

## ***Информатика, вычислительная техника и управление***

УДК 004.4(043) 681.513.2

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СКВОЗНОГО WORKFLOW-ПРОЦЕССА В РАЗНОПЛАТФОРМЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ**

**А.В. Бредихин, С.Л. Подвальный, Ю.М. Школьников**

В статье рассмотрены проблемы создания сквозных автоматизированных рабочих процессов в рамках разных информационных систем. На данный момент отсутствует единый стандарт описания workflow-процессов, что осложняет разработку интеграционных решений между разноплатформенными PLM-системами. Производственный процесс технически сложных изделий предусматривает широкую кооперацию. При использовании кооперантами разных PLM-систем рабочие процессы имеют точку разрыва на границе каждой из них. Существующие программные интеграции решают вопрос передачи инженерных данных, электронной технической документации. В работе рассмотрены вопросы создания сквозного Workflow -процесса на основе применения формата XML. Предложена структура с описанием ключевых данных. Приведены примеры описания отдельных элементов и вид файла XML, описывающего их. Сделан вывод о необходимости создания спецификации XML для передачи информации о бизнес-процессах в рамках различных информационных систем поддержки жизненных систем изделия, что в свою очередь позволит проводить согласованную работу и принимать качественные управленческие решения. Предложенная методика информационного обеспечения интеграции на уровне workflow позволит перейти на качественно новый уровень взаимодействия между предприятиями, обеспечивая создания сквозного рабочего процесса разработки и производства изделия

Ключевые слова: workflow, PLM, автоматизация рабочих процессов

УДК 004.021

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛУЧШЕГО КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ СЕРИИ СНИМКОВ**

**О.А. Пахомова, О.Я. Кравец, О.В. Авсева**

Определен алгоритм получения лучшего кадра из серии последовательно сделанных снимков динамического объекта, который заключается в следующем: формировании нового метода сегментации на основе имеющихся и применении его к каждому кадру, оценке качества по каждому сегменту, масштабировании и в итоге конструировании искусственного изображения на основе лучших сегментов. Рассмотрены некоторые популярные методы проведения сегментации, а именно методы водораздела, выделения краев и оригинальный метод квантилей. Выделены недостатки и достоинства в использовании того или иного метода. Приведены формулы, позволяющие рассчитать оценку качества изображения. Для обеспечения возможности провести процесс масштабирования с максимальной точностью в рассмотренную задачу было включено допущение о равномерной скорости движения наблюдаемого объекта. Таким образом, определена формула для масштабирования изображения, а также сделаны выводы о возможных трудностях построения нового изображения на основе выделенных сегментов. Основной проблемой в данном случае является необходимость выработать новый алгоритм сегментирования изображения, позволяющий сочетать достоинства других и решить поставленную задачу получения синтетического изображения

Ключевые слова: сегментация, обработка изображения, оценка качества, синтетическое изображение, распознавание

УДК 629.7.017.2

# **АЛГОРИТМ ТЕРМИНАЛЬНО-ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

**Н.Я. Половинчук, С.В. Иванов, В.И. Тимофеев**

Одним из направлений совершенствования систем управления высокоманевренными беспилотными летательными аппаратами является формирование управления на конечном участке траектории. Однако точность таких алгоритмов в традиционно используемых системах управления снижается вследствие действия возмущений большого уровня. Это связано с неадекватностью используемых в алгоритмах прогнозирования моделей. Кроме этого их реализация ограничивается вычислительными ресурсами бортовых ЭВМ.

В алгоритмах терминального управления, связанных с прогнозированием будущего движения, присутствуют итерационные процедуры, что при ограниченных возможностях БЦВМ не позволяет существенно увеличивать частоту замыкания контура обратной связи. Это не позволяет компенсировать погрешности многошагового процесса управления, как, например, в случаях управления космическим аппаратом многократного использования или беспилотным маневрирующим летательным аппаратом.

Поэтому для повышения точности управления в алгоритмах прогнозирования целесообразно использовать максимально адекватные модели управляемого движения ЛА.

В работе рассматривается алгоритм терминально-оптимального управления с прогнозированием будущего движения летательного аппарата, отличающийся от известных тем, что в схеме прогнозирования используется идентифицируемая по набору измерений модель управляемого движения летательного аппарата.

Действие возмущений на различных этапах полета большого уровня, которые являются априорно неопределенными, требуют включения в контур прогнозирования алгоритмов идентификации.

Такой подход позволяет компенсировать ограниченные вычислительные возможности бортовых ЭВМ и повысить точность приземления ЛА в заданную терминальную область.

Рассмотрен практический пример, обосновывающий адекватность выбранной математической модели движения ЛА и работоспособность предложенного алгоритма с результатами моделирования

Ключевые слова: прогнозирование движения, беспилотный летательный аппарат

УДК 004.9

## **ЗАДАЧА ВЫБОРА БИТОВЫХ СКОРОСТЕЙ МЕДИАПОТОКОВ**

**А.А. Рогов, Р.В. Воронов, Е.А. Петров**

На мультимедийные потоки, передаваемые через Интернет, оказывают влияние различные сетевые помехи, которые могут вызывать проблемы воспроизведения на стороне пользователя, такие как долгий старт воспроизведения и остановки воспроизведения видеопотока. Для предотвращения данных проблем используют вещание с адаптивной битовой скоростью. При использовании данной технологии исходный медиапоток кодируется в медиапоток с различными разрешениями и битовыми скоростями. В данной статье рассмотрена проблема выбора набора формируемых битовых скоростей для передаваемого медиапотока. Формирование набора битовых скоростей в реальном режиме времени является ресурсоемкой задачей и, как правило, набор ограничен не более чем 4-6 битовыми скоростями для одного потока. Выбранный набор позволит получать медиапоток пользователям без задержек в воспроизведении и в максимальном качестве. Для формирования такого набора предложен подход, использующий статистическую информацию, получаемую от медиаплееров пользователей, который учитывает состояние интерне-соединения пользователей, просматривающих данный медиапоток. Для реализации данного подхода требуется решить оптимизационную задачу выбора битовых скоростей медиапотоков. В статье рассмотрен алгоритм решения задачи, основанный на методе динамического программирования

Ключевые слова: электронное обучение, битрейт, мультимедийный поток, MPEG-DASH

УДК 681.5

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОФИЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ИЗДЕЛИЙ КРОСС-СТРУКТУРНЫМИ ФУНКЦИЯМИ И МОДЕЛЯМИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

**Е.А. Ганцева, В.А. Каладзе, В.Н. Шапошников**

В работе решены задачи статистического расчёта значений ГОСТовских характеристик поверхностей изделий, обрабатываемых на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), на основе моделирования профиля шероховатости поверхности изделия, представленного числовой временной последовательностью, которая в исследовании интерпретируется как реализация нестационарного случайного процесса. Для обоснования возможности статистического описания использованы кросс-структурные функции, а обработка данных проведена с использованием динамической предикторной модели случайных процессов.

Полученная алгоритмическая модель разработана для использования в оперативном управлении станочной обработкой с корректировкой качества изделия. При оценке фактической площади контакта с кромкой режущего инструмента на её основе можно принять решение об уровне износа и замене резца, что позволит значительно снизить число бракованных изделий. Результаты исследования включены в ПО токарно-фрезерного обрабатывающего участка заказчика со станками ЧПУ для контурного фрезерования сложных по форме деталей с высокими требованиями к чистоте обработки поверхности.

Предложенный подход к созданию системы управления станочным парком универсален и может быть применён для управления современными промышленными роботами.

Использование в данном направлении кросс-структурных функций и динамических моделей нестационарных случайных процессов определяет научную новизну исследований, а разработанные на их основе технологии – практическую значимость

Ключевые слова: профиль шероховатости, кросс-структурные функции, динамическая предикторная модель

## *Энергетика*

УДК 519.245

### **СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАМКНУТОЙ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА ПЛАТФОРМЕ ANSYS WORKBENCH**

**Ю.А. Булыгин, А.В. Иванов, Д.Н. Галдин**

В статье подробно описывается поэтапное создание параметрической оптимизационной математической трёхмерной модели рабочего колеса центробежного насоса в модуле ANSYS Design Modeler. Рассматривается модель с морфологическим типом преобразования геометрии с помощью функциональных зависимостей между отдельными элементами. В описываемой модели применяется большое количество параметров, число которых при необходимости можно ограничить. Для простоты построения меридианного сечения проточной части рабочего колеса используются такие элементы, как отрезки и дуги окружностей. При профилировании лопасти для задания средней линии применяется логарифмическая зависимость угла установки от радиуса, при этом в качестве параметров используются углы установки лопасти на входе и на выходе из рабочего колеса и радиусы начала и конца лопасти. Основными задачами, решаемыми с помощью построенной модели, являются повышение точности, снижение трудоёмкости и продолжительности расчёта, исключение влияния «человеческого» фактора. Разработанная параметризованная модель может применяться для проведения оптимизации практически любых центробежных насосных агрегатов, где используется рабочее колесо с цилиндрической формой лопасти

Ключевые слова: центробежный насос, параметрическое моделирование, оптимизация, ANSYS, гидродинамические процессы

УДК 519.8

### **СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

**С.И. Золотухин**

Разработка сложной технической системы в настоящий момент не может обойтись без решения различного рода оптимизационных задач, размерность которых с ростом вычислительных мощностей также постоянно увеличивается. Настоящая статья посвящена синтезу оптимальной структуры энергетической системы перспективной гидравлической установки для обслуживания самолетов пятого поколения. Повышение их маневренных возможностей неизбежно влечет к увеличению рабочих давлений в гидроприводе. Экономия ресурса самолета осуществляется за счет отработки его гидравлической системы наземной гидравлической установкой. В связи с этим вопрос синтеза оптимальной структуры энергетической системы перспективной гидравлической установки является актуальным.

Автором статьи впервые применяется дифференцированная шкала относительной важности в комплексе с транспонированием матриц для получения правильного отображения локальных векторов приоритетности альтернатив, а также дополнительно вводится индекс достоверности с целью повышения точности локальных векторов приоритетов оценок экспертов. Введение дифференцированной шкалы относительной важности позволяет снизить элементы субъективности вытекающие из оценок экспертов, а транспонирование матриц позволяет в модификации метода, разработанной автором, решить в комплексе задачу максимизации и минимизации характеристик альтернатив по соответствующему критерию. Перед проведением оптимизации необходимо сформировать группу возможных вариантов альтернативных структур. Для решения данной задачи были применены элементы теории вероятности, а именно комбинации по сочетаниям.

В результате получена рациональная структура гидравлической установки, соответствующая варианту с электродвигателем и питанием от сети 380 В. В целом в рамках данной статьи решена важная задача структурного синтеза, положены основы для обоснования перспектив развития

Ключевые слова: оптимизация, энергетическая система, дифференциальная шкала относительной важности

УДК 621.316.761

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТИРИСТОРНЫХ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

**В.Н. Крысанов, К.В. Иванов**

В статье рассматриваются типовые потребители реактивной мощности в составе промышленных предприятий, приводятся их суточные графики нагрузки в соответствии с производственным процессом. Функционально описывается автоматизированная система управления электрохозяйством, описываются критерии адаптации устройств компенсации реактивной мощности (конденсаторных установок) к автоматизированной системе управления электрохозяйством. В соответствии с задачей адаптации поднимается проблематика элементов коммутации конденсаторных батарей. Проводится анализ различных вариантов подключения конденсаторных установок к сети и предлагается альтернативный вариант. Приводится расчет номинального тока батареи статических конденсаторов и определение количества коммутаций в соответствии с типовым графиком нагрузки. По рассчитанному значению номинального тока производится подбор силовых элементов, необходимых для конденсаторной установки, из современной полупроводниковой элементной базы. В заключении составляется сравнительная таблица ценовых характеристик и срока службы ранее подобранного оборудования. В соответствии с удельной стоимостью 1 кВАр рассчитывается экономический эффект от применения различных способов подключения конденсаторной батареи. Проводится сравнение, в ходе которого устанавливается, что оптимальным способом по критерию «цена-качество-надежность» является использование тиристорной группы в режиме кратковременной перегрузки совместно с твердотельным реле

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, тиристорные конденсаторные установки

УДК 678.057

## **ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЛИМЕРНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ВРЕМЯ ПОЖАРА**

**А.М. Чуйков, А.В. Жучков, А.В. Мещеряков, В.И. Лукьяненко, А.В. Барakov**

Обсужден вопрос об использовании полимерных материалов в современном градостроительстве, потенциальных рисках нагревания и воспламенения полимеров при пожарах. Рассмотрен процесс теплообмена в полимерном материале с учетом селективного и объемного характера поглощения радиационного теплового потока во время пожара. Учтена зависимость основных теплофизических характеристик – теплоемкости, теплопроводности, плотности – от температуры. Обработкой экспериментально полученных спектров излучения полиэтилена получена аппроксимирующая аналитическая зависимость суммарного коэффициента отражения и поглощения от длины волны. Получено выражение для объемного теплового источника.

На основе экспериментальных данных по спектрам поглощения получено выражение для источникового члена в дифференциальном уравнении теплопроводности, обусловленного лучистым тепловым потоком. Обсужден вопрос о возможности численного решения уравнения теплопроводности для полимерного материала, обогреваемого лучистым тепловым потоком

Ключевые слова: пожар, теплообмен, полимерные пленки, селективный

УДК 536.24

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБНОГО ПУЧКА НА ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХООХЛАЖДАЕМЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ С УЧЁТОМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ**

**С.В. Дахин, И.Г. Дроздов, В.И. Ряжских**

Рассматривается влияние геометрических характеристик оребренной поверхности теплообменных трубок в малорядных трубных пучках на основные характеристики воздухоохлаждаемых теплообменников. Для этой цели предлагается математическая модель, где проводится дробление поверхности теплообмена по ходу греющего теплоносителя на  $n$  равных по длине элементов, которые по ходу воздуха ограничены половиной расстояния между соседними поперечными рядами трубок. Таким образом, выделяются  $n \times m$  расчётных объёмов, в каждом реализуется модель "идеальное вытеснение - идеальное перемешивание", которая в рамках модели с сосредоточенными параметрами сводится к задаче распределения по расчётным объёмам элементарных тепловых потоков. Предлагаемый подход позволяет непосредственно определить температурный напор между теплоносителями без привлечения дополнительных функций, точно определить которые для сложных схем течения достаточно проблематично, моделировать работу теплообменника с результатом, аналогичным результату численного интегрирования дифференциальных уравнений теплопередачи и теплового баланса, но без привлечения специальных средств или пакетов программирования, что ускоряет и удешевляет процесс, и моделировать различные схемы течения теплоносителей при минимуме итерационных процедур.

Результаты моделирования показали, что наиболее существенное влияние на тепловую мощность аппарата оказывают высота ребра, материал поверхности теплообмена и наружный диаметр теплообменной трубки, а шаг и толщина ребра, поперечный и диагональный шаги трубного пучка имеют меньшее влияние.

Для моделирования работы теплообменника на нестационарных режимах получено аналитическое выражение, позволяющее оценить время выхода на стационарный режим в зависимости от условий теплообмена, геометрических характеристик и материала теплообменной поверхности. Безразмерный вид полученного выражения является универсальным, т.е. позволяет получать решения для любых типов поверхностных теплообменных устройств без каких-либо ограничений.

Показана возможность интенсификации теплоотдачи со стороны ребра, которая приводит к уменьшению массы аппарата до 40 %, что приводит к уменьшению габаритов аппарата и времени выхода на стационарный режим работы. При этом из-за малорядности трубного пучка рост гидродинамического сопротивления не приводит к заметному увеличению потребной мощности на прокачку теплоносителя

Ключевые слова: ребра, нестационарный режим, лунки, интенсификация

УДК 669.04

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ПРИ НАГРЕВЕ И ОХЛАЖДЕНИИ БЛОКА С РАЗВЕТВЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

**В.М. Зароченцев, Т.В. Кондратенко, А.К. Макоева**

Целью представленной статьи является разработка математической модели, позволяющей исследовать динамические процессы нагрева и охлаждения массивного блока при свободном распределении тепловых потоков.

Предложенная ранее физическая модель состоит из массивного блока, нагревательного элемента и вентилятора, она позволяет определять тепловые потоки в стационарных условиях. Решение задачи определения показателей тепловых потоков в таких условиях требует разработки обобщенной модели на основании экспериментальных данных. При этом модель должна быть достаточно гибкой, чтобы была возможность адаптировать ее под различные условия работы установки. Основой для построения такой модели является система математических уравнений, описывающих потоки тепла.

Исходя из полученных уравнений можно создать алгоритмическую модель при помощи системы «Simulink», она состоит из комбинации блоков, связанных друг с другом «резиновыми» линиями: блоков, задающих начальные параметры и граничные условия; блока дифференцирования, решающего основное дифференциальное уравнение; блоков отображения информации в графическом и численном виде, блоков переключателей, позволяющих изменить режим работы модели на «нагрев» или «охлаждение» и арифметических блоков для решения уравнений. После чего было проведено исследование модели, в результате которого получены графики переходного процесса, отображающие изменение температуры массивного блока во времени и изменение скорости нагрева массивного блока. При анализе полученных графиков следует вывод о том, что скорость нагрева максимально изменяется в коротком интервале времени от 300 до 500 с.

Результаты работы могут быть использованы при проведении исследований и проектировании теплоэнергетических аппаратов и процессов

Ключевые слова: математическое моделирование, теплопередача, нагрев и охлаждение

УДК 621.45.02

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА КАМЕР СГОРАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГТД**

**А.Е. Кишалов, К.В. Маркина**

Статья посвящена исследованию изменения основных газодинамических параметров на входе и выходе из основной и форсажной камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей различных схем в зависимости от года их разработки. Данные параметры позволяют оценить габаритные размеры камер сгорания, степень их совершенства, проанализировать параметры процесса горения (процессы подготовки топливно-воздушной смеси, стабилизации пламени и горения).

Проанализировано более 100 авиационных газотурбинных двигателей отечественного и зарубежного производства, различного типа, схем и принципов действия с 1948 года по настоящее время (ТРД, ТРДФ, ТРДДФ). Составлены их термогазодинамические модели в системе имитационного моделирования DVIGw, определены недостающие параметры.

В результате исследования определены аппроксимирующие зависимости основных параметров на входе и выходе из камер сгорания в зависимости от года разработки двигателя, которые позволяют спрогнозировать параметры камер сгорания для перспективных изделий.

Подобные исследования позволят уточнить применяемые в серийном и опытном производстве математические модели камер сгорания и двигателей в целом, что позволит ускорить цикл разработки новой авиационной техники гражданского и военного назначения, сократит объем экспериментально-доводочных исследований, позволит повысить эффективность эксплуатации проектируемой техники

Ключевые слова: термогазодинамическое моделирование, авиационные газотурбинные двигатели, горение, камера сгорания, основные параметры и характеристики

***Радиотехника и связь***

УДК 621.3.049.77

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕРГЕНЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СЛОЖНОСТИ LDPC ДЕКОДИРОВАНИЯ

**А.В. Башкиров, М.В. Хорошайлова**

В этой статье представлена архитектура декодирования на основе кодов с низкой плотностью проверок на четность, в которой используется пороговое правило, чтобы решить, должен ли переменный узел LDPC-декодера обновить свою информацию в последующих итерациях процесса декодирования, или рассматриваться как сходящийся (конвергенция). Показано, что при выборе этого порога соответствующим образом сложность декодирования может быть значительно снижена только с незначительным ухудшением характеристик коррекции ошибок. Здесь вводится метод «принудительного сближения» (FC), чтобы уменьшить количество активных узлов на итерацию, который в свою очередь, уменьшает общую сложность декодирования. Представлена новая архитектура LDPC-декодера, придуман подход "принудительной конвергенции". Говоря о понятии, что большое число узлов сходится очень быстро в процессе передачи сообщений, используем пороговое правило для идентификации узлов, которые уже имеют сильную "уверенность" в их вероятности нахождения в состоянии 0 или 1. Эти узлы отключены, и их соответствующие сообщения больше не обновляются, что приводит к снижению сложности декодирования. Полученные результаты показывают, что принудительная конвергенция является мощным средством уменьшения вычислительной сложности LDPC-декодирования

**Ключевые слова:** высокая пропускная способность, LDPC-декодер, низкая сложность, алгоритм передачи сообщения

УДК 621.3.049.77

## ВЕРИФИКАЦИЯ LDPC-КОДОВ

**Н.В. Астахов, А.В. Башкиров, А.С. Костюков, М.В. Хорошайлова, О.Н. Чирков**

В данной статье проводится сравнительный анализ LDPC-кодов с такими кодами, как турбокоды, коды Рида-Соломона и т.п., предоставляются как преимущества, так и недостатки LDPC-кодов по сравнению с вышеперечисленными кодами. В качестве сравнительных данных приведены графики моделирования данных кодов. Также было произведено сравнительное моделирование LDPC-кодов и кодов Рида-Соломона. Конструкции данных кодов являются либо циклическими, либо квазициклическими, благодаря этой особенности можно производить не просто быстрое декодирование информации, но также ускорять кодирование данных. Установлено, что коды LDPC обладают плохими характеристиками при учёте скорости кодирования, это происходит из-за того, что коды Галлагера, имея отличную скорость кодирования, не могут быть свободными кодами с точки зрения данной скорости. Представленные результаты исследований относятся к наилучшим алгоритмам декодирования, которые работают с некантованными решениями демодулятора. Анализируются возможности использования LDPC-кодов в различных стандартах кодирования информации, таких как DVB – S2, DVB – T2 и IEEE 802.3an, а также рассматривается дальнейшее развитие LDPC-кодов, их перспективы использования в будущем в различных способах кодирования данных

**Ключевые слова:** LDPC-коды, турбокоды, коды Рида-Соломона, стандарты кодирования информации DVB – S2, DVB – T2 и IEEE 802.3an

УДК 681.32

## ОТРИЦАНИЕ МАЖОРИТАРНОГО МУЛЬТИПЛЕКСОРА

**С.Ф. Тюрин**

Создание отказоустойчивых, сбоеустойчивых бортовых цифровых вычислительных комплексов является одной из актуальных задач, особенно в свете последних тенденций импортозамещения в области электронной компонентной базы. Одним из основных путей повышения надёжности в этой области было и остаётся структурное резервирование. Используется троирование каналов аппаратуры с побитным выбором по большинству голосов (например, «два из трех», «три из пяти» и т.д.). Этот выбор выполняется мажоритарным устройством («мажоритаром») так, что если имеется сбой или даже отказ в одном из каналов, то на выходе

«мажоритара» будет правильная информация. При этом используют мажоритарные мультиплексоры, позволяющие не только выполнять выбор по большинству голосов, но и проверять работу каждого отдельного канала. В статье строится КМОП-схема такого устройства путём анализа инверсии исходной таблицы истинности

Ключевые слова: сбоеустойчивость, мажоритарный мультиплексор, отрицание

УДК 621.396.663

## **АНАЛИЗ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ КОЛЬЦЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С УЧЕТОМ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ И ВЛИЯНИЯ НОСИТЕЛЯ**

**Л.А. Носова, Ю.Г. Пастернак, А.С. Самодуров**

Для различных целей могут применяться антенные решетки, построенные по разным геометрическим принципам и состоящие из разных элементов. В данной работе проанализированы диаграммы направленности пеленгационной антенной решетки, состоящей из трех и девяти вертикальных полуволновых вибраторов. Диаграммы направленности представляют собой взаимокорреляционные функции идеального и реального пеленгов. Приведены формулы для расчета этих функций. Антенная решетка расположена на борту беспилотного летательного аппарата (квадрокоптера). Это предопределяет влияние носителя на характеристики решетки, в частности на диаграмму направленности. Проведенное численное моделирование показывает сильную зависимость ее формы от числа элементов антенной решетки и особенно сильное влияние аппарата-носителя на высоких частотах рабочего диапазона при специфических углах прихода электромагнитной волны. Для трехэлементной решетки выявлены большие уровни заднего и боковых лепестков на всех анализируемых частотах, кроме самой низкой 450 МГц. Влияние носителя наиболее заметно на самой высокой частоте 1800 МГц при угле прихода волны 90°

Ключевые слова: диаграмма направленности, антенная решетка, квадрокоптер

УДК 538.971 – 034.7

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ АЛЮМИНИЕВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ НА КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДКАХ КРИСТАЛЛА ПЛИС**

**Е.В. Гончаренко, Т.Г. Меньшикова, М.В. Гречкина, Е.Н. Бормонтов**

Надежность полупроводниковых изделий тесно связана с технологией производства и, в особенности, с операциями получения контактных соединений. Одной из наиболее распространенных причин отказов, связанных с процессом производства, является нарушение микросоединений кристалла с корпусом и внутренних выводов с контактными площадками кристалла и корпуса. По данным отечественной и зарубежной литературы от 35 до 60 % всех отказов в радиоэлектронной аппаратуре приходится на долю микросоединений.

На надежность соединений влияют физико-механические свойства материала контактных площадок. Например, акустические условия в зоне УЗС зависят от морфологии покрытий контактных площадок. Для образования прочного и надежного микросоединения необходимо иметь поверхность покрытия контактных площадок с малой высотой микронеровностей и, по возможности, меньшим значением внутренних напряжений в покрытии.

Изучено влияние состояния металлизации контактных площадок кристалла программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) на качество сварного шва. Морфология поверхности алюминиевой металлизации изучалась в полуконтактном режиме атомно-силовой микроскопии. Данные о химическом составе получены методом растровой электронной микроскопии. Визуальный контроль проводился при помощи оптического микроскопа Jenatech с увеличением 1000х

Ключевые слова: алюминиевая металлизация, программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС), контактная площадка

УДК 621.396.67

## **РЕФЛЕКСИВНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕНН ДИФРАКЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СТРУКТУР**

**Д.Ю. Крюков, А.В. Останков**

Представлен обзор наиболее известных и широко используемых типов антенн дифракционного излучения, включающий подробное описание электродинамических особенностей их функционирования. В рассматриваемых антенных системах используется явление преобразования поверхностных электромагнитных волн в объемные волны на периодических неоднородностях. Для большинства из описанных антенн приведены основные электрические и конструктивные параметры. Установлено, что дифракционные антенны вытекающей волны на основе излучающих линий передачи обладают сравнительно высоким коэффициентом полезного действия и малыми массогабаритными характеристиками. Другим важным достоинством антенн дифракционного излучения является их механическая и электрическая прочность, которая позволяет им находить применение в радиотехнических системах, работающих в сложных механических и климатических условиях. Обозначены возможные направления дальнейшего совершенствования и модернизации антенн дифракционного излучения

Ключевые слова: антенна, периодическая решетка, поверхностная волна, дифракционное излучение

УДК 621.3.015.4

## **ЗАДАЧА ЛЯПУНОВА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПАРАМЕТРИЧЕСКОМУ КОНТУРУ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Н.Д. Бирюк, А.Ю. Кривцов**

Обычно применяемые в радиофизике и электронике методы анализа устойчивости электро- и радиоцепей (Рауса-Гурвица, Михайлова, Найквиста) не охватывают цепи с явно зависящими от времени параметрами (параметрические цепи). В таких случаях целесообразно применять теорию устойчивости Ляпунова, которая по каким-то причинам не получила должного распространения в радиотехнических дисциплинах. Среди параметрических радиоцепей на практике получил наибольшее распространение параметрический контур, проблема устойчивости которого является сложной теоретической задачей. Её математической основой могут быть относительно малоизвестные работы Ляпунова, посвященные специальной задаче устойчивости усеченного линейного дифференциального уравнения второго порядка с периодическим коэффициентом.

Ниже предлагается на этой основе метод анализа частного, но характерного случая параметрического контура. Метод может быть обобщен на более сложные параметрические цепи. Обычно подобные задачи связаны с громоздкими преобразованиями. В настоящее время они могут быть преодолены с помощью компьютеров. Анализ устойчивости реальных физических объектов позволяет привлечь физический смысл и тем самым преодолеть некоторые трудности при соответствующем анализе абстрактных математических уравнений

Ключевые слова: параметрический контур с периодическими параметрами, устойчивость по Ляпунову, константа Ляпунова, приведение задачи об устойчивости контура к задаче Ляпунова

## ***Машиностроение и машиноведение***

УДК 621.9.047

## **ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПРОВОЛОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТА**

## **В.В. Золотарев, В.П. Смоленцев**

В работе приведены исследования по увеличению толщины деталей, разрезаемых электродом-проволокой (ЭП) на электроэрозионном оборудовании и станках для комбинированной обработки. Для этого установлены закономерности механизма формирования низкочастотных автоколебаний проволоки в пазах и показаны условия, при которых такие перемещения инструмента могут быть ограничены или полностью исключены. Решена сложная проблема по созданию нового (на уровне изобретения) способа стабилизации процесса перемещения ЭП внутри паза большой длины. Здесь актуальным направлением работ в текущий период времени становится разработка оборудования и технологии, основанных на новых способах и устройствах, защищенных охранными документами. Для реализации созданного способа потребовалось создать методику расчета параметров процесса с учетом автоколебаний инструмента. Были научно обоснованы и определены границы по толщине обрабатываемого участка детали, где стабилизации процесса можно достичь путем натяжения ЭП и увеличения скорости ее перемотки. Однако такое решение позволяет охватить только часть номенклатуры деталей, где процесс обработки ЭП имеет несомненные преимущества. Приведенные материалы позволяют сформировать базу для расширения области использования новых технологических процессов в машиностроении и обеспечения конкурентоспособности создаваемых в этой области технических средств для электрических методов обработки.

Приведенные материалы использованы при создании перспективных изделий в авиакосмической отрасли, где электрические методы обработки наиболее актуальны и открывают возможность проектирования перспективных наукоемких изделий, изготовление которых традиционными методами невозможно или экономически неэффективно. Кроме того, приведенные результаты развивают технологию изготовления уникальных базовых деталей и узлов создаваемой продукции в различных областях машиностроения

Ключевые слова: проволочный электрод, автоколебания, толщина детали, стабилизация, параметры процесса