

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. А. Мукутадзе, П. В. Харламов, В. М. Приходько, Е. А. Болгова, В. Е. Шведова

Оценка износостойкости модифицированной конструкции радиального подшипника с учетом сжимаемости и вязкости микрополярного смазочного материала

Данное исследование включает разработку и анализ математической модели течения микрополярного смазочного материала в рабочем зазоре модифицированной конструкции бесконечного радиального подшипника скольжения с учетом сжимаемости и влияния давления на реологические свойства смазочного материала. Рассматривая сжимаемость смазочного материала, авторы учитывали зависимость вязкости и плотности смазочного вещества от высокого давления. В условиях, типичных для радиальных подшипников, значительные нагрузки могут вызывать изменения в свойствах смазочного материала, что, в свою очередь, влияет на его способность к формированию устойчивой смазывающей пленки. Поэтому введение параметров сжимаемости в модель позволяет более точно предсказать поведение смазочного вещества и эффективность смазки в различных режимах работы. Новая модель разработана общеизвестными уравнениями течения микрополярного смазочного вещества, уравнением неразрывности и уравнением состояния. Проведен сравнительный анализ численного результата теоретических моделей и экспериментального исследования. Таким образом, данная работа может представлять весомый вклад в область исследования радиальных подшипников. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего совершенствования конструкций подшипников, позволяющего увеличить их надежность и долговечность.

Ключевые слова: модифицированная конструкция радиального подшипника, оценка износостойкости, антифрикционное полимерное покрытие, ламинарный режим течения, микрополярный смазочный материал, гидродинамический режим течения.

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

Математическая модель формообразования циклической и каналовой поверхностей на основе нелинейного вращения

Настоящая статья является продолжением цикла работ авторов по вопросам формообразования поверхностей нелинейного вращения. Геометрическая схема формообразования поверхностей этого класса включает в себя: ось нелинейного вращения, представляющую собой гладкую, в общем случае пространственную кривую, и образующую линию, также гладкую пространственную кривую. При вращении образующей линии относительно криволинейной оси каждая точка образующей описывает окружностную траекторию в соответствующей нормальной плоскости оси вращения. В результате формируется поверхность нелинейного вращения, представляющая собой нормальную циклическую поверхность. В настоящей работе, с целью развития ранее полученных авторами результатов исследования в области формообразования поверхностей нелинейного вращения, рассмотрено решение обратной задачи формообразования и дано математическое обоснование возможности формообразования каналовой поверхности на основе решений прямой и обратной задач. В работе приведены числовые примеры формообразования рассматриваемых поверхностей, сопровождаемые математическими моделями поверхностей, их компьютерной реализацией. Результаты исследований могут быть полезными при разработке САПР, предусматривающих проектирование поверхностных форм изделий на основе циклических и каналовых поверхностей в машиностроении, строительстве, архитектуре и других практических областях.

Ключевые слова: нелинейное вращение, математическая модель, гладкость функции, формообразование, циклическая поверхность, обратная задача, каналовая поверхность.

Л. А. Сладкова, В. В. Фокин

Изменение напряженно-деформированного состояния элементов опорно-поворотного устройства кранов при эксплуатации

Несмотря на высокий технический уровень закупаемой за рубежом грузоподъемной техники, катастрофический отказ опорно-поворотных устройств этих кранов происходит через 3...5 лет срока службы вместо регламентированных 15. Наиболее характерными из них являются: повышенный износ кассет, выполненных из полиамида 6, сепараторов, зубьев шестерни и поворотного круга; выпадение тел качения (материал — подшипниковая сталь) из поворотного круга; выдавливание уплотнительной ленты. Для выявления скрытой причины преждевременного выхода из строя опорно-поворотного устройства кранов фирмы «Liebherr», работающих в средней полосе России, был выполнен натурный эксперимент при проведении погрузочно-разгрузочных работ, на основании проведения которого была установлена тенденция нагрева элементов опорно-поворотного устройства с учетом цикличности работы крана. Установлено, за 5 циклов нагружения тела качения прогреваются на глубину 40 мм до температуры порядка 40...45° С. Учитывая цикличность работы опорно-поворотного устройства крана и происходящее циклическое изменение температурного режима элементов опорно-поворотного устройства проведены теоретические исследования по изменению напряженно-деформированного состояния, например, контактирующих между собой кассет и тел качения изнашивания, работающих в условиях перепада температур. Установлено, что между торцевой поверхностью ролика и кассеты возникают напряжения, действующие в направлении плоскости касания и являющиеся причиной их повышенного изнашивания из-за возникающего внешнего трения.

Ключевые слова: стреловой самоходный кран, расчетные схемы, напряженно-деформированное состояние, опорно-поворотное устройство, отказы, прогрев, изнашивание, рабочий процесс.

В. Ю. Юрков

Интервальные множества в инженерной геометрии

Описывается конструктивный подход к геометрическому моделированию интервальных множеств многомерного пространства. Под интервальными множествами понимаются линейные множества k -плоскостей с неопределенными, интервальными параметрами. Рассматривается задание таких множеств интервальным базисом, под которым понимается базис с неопределенностью координат вершин базисного k -симплекса. Геометрические модели таких множеств имеют комбинаторную структуру в виде областей пространства, ограниченных кусочно-линейными гиперповерхностями. Аналитические модели строятся в виде систем интервальных уравнений или в виде систем уравнений и интервальными параметрами. Каждое интервальное множество описывается интервальной функцией, связывающее параметры множества. Множество интервальных функций образует область в пространстве параметров. Анализ взаимного положения областей для нескольких интервальных множеств позволяет судить об их взаимном положении в пространстве. Описанный подход может быть применен к решению ряда теоретических и прикладных задач инженерной геометрии, примеры которых приведены. Теоретический материал статьи иллюстрируется интервальными множествами прямых, некоторые свойства которых описываются аналитически.

Ключевые слова: геометрическая модель, интервальное множество, параметрическое задание, k -плоскость, кусочно-линейная структура, интервальный параметр, гиперплоскость.

А. Х. Шамутдинов, И. Ю. Лесняк

Теоретическое исследование кинематических пар «тор с тором» на основе геометрической кинематики

В данной статье представлено теоретическое исследование кинематических пар, известных как «пары катания», используемых во многих областях машиностроения, в частности в механизмах. Данное исследование касается таких тел (звеньев), как геометрические торы, представляющих собой хорошо известные тела вращения. С точки зрения геометрической кинематики, описаны новые представления механических движений тора в соединении «тор с тором» без связи с причинами, которые вызывают это движение. Проанализированы два варианта соединения двух торов: оси торов параллельны и перпендикулярны. По аналогии анализ кинематических пар данного вида расширяет элементы теории кинематических пар и даёт возможность разрабатывать их новые варианты во многих механизмах, используемых в различных областях машиностроения.

Ключевые слова: кинематическая пара, пара катания, тор, подвижность, матрица подвижности, скольжение, катание, верчение.

Р. Н. Пигилова, Ф. М. Филиппова, Ю. А. Аверьянова

Снижение травматизма при внедрении автоматизированных систем управления производственных процессов на энергетических предприятиях

В работе изучен ряд мероприятий по предотвращению аварийных ситуаций на промышленных предприятиях. С этой целью изначально проведено исследование наиболее вероятных опасных и вредных производственных факторов и статистический анализ аварийных ситуаций в энергетической сфере промышленности за последние семь лет. Исследование показало, что автоматизированная система управления технологическим процессом является наиболее эффективным средством: обеспечивает получение оперативной информации о процессе, состоянии оборудования и средствах управления, существенно сокращает непроизводительные расходы и потери энергоресурсов. Предложено усиление автоматизированной системы управления технологическим процессом путем интеграции модулей оперативно-диспетчерского управления и сопровождения производственного процесса с целью снижения травматизма по причине человеческого фактора.

Ключевые слова: организация производства, риски, опасности, авария, энергопредприятие, программное управление технологическим процессом, человеческий фактор.

А. С. Балдина

Построение систем управления затратами по обеспечению качества на российских оборонных предприятиях

В статье исследуются вопросы системного управления затратами по обеспечению качества на российских оборонных предприятиях. Актуальность работы определяется повышенными требованиями к экономии ресурсов, которые предъявляются в настоящее время к предприятиям оборонно-промышленного комплекса. Цель исследования — разработать рекомендации по построению системы управления затратами на качество на российских оборонных предприятиях на основе процессного подхода. Автором предложена обобщённая модель системы формирования затрат по обеспечению качества продукции. При управлении затратами на качество предлагается изначально отталкиваться от цен на проектируемую продукцию. На их основе рассчитывается оптимальная (с учётом существующих условий) производственная себестоимость продукции. Данные по себестоимости используются в качестве ориентира при проведении НИОКР. Особое внимание в работе уделено формированию центров ответственности в системе управления затратами на качество.

Ключевые слова: управление качеством, обеспечение качества, затраты на качество, оборонные предприятия, оборонно-промышленный комплекс, процессный подход.

К. А. Бражникова, Д. Е. Ильц

Методические рекомендации оценки качества процесса управления научно-техническим проектом на этапе научных исследований на базе вуза

Проведен анализ существующего инструментария, позволяющего обеспечить качество процесса управления научно-техническими проектами на всех стадиях жизненного цикла, реализуемыми на базе вуза. Исследован жизненный цикл проекта от научной идеи до конечного производства или продажи лицензии и выделен этап НИР, для которого рассматриваются предлагаемые рекомендации. Сформированы концептуальные основы качества процесса управления научно-техническим проектом с целью успешной коммерциализации научно-технического продукта на примере разработки нефтепродуктовой тары. Приведены методические рекомендации по управлению рисками научно-технического проекта. Представленные материалы могут быть использованы при разработке в вузах методических рекомендаций оценки качества процесса управления научно-техническим проектом, позволяющих получить соответствующий экономический эффект.

Ключевые слова: научно-технический проект, коммерциализация, качество, процесс, риски, управление, жизненный цикл, вуз.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

М. Я. Клецель, Е. В. Петрова, С. С. Гиршин, В. А. Криволапов, В. Н. Горюнов, В. М. Троценко
Повышение пропускной способности электрических сетей на основе интеграции метеорологических данных

Современные энергетические системы характеризуются растущей интеграцией возобновляемых источников энергии, что порождает новые задачи в области регулирования напряжения. Целью исследования являлось моделирование процесса регулирования напряжения в контексте распределительных электрических сетей низкого и среднего напряжения (до 35 кВ) с солнечными фотоэлектрическими системами. Разработан трехуровневый алгоритм управления напряжением, который анализирует и объединяет данные о солнечной генерации, определяет оптимальные действия для управления системами хранения энергии, рассчитывает уровни напряжения и определяет необходимые меры по управлению реактивной мощностью инвертора для эффективного уменьшения колебаний напряжения. В исследовании применялись методы математического усреднения временных рядов и оптимизации, основанные на анализе реальных данных. Алгоритм был протестирован на открытом наборе данных генерации энергии солнечной электростанцией. Результаты показывают значительное улучшение показателей регулирования напряжения в пределах нормативов, установленных ГОСТ 32144-2013, что подтверждает эффективность предложенного метода управления напряжением в электрических сетях с солнечными фотоэлектрическими системами.

Ключевые слова: солнечные фотоэлектрические системы, распределенные электрические сети, регулирование напряжения, возобновляемые источники энергии, алгоритмы управления реактивной мощностью, реактивная мощность инвертора.

В. В. Харламов, Д. И. Попов, П. С. Соколов

Математическая модель электротехнического комплекса с накопителем электрической энергии для испытания асинхронных двигателей

В работе отмечена проблема развития ремонтной инфраструктуры для нового подвижного состава, в том числе с асинхронными тяговыми двигателями. В соответствии с этим в качестве объекта исследований выбран электротехнический комплекс для испытаний асинхронных двигателей. Рассмотрена схема испытаний пары асинхронных машин с применением метода взаимной нагрузки. Для сглаживания бросков тока в переходных режимах в данной схеме применен накопитель электрической энергии. В результате исследований получена математическая модель рассматриваемой схемы испытаний, которая учитывает наличие накопителя энергии, подключенного к звену постоянного тока схемы испытаний. Решение тестовой задачи для проверки работоспособности рассматриваемой схемы показало ее высокую эффективность при сглаживании бросков тока в переходных режимах в схеме взаимной нагрузки.

Ключевые слова: математическая модель, накопитель электрической энергии, электротехнический комплекс, взаимная нагрузка, асинхронный двигатель, короткозамкнутый ротор, испытательный стенд, переходный режим.

С. С. Гиршин, В. А. Деев, Е. В. Петрова, О. В. Кропотин, В. А. Криволапов, В. Н. Горюнов
Уточненный анализ предельных режимов воздушных линий электропередачи

В статье проанализированы предельные режимы воздушных линий электропередачи по нагреву и по потерям напряжения. Получены уравнения, связывающие между собой температуру провода, потерю напряжения, мощности нагрузки, условия охлаждения и параметры линии. Показано, что в зависимости от длины можно выделить три характерные области, в которых предельные режимы определяются либо только нагревом, либо только потерей напряжения, либо и тем, и другим фактором. Отдельно рассмотрен комбинированный предельный режим, в котором температура

провода и потеря напряжения одновременно принимают максимально допустимые значения. Получены новые уточненные критерии оценки допустимости режима линии. В качестве примера рассмотрена линия АС-240 напряжением 220 кВ варьируемой длины, для которой построен ряд зависимостей, характеризующих области существования и условия возникновения предельных режимов.

Ключевые слова: предельные режимы линий, уравнение теплового баланса, воздушные линии электропередачи, температура провода, потери напряжения, допустимый ток.

О. В. Косарева-Володько, Алилу Сани Маман Кабиру

Проектирование и моделирование фотоэлектрических систем с помощью программного обеспечения PVsystem

Солнечная фотоэлектрическая энергия является одним из наиболее существующих и быстро растущих возобновляемых источников энергии, который имеет практическое применение в нескольких областях благодаря своей высокой доступности, огромному потенциалу и экологической совместимости. По сравнению с другими источниками энергии наблюдается значительный рост использования фотоэлектрической энергии в мире. Такое массовое использование фотоэлектрической энергии обусловлено простотой процесса преобразования, поскольку солнечное излучение напрямую преобразуется в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических элементов. Кроме того, фотоэлектрические системы производят чистую энергию и не загрязняют окружающую среду, тем самым способствуя борьбе с глобальным потеплением. Фотоэлектрическая энергия требует меньшего обслуживания, поскольку из-за отсутствия механических компонентов ее можно легко интегрировать в электрическую сеть. Фотоэлектрические модули предназначены для выработки максимальной мощности при воздействии солнечного излучения. Но на их производительность влияют многие параметры, такие как температура и солнечное излучение. На производительность фотоэлектрических систем также влияют внешние факторы окружающей среды, такие как загрязнение. Для оптимизации производства энергии используются солнечные трекеры МРРТ (Maximum Power Point Tracking). Целью данного исследования является предложение эффективного метода проектирования и моделирования фотоэлектрической электростанции мощностью 11 МВт, подключенной к национальной сети Нигера, с использованием программного обеспечения PVsyst. Метод: выбор типа системы (системы, подключенной к сети), географического расположения места установки с использованием базы данных программного обеспечения. Затем следует ориентация фотоэлектрической системы, выбор технологии фотоэлектрической системы (фотоэлектрические панели, инверторы, трансформаторы и т. д.) и их калибровка, изучение детальных потерь (потери системы, потери в проводах и потери массива) и выполнение команды для моделирования системы. Результаты: разработана проектно-имитационная модель фотоэлектрической электростанции мощностью 11 МВт, состоящая из 29120 фотоэлектрических панелей мощностью 385 Вт каждая, 133 трекера МРРТ и инвертора мощностью 66 кВт переменного тока каждый и трансформатора среднего напряжения мощностью 11 МВт. Проект был смоделирован, и полученные результаты проанализированы. Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные результаты уже отправлены в кабинет президента Нигера (департамент энергетики) для проверки и практического внедрения. Проектирование и моделирование фотоэлектрической системы с использованием программного обеспечения PVsyst позволяет инженерам, ученым и исследователям приобрести навыки проектирования и моделирования фотоэлектрических систем.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, инвертор, фотоэлектрическая система, солнечная электростанция, солнечные трекеры МРРТ, моделирование PVSystem.

О. А. Лысенко

Наблюдатель расхода жидкости асинхронного электропривода центробежного насоса

Статья посвящена разработке системы идентификации объемной подачи жидкости в насосных установках. Актуальность работы обусловлена растущими требованиями к автоматизации управления насосными системами. Ключевым элементом системы является наблюдатель, который позволяет оценивать основные параметры работы установки, такие как скорость вращения насоса и

момент сопротивления. Для электропривода насоса используется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, частота вращения которого регулируется. Давление в нагнетательном трубопроводе создается центробежным насосом. В основе наблюдателя лежит модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат, а для оценки скорости вращения и момента сопротивления насоса применяется наблюдатель Люенбергера. Для идентификации объемного расхода используется модель центробежного насоса, параметризованная полиномом второй степени. Авторы приводят результаты моделирования, показывающие высокую точность работы разработанного наблюдателя, с погрешностью не более 3 % в установившемся режиме. Полученные результаты демонстрируют эффективность предложенного подхода к построению системы мониторинга насосных установок.

Ключевые слова: идентификатор расхода, асинхронный электропривод, наблюдатель Люенбергера, центробежный насос, двойная беличья клетка ротора, насосная установка.

ЭЛЕКТРОНИКА, ФОТОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И СВЯЗЬ

И. В. Богачков

Анализ характеристик рассеяния Манделъштама–Бриллюэна в разновидностях эрбиевых оптических волокон

В этой работе представлены результаты тестирования параметров рассеяния Манделъштама–Бриллюэна для нескольких видов оптических волокон, легированных ионами эрбия и церия. Приведены полученные бриллюэновские рефлектограммы разных типов. Представлены частотные характеристики бриллюэновского рассеяния. Сделаны оценки начальных значений бриллюэновского частотного сдвига и поведения рефлектограмм уровня обратно отраженного сигнала для исследованных разновидностей волокон. Проведён сравнительный анализ полученных параметров различных видов эрбиевых оптических волокон.

Ключевые слова: рассеяния Манделъштама–Бриллюэна, бриллюэновская рефлектометрия, эрбиевое оптическое волокно, оптическое волокно с добавлением эрбия и церия, профиль спектра бриллюэновского рассеяния, бриллюэновский частотный сдвиг, классификация волокон.

А. В. Волков, А. М. Добренко, Н. А. Дробницкий, А. А. Дружинин, Д. В. Мылкин, М. О. Шейкин
Измерение и оптимизация индуктивных элементов в системах управления комбинированными энергокомплексами на основе возобновляемых источников энергии

Эта статья о перспективах развития альтернативной энергетики, роли преобразовательной техники, существующих и разрабатываемых методах оценки потерь индуктивных элементов, работающих в импульсной или резонансной преобразовательной технике и применяемых в энергокомплексах на основе возобновляемых источников энергии. В статье рассматриваются существующие методы оценки потерь в индуктивных элементах и границы их применимости. Рассматриваются новые решения, направленные на улучшение методологии и метрологии измерений. Даются рекомендации по минимизации потерь.

Ключевые слова: измерение потерь, индуктивные элементы, генератор тока, разделение потерь, оптимизация индуктивных элементов, преобразовательная техника, возобновляемые источники энергии, микроГЭС.

Е. А. Абидова

Алгоритм обработки данных в задаче управления состоянием оборудования

Системы диагностики, внедренные на многих промышленных объектах, предназначены для своевременного обнаружения дефектов и тем самым предотвращения внезапных отказов с последующим простоем оборудования, сопровождающимся экономическими убытками. В основе

работы большинства систем диагностики лежит принятие решения об исправности или неисправности объекта на основании сравнения диагностических параметров с пороговыми значениями. Проблемой такого подхода является то, что выход за установленные пределы фиксируется уже после того, как оборудование потеряло ремонтпригодность или требует сложного дорогого ремонта. В связи с этим ставится цель раннего и достоверного обнаружения дефектов электромеханического оборудования. Цель достигается путем разработки алгоритма обнаружения начала отклонения во временном ряде, состоящем из последовательно зарегистрированных диагностических параметров. Алгоритм базируется на последовательном применении анализа сингулярного спектра и позволяет не только своевременно выявлять отклонения, но и оценивать вероятность ошибки принятия решения. Алгоритм обработки данных исследован на наборах данных, сгенерированных в соответствии с заданными законами изменения. Также на реальном наборе диагностических данных продемонстрирована возможность своевременного и достоверного обнаружения дефектов. Внедрение алгоритма при управлении состоянием оборудования будет способствовать повышению безопасности и экономичности производственных объектов.

Ключевые слова: система диагностики, вибрационный контроль, обнаружение точек изменения, управление состоянием, ошибки принятия решения, сингулярный спектральный анализ.

А. И. Чередов, А. В. Щелканов

Преобразователь ток-частота на основе осцилляторного эффекта

Рассматривается возможность построения измерительных преобразователей постоянного тока, осуществляющих прямое преобразование тока в частоту переменного тока. Чувствительный элемент преобразователя представляет собой германиевый осциллятор. Приведены зависимости частоты от тока, полученные в ходе теоретических и экспериментальных исследований. Представлена конструкция преобразователя ток-частота и приведены его характеристики.

Ключевые слова: электронно-дырочная плазма, преобразователь, осциллятор, колебания тока, частота, электрическое поле, напряженность.

С. М. Кулясов, Д. М. Четгер, А. Н. Ляшук

Теоретическая оценка стабильности частоты сигнала цифрового термокомпенсированного кварцевого генератора с термодатчиком на основе двух вспомогательных кварцевых генераторов

В статье дана теоретическая предельная оценка стабильности цифрового термокомпенсированного кварцевого генератора с термодатчиком на основе двух вспомогательных кварцевых генераторов. Получены результаты: 7,5 ppb (для беспокойной среды) и 0,75 ppb (для спокойной среды). Исследованы технические решения получения линейной однозначной зависимости значения разностной частоты от температуры и увеличения крутизны этой зависимости, позволяющие получать разрешение по измерению температуры до 0,001 °C.

Ключевые слова: термодатчик, кварцевый генератор, термокомпенсация, температурная стабильность, спокойная среда, беспокойная среда.

A. M. Samandari

Promising systems for controlling prosthetics: a review

People with disabilities in the enormous scientific-technological revolution hope that it will overshadow the provision of assistance and find suitable solutions for them to lead their normal lives. The intersection of sciences among themselves took into account the problem of physical disabilities and, in particular, the loss of both upper and lower limbs. Modern prostheses are the product of the intersection of science and the technological revolution, which are still in the ladders of modernity and development due to they contain operators that can be controlled by brain signals according to the principle of neurainterfaces. Neuroimaging

techniques such as electromyography, functional infrared spectroscopy and electroencephalography are the superior methods of controlling these modern prostheses can be modelled on two functions, namely independent work and hybrid work. In light of these data the article takes upon itself these systems in their individual and hybrid states. In addition, this article indicates which of these techniques is the most worthy in creating the preferred system. The scope of the research methodology limited to neuroimaging techniques towards scenarios of neurological rehabilitation and restoration of lost functions. The review has three axes. The first axis collects, summarizes and evaluates information from relevant studies published over the last decade. The second axis presents important results from previous experimental results in this field in relation to current research. This study was systematically conducted to provide a rich image and evidence-based evidence of prosthetic control techniques to all experts and scientists. The third axis is to identify a wide area of knowledge that requires further investigation, and follow-up the succession of scientific events of these systems towards the possibility of integration among themselves to create the most promising system for controlling prostheses.

Keywords: disability, electroencephalography, electromyography, functional near infrared spectroscopy, hybrid brain-computer interface, control system, operators, prostheses.