оригинала в концепции унификации и прогрессивного развития самой модели, как следствие многомерного роста. Анализируются гармонические особенности объекта исследования. Решаемая проблема представляет собой создание модели, которая позволяет воссоздать и прогнозировать стохастичность данных, полученных эмпирическим путём в рамках натуральных экспериментов посредством алгоритмов идентификации, определённых категорией объектов описания. Разработана методика моделирования траекторий, включающая алгоритмы обучения и проверки адекватности, с учетом кусочно-гармонических составляющих исследования на основе численных методов и методов идентификации. Разработан алгоритм численной оптимизации параметров функций активаций, характеризующийся использованием кусочно-линейных гармонических функций и позволяющий реализовать возможность формирования траектории движения объекта. Предложен алгоритм проверки адекватности математической модели, основанный на реализации процедуры обработки результатов натурального эксперимента, отличающийся применением метода интерполяции кубическим сплайном и позволяющий определять наилучшие параметры на входе ИНС и отражать предметные особенности гармонического характера. Раскрыта специфика данной модели, которую можно считать возможностью многомерного роста числа нейронов, что, в свою очередь, позволяет проводить формализацию процессов более глубокого описания

Ключевые слова: многомерность, аналитическая модель, нейронная сеть, многомерный рост, скрытые процессы

БИЛИНЕЙНЫЕ ОКРЕСТНОСТНЫЕ СИСТЕМЫ С НЕЧЁТКИМИ СВЯЗЯМИ

А.Г. Ярцев

Аннотация: изучаются билинейные окрестностные системы с нечеткими связями по состояниям, по управлениям и по билинейным слагаемым состояния и управления. Показано формирование матрицы смежности билинейной окрестностной модели. В качестве примера выступает билинейная модель с четырьмя узлами. Рассматривается задача определения компенсирующих приращений параметра управления для стабилизации системы вблизи номинального режима. Для существования компенсирующих приращений должно выполняться условие: количество искомых значений приращений должно быть больше либо равно количеству уравнений. Расширить возможности стабилизации номинального режима позволяет введение коэффициента окрестностной нечёткости. Данный коэффициент можно интерпретировать как коэффициент интенсивности связей между узлами системы. Коэффициенты нечеткости считаются динамическими, то есть могут менять своё значение в процессе работы системы и рассматриваются как дополнительные управляющие переменные. Исходя из этого линейная часть исходной (четкой) системы становится билинейной, а билинейная - трилинейной. Обсуждается задача стабилизации системы вблизи номинального режима при использовании только динамических коэффициентов нечеткости и при использовании этих коэффициентов совместно с остальными управляющими переменными

Ключевые слова: окрестностные системы, нечеткие связи, окрестностная нечёткость, динамическая нечёткость, номинальные режимы, стабилизация

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Липецкой области в рамках научного проекта 19-48-480007 p_a

СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ШАХТНОГО ТРАНСПОРТА

Е.Ю. Бозюкова, С.А. Олейникова

Аннотация: объектом исследования является шахтный транспорт и его движение по одному из множества маршрутов. Предмет исследования - совокупность моделей и алгоритмов, позволяющих оптимизировать график движения транспортных средств. На данном этапе решения задачи предполагается, что расписание, составленное для транспорта в целом эффективно. Однако, поскольку время, затрачиваемое на добычу заданного объема ископаемых, является случайной величиной, возможны незначительные отклонения от графика. В связи с этим под оптимизацией подразумевается эффективное управление движением транспортных средств с целью предотвращения их столкновения и обеспечения безопасности движения. Отчасти эти задачи уже были решены, однако большинство аналогичных программных средств не в полной мере охватывает весь функционал диспетчерского управления и контроля. В связи с этим есть потребность в разработке собственного программного средства, а также методов контроля и управления. Кроме того, необходимо решить задачи позиционирования и предотвращения возможного возникновения аварийных ситуаций. Анализ возможных подходов к решению данной задачи позволил выбрать подход, основанный на взаимодействии интеллектуальных агентов, как наиболее перспективный в настоящее время. Результатом является структура мультиагентной системы, осуществляющей контроль и управление движением шахтного транспорта, а также визуализацию перемещения каждой из единиц техники

Ключевые слова: мультиагентная система, автоматизированная система управления, шахтный транспорт, логистика

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

Г.В. Петрухнова, С.А. Пруткова

Аннотация: объектом исследования являются особенности автоматизации процессов тестового контроля работы конечных автоматов. Конечный автомат используется в качестве модели цифрового устройства или программного модуля. Операция тестового контроля – это информационная операция, при которой на одни контакты конечного автомата подаётся совокупность входных сигналов, а с других контактов снимаются реакции на эти сигналы. Тест контроля представлен бинарной матрицей и формируется генератором псевдослучайных чисел. При этом используется технология тестирования взвешенными псевдослучайными наборами. Вес входа – это частота подачи единичного логического сигнала на вход конечного автомата. Тестовый контроль конечного автомата осуществляется на основе заданного весового вектора. Разработанный программный продукт позволяет определить вес входа путем решения задачи оптимизации распределения вероятностей входных сигналов на основе обобщенного энтропийного критерия. Программный продукт позволяет управлять объектами тестирования, задавать вес для каждого входа конечного автомата, выбирать критерий оптимизации весового вектора из числа заданных, указывать параметры процесса оптимизации, проводить тестовый контроль конечных автоматов на основе заданного весового вектора, сохранять информацию об объекте тестирования, сохранять информацию о ходе тестового контроля и оптимизации, просматривать результаты тестового контроля и хода оптимизации. Представлен интерфейс программного продукта. Он может быть использован для исследования процессов оптимизации тестов и тестового контроля различных автоматных моделей

Ключевые слова: конечный автомат, энтропия, бинарная матрица, цифровое устройство, программный модуль, тестовый контроль

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С МАТРИЦЕЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПЕРЕХОДОВ, ЗАВИСЯЩЕЙ ОТ СОСТОЯНИЯ СЕТИ

И.В. Зубарев, А.А. Чумичкин, В.Л. Бурковский

Аннотация: применяемые в теории сетей массового обслуживания модели просто и наглядно демонстрируют поведение реальных объектов. Это в свою очередь позволяет минимизировать расходы на проектирование и разработку реальных объектов, избежать множества ошибок проектирования сетей и оптимизировать уже функционирующие сети. В статье рассматривается аналитический аппарат анализа структуры замкнутой сети массового обслуживания с экспоненциальным распределением длительности обслуживания в зависимости от потоков транзакций в системе, что обеспечивает воспроизведение нестационарных состояний. Описание процесса изменения структуры взаимодействия ее элементов представлено в рамках математической модели при помощи компонентов матрицы вероятностей переходов, зависящей от состояния сети массового обслуживания. Основной характеристикой замкнутой сети массового обслуживания является стационарное распределение вероятностей состояния переходов заявки после обслуживания, т.е. любая заявка за конечное число шагов выполняет переход из произвольного узла сети в любой другой узел сети. Для описания стационарного распределения вероятностей состояния замкнутой однородной сети массового обслуживания использовался метод составления уравнений локального баланса. Итоговым результатом моделирования стала формула вычисления интенсивности потока заявок в узле и среднего времени цикла между посещениями заявки данного узла. Применение алгоритмов расчета характеристик для замкнутых систем массового обслуживания позволяет сформировать эффективные модели распределенных систем обработки информации

Ключевые слова: математическое моделирование, замкнутые сети массового обслуживания, аналитическое моделирование, матрица вероятностей переходов, экспоненциальное распределение, интенсивность обслуживания, стационарное распределение вероятности состояния, среднее время цикла

СИНТЕЗ РОБАСТНЫХ ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.А. Болдырев, А.С. Кожин

Аннотация: при исследовании объектов управления мы встречаемся с различными неточностями в определении их параметров. Одним из методов борьбы с неопределенностями становится использование различных оценок параметров объекта управления. Современной наукой разработаны различные методики оценки неопределенных параметров объекта управления. Неопределенность параметров бывает в том случае, когда множество параметров объекта управления представляет собой более чем одну точку. Если это множество задано при помощи вероятностных характеристик, то это так называемая вероятностная неопределенность параметров объекта. Если для параметров объекта известны границы интервалов, в которые они заключены, то такая неопределенность называется интервальной. Если же параметры объекта заданы при помощи функции принадлежности, то в этом случае используется теория нечеткой логики. Интервальное определение параметров объекта управления используется при работе с величинами, для которых известны лишь границы интервалов, внутри которых заключены их значения. Интервальный подход в описании параметров объекта используется для учета округлений и ошибок, возникающих при расчетах на компьютере, и является сильным методом в представлении объектов с неопределенными параметрами. Причина, по которой используют интервальные системы, состоит в неполноте информации об объекте управления, погрешности при измерении параметров объекта, ошибки линеаризации и так далее. Различные задачи классической теории автоматического управления позволяют заменять сосредоточенные параметры на их интервальные аналоги. Многие интервальные задачи адекватны практическим приложениям. Синтез ЛКР относится к классическим методам, который позволяет получать регуляторы, минимизирующие интегральный критерий качества относительно ресурса регулируемых и регулирующих величин. Проведено исследование возможности синтеза ЛКР для объектов заданных интервально. Такое применение двух известных методов позволяет работать с нелинейными объектами с использованием при этом классической линейной теории управления

Ключевые слова: ЛКР – линейно-квадратичный регулятор, ЛИДС – линейные интервальные динамические системы

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И МОДИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ С ГИСТЕРЕЗИСОМ БУКА-ВЕНА

Н.Н. Карабутов

Аннотация: предложен метод структурной идентификации динамической системы с гистерезисом, описываемым уравнением Бука-Вена, в условиях неопределенности по данным «вход-выход». Метод основан на введении специального класса геометрических структур, отражающих состояние гистерезиса. На основе анализа структур предложен метод оценки структурной идентифицируемости системы и рассмотрены условия его применения. Он основан на фрагментации геометрической структуры и дальнейшем анализе ее свойств. Для их оценки применяется метод секущих, который позволяет на классе линейных моделей получить показатели, позволяющие принимать решение о структурных свойствах и идентифицируемости системы. Решение задачи структурной идентификации базируется на применении метода иерархического погружения, позволяющего на каждой итерации структурного синтеза устанавливать существенные связи, влияющие на выход гистерезиса. При этом на каждой итерации должно выполняться условие структурной идентифицируемости. Решение задачи дается для классической модели Бука-Вена. Определены условия, при которых возможно применение метода иерархического погружения. Предложены модификации модели Бука-Вена и показана их работоспособность. Модификации позволяют упростить процесс идентификации параметров системы и гарантируют ее устойчивость. Результаты применения предложенного подхода подтвердили структурные свойства рассматриваемой нелинейной системы

Ключевые слова: нелинейная система, гистерезис, модель Бука-Вена, геометрическая структура, структурная идентифицируемость, иерархическое погружение

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ КУРСАНТОВ ВОЕННО-НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАША

Ю.В. Корыпаева, Н.Е. Красова, В.В. Пешков, С.В. Рябов

Аннотация: рассматривается проблема формирования рабочих групп курсантов военного вуза для выполнения отдельных этапов научно-исследовательских работ в рамках военно-научного общества. При изучении этого вопроса, моделировании задачи, выборе метода и средств ее решения учитываются разные уровни математической подготовки курсантов и наличие у них интересов в различных областях науки. Для выявления степени математической подготовки курсантов, диагностики сложности каждого этапа исследования, а также построения математической модели формирования исследовательских групп для выполнения разных этапов научной работы используется модифицированный метод Раша. Для оценки вероятности успешного завершения научного исследования в целом всей группой при определенных предположениях построена математическая модель, которая относится к задачам целочисленного программирования и может быть реализована с помощью прикладных пакетов ЭВМ. В работе приводится пример, в котором при конкретных данных в результате расчетов сформированы группы курсантов для выполнения научно-исследовательской работы. Данная модель организации рабочих групп, состоящих из желаемого количества участников, для выполнения каких-либо видов деятельности может быть успешно применена не только в вузах при решении научных задач, но и на государственном производстве, в частном бизнесе и т.п.

Ключевые слова: метод Раша, логистическая функция, экспертные оценки, целочисленное программирование, метод наименьших квадратов

**УСТРАНЕНИЕ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ФАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
В МНОГОПОЗИЦИОННОМ ПЕЛЕНГАТОРЕ НА ОСНОВЕ ПОДОБИЯ АЗИМУТАЛЬНОЙ
И УГЛОМЕСТНОЙ ТРАЕКТОРИЙ**

Б.В. Матвеев, В.А. Иванов, А.А. Голиков, А.А. Макаров

Аннотация: рассмотрена задача устранения неоднозначности фазовых измерений при определении угловых координат радиоизлучающих космических аппаратов с использованием многопозиционных фазовых пеленгаторов. Для ее решения предложена улучшенная по сравнению с известными методика, основанная на выявлении подобия траекторий, полученных по результатам фазовых и амплитудных измерений многопозиционным пеленгатором двух координат радиоизлучающего космического аппарата: азимута и угла места. Проиллюстрирована реализация предложенного подхода на примере корреляционно-фазового пеленгатора, имеющего дополнительный режим корреляционно-амплитудного пеленгования. В качестве критерия достоверности устранения неоднозначности использованы характеристики аппроксимирующей линии комбинации невязок угломестной и азимутальной траекторий. При наличии систематических ошибок амплитудных измерений линии невязок будут смещаться. При этом характер линий невязок не изменится, но при правильном устранении неоднозначности соответствующая линия невязки не будет нулевой. В процессе устранения неоднозначности фазовых измерений методом подобия двух траекторий используются массивы измерительной информации. Сделан вывод об эффективности совместного применения амплитудного и азимутально-угломестного фазового пеленгования для высокоточного восстановления траектории пеленгуемого объекта. Сделан вывод об эффективности совместного применения амплитудного и азимутально-угломестного фазового пеленгования для высокоточного восстановления траектории пеленгуемого объекта

Ключевые слова: фазовые измерения, многопозиционный пеленгатор, устранение неоднозначности

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (проект № СП-834.2019.3)

ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ РАДИОПЕЛЕНГАТОРНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ДЛЯ МАЛОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

П.В. Першин

Аннотация: представлены результаты исследования различных вариантов реализации радиопеленгаторных антенных решеток, предназначенных для размещения на малом беспилотном летательном аппарате в составе малогабаритной широкодиапазонной станции радиоконтроля, массогабаритные параметры которых жестко ограничены заданными требованиями. Исследовано влияние несущей платформы антенной системы на комплексные векторные диаграммы направленности антенных элементов решетки. Показано, что металлическая платформа носителя существенно искажает диаграммы направленности несимметричных и симметричных вибраторных антенных элементов и существенно снижает кроссполаризационную развязку, что при использовании корреляционно-интерферометрического метода дает грубые промахи при оценке пеленга сигналов с эллиптической поляризацией. Предложен метод снижения влияния металлической платформы носителя с использованием поглощающих поверхностей различного типа. В предельном случае отсутствия платформы систематическая погрешность пеленгования с использованием антенной решетки из симметричных конусных элементов не превышает 2 градусов. Установлено, что лучшими характеристиками среди рассмотренных вариантов при размещении над металлической платформой обладает антенная решетка из симметричных конусов. Использование поглотителя типа «двойной экран Солсбери» позволяет уменьшить погрешность пеленгования, вызванную рассеянием волн на платформе, на частотах выше 200 МГц

Ключевые слова: антенная решетка, радиопеленгация, корреляционный интерферометр, комплексная векторная диаграмма направленности, малый беспилотный летательный аппарат

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ УСИЛИТЕЛЕЙ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

Д.В. Журавлев, В.А. Мещеряков, М.В. Шубин, М.А. Сиваш, В.С. Волков, Д.С. Потапов

Аннотация: в современном мире появляется всё больше различных систем для оценки параметров человеческого организма с помощью бесконтактного считывания медико-биологических показателей. Рассматриваются особенности разработки системы, предназначенной для бесконтактного считывания медико-биологических показателей (сигналов ЭКГ), путем анализа параметров усилителей биопотенциалов при использовании в схеме с тремя электродами и в схеме с экранированием электродов, предназначенных для использования в устройстве, имеющем небольшие габариты, аналоговой обработки медико-биологических характеристик, отвечающем тенденциям современного развития радиоэлектронных систем медицинского назначения. Для сравнения используются такие операционные усилители, как ОР193, LMP7701, LT6010, которые сравниваются по следующим рассчитываемым показателям: значение входного диапазона, относительная погрешность измерения напряжения, нелинейность, погрешность чувствительности, неравномерность АЧХ и коэффициент подавления синфазной помехи. Выбор данных операционных усилителей обусловлен оптимальным сочетанием в них как финансовых, так и эксплуатационно-технических характеристик. Данное исследование имеет цель получить понимание того, насколько данные операционные усилители пригодны к использованию в системах бесконтактного считывания медико-биологических показателей, а также насколько они соответствуют совокупности предъявляемых к данным операционным усилителям требованиям

Ключевые слова: система бесконтактного считывания медико-биологических показателей, ЭКГ, усилитель биопотенциалов, схема включения с тремя электродами, схема включения с экранированием электродов

АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ КОМАНДНО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ РАДИОЛИНИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Д.Г. Пантенков, В.П. Литвиненко

Аннотация: стохастические параллельно-последовательные широкополосные сигналы могут быть использованы в командно-телеметрических каналах беспилотных подвижных объектов авиационного, наземного или морского базирования в силу того, что обладают низкой вероятностью их обнаружения при радиомониторинге по сравнению с широкополосными сигналами (ШПС) детерминированной структуры, высокой структурной скрытностью и высокой устойчивостью к преднамеренным помехам. При этом понятие скрытности при передаче полезной информации включает в себя энергетический, информационный и структурный аспекты, которые имеют ввиду устойчивость к доступу информации, содержащейся в радиосигнале, к вскрытию «тонкой структуры» и последующему анализу, а также к обнаружению самого сигнала по его спектральной плотности мощности (отношению энергии радиосигнала к занимаемой им полосе частот). Представлены результаты разработки аппаратно-программного комплекса (радиосистемы передачи данных) на основе стохастических М-ичных параллельно-последовательных широкополосных сигналов (СМПШПС), а также рассматриваются вопросы анализа пик-фактора, автокорреляционной функции (АКФ), функции спектральной корреляции (ФСК), вероятности ошибки на бит передаваемой информации для СМПШПС, представлены разработанные структурные схемы передающего устройства, многофункциональный алгоритм демодуляции и синхронизации СМПШПС. Показана принципиальная возможность реализации стохастических параллельно-последовательных широкополосных сигналов на современных аппаратных платформах с учетом требований по вычислительным ресурсам, скоростям передачи информации

Ключевые слова: стохастические параллельно-последовательные широкополосные радиосигналы, функция спектральной корреляции, осциллограмма, вероятность ошибки, алгоритм демодуляции и синхронизации, практическая реализация, ПЛИС, цифровой сигнальный процессор, вычислительные ресурсы

ОПТИМИЗАЦИЯ ШАБЛОНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕЗА АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С КОСЕКАНСКОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

И.А. Кирпичева, А.В. Останков, А.И. Рябчунов

Аннотация: антенные решётки со специальными и, в том числе, косеканскими диаграммами направленности широко востребованы в современных радиотехнических системах. При синтезе антенной решётки классическими методами ожидаемая диаграмма направленности вне косекансного сектора задаётся за редким исключением нулевыми значениями. Вместе с тем такой подход к формированию шаблона диаграммы является неоптимальным. В работе предложено дополнить шаблон ожидаемой диаграммы направленности областью постоянного уровня, равного максимуму диаграммы, и двумя линейными скатами. Разработана методика оптимизации геометрических параметров шаблона по критерию минимума среднеквадратического отклонения синтезированной диаграммы от идеальной косеканской с ограничением величины максимального отклонения диаграммы в косекансном секторе или (и) уровня боковых лепестков. Использован способ синтеза антенной решётки методом разложения диаграммы направленности в ряд Котельникова, методика оптимизации реализована на базе генетического алгоритма. На основе результатов апробации методики показано, что использование оптимизированного шаблона позволяет улучшить количественные характеристики направленности антенной решётки. В частности, для косекансного сектора 70° и 12-элементной решётки достигим выигрыш по величине максимального отклонения диаграммы в 4 дБ при одновременном снижении максимального уровня боковых лепестков на 3 дБ. Разработанная методика может быть использована для синтеза решётки с отличной от косеканской формой диаграммы направленности

Ключевые слова: антенная решётка, косеканская диаграмма направленности, синтез, ряд Котельникова, шаблон, оптимизация

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и НЦНИ в рамках научного проекта № 20-51-15001

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ ПАТЧ-ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

С.М. Фёдоров, Е.А. Ищенко, М.А. Сиваш, И.А. Зеленин

Аннотация: рассмотрено влияние длины микрополосковой прямоугольной патч-антенны на число рабочих диапазонов, резонансную характеристику и диаграммы направленности. Исследование было проведено на основе данных, полученных в процессе моделирования. Описаны основные правила расчета и выбора материала диэлектрика для микрополосковой патч-антенны, настроенной для приема сигнала на частоте 37 ГГц, что соответствует одному из стандартов связи пятого поколения (5G). Моделирование проводилось с использованием двух программ – Antenna Magus, которая использовалась для автоматизированного расчета геометрических параметров антенны; CST Studio Suite - для моделирования основных резонансных характеристик антенны и построения диаграмм направленности. На основе полученных результатов были сделаны выводы о возможности формирования дополнительных частотных диапазонов. Также было определено смещение основной рабочей частоты, которая обладает минимальным значением обратных потерь и коэффициента стоячей волны по напряжению, относительно изначально выбранной частоты резонанса. Приведены результаты моделирования в виде трехмерных моделей излучателей, графиков обратных потерь (S11 параметры), правил перевода значений S11 в КСВН, диаграмм направленности в полярных координатах, зависимости коэффициента усиления и ширины главного лепестка от частоты

Ключевые слова: патч-излучатель, микрополосковая патч-антенна, резонансные характеристики, 5G, Antenna Magus, CST Studio Suite

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВАРИАНТОВ РАДИОПЕЛЕНГАТОРНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МАЛОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

П.В. Першин

Аннотация: представлены результаты натурных испытаний по пеленгованию и локализации наземных источников радиоизлучения с помощью нескольких вариантов антенных систем, предназначенных для размещения на малом беспилотном летательном аппарате в составе малогабаритной широкодиапазонной станции радиоконтроля. Рассмотрены одноярусный и двухъярусный варианты антенных систем. Показано, что исследуемый вариант макета двухъярусной антенной системы обеспечивает возможность пеленгования источников радиоизлучения в диапазоне частот от 110 до 3000 МГц по азимуту и углу места при заданных массогабаритных показателях. При этом увеличение угла места от 0 до 40 градусов приводит к значительному увеличению среднеквадратического отклонения (СКО) пеленгования с 2 до 5 градусов. На примере одноярусной антенной системы АС-НП1 показана возможность локализации наземных источников радиоизлучения однопозиционным методом. Выявлена зависимость систематической ошибки определения наземных координат источника радиоизлучения в зависимости от текущего набора значений частота-азимут-угол места. Экспериментально показано, что данная ошибка может быть уменьшена за счет использования специальных режимов движений беспилотного летательного аппарата, и итоговое СКО работы радиопеленгатора в условиях отсутствия аномальных ошибок составляет 2 – 3 градуса в зависимости от диапазона частот

Ключевые слова: антенная система, радиопеленгация, малый беспилотный летательный аппарат, однопозиционная локализация, система навигации

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

А.Б. Степанов, А.В. Помогалова, В.С. Грибанов, И.А. Богословский, Х.М.М. Айд

Аннотация: представлена разработка вычислителя непрерывного вейвлет-преобразования, предназначенного для работы в условиях низких температур (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$). В качестве элементной базы для реализации вычислителя рассматриваются микроконтроллеры MSP430G2553, ATmega328P и STM32F401RET6. Производится сравнение результатов вычисления непрерывного вейвлет-преобразования, полученных с применением этих микроконтроллеров с учетом их тактовых частот и ограниченного объема внутренней памяти. Получены и проанализированы зависимости скорости вычисления непрерывного вейвлет-преобразования на микроконтроллерах при различных длинах сигналов и с различными способами использования вейвлета в алгоритме: при его загрузке из внутренней памяти микроконтроллера и при его вычислении непосредственно на микроконтроллере. Во всех экспериментах в качестве анализируемых сигналов используются фрагменты электроэнцефалограммы с частотой дискретизации 250 Гц. Приводятся описание устройства и функциональные схемы вычислителя непрерывного вейвлет-преобразования, разработанные для различных видов испытаний: для оценки скорости вычисления непрерывного вейвлет-преобразования и для испытания устройства при работе в условиях низких температур. Проводится оценка результатов испытания вычислителя в климатической камере. В результате проведенных исследований показано, что среди рассмотренных устройств микроконтроллер STM32F401RET6 лучше других подходит для вычисления непрерывного вейвлет-преобразования. При его использовании для обработки фрагмента электроэнцефалограммы длиной 1 с. (250 отсчетов) потребовалось 0,57 с. При этом обеспечивалось сохранение информативности вейвлет-спектрограммы. При обработке фрагмента сигнала длиной 4500 отсчетов с вычислением вейвлета непосредственно на микроконтроллере потребовалось 2516,84 с. Проведенные исследования в климатической камере показали, что разработанное устройство с установленным аккумулятором емкостью 20 А·ч проработало при температуре ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 129 минут, из них 101 минуту при температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Этого времени достаточно для проведения электрокардиологических или электроэнцефалографических исследований у 5 человек

Ключевые слова: непрерывное вейвлет-преобразование, вычислитель, реализация, микроконтроллер, Арктика

Машиностроение и машиноведение

КИНЕТИКА РОСТА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ (ОХРУПЧЕННЫХ) СЛОЕВ НА ТИТАНЕ ПРИ ВАКУУМНОМ ОТЖИГЕ

А.Б. Булков, В.В. Пешков, В.Ф. Селиванов, Н.Е. Михалевич

Аннотация: исследовано влияние параметров режима вакуумного отжига на толщину охрупченных слоев, образующихся на поверхности титана в результате его взаимодействия с остаточными газами вакуумированного пространства. Толщину и строение слоев определяли на образцах из сплава ВТ6, полученных из листового проката толщиной 3 мм. Отжиг образцов в интервале температур 500-750 °С проводили при разрежении воздуха от 10 до $3 \cdot 10^{-2}$ Па. Размеры охрупченных слоев определяли измерением зоны хрупкого распространения трещины в изломе образцов и измерением расстояния между поверхностными трещинами в охрупченных слоях, образовавшимися в процессе деформации изгибом. Для количественной оценки влияния режимов вакуумного отжига листового титанового сплава ВТ6 на глубину охрупченной части образующегося оксидного слоя предложено использовать параболическую зависимость, характеризуемую показателем степени и константой роста охрупченного слоя. Путем обработки экспериментальных данных установлено влияние на кинетику роста охрупченных слоев времени отжига, температуры и степени разрежения воздуха. На основе полученных кинетических закономерностей роста охрупченных слоев построены номограммы, позволяющие определить величину охрупченного слоя, образующегося на стадии нагрева с разной скоростью до заданной температуры отжига

Ключевые слова: титановые сплавы, отжиг, газонасыщенные слои, охрупчивание

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОТРОПНЫХ ЗОН В СТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ ТОЛЩИНОЙ 4 ММ

В.Н. Семькин, В.Н. Проценко, Д.А. Свиридов, А.В. Бесько, И.Н. Касаткина

Аннотация: экспериментально исследовали возможность эффективного снятия остаточных напряжений в пластине из Ст3 размерами 150×150×4 мм при обработке последней выстрелами мелкой свинцовой дробью с одной стороны. Удельная кинетическая энергия трех выстрелов в сумме составила при этом 18 Дж/см². Методика исследования включала выявление полей траекторий главных напряжений (изостат) и изотропных зон физическим неразрушающим магнитоупругим методом. Использовали монофазный измеритель механических напряжений ИМН-4М с базой магнитоупругого датчика 5 мм. Разделяли главные напряжения методом разности касательных напряжений. До и после обработки выстрелами контролировали 392 узла координатной сетки, которую предварительно нанесли на образец. Установили, что благоприятные изотропные зоны от высокоскоростного воздействия дроби образуются с обеих сторон пластины. Эксперимент подтвердил результативность снижения остаточных напряжений выстрелами свинцовой дробью при обработке одной стороны пластины толщиной 4 мм. Показана на практике возможность подготовки тонкостенных заготовок и деталей для изделий точной механики и оптики, в которых деформации и нестабильность геометрических форм, вызываемые процессами изготовления и эксплуатации, должны быть минимизированы

Ключевые слова: остаточные напряжения, выстрелы свинцовой дробью, магнитоупругий метод, изостаты, изотропные зоны

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ СЛОЕВ ТИТАНА В УСЛОВИЯХ БЕЗОКСИДЕЛЬНОГО ОТЖИГА

А.Б. Булков, В.В. Пешков, И.Б. Корчагин, Д.А. Болдырев

Аннотация: целью данной работы являлось установление закономерностей развития процесса восстановления пластических свойств поверхностных газонасыщенных слоев титана в условиях безокислительного отжига. В качестве объекта исследования использованы образцы из листового проката титанового сплава ВТ6 толщиной 2 мм с газонасыщенным слоем толщиной 0,6 мкм, созданным в результате предварительного отжига. Растворение охрупченных слоев производилось в условиях изотермического безокислительного отжига в интервале температур 700...850 °С. Для оценки процесса восстановления пластичности поверхностных слоев использовали топографию деформированной поверхности при разрушении исследуемого образца изгибом. Определена температурно-временная область эффективности вакуумного отжига для восстановления пластических свойств титановых сплавов. Установлено, что этот эффект достигается за счет перераспределения кислорода из поверхностных слоев изделия по его объему. Получены зависимости, позволяющие оценивать параметры режима отжига (температуру и время), необходимые для очистки поверхности титана от охрупченной части газонасыщенных слоев в зависимости от их исходной толщины. Материалы статьи представляют практическую ценность для предприятий и организаций, разрабатывающих технологии изготовления тонкостенных конструкций из титана и его сплавов для авиационной и космической техники

Ключевые слова: титан, отжиг, газонасыщенные слои, пластичность, топография