

**НЕЧЕТКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ГРЕЮЩЕГО ПАРА В РАМКАХ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ
ПРОЦЕССОМ ВУЛКАНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН**

А.А. Митрохин, В.Л. Бурковский

Аннотация: рассматривается проблема управления технологическим процессом вулканизации автомобильных шин с позиции потенциально опасного процесса. Системы управления потенциально опасными технологическими процессами должны подвергаться постоянному развитию и совершенствованию в связи с неоспоримой важностью обеспечения должного контроля качества, так как потенциально опасные технологические процессы представляют собой сложно формализуемые системы, функционирующие в условиях неопределенности, неполноты знаний и нечеткости описаний как самой системы, так и действующих на нее сигналов. В этой связи для управления такими системами уже недостаточно применения классических методов теории управления и необходима разработка новых методов и подходов. Один из таких подходов базируется на нечетком множестве и нечеткой логике Л. Заде. Анализируется целесообразность использования нечеткого регулятора для регулирования температуры в контуре внешнего нагрева процесса вулканизации автомобильных шин за счет изменения объема подачи греющего пара. Рассматривается структура автоматизированной системы управления технологическим процессом вулканизации шины на основе аппарата нечеткой логики, а также приведены результаты двухпозиционного регулирования и пропорционально-интегрально-дифференциального регуляторов, применяемых при регулировании температуры в контуре внешнего нагрева процесса вулканизации автомобильных шин, проведен качественный анализ традиционных регуляторов относительно регулирования параметров сложных систем управления. Доказана необходимость и целесообразность использования нечеткого регулятора применительно к регулированию температуры в контуре внешнего нагрева процесса вулканизации автомобильных шин для улучшения качества выпускаемой продукции

Ключевые слова: нечеткий регулятор, опасное производство, вулканизация

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА
С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

В.А. Мустафаев, М.Н. Салманова

Аннотация: рассмотрено моделирование динамических взаимодействующих процессов, описывающих функционирование сложных объектов в условиях неопределенности. Предложен формализм, предназначенный для разработки и анализа моделей сложных параллельных и распределенных систем, который базируется на математическом аппарате временных сетей Петри (СП), представляющих собой обобщенные нечеткие временные СП специального вида, совмещающие в себе поведение детерминированного и недетерминированного характера. Разработан алгоритм функционирования нечетких временных СП. Предлагаемый алгоритм обеспечивает решение задачи разрешимости срабатывания переходов, находящихся в состояниях конфликта, наложение нечеткой структуры на маркировку сети нечеткими законами композиции, определяющими значения степеней принадлежности входных и выходных позиций переходов. Модели динамических процессов представлены в виде нечетких временных сетей Петри. Предложен подход для моделирования динамических взаимодействующих процессов, основанный на матричной теории СП, которая обеспечивает эффективную форму представления структуры, динамики состояния модели, пространства достижимых состояний и последовательности срабатывания переходов в виде совокупности векторов и матриц. На примере производственного модуля механообработки показано, что принятые правила срабатывания переходов полностью описывают процесс функционирования нечетких временных сетей Петри. В результате симуляции получено дерево достижимости в виде последовательности векторов

Ключевые слова: модель, алгоритм, трапециевидный нечеткий интервал, нечеткие временные сети Петри, модуль механообработки

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСЛЕ СЖАТИЯ С ПОТЕРЯМИ

В.Ф. Барабанов, Н.И. Гребенникова, С.Л. Кенин, Д.А. Юров

Аннотация: предлагается технология восстановления изображений, основанная на применении нейросетевого обучения и позволяющая удалять артефакты сжатия с изображений, обработанных кодеком JPEG, применяющим алгоритмы сжатия с потерями. Нейронные сети не программируются, в отличие от традиционных программных средств, они обучаются. Возможность обучения - одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных, частично искажённых данных. Предложена структура и рассмотрены функции программного средства для восстановления изображений при помощи глубоких нейронных сетей. На базе предложенной структуры разработана библиотека методов и приложение, позволяющее подготовить нейронную сеть к эксплуатации и протестировать ее на несинтетических экземплярах сжатых изображений. Значительное внимание уделено рассмотрению наиболее релевантных архитектур нейронных сетей для данной задачи и библиотек, упрощающих их реализацию. Получены и проанализированы результаты работы приложения

Ключевые слова: автоэнкодер, глубокое обучение, сверточная нейронная сеть, Keras

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ 3D-ПРИНТЕРОМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРА

В.Ж. Бочаров, В.Л. Бурковский

Аннотация: рассмотрена универсальная система управления строительным 3D-принтером, конструктивно выполненным как на основе колонной архитектуры, так и на основе кран-балки. Для системы управления такого объекта как строительный 3D-принтер крайне важно решение проблемы управления в условиях как ветровых нагрузок, так и различных внешних возмущений, включая изменения в составе применяемой строительной смеси. В рамках решения этих проблем от системы управления потребуется не только гибкость и надежность, но и возможность самообучаться по мере эксплуатации. Решением в этом случае будет рассмотренное ранее применение системы гибридного параллельного нейроуправления, которое подразумевает использование сразу двух контроллеров: обычного и нейронного. Приведена классическая схема, иллюстрирующая гибридное параллельное нейроуправление и уже переработанная схема, применимая для управления строительным 3D-принтером. Проиллюстрированы нейронные сети пространственных слоев нейроконтроллера. Подход к разработке систем управления такими объектами, как строительные 3D-принтеры, описанный в статье, позволяет значительно повысить общую эффективность объекта управления и уменьшить количество проблем, возникающих при эксплуатации подобных систем

Ключевые слова: нейроуправление, строительный 3D-принтер, программируемый логический контроллер (ПЛК), нейронные сети, оптимизация

СХЕМА КОММУТАЦИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ В РЕКОНФИГУРИРУЕМОМ ПРОДУКЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

Е.А. Титенко

Аннотация: описывается обеспечение параллельных вычислений в рамках производственной парадигмы. Цель исследования – это сокращение временных затрат на обеспечение параллельных производственных вычислений для обработки символьных данных. Эта цель достигается путем декомпозиции производственной системы на независимые подмножества производств и задания условий их инициализации. Метод решения основан на аппарате конструктивной логики. Правила декомпозиции представлены в виде конструктивных дизъюнкций. Члены конструктивных дизъюнкций задают варианты пересечения пар особых слов. Особые слова – это пары образцов производств или пары образец и модификатор производств. Основу декомпозиции составляют две схемы коммутации. Они соединяют в пары слова таким образом, чтобы выполнялись как смежные, так и шаговые объединения слов в пары. Производственная система представляется двудольным графом. Левые вершины двудольного графа соответствуют образцам производств. Правые вершины двудольного графа соответствуют модификаторам производств. Чередуемость схем коммутаций позволяет использовать свойство линеаризации расположения пар образцов и свойство двумерности расположения образца и модификатора в паре. В результате две схемы коммутации обеспечивают линейное время декомпозиции производственной системы. Однородный массив блоков поиска пересечений пар слов с регулярными связями составляет основу реконфигурируемого производственного устройства. Связи задают схемы коммутации. Чередуемость схем коммутаций и однородность состава устройства с регулярными связями составляют содержание реконфигурации производственного устройства. Декомпозиция общей структуры на однородное множество блоков поиска пересечений пар слов задает универсальность реализации. Она проявляется в построении блока поиска пересечений на основе конвейерных, матричных, ассоциативных принципов

Ключевые слова: производственная система, реконфигурация, декомпозиция, схемы коммутации, пересечение слов

СИНТЕЗ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ АСПИРАЦИИ

Е.С. Шарапова, В.Л. Бурковский

Аннотация: рассматриваются моделирование процессов управления медицинским прибором аспирации с регулятором на базе нечеткой логики; основные методы управления медицинским прибором аспирации, обеспечивающие такие технические характеристики, как высокая мощность; точность регулирования; надежность; бесшумность. Приведены примеры синтеза регуляторов для нескольких типов медицинских аспираторов: с применением традиционного линейного ПИД-регулятора (пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора) и на основе нечеткой логики (fuzzy logic controller). Приведены численные характеристики эффективности регулирования классического ПИД-регулятора и регулятора с применением нечеткой логики (для разных типов приборов), также основные правила управления нечетким регулятором, применяемые для работы в этой системе, приведена обобщенная нечеткая модель регулятора динамического объекта, позволяющая формально описывать широкий класс односвязных динамических объектов управления

Ключевые слова: регулятор, нечеткая логика, аспиратор, электродвигатель

Энергетика

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Шепс, Н.В. Портнова, Т.В. Щукина, И.И. Переславцева

Аннотация: наиболее распространенным и доступным возобновляемым источником на всей территории РФ является солнечная радиация, успешно утилизируемая для отопления, горячего водоснабжения и электроснабжения зданий на протяжении многих десятилетий в ведущих европейских странах. Но положительный европейский опыт часто не применим в суровых климатических условиях РФ. Учитывая сложные метеоусловия зимних сезонов на большей территории РФ, конструкции ограждений, утилизирующие солнечное излучение, должны иметь не только аккумулирующий слой, но и характеризоваться высокими теплозащитными свойствами. В работе рассматривается вопрос эффективного использования солнечной энергии посредством конструирования энергоэффективных ограждающих конструкций. Предлагается конструкция наружной стены, позволяющая эффективно утилизировать солнечную энергию для снижения нагрузок на отопление зданий. Особенностью технического решения является использование тепловой изоляции, отделенной от аккумулирующего слоя воздушной прослойкой. Данное конструктивное исполнение позволяет избежать переохлаждения помещений при неблагоприятных погодных условиях в холодный период года и перегрева в теплый. Полученные результаты позволяют сделать заключение о безусловной перспективе организации пассивных систем солнечного отопления при архитектурно-планировочных решениях, предполагающих пофасадное остекление. Предложенное конструктивное решение наружного ограждения позволит не только эффективно утилизировать солнечное излучение, но и сохранять достигнутый температурный режим в помещениях за счет применения тепловой изоляции

Ключевые слова: энергосбережение, солнечная энергия, строительные конструкции

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ВОДООХЛАДИТЕЛЯ С ЦЕНТРОБЕЖНЫМ СЛОЕМ НАСАДКИ И ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНИ

Ю.Н. Агапов, Д.А. Давыдов

Аннотация: приведены результаты экспериментального сравнения водоохладителя с центробежным псевдооживленным слоем и вентиляторной градирни. В частности, показаны зависимости удельной холодопроизводительности и теплогидравлического показателя аппаратов от начальной температуры жидкости. Эксперименты проводились на стенде, предназначенном для исследования гидродинамических и тепловых характеристик трехфазного псевдооживленного слоя. При этом в качестве рабочих элементов использовались опытные образцы аппаратов. Основными задачами исследований являлись: проверка работоспособности аппаратов, определение их холодопроизводительности и теплогидравлического показателя. Экспериментальное сравнение водоохладителя с центробежным слоем мелкозернистой насадки с вентиляторной градирней показало, что по удельной холодопроизводительности исследованный аппарат эффективнее градирни в два раза, а по теплогидравлическому показателю - в полтора раза. Результаты эксперимента позволяют рекомендовать псевдооживленный слой в качестве насадки в градирнях с целью обеспечения оптимального технологического режима охлаждения оборотной воды потоком воздуха

Ключевые слова: псевдооживленный слой, межфазовый теплообмен, насадка, градирня

К СОЗДАНИЮ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОВМЕСТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ВИБРОВОЛНОВЫМИ ПОЛЯМИ

Н.В. Мозговой, В.М. Попов, Д.В. Попов

Аннотация: рассматривается задача повышения теплофизических характеристик материалов на основе клеевых соединений. При эксплуатации теплонапряженных узлов технических систем, включающих клеевые соединения, требуется повышенная теплопроводность клеевых прослоек. Для решения этой задачи предложен и апробирован экспериментально метод повышения теплопроводности клеевых прослоек соединений, в основу которого заложен эффект от совместного воздействия электрическими и виброволновыми полями на клеевые прослойки, сформированные на основе эпоксидного клея с металлическим наполнителем. При воздействии магнитными или электрическими полями на клеевые прослойки повышение их теплопроводности объясняется образованием теплопроводящих цепочечных структур из металлических частиц наполнителя. Однако по результатам рентгеноструктурного анализа в этом случае плотность упаковки частиц наполнителя несовершенна. Этим обстоятельством продиктована необходимость исследования комплексного воздействия разнородными физическими полями на теплопроводность прослоек клеевых соединений. В результате показано, что на теплопроводность клеевой композиции оказывает влияние природа наполнителя и его концентрация, напряженность электрического поля и частота механических колебаний. Причем наибольший эффект наблюдается при варьировании напряженности электрического поля

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, клеевая композиция, напряженность электрического поля, частота виброколебаний

РАСЧЕТ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТА ПО ОХЛАЖДАЮЩИМ КАНАЛАМ КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ANSYS CFX

А.В. Кретинин, Д.Н. Галдин, Е.Е. Спицына, А.Н. Попков

Аннотация: рассмотрена проточная часть регенеративной системы охлаждения камеры жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Выполнена оценка величины неравномерности распределения охладителя в каналах охлаждения при возникновении отклонения геометрии от проектной в результате особенностей технологии изготовления паяной двухслойной конструкции рубашки охлаждения. Геометрическая модель проточной части охлаждающего тракта камеры сгорания состояла из 101 канала системы наружного охлаждения в совокупности с коллекторами подвода и сбора охладителя. Итоговая сеточная модель содержала 8 млн элементов. Для моделирования был использован программный комплекс ANSYS Workbench. В качестве модели турбулентности использовалась стандартная k-ε модель. Моделирование выполнялось в стационарной постановке. Основными результатами расчетов являлись значения расходов через отдельные каналы тракта охлаждения. При моделировании изменялся угол наклона относительно перпендикулярной оси подводящего и отводящего штуцера. Установлено, что влияние подводящего штуцера сказывается приблизительно на 10 % всех каналов системы, обуславливая пониженные значения расходов через остальные 90% каналов, дополнительно неперпендикулярное исполнение штуцеров подвода и отвода охладителя приводят к изменению расходов через каналы максимум на 4-5 %

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, каналы охлаждения, гидродинамическое моделирование

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В.Н. Крысанов, К.В. Иванов

Аннотация: рассматривается один из вариантов повышения уровня энергосбережения насосных и компрессорных установок за счет использования устройств компенсации реактивной мощности (КРМ). Рассматривается метод оценки энергоэффективности мероприятий по компенсации реактивной мощности на основе критерия минимума усредненных затрат. Приводятся формулы для расчета экономического эффекта, обусловленного оптимизацией режимов энергосистемы, а также формула исходных затрат и целевой функции. Описывается практическая реализация автоматизированного расчета затрат в зависимости от режима энергосистемы и конфигурации КРМ. Приводятся результаты расчетов оптимальных режимов работы узлов нагрузки при различных соотношениях видов потребителей, согласно графикам нагрузки, с применением КРМ в виде трехмерных графических зависимостей затрат от напряжения в сети и типа тиристорной конденсаторной установки. Делаются выводы о возможности эффективного применения устройств КРМ для турбомеханизмов, а также о возможности получить информативную картину оптимальных режимов работы узлов нагрузки с помощью разработанного алгоритма

Ключевые слова: энергоэффективность, компенсация реактивной мощности, оптимизация

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ КЛИМАТИЗАЦИИ В ОФИСНОМ ПОМЕЩЕНИИ

Д.В. Лобанов, Р.А. Шепс, Н.В. Портнова

Аннотация: выполнен анализ эффективности работы систем обеспечения микроклимата в офисном помещении, являющихся основными потребителями тепловой энергии в здании. По классификации ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» исследуемое помещение относится ко 2-й категории (помещения умственного труда), для которого нормативными документами регламентированы параметры внутреннего микроклимата и определено качество воздуха. Для исследуемого помещения были выполнены экспериментальные исследования по определению распределения в помещении и изменения во времени основных параметров микроклимата и концентрации углекислого газа для разных периодов года. Замеры выполнялись каждый рабочий день на протяжении двух календарных лет. Исследовали следующие режимы работы систем микроклимата: первый режим – системы кондиционирования воздуха и механическая вентиляция выключены, система естественной вентиляции работает (настежь открыты окна); второй режим – механическая и естественная системы вентиляции выключены, включена система кондиционирования воздуха; третий режим – естественная вентиляция не работает, работают системы кондиционирования воздуха и механическая вентиляция; четвертый режим – системы кондиционирования воздуха и естественной вентиляции не работают, работает механическая вентиляция; пятый режим – системы вентиляции и кондиционирования воздуха отключены. Установлено, что ни один из рассмотренных режимов не способен обеспечить в помещении одновременно температурный и газовый комфорт. Следствием являются огромные капитальные (оборудование, материалы и др.) и текущие (тепловая и электрическая энергии) траты на системы микроклимата, не обеспечивающие ожидаемого эффекта

Ключевые слова: вентиляция офисного помещения, системы обеспечения микроклимата, режимы работы систем вентиляции, персональная вентиляция, анализ работы вентиляционных систем

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕПЛООБМЕНА НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПОВЕРХНОСТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

С.В. Дахин, В.И. Ряжских

Аннотация: получено аналитическое решение, позволяющее провести анализ влияния условий теплообмена на длительность нестационарных тепловых режимов поверхностного теплообменника. Итоговая формула записана через термические сопротивления теплоотдачи и водяные эквиваленты, что упрощает такой анализ на любой стадии разработки, проектирования или промышленной эксплуатации теплотехнического оборудования. Показано, что в зависимости от конкретных численных значений термосопротивлений, водяных эквивалентов и начальной температуры стенки теоретически принципиально возможно создание условий для минимальной длительности нестационарных тепловых режимов теплообменника. Получено выражение, определяющее совокупность параметров теплообмена для минимизации времени выхода на стационарный режим. Приведённые решения справедливы для прямоточной или противоточной схемы течения теплоносителей, но могут быть распространены и на более сложные схемы, например, для перекрёстного тока. При значительном изменении теплофизических свойств теплоносителей или рассмотрении более сложных схем течения возможна адаптация полученного решения к интервально-итерационному расчёту

Ключевые слова: нестационарный режим, теплообмен, теплообменник, время

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ЖИДКОСТНЫХ КАНАЛАХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БЛОКА ОХЛАЖДЕНИЯ

А.В. Кретинин, Д.Н. Галдин, Е.Е. Спицына, А.Н. Попков

Аннотация: для численного моделирования тепломассопереноса в жидкостных каналах термоэлектрического блока охлаждения сформирована сеточная модель проточной части с использованием модуля ANSYS Meshing. Осуществлен синтез математической модели компьютерной динамики жидкости с подключенным уравнением энергии в модуле ANSYS CFX. Построена сеточная модель термоэлектрического модуля в модуле ANSYS ThermalElectric. Построены модели типа Response Surface термоэлектрического анализа для термоэлектрических модулей и тепломассопереноса для жидкостных каналов блока охлаждения. Результаты моделирования показали, что, во-первых, значительная часть жидкостных каналов работает в области нестабилизированного течения жидкости как на входе в каналы, так и на выходе. Во-вторых, развитая (зубчатая) поверхность теплообмена со стороны жидкости оставляет открытым вопрос о превалирующем механизме (молярном либо молекулярном) переноса тепла от теплоносителя в стенку термоэлектрического модуля охлаждения (ТЭМО). В-третьих, перенос тепла осуществляется в термоэлектрический материал при различных значениях подведенной к ТЭМО электрической энергии. И в этом случае тепло передается от холодного к горячему спаю, т.е. задействуется термоэлектрический механизм теплопереноса при существенном влиянии тепловых процессов, проходящих в соответствии с законами Фурье и Джоуля. Проведенные экспериментальные исследования показали значительное влияние термоэлектрической природы поглощения тепла на холодном спае на интенсивность теплообмена между теплоносителем и стенками ТЭМО. Получена идентифицированная зависимость закона теплообмена на стенке жидкостного канала, граничащего с термоэлектрическим модулем

Ключевые слова: численное моделирование, теплообмен, термоэлектрический элемент

Благодарности: представленная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы (Соглашение №14.577.21.0202, уникальный идентификатор RFMEFI57715X0202)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗОВОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРНОГО МОДУЛЯ

К.В. Кружаев, Д.П. Шматов, К.В. Зубарев, И.Г. Перевезенцев

Аннотация: выделены наиболее важные задачи в области создания современного газового термоэлектрического генераторного модуля, который в составе автономного источника тока предназначен для преобразования тепловой энергии, выделяемой при сжигании природного газа, в электрическую энергию. Рассмотрены некоторые физические процессы, протекающие в вертикальном термосифоне применительно к системе охлаждения термоэлектрического генераторного модуля. По результатам моделирования с использованием инструментария ANSYS Fluent, в котором рассчитывались и анализировались распределения температур, скоростей жидкой и паровой фаз, распределение объемных долей фаз, давления, определены оптимизационные подходы при проектировании системы охлаждения газового термоэлектрического генераторного модуля в среде ANSYS Fluent. Сформулированные оптимизационные подходы позволяют определить коэффициент детерминации для функции ошибки расчета, тем самым можно утверждать, что изменение температуры внутренней теплоподводящей поверхности определяется изменением рассматриваемых переменных, также граф анализа чувствительности показывает, что на величину ошибки расчета влияют все факторы, причем наибольшее влияние оказывают величина тепловой нагрузки и вид охлаждающей жидкости. В результате в общем виде сформированы требования к системе охлаждения, концептуальный облик и схема системы охлаждения на основе термосифона и определены направления дальнейших исследований

Ключевые слова: оптимизационные подходы, термоэлектрический генераторный модуль, термосифон, ANSYS

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 (Договор № 03.G25.31.0246)

Радиотехника и связь

ЭФФЕКТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА НА ОСНОВЕ ПЛИС ДЛЯ ПОЛНОСТЬЮ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО LDPC-ДЕКОДЕРА

А.В. Башкиров, И.В. Свиридова, Д.С. Андреева

Аннотация: стохастическое декодирование - новый альтернативный метод низкой сложности расшифровки кодов с исправлением ошибок. Представлен вариант аппаратной архитектуры для стохастического декодирования низкоплотностных кодов. Данная архитектура позволяет производить полностью параллельное декодирование с помощью новейших технологий при работе с алгоритмами с малой плотностью проверок на четность (LDPC), со специализированной возможностью реализации такого декодера на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС). Архитектура параллельного стохастического декодера в данной работе реализуется на ПЛИС Xilinx Virtex 4 (XC4VLX200) с пропускной способностью 706 Мбит/с, при скорости битовой ошибки около 10^{-6} , с потерей производительности около 0,1 дБ. Представлен обзор стохастических вычислений и метода стохастического декодирования. Описаны проблемы аппаратной реализации и архитектура стохастических декодеров. Приведены результаты синтеза и декодирования для (1024,512) LDPC-кодов с малой плотностью проверок на четность декодера. Показано, что архитектурные особенности, имеющиеся во многих программируемых логических интегральных схемах, могут быть использованы для зонально-эффективной реализации стохастических декодеров LDPC

Ключевые слова: итерационное декодирование, коды с низкой плотностью проверок на четность, стохастическое декодирование, ПЛИС, внешняя память

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЁТА НАДЁЖНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

А.С. Костюков, И.С. Бобылкин, Л.Н. Никитин, А.А. Пирогов

Аннотация: испытания изделий на надёжность являются одним из важнейших этапов производства любой техники. Без этого показателя невозможно иметь полного представления о правильности изготовления изделия, т.к. во время производства возможны неверные технические действия, которые оказывают негативное влияние на устройство. Для выявления таких действий и выполняют испытания на надёжность. В настоящее время существуют несколько способов определения надёжности, которые используются массово в производстве. Самыми распространёнными считаются априорный и апостериорный анализ надёжности, а также метод граничных и матричных испытаний. На последнем способе анализа необходимо остановиться отдельно и пояснить его подробнее. Это связано с тем, что метод определения надёжности с помощью граничных и матричных испытаний является маловостребованным в связи с их трудоёмкостью. Сам метод состоит из двух испытаний, а именно: граничного и матричного, начальные данные для обоих испытаний находятся по одной и той же методике, но характеристики, полученные в ходе расчёта по этим испытаниям, отличаются. Кратко изложены особенности каждого из методов определения надёжности, раскрыты достоинства и недостатки способов анализа. Представлено сравнение данных методов, из которого можно сделать вывод о том, какой метод определения надёжности является наиболее актуальным, точным и достаточным в тех или иных условиях определения надёжности

Ключевые слова: граничные испытания, матричные испытания, матрица испытаний

ПРОТОТИПЫ, МОДЕЛИРУЮЩИЕ СИСТЕМУ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПОМЕХ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

И.В. Остроумов, М.А. Ромащенко, Т.Д. Ижокина

Аннотация: представлено устройство формирования и приёма полезного сигнала системы. Рассматривается прототип передачи дискретной информации с помощью фазоманипулированных сигналов, где демодулятор приемника основан на использовании согласованной фильтрации, наиболее противостоящей воздействию белых шумов. Код в прототипе сложного сигнала используется либо как периодически повторяющиеся M-последовательности с периодом до 1023 бит, либо изначально заданная информационная логическая закономерность, такая как код Баркера или хаотичный ряд двоичных символов количеством до 4096 бит. В качестве наглядного примера были представлены схемы демодулятора сигналов: ФМн-2, ФМн-4, СФМн-4, ММС. Рассматриваются синхронизация приемника и подробное описание его работы. Для решения задачи по определению защитного отношения сигнал/помеха был разработан прототип, моделирующий воздействие помех на линию передачи дискретной информации фазоманипулированными сигналами. Основной функцией прототипа является раздельное рассмотрение прохождения различных полезных и мешающих сигналов по приёмному тракту, а также построение гистограмм. Во время разработки модели был расчёт на дальнейшее внесение новых элементов и процедур зарождения сигналов по мере исследования новых непреднамеренных радиопомех (НРП). На основе значения результирующего сигнала на выходе согласованного фильтра в отрезке времени в модели образуются гистограммы ответа на полезный сигнал и НРП. Разработанная модель позволяет определить влияние параметров НРП на вероятность сбоя

Ключевые слова: фазоманипулированный сигнал, дискретная информация, прототип, модулятор сигнала

СРАВНЕНИЕ СЛОЖНОСТИ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ И ИСПРАВЛЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТОХАСТИЧЕСКИХ ДЕКОДЕРОВ С ПАМЯТЬЮ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРОГНОЗОВ (TFM) И ВНЕШНЕЙ ПАМЯТЬЮ (EM)

И.В. Свиридова

Аннотация: представлена аппаратная архитектура стохастического декодирования LDPC-кодов на факторных графах. Предложенная архитектура делает полностью параллельное декодирование (длинных) современных LDPC-кодов, работающих на ПЛИС. Рассматривается влияние TFM-подхода на общую аппаратную сложность и декодирование в ASIC стохастических декодерах. Идет процесс сравнения декодирования и ASIC-применения в TFM-декодерах и двух EM-декодерах. Предложено TFM заменить EM в стохастических декодерах ASIC. Описаны различные аппаратные архитектуры для внедрения TFM в ASIC и их влияние на сложность стохастических информационных узлов. Приведены примеры стохастических декодеров ASIC, которые декодируют (1056 528) LDPC-код, выбранный из стандарта IEEE 802.16 (WiMAX), вследствие чего показано, что TFM могут обеспечивать аналогичную или лучшую производительность декодирования по сравнению с EM, имея значительно меньшую аппаратную сложность. TFM значительно уменьшает общую поверхность применения ASIC-схем для стохастических LDPC-декодеров. Расход кремниевой поверхности данного ASIC TFM (1056,528) LDPC-декодера составляет на 40% и 65% меньше расхода поверхности ASIC EM LDPC-декодера с 32-битной и 64-битной EM соответственно

Ключевые слова: стохастический декодер, TFM-декодер, EM-декодер

МОДЕЛЬ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ К ВНЕШНИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

В.В. Глотов

Аннотация: решение вопросов электромагнитной совместимости становится в настоящее время неотъемлемым элементом деятельности предприятий - разработчиков и изготовителей технических средств, основой которых, как правило, являются печатные узлы. Рассматривается модель восприимчивости печатных плат к внешним электромагнитным воздействиям. Предлагается использование критериального подхода при проектировании радиоэлектронных средств с учетом обеспечения помехоустойчивости и помехозащищенности. Предложенная модель в проектировании позволяет решить задачи применения оптимальных схемотехнических и конструкторских решений при проектировании помехозащищенных радиоэлектронных средств. Однако в радиотехнике задачи по оптимизации на практике исследованы очень мало, в основном по двум очень весомым аргументам. Первая причина - это постоянная смена элементной базы и связанное с этим стремление решить все проблемы за этот счет. Второй причиной можно считать бурное развитие теории и расширение областей применения радиоэлектронных средств, что сопровождается многократной сменой принципов действия и конструкций. В статье дана краткая характеристика задач по оптимизации радиоэлектронных средств с учетом электромагнитной совместимости. Показана упрощенная модель линии передачи при анализе восприимчивости

Ключевые слова: проектирование радиоэлектронных средств, помехозащищенность, помехоустойчивость, электромагнитная совместимость, методы проектирования, оптимизация

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

И.В. Остроумов, М.А. Ромашенко, Д.С. Андреева

Аннотация: рассматривается комплексный подход к процессу влияния параметров фазоманипулированных сигналов на ЭМС РЭС, а также предлагаются структура решения задач моделирования и оптимизации соответствующей модели и методика создания модели формирования сигналов в радиопередатчике. Объектом разработки является модель, использующая аппарат БПФ, которая производит представление выборки значений постоянного импульса на оси времени. Имитируется пошаговое следование созданного в модуляторе сигнала через усилитель мощности и полосовой фильтр на выходе передатчика. В качестве полосовых фильтров в модели формирования фазоманипулированных сигналов рассматриваются фильтры Баттерворта различных порядков. Рассмотрен способ повышения коэффициента полезного действия усилительного тракта. Описаны различные механизмы генерирования огибающих различных вариаций и их влияние на спектральные характеристики сигнала, а следовательно, и на характеристики РЭС по ЭМС. Для систематического представления прямоугольных импульсов различной полярности учтена возможность синусоподобного сглаживания межсимвольных переходов. Рассмотрены структурная схема модели представления фазоманипулированного импульса в радиопередатчике, графики комплексного представления фазоманипулированных сигналов, а также схема модулятора сигналов. Принята во внимание имитация процесса формирования кодированных дискретных импульсов, проанализирован эффект амплитудно-фазовой конверсии

Ключевые слова: фазоманипулированные импульсы, радиопередатчик, модулятор сигнала

Машиностроение и машиноведение

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКОГО ТИТАНА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ СЛОЕВ

А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Б.А. Коломенский, И.В. Зубарев

Аннотация: технология производства листовых полуфабрикатов из титановых сплавов (листов, лент и фольги) толщиной до 3,0 мм включает ряд операций, в том числе горячую прокатку в интервале температур 650-850 °С, а также травление с целью удаления газонасыщенных слоев. Наряду с отрицательным действием газонасыщенных слоев имеются сведения о том, что при неполном их стравливании проявляется эффект заметного повышения циклической долговечности титановых листов. Данный эффект повышения долговечности можно было бы использовать также с целью снижения безвозвратных потерь дорогостоящего материала. Отжиг является обязательной операцией для снятия остаточных напряжений в титановых конструкциях после операций сварки, штамповки, рихтовки. Исследовали совместное влияние газонасыщенных слоёв различной твёрдости и протяжённости и оксидных плёнок, формирующихся в процессе низкотемпературного воздушного отжига, на динамические и кратковременные механические характеристики технического титана марки ВТ1-0, широко используемого при производстве деталей и узлов авиационной техники. Показано, что регламентированные газонасыщенные слои могут повышать служебные механические характеристики листовых конструкций, подвергаемых отжигу для снятия напряжений. Оксидные плёнки, формирующиеся в процессе низкотемпературного воздушного отжига, могут оказывать полезное влияние на долговечность листов при повторно-статическом нагружении, а также повышать их ударную вязкость

Ключевые слова: технический титан, газонасыщенный слой, низкотемпературный воздушный отжиг, ресурсные характеристики

Физика

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЭЛЕКТРОДНОГО СЛОЯ НА ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Ю.Н. Шалимов, А.В. Звягинцева, Д.Л. Шалимов, А.В. Руссу

Аннотация: рассмотрены особенности методологии изучения электрохимических процессов. Показаны ограничения при детальном исследовании систем на основе усредненного параметра (температуры) и выдвинута гипотеза об истинном значении температуры в двойном электрическом слое. Представлены результаты определения температуры приэлектродного слоя в электролитах хромирования и показано, что основными параметрами, определяющими повышение температуры относительно среднего ее значения в объеме электролита, являются плотность тока (анодного или катодного), а также химический состав электролита и продолжительность электролиза. Представлена возможность определения тока в приэлектродной зоне методом аналитического расчета с использованием зависимостей линеаризации отдельных параметров (плотность тока и продолжительность электролиза). Анализ характера изменения прикатодной температуры показал максимальный рост этого параметра в начальный момент. Методом внутреннего трения установлена взаимосвязь между содержанием водорода в электролитических покрытиях в условиях импульсного и непрерывного электролиза для сернокислых электролитов хромирования. Установлено, что вероятность образования гидридов металлов наиболее высока в структурах, образованных электролитическим методом из водных растворов электролитов. Температурная зависимость внутреннего трения позволяет одновременно оценить количество адсорбированного водорода, а также энергию связи водород-металл

Ключевые слова: температура приэлектродного слоя, тонкая структура электролитических металлов, внутреннее трение, электролиз водных растворов, гидриды металлов

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВЫХ ДОБАВОК Ar, N₂ и N₂O НА КИНЕТИКУ ТРАВЛЕНИЯ ТАНТАЛАТА ЛИТИЯ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ПЛАЗМЕ

И.В. Коняев, Л.Н. Владимирова, Е.Н. Бормонтов, В.А. Буслов, И.И. Бородкин

Аннотация: проанализировано влияние контролируемых газовых добавок Ar, N₂ и N₂O в смеси с рабочим газом SF₆ на кинетические особенности процесса травления полированных монокристаллических образцов LiTaO₃ в низкотемпературной газоразрядной плазме. Эксперименты проводились на установке Cogial D250 с реакционно-разрядной камерой диодного типа. В отличие от типичного плазмохимического процесса травления LiTaO₃ в плазме SF₆, добавки к рабочему газу инертного аргона, а также азота и закиси азота приводят к образованию существенной ионной составляющей, тем самым изменяя механизм травления. Данные о скоростях травления позволяют дать количественную оценку активационным процессам, протекающим при фактическом реактивном ионно-плазменном травлении исследуемого материала. Сравнение экспериментальных данных позволило с уверенностью судить о наиболее существенном влиянии аргона. Выявлено наличие максимума при объемной доле аргона 40-50% с соответствующим увеличением скорости травления ~ на 30%. Добавка азота также приводит к появлению максимума при объемной доле около 30%, что соответствует росту скорости травления ~ на 15-20%. При этом механизм процесса травления аналогичен аргоновой примеси. Добавление закиси азота характеризовалось снижением скорости травления танталата лития. Увеличение объемной доли добавок более 50% приводило к падению скоростей травления в смесях с Ar и N₂ из-за существенного снижения концентрации рабочего газа SF₆ и, как следствие, уменьшения концентрации радикалов фтора – основной компоненты химического травления

Ключевые слова: плазмохимия, танталат лития, активационный процесс, газовая добавка, фторсодержащая плазма

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАДИЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЗАДАЧ НАВИГАЦИИ И ОБНАРУЖЕНИЯ

Е.А. Никитина, И.М. Голев, А.В. Сергеев

Аннотация: обсуждаются перспективы применения градиентных схем измерения в системах навигации и обнаружения с использованием характеристик аномального магнитного поля Земли и магнитного поля искусственных объектов. Приводится анализ измеряемых характеристик магнитного поля. Показано, что измерение градиента модуля вектора магнитной индукции повышает точность геопозиционирования. Измерение вторых производных по направлению максимального изменения поля позволяет разделить аномальное магнитное поле Земли и магнитное поле близкорасположенного объекта, что может быть использовано для уменьшения неопределенности показаний магнитометра, вносимой магнитным полем самого объекта, что и позволяет повысить точность определения положения подвижного объекта. Рассмотрены особенности пространственной селективности различных компонент измеряемого магнитного поля. Обсуждаются особенности измерения магнитного поля на подвижном объекте, приводятся способы описания собственного магнитного поля подвижного объекта, вносящего отклонения в показания магнитометра, измеряющего характеристики аномального поля. Обуславливается связь режимов эксплуатации подвижного объекта с изменением характеристик собственного магнитного поля. Рассматриваются способы уменьшения девиации магнитометра. Обсуждается эффективность использования градиентных схем измерения магнитного поля в задачах обнаружения объектов, имеющих собственное магнитное поле

Ключевые слова: магнитометрия, градиентометр, аномальное поле, навигация по геофизическим полям

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Ю.Н. Шалимов, А.В. Звягинцева, А.В. Помигуев, А.В. Руссу

Аннотация: изучены и созданы мобильные установки, основанные на электрохимических принципах преобразования и аккумуляции энергии, для обслуживания летательных аппаратов. Наиболее доступным материалом для производства накопителей энергии является алюминий. Указано преимущество металлгидридного способа накопления водорода. Рассмотрены вопросы, связанные с методами развития поверхности накопителя для увеличения емкости накопления. Представлен анализ планарного и объемного хранения водорода. Показаны возможности применения объемных накопителей, в том числе в системах энергоснабжения летательных аппаратов; основные проблемы, возникающие при создании систем безопасного хранения водорода в виде алюмогидридов; особенность взаимодействия оксида алюминия с водородом в водном растворе с учетом эффекта Сорэ; механизм формирования металлических структур (электродов) для электрохимического получения гидридов алюминия. Процесс формирования гидридов алюминия наиболее вероятен по дефектам структуры металлов. Закачка водорода в накопитель осуществляется путем электрохимического разряда протона водорода на катоде с образованием атомарного водорода, который в дальнейшем образует с атомом металла гидридные соединения

Ключевые слова: новые технологии в авиации, электрохимические технологии, водородная энергетика, аккумуляция энергии, водородный накопитель, алюмогидрид, дефект структуры металла, деструкция кристаллической решетки металла

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках проектной части государственного задания № 9.11295.2018/10.11 «Разработка технологий высокоизносостойких покрытий подшипников скольжения со сверхмалым коэффициентом трения на основе соединений Ni-B»