

Информатика, вычислительная техника и управление

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ МОДИФИЦИРОВАННЫМ ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОПОТОЧНОСТИ

С.Л. Подвальный, Д.А. Вдовин

Аннотация: представлена проблема разработки специального программно-алгоритмического обеспечения для решения транспортных задач с использованием генетического алгоритма. Выбран критерий: минимизация времени обслуживания при ограничениях на ресурсы. По сравнению с традиционными генетическими алгоритмами потребовалось создание некоторого варианта модифицированного генетического алгоритма, в котором используется второй оператор мутации, для уменьшения вероятности попадания в локальный экстремум. Подробно рассмотрен алгоритм работы программного средства, которое позволяет произвести начальные настройки генетических операторов (размер популяции, количество итераций) и основные элементы эволюционного поиска (отбор, наследование кроссинговер, мутация), что особенно важно при решении задач большой размерности; сохранить полученные маршруты при повторном решении перемещения транспортного средства по заказчиком в сочетании с оперативно используемой базой данных как по заказчиком, так и по транспортным средствам. Программа разработана в среде программирования Microsoft Visual Studio 2017, а в качестве языка программирования использовался C Sharp. Представлен интерфейс программного средства. Для повышения эффективности использования процессора и, в частности, увеличения быстродействия при решении задач большой размерности были использованы элементы распараллеливания вычислительного процесса, в качестве которого выбран метод многопоточности. Показано, что благодаря такому подходу время поиска уменьшилось более чем в пять раз и сопоставимо со временем поиска другими методами, например роевыми

Ключевые слова: генетический алгоритм, программное средство, транспортная задача, многопоточность, эвристический алгоритм

УПРАВЛЕНИЕ ГИБКИМ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СИНГУЛЯРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

З. Хатиф Аббас

Аннотация: приведены данные оригинального исследования, относящегося к тематическому направлению проектирования механических систем с помощью математического моделирования. Изучено управление гибким обратным маятником на основе метода сингулярных возмущений. Исследована система кинематики и динамики гибкого перевернутого маятника. Разработана модель системы гибкого перевернутого маятника на основе дифференциальных уравнений в частных производных и обыкновенных дифференциальных уравнений с определенными геометрическими ограничениями. С целью уменьшения сложности модели произведено «разбиение» связанной динамики системы на составные части – медленную и быструю подсистемы – с помощью метода сингулярных возмущений. Для каждой из подсистем разработан соответствующий алгоритм управления. Репрессор, использующий принцип управления со скользящим режимом, разработан как часть более сложного механизма управления медленной подсистемы. Для быстрой подсистемы предложен простой алгоритм управления с обратной связью. За счет проведенных операций, в отличие от традиционных, разработанная модель является значительно более простой: граничные условия содержат только граничную информацию, что упрощает проектирование систем управления. На основе такой «составной» модели предложена методика граничного управления, которая позволяет одновременно отслеживать траекторию концевого эффектора и подавлять вибрацию. Получены результаты моделирования, которые доказывают эффективность методики граничного управления. Также моделирование продемонстрировало, что разработанная стратегия управления показывает высокие результаты в системе с помехами

Ключевые слова: гибкий обратный маятник, управление, сингулярные возмущения, метод, механические системы, математическая модель

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

И.А. Хайченко, В.В. Бабенко, Ю.В. Нефедов

Аннотация: рассматриваются вопросы расширения функциональных возможностей существующих устройств плавного пуска асинхронных электродвигателей с переменной нагрузкой, по индивидуальной компенсации реактивной мощности локальной системы электроснабжения и повышению ее энергетической эффективности.

Существующие аппаратные средства решают эту задачу только на базе отдельных статических устройств. На основе анализа структуры устройств плавного пуска и принципов управления напряжением, подаваемым на асинхронный электродвигатель через полупроводниковые ключи (тиристоры), показаны целесообразность и возможность реализации на базе современных статических устройств пуска и типовых секций силовых конденсаторов многофункциональных статических устройств нового класса, обеспечивающих заданные параметры пусковых режимов асинхронного двигателя с одновременной компенсацией его реактивной мощности. В предлагаемом аппаратном решении осуществляется одновременная коммутация полупроводниковыми ключевыми элементами и асинхронного двигателя, и конденсаторной батареи для случая резко переменной (динамической) нагрузки. Обязательным условием такой коммутации конденсаторной батареи в сеть является реализация режима без броскового пускового тока. Определено, что реализация предложенного аппаратного решения может дать существенный экономический эффект по снижению стоимости оборудования при сохранении всех технических и энергетических параметров автоматизированных асинхронных электроприводов насосов, вентиляторов, компрессоров, тягового и тому подобного оборудования. Определена эффективность применения данного аппаратного решения по снижению удельной стоимости оборудования в пределах от 800 руб. до 2700 руб. на 1 кВт мощности асинхронного электропривода

Ключевые слова: асинхронный электропривод с переменной нагрузкой, режимы пуска, индивидуальная компенсация реактивной мощности, тиристорные контакторы, система управления

СИНТЕЗ УПРАВЛЕНИЯ В АКТИВНЫХ СРЕДСТВАХ АДАПТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ

С.В. Кузнецова, А.Л. Симаков

Аннотация: важным аспектом проблемы автоматизации сборочных операций является адаптация деталей. Средства адаптации (приспособления, коррекции) положения деталей – это инженерные приемы, направленные на уменьшение рассогласования между совмещаемыми поверхностями сборочных компонент с целью сопряжения. Развитие средств адаптации возможно за счёт поиска новых конструктивных решений, совершенствования элементной базы существующих и синтеза алгоритмов управления движением соединяемых деталей. Рассматривается последнее направление, а именно, подход к синтезу управления движением детали в активных средствах адаптации при сборке. Цель – отыскать алгоритм, обеспечивающий точность и плавность движения детали, необходимые для предотвращения процессов заклинивания, соударения, отскока. Управляющее воздействие синтезировано методом модального управления. Метод опирается на построение математической модели объекта – процесса адаптации детали в переменных состояниях. Переменными состояниями процесса являются координата адаптации и скорость движения детали. Определены структуры наблюдателей, т.е. специальных вычислительных алгоритмов, используемых при отсутствии возможности измерений (полных или неполных) переменных состояний процесса. Путем имитационного моделирования исследовано влияние отклонений параметров объекта и оценок переменных состояний на качество процесса адаптации

Ключевые слова: автоматизированная сборка, движение детали по координате адаптации, математическая модель, модальное управление, наблюдатель, синтез управления

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ БОУКА-ВЕНА НА ФОРМУ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА

Т.Ю. Заблочкина

Аннотация: рассматриваются особенности настройки параметров феноменологической модели Боука-Вена, которая нашла широкое практическое применение и служит универсальной моделью для описания нелинейных процессов и явлений с гистерезисом в различных теоретических и прикладных областях научных знаний. Формулировка модели в виде системы дифференциальных уравнений позволяет изменять режим работы модели в широких пределах путем настройки параметров уравнений, не меняя при этом структуру модели. Выбор значений параметров модели существенно влияет на характеристики гистерезисной кривой и отклик модели на входное воздействие, определяя форму и наклон петли гистерезиса. Оптимальное задание параметров является основой для калибровки модели и управления ею в процессе моделирования реальных нелинейных систем, а также позволяет добиться максимальной точности и адекватного поведения модели. В работе исследуется система основных параметров модели Боука-Вена классического и расширенного типа, описывающих нелинейную систему с гистерезисом с учетом и без учета диссипации энергии соответственно. Также изучается характер отклика модели на возмущающее входное воздействие разного типа. Даются рекомендации относительно оптимального диапазона параметров модели. Приводятся результаты компьютерного моделирования

Ключевые слова: гистерезис, модель Боука-Вена, идентификация параметров, моделирование

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНЫ КОНТРОЛЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОДРОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Ю.Н. Матвеев, М.М. Аль Окаби

Аннотация: рассматриваются проблемы, которые возникают при создании автоматизированной системы непрерывного контроля качества (АСУ-К) производства стеклодротов на основе оптических технологий и методов технического зрения, а также пути их решения. Анализ технологического процесса позволил выявить те специфические особенности производства, которые необходимо учитывать на стадии получения качественных изображений объекта контроля с целью их дальнейшей обработки, выделения и распознавания дефектов, определения их локации и протяженности, формирования управляющих воздействий в системе обратной связи. К ним относятся: высокая температура объекта, его сильная вибрация при высокой скорости движения по роликовому конвейеру, необходимость кругового обзора заготовки в процессе ее движения. Изложены методические положения по автоматическому формированию зоны визуального контроля с учетом технологических ограничений. Описан алгоритм формирования зоны контроля на цифровом изображении объекта в условиях его вибрации. Разработана схема расположения оптико-электронного оборудования для кругового обзора непрерывно движущейся горячей трубы. Обоснованы требования к оптико-электронному оборудованию, с учетом температурного режима объекта контроля, скорости его движения и необходимой разрешающей способности

Ключевые слова: поиск дефектов, стеклодроты, контроль качества, цифровые изображения, оптические технологии, техническое зрение

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

**А.К. Муконин, В.А. Медведев, В.А. Трубецкой,
Д.А. Тонн, С.А. Горемыкин, Н.В. Ситников**

Аннотация: системы автоматического управления (САУ) многих технологических процессов содержат частотно-регулируемые электроприводы (ЧРЭП). В ряде случаев для обеспечения непрерывности процессов предъявляются высокие требования к надежности элементов САУ, в том числе и ЧРЭП. Повысить надежность и расширить функциональные возможности ЧРЭП можно за счет применения универсального частотного преобразователя (УЧП). Рассматриваемый УЧП содержит трехфазный диодный мост (ТДМ), емкостной фильтр с последовательным соединением двух конденсаторов и инвертор напряжения (ИН) на основе шести транзисторных ключей. Питается УЧП в общем случае от трехфазной сети с нулевым проводом. Универсальность преобразователя обеспечивается соединением нейтрали сети с общей точкой емкостей фильтра. Преобразователь можно питать трехфазным напряжением 380 В или однофазным напряжением 220 В, сохраняя соединение обмотки двигателя в звезду. В случае однофазного питания выпрямитель преобразователя является удвоителем напряжения. При трехфазном питании УЧП обеспечивает повышение выходного напряжения по сравнению с классической схемой. Инвертор может работать как трехфазная мостовая схема или как схема со средним выводом. Последняя схема позволяет питать двигатель токами разной формы с сохранением равномерности вращения его магнитного поля. Серийно выпускаемые частотные преобразователи часто имеют фильтр с последовательным соединением конденсаторов. Такие преобразователи легко включить по схеме УЧП. Экспериментальные исследования подтвердили работоспособность привода с реконструированным частотным преобразователем. Повышение надежности САУ с ЧРЭП обеспечивается за счет сохранения работоспособности при обрыве двух любых проводов трехфазной четырехпроводной питающей сети

Ключевые слова: системы автоматического управления, преобразователь частоты, автономный инвертор напряжения, частотно-регулируемый электропривод

Радиотехника и связь

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**С.А. Антипов, В.Н. Кострова, П.В. Николаев, Ю.Г. Пастернак,
К.А. Разинкин, В.И. Чугуевский**

Аннотация: исследуется электродинамическая модель линейной антенной решетки из планарных прямоугольных спиралей для спутниковой связи. Исходя из заданных технических требований был произведен расчёт антенной решетки и проведено численное моделирование с применением метода конечного интегрирования, предложенного Т. Вейландом. Применено Дольф-Чебышевское распределение для снижения уровня боковых лепестков. Моделирование проводилось в программе автоматизированного моделирования CST MW Studio. В качестве излучающего элемента линейной антенной решетки была использована двухплечевая планарная спираль с волноводным питанием, выполненная на материале Rogers 3003 с толщиной 3,04 мм и эффективностью диэлектрической проницаемости $\epsilon = 3$. Приведены внешний вид излучателя, топология волноводного делителя и электродинамическая модель фазированной антенной решетки и её вид сбоку. Приведены результаты численного моделирования основных параметров антенной решетки. Проведены оценка параметров при заданных технических требованиях, сравнительный анализ диаграмм направленности при амплитудных распределениях с пониженным уровнем боковых лепестков и представлены результаты в виде графиков. Обсуждаются конструктивные особенности построения фазированной антенной решетки, а также способы снижения боковых лепестков путем реализации различных амплитудно-фазовых распределений

Ключевые слова: линейная антенная решетка, спутниковая связь, синтез

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОПОЛОСКОВЫХ НАПРАВЛЕННЫХ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ НА ВСТРЕЧНО-ШТЫРЕВЫХ СТРУКТУРАХ

А.В. Останков, Н.Н. Щетинин, С.Ю. Дашян

Аннотация: представлена авторская методика проектирования двухшлейфного направленного ответвителя на планарных многосекционных встречно-штыревых структурах. Использование встречно-штыревых структур позволяет значительно уменьшить габариты топологии, что особенно актуально для диапазона УВЧ. Начальный этап методики предполагает получение эквивалентной схемы ответвителя на Т- или П-образных секциях с сосредоточенными индуктивными и ёмкостными элементами, включая расчёт их номинальных значений. На этапе перехода от электрической схемы с сосредоточенными элементами к планарной топологии используется оригинальное аналитическое соотношение для определения числа секций встречно-штыревой структуры по величине сосредоточенной ёмкости. Приведена методика получения аналогичных по содержанию аналитических соотношений для любых других, отличных от использованных, геометрических и диэлектрических параметров секции. На заключительной стадии предполагается локальное использование аппарата оптимизации САПР. Сочетание параметрической оптимизации и готовых топологических решений позволяет значительно сократить время на проектирование микрополосковых миниатюрных ответвителей. Методика апробирована применительно к проектированию направленного ответвителя с рабочей частотой 0,9 ГГц. При этом площадь синтезированной топологии двухшлейфного ответвителя составила 30 % от площади традиционной топологии при несущественном ухудшении основных показателей

Ключевые слова: направленный ответвитель, встречно-штыревая структура, схема замещения, планарная топология, методика проектирования

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПАРАТОРОВ КОДА С УЧЕТОМ ЗАДАННОГО БАЗИСА

А.А. Пирогов, Ю.А. Пирогова, С.А. Гвозденко, Д.В. Шардаков, Б.И. Жилин

Аннотация: программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) представляют собой конфигурируемые интегральные схемы, логика работы которых определяется посредством их программирования. Применение ПЛИС позволяет получать устройства, способные менять конфигурацию, подстраиваться под определенную задачу за счет гибко изменяемой, программируемой их структуры. При разработке сложных устройств могут применяться в качестве компонентов для проектирования готовые сложно-функциональные блоки (СФ-блоки). Использование программных СФ-блоков позволяет наиболее эффективно задействовать их в конечной структуре, в значительной степени сократить затраты на проектирование. В данной работе было

проведено моделирование структуры, временной анализ двоичных компараторов, выполненных по различным схемам реализации. В ходе выполнения работы были изучены инструменты построения схемы цифрового узла с использованием встроеного схемного редактора, а также стандартных библиотечных элементов, создания собственных уникальных модулей, формирование шин. Ряд модулей проекта были получены на основе прямого программирования на языке описания аппаратуры Verilog. Функциональное моделирование модулей, построение временных диаграмм работы были произведены в программе iSim. Физическая верификация проекта проведена на основе отладочной платы ПЛИС Spartan 3E

Ключевые слова: двоичный компаратор кода, карта Карно, модель, временная диаграмма

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ОДНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЛИНЗЫ, ПОСТРОЕННОЙ НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИ МАЛЫМИ РАССЕЙВАТЕЛЯМИ

Ю.Г. Пастернак, Е.А. Рогозин, Р.Е. Рогозин, С.М. Фёдоров

Аннотация: исследована возможность создания однородной цилиндрической линзы на основе последовательно расположенных печатных плат с нанесенной периодической структурой метаматериала. В качестве ячейки периодической структуры метаматериала используется Н-образная структура, расположенная на диэлектрической подложке. На основе проведенного анализа открытых литературных и научно-технических источников рассмотрено влияние размера металлических проводников Н-образной структуры на значения действительной части эффективной диэлектрической проницаемости метаматериала. Показано распределение поля в азимутальной плоскости при нормальном падении линейно-поляризованной плоской волны на поверхность линзы из однородного диэлектрика и метаматериала. Для уточнения величины фокусного расстояния рассмотрены направленные характеристики линзы облучателя с линзой из однородного диэлектрика и метаматериала. Сделаны выводы о величине фокусного расстояния. Исследованы направленные и частотные характеристики линзы из метаматериала при разном повороте облучателя относительно центра линзы, линзы из однородного диэлектрика, а также о схожести и различии направленных и частотных характеристик двух линз, о влиянии поворота облучателя относительно центра линзы на характеристики линзы из метаматериала. Полученные результаты будут полезны при проектировке линзовых антенн на основе последовательно расположенных печатных плат с нанесенной периодической структурой метаматериала

Ключевые слова: однородная цилиндрическая линза, метаматериал, направленные и частотные характеристики

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ АНТЕННАМИ В МИМО АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ ДЛЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.А. Антипов, Е.А. Ищенко, В.Н. Кострова, К.А. Разинкин, Д.А. Стежкин, С.М. Фёдоров

Аннотация: рассмотрена МИМО антенная решетка для сетей пятого поколения (5G), которая позволяет осуществлять работу в режиме 2x2. Для полученной конструкции исследованы основные характеристики МИМО антенной системы: коэффициент корреляции огибающей, коэффициент усиления при разнесенном режиме, эффективность сложения. Производилось исследование влияния расстояния между антенными элементами на данные показатели, по которым были сделаны выводы по выбору оптимального расстояния между излучателями в системе. Моделирование и расчет производились с использованием CST Studio Suite. Так, по полученным результатам доказано, что при расстоянии между элементами в 0.5 длины волны достигается максимальная производительность МИМО антенной решетки и последующее увеличение данного расстояния теряет смысл. При этом на частотах работы 5G было получено, что расстояние между элементами равное 0.2 длины волны обеспечивает требуемые значения коэффициента корреляции огибающей, чтобы обеспечить стабильное функционирование МИМО антенной решетки. Приведены изображения рассматриваемых конструкций, основные правила расчетов характеристик МИМО антенных решеток, построены графики коэффициентов корреляции, коэффициентов усиления при разнесенном приеме, эффективности сложения при разных значениях расстояния между элементами

Ключевые слова: МИМО антенная решетка, коэффициент корреляции огибающей, коэффициент усиления при разнесенном режиме, эффективность сложения, связь пятого поколения

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОДА НА БАЗЕ ПЛИС

А.А. Пирогов, Ю.А. Пирогова, С.А. Гвозденко, Б.И. Жилин, Э.В. Сёмка

Аннотация: сложение чисел в двоичном коде осуществляется по тем же правилам, как и при десятичной кодировке. Независимо от кодировки сложение идет с младшего разряда числа. При переполнении, когда результат сложения значений одноименных разрядов больше единицы, делается перенос в следующий старший разряд и происходит сложение со значением данного разряда. Вычитание чисел в двоичном коде также

аналогично операции вычитания в десятичной кодировке. В данном случае, если значение разряда вычитаемого больше соответствующего разряда значения уменьшаемого числа, берется заем из следующего старшего разряда. Поэтому реализация вычитания в ЭВМ является более трудоемкой, чем формирование переноса, возникающего при сложении. В вычислительных системах вычитание заменяют операцией сложения отрицательных чисел, представленных в форме обратного или дополнительного кода. В этом случае для знака выделяется дополнительный разряд, являющийся самым старшим разрядом разрядной сетки представленного двоичного числа (знаковый разряд). Для положительного числа знаковый разряд равен нулю, а для отрицательного равен единице. Прямой код является естественным представлением двоичного числа в двоичной системе счисления. Сложение чисел с одинаковыми знаками в прямом коде выполняется по обычным правилам

Ключевые слова: двоичный код, обратный код, дополнительный код, моделирование

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.П. Бостынец, В.И. Лопин, А.А. Рогозин, Г.Л. Тюрин

Аннотация: статья посвящена перспективам применения гиперспектральной аппаратуры, устанавливаемой на космических, воздушных и наземных носителях. Приведены состав, основные технические характеристики и возможности современной и перспективной гиперспектральной аппаратуры, обеспечивающей обнаружение и распознавание различных объектов. Рассмотрены существующие схемы построения гиперспектральной аппаратуры, выполненные на базе акустооптических и жидкокристаллических фильтров, интерферометров и диспергирующих элементов, а также применяемые на практике способы сканирования наблюдаемой фоновой обстановки. Представлен краткий анализ существующего методического обеспечения для обнаружения и распознавания объектов на основе обработки полученных с помощью гиперспектральной аппаратуры данных, а также перечислены основные задачи, решаемые с помощью данной аппаратуры. Отмечены основные проблемы, возникающие при обработке гиперспектральных данных, а также методы и способы их решения. Приведены результаты анализа технических возможностей существующих образцов гиперспектральной аппаратуры. Показано, что использование современных методов обработки информации, поступающей от гиперспектральной аппаратуры, позволяет решать практические задачи, связанные с мониторингом окружающей среды, обнаружением и идентификацией малоразмерных объектов, селекцией ложных целей, определением различий между близкими классами объектов, оценкой их биохимических и геофизических параметров

Ключевые слова: гиперспектральная аппаратура, спектральное разрешение, обнаружение, распознавание

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПОВ ПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАТЧ-АНТЕННЫ ДЛЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.М. Фёдоров, А.С. Бадаев, Е.А. Ищенко, М.А. Сиваш

Аннотация: рассматриваются проблемы выбора проводниковых материалов для патч-антенны, которая была сконструирована в соответствии с частотным диапазоном сетей пятого поколения, определенного FCC – 37 ГГц. Важность данного исследования вызвана очень высокими частотами работы стандарта IMT-2020 (5G), так как характеристики потерь материалов начинают играть более важную роль, нежели чем на низких частотах. Были определены основные характеристики излучателя в зависимости от типа применяемого материала изготовления проводящего элемента – матрица рассеивания (обратных потерь), коэффициент стоячей волны по напряжению, а также основные параметры диаграмм направленности для выбранного типа излучателя. Проверка производилась с использованием CST Studio Suite, в процессе проверки материал изготовления излучателя изменялся, при сохранении материала диэлектрической подложки производилось моделирование. На основе полученных результатов были составлены таблицы, по которым удобно производить сравнение характеристик антенны в зависимости от типа использованного материала, можно произвести выбор проводника, который рекомендуется нанести на диэлектрическую подложку антенны-излучателя. Показано, что наилучшими характеристиками по обратным потерям (S_{11}) обладает тантал, а по общей эффективности антенны и эффективности излучения – серебро. Статья содержит графики матрицы рассеивания (обратных потерь), диаграммы направленности патч-антенны с основными параметрами

Ключевые слова: патч-антенна, матрица рассеивания, обратные потери, коэффициент стоячей волны по напряжению, диаграмма направленности, проводящие материалы

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЭС

А.С. Костюков, А.В. Башкиров, М.Ю. Гостев, А.С. Демихова, Ю.А. Пирогова

Аннотация: определение надёжности конструкции радиоэлектронных средств (РЭС) является главной задачей в процессе проектирования новых устройств. Благодаря этой операции можно подобрать актуальный материал будущей конструкции, а также определить уязвимые к износу и повреждению узловые соединения. В связи со всем вышесказанным наиболее перспективно проводить данные исследования еще на начальных этапах разработки устройства, что позволит значительно сэкономить затраченные на проектирование ресурсы и время. Учитывая все эти цели, актуальным становится вопрос о применении специализированных программ для определения надёжности конструкции радиоаппаратуры. К таким программным продуктам можно отнести Creo, SolidWorks, АСОНИКА, ANSYS и Nastran. Именно об этих программных средах и пойдёт речь. Кратко изложено о каждой из перечисленной выше программ, представлены их основные характеристики, достоинства и недостатки. Данные программные продукты сравниваются между собой по таким показателям, как удобство использования и достоверность полученных данных при проведении прочностного анализа конструкции РЭС. Наглядно показано, в чём эти программы схожи, а чем отличаются. Представлена сравнительная таблица, по которой сделаны актуальные выводы о достоинствах и недостатках той или иной программы и в каких рабочих условиях лучше использовать каждую из вышеописанных программных сред

Ключевые слова: Creo, SolidWorks, АСОНИКА, ANSYS, Nastran, конечно-элементная сетка, прочностной анализ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНЗЫ РОТМАНА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ

**С.А. Антипов, В.Н. Кострова, Ю.Г. Пастернак, К.А. Разинкин,
М.А. Сиваш, В.И. Чугуевский**

Аннотация: исследуется геометрическая трансформация линзы Ротмана, которая позволяет уменьшить линейный габаритный размер на 50%. Приведены описание принципа работы линзы Ротмана и её схематическое изображение, также представлена модель до трансформации геометрии и после. При помощи средств численного электродинамического моделирования была проведена оценка характеристик исходной и модифицированной модели микрополосковой линзы Ротмана, представлены графики коэффициента стоячей волны по напряжению моделей исходной и трансформированной. Так, по полученным результатам показано, что трансформированная линза в целом обладает достаточно хорошим согласованием с питающей линией 50 Ом, а на некоторых частотных участках даже лучшее по сравнению с исходной моделью, расхождение коэффициента передачи в исследуемом диапазоне частот не превышает 0.2 Дб. У приведенных моделей разница фаз равняется 1°, такое значение объясняется увеличением электрической длины в модели из-за добавления участка, соединяющего два параллельных фазовых проводника. Сравнительный анализ полученных результатов в виде электрических параметров двух вариантов геометрии показал возможность успешной трансформации геометрии линзы Ротмана указанным способом для сокращения габаритных размеров

Ключевые слова: линза Ротмана, диаграммообразующие устройства, многолучевая связь, геометрия линзы

Машиностроение и машиноведение

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ АНИМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

**О.И. Попова, Г.С. Абдуллаев, Г.Э. Оруджева, Н.М. Сулейманова, Р.А. Юсифов,
М.И. Попова, А.В. Демидов**

Аннотация: на основе анализа алгоритмических и программных средств создания графической информации для анимации механических частей промышленных роботов в автоматизированном производственном модуле определены цель и основные вопросы статьи. Для обеспечения производительности и эффективности технологических операций промышленного робота в робототехническом модуле были даны кинематическая схема размещения основных активных элементов и траектория движения руки промышленного робота. Методом Симпсона определена зона перемещения руки промышленного робота по эллипсоидной траектории. При использовании выражения для определения длины траектории движения промышленного робота установлены скорость и время, затраченное на технологическую операцию разгрузки автоматизированной транспортной системы. На этапе программного обеспечения создания анимации активных элементов робототехнического модуля реализуется разработанная математическая модель по определению длины траектории перемещения промышленного робота, координаты, скорости, а также минимального времени, затраченного на перемещение захвата промышленного робота, на основе которого осуществляются компьютерные эксперименты с исходными данными с помощью программного пакета на базе Delphi

Ключевые слова: анимация, промышленный робот, робототехнический модуль, кинематика, программа

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДА-ИНСТРУМЕНТА, ИЗГОТАВЛИВАЕМОГО АДДИТИВНЫМ МЕТОДОМ

Е.В. Смоленцев, В.В. Куц, М.С. Разумов, Д.Е. Крохин

Аннотация: рассматриваются вопросы технологии электрохимической обработки металлов, основанной на использовании явления анодного растворения. Одним из факторов, ограничивающих область рационального использования электрохимической обработки, является сравнительная сложность изготовления электрода-инструмента. Во многом это обусловлено тем, что конструкция электродов-инструментов для электрохимической обработки металлов должна обеспечить постоянную равномерную подачу рабочей токопроводящей жидкости на участки, где будет происходить обработка. При изготовлении электродов-инструментов сложной формы для электрохимической обработки требуется широкая номенклатура дорогостоящего оборудования, а затраты на процесс могут превышать себестоимость изготовления детали. Решением данной проблемы является использование возможностей систем автоматизированного проектирования и аддитивных технологий, позволяющих реализовать принципиально новые элементы конструкции инструментов, исключая при этом необходимость ряда ресурсоемких операций, выполняемых на дорогостоящем оборудовании. Отличительной особенностью данного решения является то, что корпус электрода-инструмента изготавливается из пластика, обладающего диэлектрическими свойствами, внутри которого и на отдельных участках его поверхности размещаются токопроводящие каналы, слои из токопроводящего пластика, на наружную поверхность которых наносится слой гальванического медного покрытия. Для изготовления данного электрода-инструмента была разработана специальная конструкция 3D-принтера с дополнительной поворотной горизонтальной осью и тремя позициями для установки двух экструдеров (один с установленным ABS-пластиком, второй с токопроводящим) и специальной насадки для нанесения медного гальванического покрытия. Применение данного 3D-принтера и разработанного программного обеспечения позволило осуществить аддитивное формообразования комбинированного электрода-инструмента. Предложенный авторами подход к проектированию комбинированных ЭИ, в том числе и сложной формы, позволяет существенно снизить стоимость используемых для его изготовления материалов и реализовать впоследствии процесс его изготовления аддитивными методами без использования широкой номенклатуры дорогостоящего оборудования, что позволит также снизить себестоимость его изготовления

Ключевые слова: электрохимическая обработка, аддитивные технологии, электрод, гальваническое покрытие

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ОБОЛОЧЕК КАНАЛА ВОЗДУХОЗАБОРНИКА САМОЛЕТА

В.И. Максименков, М.В. Молод, В.И. Федосеев

Аннотация: рассмотрена необходимость разработки осесимметричных оболочек для канала воздухозаборника самолета, выявленная в процессе акустических испытаний. Возникающие в полете самолета скачки импеданса отрицательно влияют на эффект шумоглушения. С целью устранения этого эффекта разработана технология изготовления осесимметричной тонколистовой оболочки, не имеющей стыков и зон в разрыве перфорации. Обнаружено, что существующее оборудование не обеспечивает процесс формообразования тонколистовых оболочек требуемого качества вследствие возникновения отпечатков от секторов. Определена цель проводимых исследований. Разработана конструкция устройства, позволяющая с помощью эластичной вставки получать заданную геометрию детали. Рассмотрены форма эластичной вставки и материалы, применяемые для ее изготовления. Представлен процесс формообразования оболочки. Изготовление оболочки необходимо осуществлять на гидравлическом прессе. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния оболочки, позволяющий получить параметры процесса формообразования. Показаны зависимости по определению тангенциальных, радиальных и меридиональных деформаций. Рассмотрены напряжения, возникающие в зоне формообразования, позволившие считать напряженно-деформированное состояние оболочки плоским. Определена величина удельного давления в зоне эластичной вставки. Разработана методика технологического процесса изготовления осесимметричной оболочки

Ключевые слова: устройство, формообразование, осесимметричная оболочка, эластичная вставка, деформации, напряжения

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ШТАМПОВКИ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ

А.Ю. Боташев, Р.А. Байрамуков, Н.У. Бисилов, Э.Х. Джуманазаров, Р.С. Малсугенов

Аннотация: полые тонкостенные детали широко используются в конструкциях машин и аппаратов. Для снижения расхода материала такие детали целесообразно производить из трубных заготовок. В существующих методах производства полых изделий деформирование трубной заготовки производится при температуре

окружающей среды, что существенно ограничивает степень раздачи трубной заготовки. Авторами разработано новое штамповочное оборудование для производства тонкостенных изделий из трубной заготовки, которое производит процесс штамповки с нагревом заготовки. При этом из-за повышения пластичности заготовки достигается значительное увеличение степени ее раздачи. Нагрев и деформирование трубной заготовки осуществляется под действием горячего газа, образующегося при сгорании горючей газовой смеси в полости заготовки [1]. Для увеличения давления и температуры газа, действующего на внутреннюю поверхность заготовки, горючая газовая смесь предварительно сжимается непосредственно в полости трубной заготовки. Проведено исследование термодинамических процессов разработанного устройства. При этом установлено, что давление газа на поверхности заготовки составляет 50...65 МПа, а его температура достигает 2600 К. Это обеспечивает существенное расширение технологических возможностей данного устройства. Проведено исследование деформирования трубной заготовки в процессе штамповки, при этом получены зависимости для определения напряжений, действующих в заготовке, а также потребной величины давления топливной смеси, обеспечивающей осуществление процесса штамповки

Ключевые слова: штамповка деталей из трубной заготовки, газовая штамповка

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ КОНТАКТИРУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ФИНИШНОЙ АНТИФРИКЦИОННОЙ БЕЗАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Ю.А. Цеханов, М.Н. Подопрхин, И.В. Шепеленко, Я.Б. Немировский

Аннотация: износостойкость рабочих поверхностей деталей машин зависит от качества их поверхностей, её можно повысить нанесением покрытий. Для чугунных гильз цилиндров двигателей хорошо себя зарекомендовало покрытие, наносимое методом ФАБО. На основании теории механики резания с использованием модельного эксперимента установлены основные закономерности взаимодействия микронеровностей поверхности с инструментом, позволяющие разработать теоретическую модель для первого этапа финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО) - микрорезания, что обеспечит эффективное протекание процесса и заполнение микровпадин антифрикционным материалом. Отмечено, что при взаимодействии чугунной микронеровности с латунным инструментом происходит затупление вершины микронеровности с формированием радиуса округления. Показан механизм формирования радиуса округления микронеровности, установлена существенная взаимосвязь последнего от переднего угла резания. Обнаружены явления, происходящие на задней поверхности микронеровности. Доказаны пути повышения эффективности процесса микрорезания за счет обеспечения установленных значений переднего угла резания. Нанесение антифрикционных покрытий ФАБО предложено рассматривать с позиций системного подхода и принципов самоорганизации, что позволит прогнозировать достижение оптимальных параметров качества поверхностного слоя: равновесной шероховатости, благоприятного микрорельефа, требуемых упрочнения и остаточных напряжений

Ключевые слова: финишная антифрикционная безабразивная обработка, микрорезание, сила, передний угол, контактное взаимодействие, антифрикционное покрытие

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ АВТОКЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю.В. Нефедов

Аннотация: рассматриваются вопросы целесообразности проведения натуральных экспериментов при мелкосерийном производстве полимерно-композитных материалов в установках автоклава, что позволяет получить необходимые значения параметров управления процессом формовки с меньшим количеством затраченных средств, времени, а также с наименьшей погрешностью. Основное внимание уделено учету факторов, влияющих на динамику изменения базовых параметров процессов автоклавирования, которые зависят как от особенностей реализации установки, так и от индивидуальных настроек системы автоматического управления основными агрегатами установки. Для повышения эффективности технологического процесса на аппаратном уровне было предложено использование системы частотного регулирования электропривода основного вентилятора типовой установки автоклава. Такое решение дает возможность снизить потери электроэнергии, эффективно скоординировать управление нагревательной и вентиляционной групп установки, а также ускорить проведение единичного цикла автоклавирования полимерно-композитных материалов. В свою очередь, реализация нескольких циклов автоклавирования в качестве натурального эксперимента дает возможность проведения анализа полученных данных и выработки необходимых управляющих параметров управления процессом формования полимерно-композитного материала с достаточной точностью и с меньшим количеством затрат по времени. Показано, что данная минимизация затрат при достижении заданного качества полимерно-композитного материала в условиях малого производства достигается за счет корректировки индивидуальных настроек системы автоматического управления нагревательной и вентиляционной групп установки автоклавирования

Ключевые слова: метод натурального эксперимента, технологический процесс автоклавирования, настройки системы автоматического управления