

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ф.Н. Притыкин

Исследование кинематических параметров андроида при автоматизированном синтезе движений по вектору скоростей

Излагается модернизация метода синтеза движений манипуляторов по вектору скоростей, позволяющая исключить в процессе компьютерного моделирования перемещений возникновение тупиковых ситуаций. Разработанный алгоритм основан на использовании базы данных, характеризующей значения кинематических параметров, задающих допустимые мгновенные состояния механизма манипулятора при различных его положениях. Выполнено графическое представление гиперповерхности, отражающей взаимосвязь указанных кинематических параметров от значений обобщенных координат. На основе этого предложен способ определения кинематических параметров в синтезе движений манипуляторов в организованных средах, позволяющий сократить время вычислений промежуточных конфигураций на заданной траектории выходного звена и исключить возникновение тупиковых ситуаций.

Ключевые слова: механизмы манипуляторов, мгновенные состояния механизмов, вектор обобщенных скоростей, компьютерное моделирование движений роботов, робототехника, выходное звено.

В. А. Короткий

Конструктивные алгоритмы формирования составных кубических кривых Безье в пространстве и на плоскости

В статье рассмотрены два графоаналитических алгоритма. Первый алгоритм позволяет формировать пространственную кривую, проходящую через заданные узловые точки с указанными в этих точках направляющими векторами. Второй алгоритм позволяет формировать плоскую составную кривую, проходящую через заданные узловые точки с указанными в этих точках направляющими векторами и радиусами кривизны. Конструируемые кривые образованы кубическими сегментами в форме Безье. Направляющие векторы рассматриваются как элемент управления формой конструируемой кривой. В узловых точках обеспечивается геометрическая гладкость второго порядка, обусловленная непрерывностью наклона и кривизны. Отличительная особенность предлагаемых алгоритмов заключается в существенном использовании конструктивных средств компьютерной графики.

Ключевые слова: кубический сегмент, направляющий вектор, кривизна, кручение, геометрическая гладкость.

В. Ю. Юрков

Семейства изолиний в пространстве с прямоугольной метрикой

В статье рассматриваются плоские неточечные множества, порождаемые линейными условиями, которые реализуются в ортогональной метрике (метрике городских кварталов или манхэттенской метрике). Линейными условиями названы условия, выражающиеся конечной суммой произведений расстояний на числовые коэффициенты. В качестве фигур, определяющих линейные условия, рассматриваются линейные множества. Рассматриваются конструктивные решения следующей общей геометрической задачи: для заданного на плоскости с прямоугольной метрикой конечного множества фигур (отрезков, многоугольников, ...), находящихся в общем положении, построить множества, удовлетворяющие какому-либо заданному линейному условию. Множества ломаных, удовлетворяющих данным условиям, образуют семейства изолиний данного условия для заданных множеств. Алгоритм основан на построении решетки Ханана и поведения изолиний в каждом узле и каждой ячейке решетки.

Ключевые слова: прямоугольная метрика, расстояние, линейные условия, решетка Ханана, семейства изолиний, многоугольники.

Т. М. Мясоедова, К. Л. Панчук, Е. В. Любчинов

Обратная задача циклографического моделирования пространственной кривой

Целью работы является обоснование возможности конструктивно-аналитического решения обратной задачи циклографического моделирования кривой пространства R^3 и разработка алгоритма этого решения. Ортогональная проекция и две составляющие циклографической проекции кривой линии пространства образуют триаду элементов в плоскости $z=0$, возникающих в решении прямой задачи циклографического моделирования кривой и составляющих основу для решения обратной задачи моделирования. К прямой задаче относится построение на плоскости $z=0$ циклографической проекции (модели) исходной кривой, а к обратной — определение кривой пространства по ее циклографической проекции. Недостаточная изученность обратной задачи наряду с ее востребованностью в решении практических вопросов, например, при расчете траектории инструмента для обработки карманных поверхностей изделий машиностроения на станках с ЧПУ, делают постановку и решение обратной задачи актуальными. В работе в качестве заданной циклографической проекции рассмотрена выпуклая простая замкнутая кривая линия. Доказано существование и единственность кривой пространства, для которой эта проекция является циклографической. На приведенных примерах продемонстрирован алгоритм решения обратной задачи.

Ключевые слова: циклографическое отображение, медиальная ось, медиальная ось преобразований, обратная задача, α -оболочка, вершинные точки кривой.

А. Х. Шамутдинов, И. Ю. Лесняк

Методика определения реакций в шарнирах механизма оригинального манипулятора

В данной статье рассмотрена разработка методики определения реакций в шарнирах манипулятора на основе классического принципа освобождения от связей в примере его главной части. Составлена модель манипулятора, в которой на рабочую платформу, в общем случае, действует сила F произвольной ориентации. Составлена расчетная схема манипулятора и сделан полный расчет при действии горизонтальной составляющей силой F_x . По аналогии, определены реакции от действия горизонтальной F_y и вертикальной F_z составляющих сил и выведены общие зависимости. Знание численных значений найденных реакций в шарнирах манипулятора позволит, по известным гипотезам, рассчитать данный манипулятор на прочность и жесткость.

Ключевые слова: оригинальный манипулятор, рабочий стол, наклонная платформа, опорно-поворотное устройство, поворотный стол, гидроцилиндр, реакции в шарнирах.

А. М. Бадамшин, А. О. Лептюк

Исследование морфологии, химического состава и коррозионной стойкости твердого сплава «TiC–NiTi», модифицированного мощным ионным пучком

В статье приведены результаты исследования влияния ионно-лучевой обработки мощным ионным пучком (МИП) на изменение топографии, морфологии, химического состава и коррозионной стойкости поверхностных слоев безвольфрамового твердого сплава системы «TiC–NiTi». Для характеристики образцов использовались методы сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного рентгеновского анализа, сканирующей зондовой микроскопии и металлографического анализа. Выявлено, что вследствие воздействия МИП поверхностный слой образца претерпевает оплавление с образованием протяженных микротрещин. При этом в поверхностном слое образца зафиксировано снижение концентрации кислорода с 24,6 до 13,7 ат. %, а в некоторых точках на образце и вовсе его отсутствие. Этот результат указывает на диссоциацию оксида титана под воздействием температур, возникающих в процессе облучения МИП. Наиболее вероятно, что именно термическая диссоциация оксида титана и оплавление поверхности образца являются основными причинами повышения коррозионной стойкости сплава системы «TiC–NiTi».

Ключевые слова: безвольфрамовые твердые сплавы, мощный ионный пучок, морфология поверхности, коррозийная стойкость, сканирующая и атомносиловая микроскопия.

Р. Т. Исламов, Ф. Ф. Хабибуллин, М. Р. Фаизов

Исследование кинематики пространственного 5R механизма с 4-циклическим движением

В данной статье представлены исследования пространственных механизмов Беннетта. Для исследования задаются дополнительные соотношения звеньев и неравенств работоспособности, которые входят в расчет механизмов. Определяются кинематические параметры ведомого звена главного механизма. Полученные результаты изображаются на графиках зависимости вращения входного звена от выходного. Используется дополнительный метод векторных направляющих для расчета угловой скорости и ускорения шатуна механизма.

Ключевые слова: пятизвенный механизм, Беннетт, призрачный угол, балансир.

С. Ю. Лебедев

Анализ методик расчета глубинной контактной выносливости

Глубинная контактная выносливость зуба является важным критерием работоспособности зубчатой передачи. В статье проанализированы существующие методики определения глубинной контактной выносливости зубчатых цилиндрических передач. Выполнена валидация методик (Финдли, В. И. Короткина, Е. И. Тескера и В. Н. Сызранцева) на основе доступных экспериментальных данных. Результаты представлены в виде графиков изменения коэффициента запаса прочности по глубине упрочненного слоя и сводной таблицы расчетов и результатов экспериментов.

Ключевые слова: глубинная контактная выносливость, зубчатая цилиндрическая передача, критерий прочности Писаренко–Лебедева, критерий Финдли.

С. В. Пашукевич

Разработка пластичной смазки, стойкой к вымыванию водой

В работе были проведены лабораторные испытания по созданию пластичной смазки с введением в состав водостойких компонентов с дальнейшим анализом образцов полученного смазочного материала. Также была разработана методика по измерению вымываемости пластичных смазок. В ходе проведения испытаний были получены значения следующих технологических свойств пластичных смазок: температура каплепадения, пенетрация при 25 °С с перемешиванием, коллоидная стабильность, нагрузка сваривания, вымываемость, температура замерзания, предел прочности при 20 °С и при 80 °С. Проведен сравнительный анализ каждого из рассматриваемых показателей пяти образцов разрабатываемой смазки и проб уже выпускаемой продукции.

Ключевые слова: смазочные материалы, пластичные смазки, температура каплепадения, коллоидная стабильность, нагрузка сваривания, предел прочности, температура замерзания.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. А. Кузнецов, С. С. Горобей

Снижение потребления электрической энергии на отопление пассажирских вагонов

В статье представлен обзор схемных решений и описаны элементы системы электроснабжения пассажирского вагона. Описана комбинированная система отопления пассажирского вагона. Представлены результаты экспериментальных исследований по экономии электрической энергии при помощи регуляторов напряжения. В статье предложен алгоритм управления электронагревателями на основе использования полупроводниковых регуляторов мощности. Экспериментальные исследования с применением предложенных высоковольтных регуляторов

напряжения в составе отопителей пассажирских вагонов позволили снизить расходы на электроснабжение пассажирского вагона от 3 % до 5 % при их эксплуатации.

Ключевые слова: электроснабжение, пассажирский вагон, отопление, эксперимент, регулятор напряжения, экономия электроэнергии.

Р. Н. Хамитов, Р. В. Кузьмин, А. С. Мешков, В. И. Суздорф, К. Г. Пивоваров
Генератор микроГЭС для низкопотенциальных водотоков

Разработка систем автономного электропитания на основе микроГЭС, использующих энергию малых водотоков, связана с выполнением целого ряда противоречивых требований. Источник электропитания должен быть достаточно простым и дешевым. Перспективным направлением в построении таких источников, обеспечивающих выполнение этих требований, является создание систем генерации электрической энергии на основе генератора, имеющего индуктор, совмещенный с гидравлической турбиной. В работе рассмотрены вопросы проектирования подобных генераторов, обеспечивающих высокие рабочие характеристики указанных микроГЭС.

Ключевые слова: магнитное поле, индукция в воздушном зазоре, генератор с секционным индуктором, гидротурбина, микроГЭС.

В. А. Шпенст, Е. А. Орел

Оценка возможности построения модульных DC/DC источников электропитания по конфигурируемому принципу

Рассмотрены проблемы построения источников вторичного питания для автономных электротехнических комплексов. Показано, что срок их службы и эффективность работы могут быть улучшены при использовании двух основополагающих принципов: модульном построении системы и внедрении интеллектуальных принципов ее управления. Предлагается идея построения конфигурируемого источника питания мощностью до 10 кВт, состоящего из однотипных, серийно выпускаемых модулей, образующих вместе структуру $M \times N$, в рамках которой можно изменять конфигурацию их подключений, а также управлять током и напряжением каждого модуля.

Ключевые слова: автономный электротехнический комплекс, отказоустойчивость, энергоэффективность, цифровое управление.

С. Н. Кладиев, А. Д. Умурзакова, Н. Д. Сарбасова, К. В. Хацевский

Имитационное моделирование следящего электропривода сортировочного конвейера

Целью исследования является разработка способов формирования управляющего канала для сортировки круглого леса на основе асинхронного трехфазного двигателя с фазным ротором. В исследовании был применен метод имитационного моделирования, позволяющий убедиться в работоспособности разработанной реализации управляющего канала, и выполнить оценку ошибок функционирования системы управления. На основании полученных результатов можно сделать вывод о возможности использования предложенного способа формирования управляющего канала для управления дискретными сортировочными устройствами.

Ключевые слова: асинхронный двигатель с фазным ротором, имитационная модель, управляющий канал, сортировка круглого леса, автоматизация процесса сортировки, транспортер.

Ю. Н. Кондрашова, А. В. Шалимов, А. М. Маркина, А. М. Третьяков

Оценка надежности электрооборудования энергоузла металлургического предприятия для отдельных участков с привязкой к видам технологического производства

На крупном промышленном предприятии, которое содержит несколько видов технологических линий для обеспечения непрерывного производственного процесса в электросетевом комплексе металлургического предприятия (МП), для осуществления нормального режима работы энергосистемы необходимо обеспечить качество электроснабжения, которое определяется

надежностью и экономичностью. Для оценки надежности и состояния электрооборудования электросетевого комплекса требуется выполнить анализ нарушений режимов работы системы электроснабжения МП напряжением 10–220 кВ за 2007–2020 г. Анализ статических данных отключений показал, что основными причинами перерыва электроснабжения являются короткие замыкания, наложение нескольких факторов и невыясненные обстоятельства, а также 70% всех отказов приходится на кабельные линии, 25 % — на воздушные линии и 5% — отказы силовых трансформаторов. В настоящее время связь электрооборудования и питаемых технологических объектов зависит от их износа. На примере основных технологических процессов производства черной металлургии детально рассматриваются агломерационное и прокатное производство, как наиболее энергоемкие и ответственные потребители. Необходимо выявить категории наиболее изношенного электрооборудования для разработки комплекса мероприятий для повышения надежности и сокращения ущербов.

Ключевые слова: надежность электрооборудования, металлургическое предприятие, ущерб, статистика аварийных отключений, параметр потока отказов, прогнозирование отказов.

П. М. Корусенко, С. Н. Несов, К. Е. Ивлев

Морфология, структура и электрохимические свойства композита MnOx @CNTs: исследование методами SEM, EDX, XPS и CVA

В данной работе проведено комплексное исследование морфологии, химического состава, электронной структуры и электрохимических характеристик нанокompозита на основе углеродных нанотрубок (CNTs) и частиц оксида марганца. Исследование электронной структуры нанокompозита, выполненное методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии (XPS), показало, что марганец находится в двух химически не эквивалентных состояниях в MnO₂-х и в KMnO₄. Установлено, что оксид марганца имеет дефицит по кислороду. В ходе проведенных электрохимических испытаний методом циклической вольтамперометрии (CVA) показано, что электрод на основе нанокompозита показал высокие значения поверхностной емкости 320 мФ/см² при скорости развертки потенциала 5 мВ/с и низкую гравиметрическую емкость 14 Ф/г. При увеличении скорости развертки потенциала значение удельной емкости нанокompозита существенно снижалось относительно CNTs, что связано с рядом причин (i) недостаточной пористостью поверхности электрода; (ii) снижением количества наночастиц MnOx в электроде и их растворением в электролите в процессах заряда-разряда.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки (CNTs), нанокompозит, оксид марганца (MnOx @CNTs), морфология и электронная структура, электрохимические свойства, суперконденсатор.

ЭЛЕКТРОНИКА, ФОТОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И СВЯЗЬ

С. В. Бирюков, Л. В. Тюкина, А. В. Тюкин

Измерительные цепи сдвоенных электроиндукционных сферических датчиков напряженности электрического поля замкнутой конфигурации

Для контроля уровней электрических полей, необходимы датчики напряженности электрического поля. В настоящее время для этих целей наиболее перспективными являются сдвоенные электроиндукционные датчики, представляющие собой конструктивное объединение двух двойных датчиков в одно целое. Известны два типа сдвоенных датчиков с накладными и составными чувствительными элементами. Выходными сигналами таких датчиков являются такие электрические параметры, как заряд, ток и напряжение. Как показали исследования, наибольшим преимуществом обладает электрический заряд. Для снятия заряда с датчика рекомендовано использовать в качестве первичной измерительной цепи интегратор тока (усилитель заряда). Вторичные измерительные цепи рассмотренных в работе сдвоенных датчиков служат для усреднения сигналов двойных датчиков с целью снижения погрешности от неоднородности ЭП и формирования выходного сигнала пропорционального напряженности поля. В работе установлено, что датчики с накладными и составными чувствительными элементами позволяют воспринимать напряженность неоднородного ЭП с погрешностью, не превышающей +4,6 % в

пространственном диапазоне измерений $0 \leq a \leq 1$. В работе также определены чувствительности двух типов сдвоенных датчиков напряженности электрического поля.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, датчик напряженности электрического поля, одинарный датчик, двойной датчик, сдвоенный датчик, первичные измерительные цепи датчиков, погрешность от неоднородности поля, чувствительность датчика.

С. В. Бирюков, Л. В. Тюкина, А. В. Тюкин

Градуировка сдвоенного электроиндукционного сферического датчика напряженности электрического поля в однородном поле

Для измерения напряженности электрических полей вблизи высоковольтного оборудования перспективными являются сдвоенные электроиндукционные сферические датчики, представляющие собой конструктивное объединение двух двойных датчиков в одно целое. Перед эксплуатацией датчиков они должны быть градуированы в однородном ЭП. Этот процесс трудоемкий, дорогостоящий и небезопасный. В работе авторами предлагается идея градуировать датчики токами, эквивалентными выходным токам датчика, находящегося в реальном однородном поле. Для этого разработан имитатор токовых сигналов, в основу которого положены математические соотношения, полученные при теоретическом взаимодействии датчика с однородным ЭП. Для проверки выдвинутой идеи сдвоенный датчик сначала настраивался и градуировался по изложенной в статье методике с получением статических характеристик. Затем для подтверждения правильности градуировки датчик помещался в реальное однородное ЭП. В однородном ЭП с датчика снимались статические характеристики и сопоставлялись с его статическими характеристиками, полученными после имитатора токовых сигналов. Результаты сопоставления показали хорошее совпадение статических характеристик. Расхождение составляло не более $\pm 3\%$. Поскольку эксперименты были проведены оценочные, то такое согласование статических характеристик можно признать приемлемым. Более тщательная настройка измерительных цепей сдвоенного датчика позволит снизить погрешность расхождения статических характеристик до $(0,5-1)\%$. Полученные результаты исследований позволяют подтвердить адекватность теории, положенной в основу расчетов сдвоенных электроиндукционных датчиков напряженности ЭП.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, сдвоенный датчик напряженности электрического поля, имитатор токовых сигналов датчика, генератор однородного поля.

Е. В. Леун

К вопросу достижения субпикометрической разрешающей способности акустооптическим двухканальным лазерным интерферометром перемещений с двумя разночастотными фотоприемниками

В статье рассматриваются акустооптический (АО) гетеродинный лазерный интерферометр перемещений (ЛИП) с двумя разночастотными фотоприемниками: высокочастотным (ВЧ) и низкочастотным (НЧ) малощумящим, работающими с «быстрым грубым» и «медленным точным» измерительными каналами соответственно. Описан режим работы АО ЛИП при старт-стопных циклических движениях объектов, обеспечивающий высокую разрешающую способность на начальных и финишных этапах перемещений с малыми скоростями движения. Проведен метрологический анализ «медленного точного» канала с учетом шумовой частотной характеристики фотоприемников с формированием т.н. ее «оптимистического» и «пессимистического» вариантов. На основе проведенного метрологического анализа определены частотные диапазоны сигнала, позволяющие на малых скоростях движения достичь разрешающей способности АО ЛИП субпикометрических значений.

Ключевые слова: лазерный интерферометр перемещений, система фазовой автоподстройки частоты, акустооптический модулятор, шумы фотоприемника, джиттер сигнала, пикометр, фазометр малого диапазона.

А. С. Горбунов, М. В. Елфимова, Ю. Н. Безбородов

Исследование изменений цветовых характеристик стали при термическом воздействии

В статье приведены результаты исследований образцов стали при термическом воздействии путем измерения цветовых характеристик с использованием модели разложения цвета на RGB составляющие. Полученные данные могут быть использованы при расследовании пожаров на объектах, выполненных из стальных строительных конструкций, и предметах, выполненных из стали. Таким образом специалист сможет подтвердить свои выводы по поводу установления очага пожара и путей его распространения.

Ключевые слова: RGB, термические повреждения стали, цветовые характеристики, расследование пожаров.

О. И. Гордеев, В. А. Захаренко

Программно-аппаратный комплекс диагностики электромеханических агрегатов

Представлены результаты разработки программно-аппаратного комплекса диагностики электромеханических агрегатов по параметрам потребляемой электрической мощности. Описано подключение прототипа вышеупомянутого комплекса к лабораторному стенду для вибродиагностики электромеханического оборудования и полученные в результате возможности для экспериментальных исследований. Показаны полученные экспериментальные графики изменения значений основных параметров потребляемой электрической мощности электродвигателя во времени при различном уровне нагрузки на вал стенда.

Ключевые слова: диагностика электромеханического оборудования, программно-аппаратный комплекс, спектральный анализ, токовая диагностика, вибрационная диагностика.