

Информатика, вычислительная техника и управление

ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХКООРДИНАТНЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ, РАБОТАЮЩИМ В УГЛОВОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

В.А. Медведев

Аннотация: определены теоретические задачи, которые необходимо решить для управления современным быстродействующим роботом с малым энергопотреблением. Разработана расчетная схема трехкоординатного манипулятора с угловой системой координат. Проведен анализ методов формирования динамических моделей манипуляционных механизмов роботов. Получены выражения для кинетической и потенциальной энергии в соответствии с расчетной схемой трехкоординатного манипулятора, работающего в угловой системе координат. На основе аппарата Лагранжа проведен вывод уравнений движения трехкоординатного манипулятора с угловой системой координат в дифференциальной и векторной формах записи. Получено решение прямой и обратной задачи кинематики для рассматриваемого трехкоординатного манипулятора, которое может быть использовано при кинематическом управлении манипулятором в декартовой системе координат. Рассмотрен теоретический подход, предусматривающий формирование полной динамической модели манипуляционного механизма робота в процессе управления. Определена схема формирования управляющих воздействий на исполнительный механизм при динамическом управлении манипулятором. Разработана структура микропроцессорной системы динамического управления трехзвенным манипулятором с угловой системой координат

Ключевые слова: робот, трехкоординатный манипулятор, динамическая модель, динамическое управление, угловая система координат

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЯВНО ЗАДАНЫХ ФУНКЦИЙ

А.М. Корнеев, А.В. Суханов

Аннотация: в современных интеллектуальных системах принятия решений всё чаще приходится прибегать к различным методам стохастической оптимизации при определении расчётных параметров математических моделей, имитирующих работу исследуемого или структуризуемого объекта - сплава чугуна, отливки и других. Функции, определяющие связь между расчётными параметрами математических моделей и величинами, определяющими адекватность самих моделей, как правило, носят неявный характер. Целью настоящей работы является знакомство с программным комплексом, который позволяет проводить исследования точности и скорости сходимости алгоритмов стохастической оптимизации для неявно заданных функций. Подробно описан принцип работы программного комплекса, представлена его модульно-функциональная схема. Рассматриваются алгоритмы, построенные на основе методов случайного поиска в дискретном пространстве и известные под общим названием алгоритмов имитации отжига. Программа позволяет осуществлять оптимизацию расчётных параметров математических моделей с использованием различных модификаций схем алгоритма имитации отжига: схемы Коши и Больцмана модификаций А, Б и В, сверхбыстрый отжиг и алгоритм, предложенный Ксин Яо. Основные расчётные параметры алгоритмов, которым уделено внимание в статье, - размерность области поиска, параметры критерия останова (изменения температуры), время работы алгоритма, а также величины, характеризующие вероятность перехода точки поиска в новое состояние (параметры функции распределения Гиббса). Предложены собственные варианты модификации схем. Отдельное внимание уделено анализу точности результатов работы алгоритмов

Ключевые слова: стохастический поиск, алгоритм имитации отжига, точность, оптимум, случайная величина, распределение Гиббса

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

П.Ю. Гусев, К.Ю. Гусев, С.Ю. Вахмин

Аннотация: решается задача оптимизации планировочных решений производственных подразделений машиностроительных предприятий. Для решения задачи предлагается использование генетического алгоритма. Генетический алгоритм как метод решения задачи нахождения оптимальной планировки неоднократно описан. Однако описание практического применения генетического алгоритма в машиностроительной области не нашло своего отражения в научной литературе. Для решения задачи нахождения оптимального планировочного решения возможно применение программных средств имитационного моделирования, которые уже имеют встроенные механизмы оптимизации, в том числе и на основе генетических алгоритмов. Но применение таких программных средств затрудняется трудоёмкостью создания имитационной модели, а также закрытым программным кодом,

который реализует работу генетического алгоритма. Проведена формализация решаемой задачи. Для этого осуществлен выбор специфичного для машиностроительных предприятий производственного подразделения. На основе формализованного представления задачи выбран критерий оптимизации и разработан алгоритм расчета функции приспособляемости генетического алгоритма. В работе применены традиционные подходы к разработке принципов функционирования генетического алгоритма и предложен метод скрещивания, учитывающий повторяемость элементов. Реализация предложенного метода скрещивания в виде алгоритма позволила избежать дополнительных проверок на повторяемость элементов после проведения процедуры скрещивания. На основе разработанного генетического алгоритма реализовано программное средство на языке программирования C#. К особенностям программного средства можно отнести возможность изменения исходных данных как самой задачи, так и исходных настроек алгоритма, среди которых – количество популяций, количество генотипов в популяции, количество мутирующих генотипов. Отражены некоторые особенности разработки программного средства. В результате анализа полученных данных определены оптимальные параметры алгоритма для решения поставленной задачи оптимизации планировочного решения

Ключевые слова: генетические алгоритмы, оптимизация, формализация, машиностроение, генотип, функция приспособляемости

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТВОРЕНИЯ И РОСТА САХАРНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Д.В. Арапов, С.Л. Подвальный, С.Г. Тихомиров

Аннотация: описаны нелинейные вероятностные математические модели скорости растворения и роста кристаллов сахарозы в поликомпонентных растворах. Экспериментальной основой разработанных моделей послужили: для скорости растворимости – 255 опытов А. Бригель-Мюллера, для скорости роста – 421 опыт ученых А. Бригель-Мюллера, Г. Вавринца и других. Анализ известных исследований эволюции сахарных растворов в процессе растворения и роста кристаллов позволяет сделать вывод о дискретном, вероятностном механизме этих явлений. Погрешность модели скорости растворимости составила $\pm 9,6\%$ отн., а модели скорости роста кристаллов $\pm 11,3\%$ отн. при величине шага итераций $0,1 \cdot 10^{-6}$. Аддитивная модель скорости растворимости состоит из четырех составляющих: диффузионной, обусловленной химическими реакциями с водой и несахарами, с образованием гидратированных молекул сахара и комплексов сахар-несахар, и образующейся в результате вырывания из кристалла активных сахарозных молекул. Модель скорости роста сахарного кристалла включает в себя слагаемые: диффузионную, поверхностную кристаллохимическую, непосредственного захвата кристаллом молекул сахарозы, распада комплексов сахар-несахар, включения в кристалл несахаров и воды. Для построения моделей использовали генетический алгоритм с последующим уточнением параметров моделей методом конфигураций Хука-Дживса

Ключевые слова: математическая модель, скорости растворимости и роста, кристалл сахара, генетический алгоритм, метод конфигураций Хука-Дживса

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСАЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

А.Е. Кишалов, А.А. Зиннатуллин

Аннотация: децентрализованная выработка энергии в настоящее время приобретает большую актуальность ввиду ряда таких существенных недостатков централизованного энергообеспечения, как потери в окружающую среду при транспортировании, необходимость трансформации энергии и возможность обесточивания большого числа потребителей при крупной аварии. Одним из методов децентрализованного производства энергии является применение энергоустановок малой мощности, основанных на органическом цикле Ренкина. В них рабочее тело, нагреваясь и превращаясь в пар в котле, попадает в турбину и совершает полезную работу. Затем оно попадает в конденсатор, конденсируется и с помощью насоса подается обратно в котёл. Турбина вращает электрогенератор, за счет чего и вырабатывается электроэнергия. Рассмотрен один из вариантов отвода тепла рабочего тела к холодному источнику – грунту – при помощи горизонтального трубопровода круглого сечения. Моделирование стационарного процесса теплообмена рабочего тела с грунтом с учётом его конденсации произведено с помощью двух подходов: в программном комплексе конечно-элементного моделирования ANSYS CFX (гомогенная модель течения) и методом конечных разностей (модель кольцевого раздельного течения). Определено распределение массового паросодержания (степени сухости пара) и температуры теплоносителя по длине трубопровода для двух подходов к описанию двухфазных течений. Приведен анализ результатов, полученных в ходе решения задачи средствами конечно-элементного анализа и инженерного расчёта методом конечных разностей

Ключевые слова: децентрализованная выработка энергии, теплоотдача, конденсация, гомогенная модель течения, кольцевой режим течения, математическое моделирование теплофизических процессов, ANSYS CFX

О ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ СТАДИИ ДИФФУЗИИ

ПРОИЗВОДСТВА САХАРА

А.С. Канюгина

Аннотация: для управления распределенными производственными процессами с несколькими номинальными режимами актуальной является задача объединения локальных статических окрестностных систем, описывающих номинальные режимы, в общую окрестностную систему с общим законом управления, имитирующим действия диспетчера как по стабилизации режимов, так и по переводу процесса из одного номинального режима в другой. Методы такого объединения должны учитывать, в частности, варианты зависимости этих локальных режимов и переключений как от внешних условий (внешних входов), так и от внутренних состояний узлов системы. В работе предлагается вариант решения описанной актуальной задачи в рамках теории квазистатических окрестностных систем. Разработанная методика применяется для решения задачи управления температурными параметрами стадии диффузии производства сахара в диффузионных аппаратах колонного типа в условиях зависимости номинального температурного режима от качества сахарной свеклы. Полученные формулы статического пропорционального управления температурами могут использоваться для коррекции действий оператора, что способствует эффективности протекания процесса диффузии. Приведенные в работе исследования проводились на основе сезонной выборке данных производства АО «АПО «Аврора» СП «Боринский сахарный завод», объем выборки более 10000 наблюдений

Ключевые слова: квазистатическая окрестностная система, билинейная окрестностная система, кластеризация, номинальный режим, управление вблизи номинального режима, управление квазистатической системой

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ИНТЕРВАЛЬНОГО НЕЙРОМОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ЛИТЫХ СЛЯБОВ

Ю.Е. Полозова

Аннотация: рассматривается применение дуальнопараметрической нейронной сети для решения обратной задачи нейромоделирования на примере управления качеством литых слябов. Актуальность исследования обусловлена возможностью повышения качества горячекатаной продукции за счет применения методов интервального анализа. Кроме того, предлагаемый в работе подход позволяет сократить время обучения нейросетевой модели и объем обучающего множества за счет интервализации исходных данных. Дана краткая теоретическая справка, представляющая собой результаты предыдущих исследований, описан используемый подкласс интервальных нейросетевых моделей – дуальнопараметрические нейронные сети. Представлен разработанный алгоритм для решения обратной задачи интервального нейромоделирования, обоснована необходимость применения рандомизированного подхода. Приведены результаты численных экспериментов для различного числа входных параметров модели и слябов в обучающем множестве, описана последовательность этапов моделирования. По результатам экспериментов вычислена вероятность возникновения дефекта для найденных интервальных значений входных параметров и сделаны выводы о возможности практического применения предложенного подхода. Отмечены возможности последующей модификации представленного алгоритма в зависимости от возникающих ограничений для значений входных параметров, связанных с технологическими особенностями производства и обработки литых слябов

Ключевые слова: интервальное нейросетевое моделирование, дуальнопараметрическая нейронная сеть, обратная задача, управление качеством литых слябов, рандомизированный алгоритм

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЛАБОСВЯЗАННЫХ ОКРЕСТНОСТНЫХ СИСТЕМ

В.В. Сёмина

Аннотация: задача идентификации моделей систем заключается в определении их структуры и параметров по результатам наблюдений над входными и выходными переменными реальной системы и решается методами оптимизации. Применительно к сложным системам проблема идентификации усложняется: большое число компонентов систем отражается на ресурсоемкости вычислительных процедур и повышенных требованиях к объемам оперативной памяти для хранения структур данных. В связи с этим актуальными являются разработка и анализ на основе окрестностных моделей новых классов моделей, описывающих сложные связанные системы, позволяющих оптимизировать управление сложными системами, повысить эффективность надежности и качества технических систем. Анализируется задача окрестностного моделирования параллельных и слабосвязанных производственных процессов. Вводится понятие слабосвязанных окрестностных систем, приводится алгоритм разделения окрестностной структуры двойной системы, а также рассматриваются задачи идентификации и управления такими системами. Для двойной системы, состоящей из двух слабосвязанных систем, предлагается алгоритм поиска квазиоптимального режима и при дополнительных размерностных ограничениях – алгоритм стабилизации вблизи заданного номинального режима. В качестве примера рассматривается окрестностная система вентиляции и кондиционирования воздуха в производственном помещении цеха обжига клинкера. При производстве цемента возникает проблема превышения допустимой концентрации пыли и температуры воздуха в цехе, а также концентрации пыли в

окружающей среде, связанная с неоптимальной работой системы обеспыливающей вентиляции в цехе обжига клинкера. Применение слабосвязанных окрестностных систем позволяет уменьшить число коэффициентов модели системы, подлежащих параметрической идентификации, а также найти оптимальный режим управления системой вентиляции и фильтрации воздуха

Ключевые слова: окрестностная структура, окрестностная система, слабые связи, системы вентиляции, цементное производство, идентификация систем

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОКЛАВНОЙ УСТАНОВКИ

В.Н. Крысанов, Ю.В. Нефедов, А.В. Романов

Аннотация: рассматриваются вопросы контроля электромагнитной совместимости вновь вводимого в эксплуатацию электротехнического силового оборудования при модернизации участка автоклавной установки по производству полимерно-композитного материала. Станция управления представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, обеспечивающих формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы технологического оборудования автоклавной установки, а также сбор информации с технологических датчиков. Электромагнитная совместимость нарушается, если уровень помех слишком высок или помехоустойчивость оборудования недостаточна. В связи с этим нарушением увеличивается число случаев срабатывания ложных команд в автоматических системах управления, что может привести к выходу из строя электротехнических устройств, а также к большим производственным потерям. Вследствие чего контроль параметров электромагнитной совместимости должен быть обязательной стадией при разработке и внедрении новых технических средств (ТС) в производство. Для сокращения сроков внедрения нового оборудования предлагаются методика проведения имитационного моделирования на разработанной математической модели частотно регулируемого электропривода, натурные испытания силового оборудования в основных режимах работы с последующим анализом полученных результатов на предмет контроля электромагнитной совместимости. Полученные результаты анализа позволяют сформировать необходимые рекомендации по комплектации вновь вводимого в эксплуатацию оборудования

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, высшие гармоники, преобразователь частоты, автоклавная установка, имитационное моделирование, математическая модель

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ДЛЯ ТЯЖЕЛОАГРУЖЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Д.В. Арапов

Аннотация: описана существенно нелинейная аддитивная математическая зависимость основных характеристик пластичной смазки на основе кальциевых мыл от технологических параметров процесса ее получения. Наиболее важными параметрами процесса являются: содержание кислорода в реакторе, время нагрева реакционной смеси до требуемой температуры, температура обработки смеси, время выдерживания при температуре обработки, скорость охлаждения и масса введенной затравки. Моделировались следующие свойства смазки: 1) пенетрация, 2) коллоидная стабильность, 3) предел прочности при 50 °С, 4) вязкость при 0 °С и скорости сдвига 10 с^{-1} , 5) вязкость при 0 °С и скорости сдвига 100 с^{-1} . Ввиду недостаточной изученности процесса для разработки математических зависимостей использовали регрессионный анализ. От опубликованных регрессий модель отличается наличием слагаемых в виде квадратов значений технологических параметров и слагаемого в виде их произведения, а также свободным коэффициентом. Ошибка модели составляет соответственно по свойствам: 1) $\pm 1,15 \%$ отн., 2) $\pm 1,18 \%$ отн., 3) $\pm 4,32 \%$ отн., 4) $\pm 3,0 \%$ отн., 5) $\pm 2,46 \%$ отн. Модели – аналоги имеют погрешности 20 – 30 % отн. и более, хотя и удовлетворяют критерию Фишера. Оперативный анализ качества полученной смазки реализуется посредством математической зависимости свойств смазки от пенетрации, как наиболее достоверной и доступной для измерения характеристики качества. Относительная ошибка определения характеристик смазки в зависимости от пенетрации составляет не более $\pm 3,5 \%$. Разработан критерий, выбраны ограничения и сформулирована задача оптимизации процесса изготовления смазки на основе кальциевых мыл. Задача решена посредством генетического алгоритма. Результат решения – информация об оптимальных значениях технологических параметров, которые позволяют получить смазку с наибольшими значениями пенетрации и предела прочности и наименьшими значениями коллоидной стабильности и вязкости. Разработанная на языке C# программа может быть использована для оптимизации промышленного процесса получения пластичной смазки на основе кальциевых мыл

Ключевые слова: мыльная смазка, математическая модель, оптимизация процесса получения

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В ГАЗОВОМ ПОТОКЕ ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА ВРЕМЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ

С.Ю. Алексеев

Аннотация: рассмотрен метод организации вычислений и построения программных систем, реализующих задачи моделирования для повышения качества функционирования технических систем. Он рассматривает программную систему как совокупность взаимодействующих элементов, каждый из которых описывает свойства и реализует функциональность отдельного элемента технической системы. Принципиальным отличием рассматриваемого метода от существующих является то, что программная система не реализует алгоритм решения общей математической задачи. Представленный в работе метод основывается на аналитических решениях при решении задач моделирования. Это обусловлено меньшим объемом вычислений и меньшим временем расчета. Для задач моделирования, решаемых на этапах функционирования технических систем, время получения результата является одной из определяющих характеристик. Рассмотрен пример использования такого метода организации вычислений на примере расчета закона изменения состава газовой смеси во времени при ее движении через обечайку, в которой расположен змеевик. На примере показано использование контейнерных объектов при моделировании ячеечной структуры областей течения процессов. Исследованы два варианта построения контейнеров: на основе связанных списков и на основе массива. В ходе исследований оценивалась структура программного элемента, представляющая ячейку аппарата и время расчета. Для оценки времени расчета было проведено несколько серий экспериментов, каждая отличалась длиной ячейки аппарата и, как следствие, количеством ячеек

Ключевые слова: компьютерное моделирование, контейнерные классы, полиморфные объекты

Радиотехника и связь

ОБНАРУЖЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОГО СКАЧКООБРАЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ ГАУССОВСКОГО ПРОЦЕССА

Б.В. Матвеев, Л.А. Голпайегани, М.М. Шахморadian

Аннотация: предложен максимально правдоподобный алгоритм обнаружения разладки ширины полосы частот быстрофлуктуирующего гауссовского случайного процесса, допускающий техническую реализацию, существенно более простую по сравнению с получаемыми на основе известных подходов. С использованием мультипликативно-аддитивной локально-марковской аппроксимации решающей статистики и ее приращений представлена методика расчета характеристик синтезированного обнаружителя и записаны замкнутые аналитические выражения для вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода. Установлено, что алгоритм обнаружения разладки обеспечивает лучшее качество функционирования при скачкообразном увеличении ширины полосы частот по сравнению со случаем ее скачкообразного уменьшения. С помощью статистического моделирования подтверждено, что рассмотренная методика статистического анализа резкопротекающих случайных процессов, характеристики которых описываются ступенчатыми функциями, является работоспособной, а аналитические формулы, описывающие качество и эффективность обнаружения разладки ширины полосы частот, хорошо описывают соответствующие экспериментальные данные в широком диапазоне значений параметров наблюдаемой реализации. Дополнительный анализ показывает, что синтезированные на основе предложенного подхода обнаружители без заметных потерь в качестве функционирования могут использоваться также при приеме низкочастотных быстрофлуктуирующих негауссовских случайных процессов с неизвестными кусочно-постоянными частотными параметрами

Ключевые слова: разладка случайного процесса, неизвестная ширина полосы частот, метод максимального правдоподобия, разрывный параметр, метод локально-марковской аппроксимации, вероятность ложной тревоги, вероятность пропуска сигнала, статистическое моделирование

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С ПОЗИЦИЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

И.В. Остроумов, Д.В. Журавлев, И.С. Анисимов

Аннотация: рассматриваются особенности фазоманипулированных сигналов, которые необходимо учитывать при разработке и совершенствовании методического обеспечения решения задач электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС), а именно: влияние на спектральные характеристики сигнала формы огибающей элементарной посылки; необходимость учета искажения формы сигнала в различных элементах радиопередающих и радиоприемных устройств; использование кодовых последовательностей и различных способов их обработки, в том числе применение сложных сигналов и согласованной фильтрации; сложный характер спектральной плотности мощности излучения (СПМИ), отличающийся от принятой при решении задач ЭМС колоколообразной формы. Рассмотренная тема особенно актуальна, если учитывать, что фазоманипулированные сигналы имеют очень широкую сферу применения. Общее же количество РЭС, использующих фазоманипулированные сигналы, например, стандартов IEEE 802.11(в том числе: b, c, f, g, i, k, l, m, n) или GSM (сигнал которого также может быть представлен в виде фазоманипулированного сигнала с особой (Гауссовой) формой огибающей элементарной посылки), на территории РФ исчисляется десятками миллионов

Ключевые слова: спектральная плотность, мощность излучения, огибающая элементарной посылки сигнала, ЭМС

ГЕНЕРАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЕБНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

И.А. Кирпичева, А.В. Останков

Аннотация: создание качественных учебных материалов по радиотехническим дисциплинам требует генерации многовариантных исходных данных для лабораторных работ, расчетных упражнений, курсового проектирования. Исходные данные должны быть привязаны к номеру варианта и обеспечивать покрытие всей области допустимых значений результата. Поскольку число исходных данных в рамках задачи велико, то их поиск сводится к решению недоопределенной системы уравнений. В работе предлагается свести решение системы к задаче нелинейного

программирования. Целевая функция при этом определяется как абсолютная разница между фактическим и требуемым результатом с учетом ограничений на величину исходных данных. Поиск минимума многоэкстремальной целевой функции с большим числом аргументов рекомендуется выполнять с помощью апробированной версии генетического алгоритма. На основе описанного методического приема реализованы вычислительные алгоритмы генерации исходных данных для разных радиотехнических задач. Представлена постановка, реализация и результаты генерации для двух задач. В первом случае осуществляется выбор номинальных значений параметров источников напряжения и тока, а также радиоэлементов сложной электрической цепи, обеспечивающих априорно заданные параметры напряжения на ключевом элементе. В рамках второй задачи реализован структурный синтез комбинационной схемы с заданной логической функцией (таблицей истинности). Его особенностью является использование числовых идентификаторов, соответствующих логическим функциям и элементам. Сгенерированные многовариантные исходные данные получили практическое использование в учебном процессе

Ключевые слова: исходные данные, генерация, нелинейное программирование, целевая функция, генетический алгоритм

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НЕОБХОДИМОЙ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ В РАДИОПЕРЕДАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

И.В. Свиридова, И.В. Остроумов, И.С. Анисимов, И.А. Сафонов

Аннотация: рассмотрены особенности разработки методики оценки необходимой ширины полосы частот (НШПЧ) фазоманипулированных сигналов в радиопередающем устройстве, а именно: установление параметров модели, исключающих искажение сигнала полосовыми фильтрами (эталонная линия); определение минимального уровня сигнала на входе приемника, обеспечивающего передачу информации с заданным качеством для эталонной линии; уменьшение полосы пропускания фильтров передатчика и приемника для соответствующего необходимого превышения уровня сигнала на входе приемника по сравнению с эталонной линией, обеспечивающего передачу с обозначенными энергетическими потерями; энергетические потери в алгоритме. Разработанная методика оценки позволяет определить вероятность сбоев символа в принятой информационной последовательности при заданных параметрах манипуляции сигнала (виде манипуляции, длительности и параметрах огибающей элементарной посылки), полосе частот сигнала, уровне сигнала на входе приемника и опорном уровне в решающем устройстве. Предлагается блок-схема процедуры вычисления коэффициента энергетических потерь с помощью программной реализации, имитирующей систему связи фазоманипулированными сигналами. Рассмотренная тема особенно актуальна, если учитывать, что фазоманипулированные сигналы имеют очень широкую сферу применения, увеличивается количество эксплуатируемых телекоммуникационных систем, использующих новые технологии для передачи данных

Ключевые слова: необходимая ширина полосы частот (НШПЧ), минимальный уровень сигнала, эталонная линия, энергетические потери в алгоритме

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ЗАДАЧИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА СИГНАЛОВ: КРАТКИЙ ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ

О.Е. Журилова, А.В. Башкиров, С.Ю. Белецкая, С.Н. Панычев, А.С. Костюков

Аннотация: цифровая обработка сигналов является одной из важнейших составляющих современного кодирования, преобразования и обработки информации. Поэтому развитие данного направления чрезвычайно важно для всей отрасли радиосвязи. В свою очередь сама цифровая обработка сигналов неразрывно связана со спектральным анализом сигналов, так как многие решения и функции в цифровой обработке построены именно на применении спектрального анализа. Рассмотрены существующие методы и задачи спектрального анализа сигналов. Представлена подробная классификация методов спектрального анализа и рассмотрены наиболее применяемые из них. Рассматриваются вейвлет-преобразование; классические методы спектрального анализа сигналов, которые в своей основе построены на преобразовании Фурье и которые, в свою очередь, подразделяются на периодограммные и коррелограммные методы; и авторегрессионные методы спектрального анализа, которые также подразделяются на различные методы преобразования: метод Юла – Улкера, ковариационный метод и его модификацию и метод Берга. Проведен сравнительный анализ, выявлены достоинства и недостатки всех описанных выше методов спектрального анализа сигналов и сделаны соответствующие выводы

Ключевые слова: спектральный анализ, преобразование Фурье, вейвлет-преобразование

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ ФОРМАТАХ СВЯЗИ

А.С. Костюков, А.В. Башкиров, Л.Н. Никитин, И.С. Бобылкин, О.Ю. Макаров

Аннотация: помехоустойчивое кодирование является одной из важнейших отраслей радиосвязи, благодаря ей возможна передача больших объёмов цифровой информации с минимальным количеством ошибок. Поэтому развитие данного направления чрезвычайно важно для радиотехнической отрасли. В данной статье будут рассмотрены различные помехоустойчивые коды, которые существуют в настоящий момент. Начиная от самых простых и распространенных, таких как код Хэмминга, коды с проверкой на чётность, блочный неравномерный код, код Боуза–Чаудхури–Хоквингхема, циклический избыточный код, потенциальное кодирование, код Рида–Соломона, манчестерское кодирование, биполярный код АМІ, свёрточные и каскадные коды, самоортогональные коды, турбокоды, низкоплотностные коды. И заканчивая передовыми разработками области помехоустойчивого кодирования – стеганографический алгоритм и алгоритм Кловкого–Николаева, коды повторения – накопления и произведения – накопления. В статье рассмотрены их основные характеристики, такие как тактовая частота сигнала, число итераций кода, скорость декодирования сигнала, пропускная способность канала и длина кода. Представлено краткое описание каждого из помехоустойчивых кодов и рассмотрено, в каком стандарте связи используется тот или иной код и в каких отраслях радиосвязи он получил наибольшее распространение

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, турбокоды, каскадные коды, код Рида–Соломона, LDPC-код

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕКОДИРОВАНИЯ LDPC-КОДОВ ДЛЯ 5G БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

И.В. Свиридова, М.В. Хорошайлова

Аннотация: предложен обобщенный алгоритм декодирования min-sum, использующий линейное приближение (от англ. a Linear Approximation Min-Sum, LAMS) для кодов низкой плотности проверки на четность с квазициклическими структурами (от англ. Quasi-Cyclic Low-Density Parity-Check, QC-LDPC). Линейное приближение вводит некоторые факторы на каждой итерации декодирования, которые линейно корректируют обновление проверочного узла и выходные данные канала. Эти факторы итеративно оптимизируются с использованием нейронного обучения, где оптимизация может быть эффективно решена с помощью небольшой и неглубокой нейронной сети с обучающими данными, полученными с помощью декодера LAMS. Нейронная сеть построена в соответствии с матрицей проверки четности кода QC-LDPC со структурой контроля четности, которая может значительно уменьшить размер нейронной сети. Поскольку мы оптимизируем коэффициенты один раз за итерацию декодирования, оптимизация не ограничивается количеством итераций. Затем задаем оптимизированные результаты коэффициентов в декодере LAMS и выполняем моделирование декодирования для QC-LDPC кодов в мобильных сетях пятого поколения (5G). При моделировании алгоритм LAMS показывает заметное улучшение по сравнению с алгоритмами нормализованной и минимальной суммы смещения и даже лучшую производительность, чем алгоритм распространения доверия (the belief propagation algorithm) в некоторых областях с высоким отношением сигнал/шум

Ключевые слова: квази-циклические низкоплотностные коды, алгоритм декодирования min-sum, нейронные сети, оптимизация декодирования

Машиностроение и машиноведение

ПОГРЕШНОСТИ БАЛАНСРОВКИ РОТОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.М. Рыженков, В.В. Тихомиров

Аннотация: рассмотрены возможные причины возникновения основных погрешностей балансировки при изготовлении роторных систем газотурбинных двигателей. К ним относятся погрешности от несомещения установочных баз при сборке роторов и погрешности в технологической системе «станок+оснастка+ротор». Как показывают расчёты, погрешности от несомещения баз (монтажные дисбалансы) могут многократно превышать допустимые. Измерение биений посадочных мест роторов, расчёт и установка соответствующих корректирующих масс во многих случаях позволяют достаточно точно компенсировать монтажные дисбалансы. Если же достигнутая при этом точность не соответствует техническим требованиям к ротору, то при балансировке следует использовать специальные технологические оправки, а погрешности в системе «станок+оснастка+ротор» определять экспериментально-аналитическими методами. Проверку паспортной точности балансировочного оборудования осуществляют в соответствии с рекомендациями ISO контрольными роторами трёх основных типов. В серийном производстве погрешности оценивают с помощью тарировочных роторов, геометрически и физически подобных выпускаемым. При экспериментальных исследованиях кроме определения дисбалансов следует измерять значения и угловые положения (фазы) биения контрольных поверхностей роторов. Разработанные в результате проведённых исследований рекомендации позволят выявить доминирующие погрешности балансировки, определить и устранить их причины, что без существенных затрат может обеспечить заметное повышение качества выпускаемых двигателей

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, определение погрешностей балансировки ротора, уменьшение погрешностей балансировки

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

А.В. Анцев, Ч.Х. Данг, Е.С. Янов, М.В. Полев

Аннотация: рассмотрены вопросы учета variability процесса резания путем сбора статистики об износе режущего инструмента. В качестве косвенного параметра, характеризующего процесс износа режущего инструмента, выбран уровень вибрации технологической системы. Уровень вибрации технологической системы зависит от автоколебаний, вызванных отклонением припуска на обработку вследствие технологической наследственности, и колебаний из-за действия силы резания, меняющейся по мере износа режущего инструмента. На примере токарной обработки продемонстрирована структура экспериментального измерительного стенда оценки уровня износа резца. Экспериментальный измерительный стенд состоит из персонального компьютера и подключенных к нему трех блоков датчиков, размещенных на основных узлах технологической системы. Представлен метод обработки полученных с датчиков сигналов, включающий в себя удаление влияния ускорения свободного падения на результат измерения, фильтрацию полученного сигнала, интегрирование сигнала и анализа спектра. Приведен пример сигналов вибрации разных частей технологической системы, полученных при обработке новой и изношенной по задней поверхности до уровня 0,35 мм твердосплавной режущей пластиной ССМТ 060204-14 IC807 фирмы Iscar. Было установлено, что имеется сильная связь между состоянием режущего инструмента и вибрацией технологической системы, и контроль уровня вибрации может применяться для диагностики состояния режущего инструмента в конкретных условиях работы

Ключевые слова: процесс резания, variability, период стойкости, износ, вибрация, измерительный стенд, точение

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И КАЧЕСТВО АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАСТИН ИЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ

С.Г. Бишутин, С.С. Алехин

Аннотация: статья посвящена исследованию производительности и качества алмазно-абразивной обработки карбидокремниевых пластин для обоснования направлений совершенствования рассматриваемого процесса механической обработки. Установлено, что с уменьшением зернистости алмазно-абразивной пасты (с 60/40 до 28/20 мкм) шероховатость обработанной поверхности уменьшается в 2,5...3 раза. Меньшая шероховатость поверхности ($Ra=0,5...0,6$ мкм) достигается при использовании стеклянного притира. Исследования показали, что производительность процесса составляет 5...10 мкм/ч при использовании алмазной пасты АСМ 60/40 и АСМ 40/28, 4...7 мкм/ч при использовании алмазной пасты АСМ 28/20. Производительность алмазно-абразивной обработки карбидокремниевых пластин возрастает с увеличением скорости вращения инструмента и усилия его прижатия к заготовке. Кроме того, на скорость съема материала с заготовки существенно влияет режущая способность инструмента (притира), размеры, форма и количество обрабатываемых пластин. Получена зависимость для расчета скорости съема материала с заготовки, учитывающая основные факторы алмазно-абразивной обработки. Показано, что изменение схемы обработки добавлением осциллирующих движений планшайбы, применение стальных или чугунных притиров, повышение концентрации в пасте сверхтвердых режущих материалов являются наиболее эффективными путями совершенствования данной алмазно-абразивной обработки

Ключевые слова: алмазно-абразивная обработка, керамические материалы

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С РЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТЬЮ ПРИ МАРКИРОВАНИИ

А.А. Козлов, А.М. Козлов

Аннотация: в многономенклатурном производстве все чаще отказываются от бумажных носителей информации и для идентификации изделий на них наносят маркировочные знаки. В машиностроении применяются различные варианты маркировок - красками, ударным методом, электроэрозионным, лазером и др. Однако большинство из них при нанесении знаков повреждает поверхность детали и может вызвать концентрацию напряжений. Для предохранения нанесенной информации от механических повреждений и негативного воздействия окружающей среды маркировочные знаки защищают различными покрытиями. Представлена схема нанесения маркировочных знаков растровым методом под электроизоляционным покрытием без его разрушения, когда в качестве рабочей среды используется реологическая жидкость. Описаны физические явления, происходящие в реологической жидкости при действии на нее магнитного поля. Установлено, что механизм формирования

информационных знаков из магнитных жидкостей под слоем эластичного диэлектрического покрытия зависит от электропроводности используемой реологической жидкости. Показано, что постоянное магнитное поле играет роль аксиальной магнитной линзы, фокусное расстояние которой зависит от импульса и заряда ионов, величины тока и радиуса "токового шнура". Меняя ток и радиус электрода-инструмента, можно регулировать ширину контура знака, оказывая благоприятное воздействие на четкость контура

Ключевые слова: маркирование, магнитное поле, реологическая жидкость

