

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

В. Р. Ведрученко, А. В. Штиб, И. И. Малахов

Снижение экономической эффективности судового дизеля от загрязнения элементов и полостей турбокомпрессора при использовании топлив разного состава

Выполнен развернутый анализ загрязнений деталей и полостей газотурбонагнетателя (ГТН) судового дизеля. Наиболее подвержены загрязнению сопловой аппарат газовой турбины и его рабочие лопатки, особенно при работе на тяжелом топливе и неудовлетворительной смазке цилиндров. Отложения на сопловых и рабочих лопатках снижают КПД турбины, повышают сопротивление тракта и могут вызвать помпаж компрессора, нарушение балансировки ротора и опасные вибрации агрегата. Выявлен состав загрязнений и их влияние на условия эксплуатации дизеля, проведена приближенная оценка экономического ущерба от загрязнений деталей и полостей ГТН.

Ключевые слова: судовый дизель, цилиндр, турбонагнетатель, компрессор, газовая турбина, мощность, загрязнения, отложения, наддув, эксплуатационные издержки, экономическая эффективность.

Д. С. Реченко, Р. У. Каменов, Д. Г. Балова, А. К. Аубакирова, И. К. Черных

Влияние остроты режущего инструмента на обработку стали 07X16H4B

Качество обработки сталей в промышленности характеризуется множеством параметров (например, наличием микровырывов, чешуек и наплывов, уровнем шероховатости и т.д.). На данные параметры влияют такие факторы, как режимы резания (скорость резания, подача и глубина), параметры технологического оборудования и характеристики режущего инструмента (геометрия режущей части, упрочняющее покрытие, острота лезвия). Цель работы — исследование обработанной поверхности коррозионно-стойкой стали 07X16H4B инструментом, заточенным классическим и высокоскоростным способами. Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи: изготовлен и заточен концевой твердосплавный режущий инструмент; проведены испытания режущего инструмента на стали 07X16H4B; был проведен контроль качества обработанной поверхности. Представлены результаты экспериментов по лезвийной обработке нержавеющей стали инструментом с различной остротой лезвия. На основе данных результатов сделаны выводы о том, что наилучший результат обработки высокопрочной коррозионно-стойкой стали марки 07X16H4B получен инструментом, заточенным высокоскоростным способом, с остротой лезвия $\rho = 3 \dots 5$ мкм. Полученные результаты работы позволяют обосновать рекомендации по требуемой остроте твердосплавного режущего инструмента, применяемого при обработке высокопрочных труднообрабатываемых сталей.

Ключевые слова: обработка коррозионно-стойкой стали, острота лезвия, высокоскоростное затачивание.

А. А. Крутько, Д. А. Седых, А. А. Воробьев, А. Р. Путинцева, Ю. О. Филиппов

Исследование напряженно-деформированного состояния колесной пары грузового вагона в процессе торможения

В результате исследования с помощью конечного элемента типа 10-узловой тетраэдр была разработана объемная конечно-элементная модель контакта колесной пары с рельсовыми участками, а также выявлены максимальные касательные напряжения и максимальные эквивалентные напряжения по теории Мизеса и Ван Данга. Показано, что максимальные боковые напряжения наблюдаются в точке, расположенной под поверхностью скольжения колеса на глубине 4,5–5,3 мм. Максимальное напряжение при экстренном (коротком) торможении происходит на поверхности скольжения колеса. При длительном торможении (движении поезда по длительному торможению) максимальные напряжения появляются у диска на месте перехода к внутренней стороне обода колеса, при этом величина этих напряжений в 2,5 раза выше, чем при режиме экстренного торможения. Для определения напряженнодеформированного состояния колесной пары грузового вагона в процессе торможения применялся метод конечных элементов.

Ключевые слова: колесная пара, система «колесо–рельс», метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, торможение.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

В. Н. Аносов, Д. Н. Белкова, В. М. Кавешников

Применение принципа максимума для оптимизации активного фильтра субгармоник тока

В статье на основе метода оптимального управления Л. С. Понтрягина получены структура и параметры оптимального регулятора для активного фильтра субгармоник тока (АФСТ). Такой регулятор позволяет достичь полного подавления субсинхронных крутильных колебаний роторов газотурбинных установок (ГТУ) автономной электростанции на этапе возникновения и развития резонанса на одной из собственных частот крутильных колебаний ГТУ и предотвращения срабатывания виброзащиты и аварийного отключения электростанции. Подобные отключения приводят к большим экономическим и технологическим потерям.

Ключевые слова: крутильные субсинхронные колебания, радиальные вибрации, активный фильтр субгармоник тока, оптимальный регулятор, математическое моделирование, автономная электроэнергетическая система с оптимальным АФСТ.

В. Л. Кодкин, А. С. Аникин, А. А. Балденков, Хуан Чжи Чен

Моделирование потокосцеплений асинхронного электродвигателя в динамических режимах. Сравнение эффективности различных алгоритмов управления

В данной статье приводятся результаты исследований, которые обосновали эффективность предложенной ранее авторами динамической положительной обратной связи по току статора в асинхронных электроприводах с частотным управлением. Проводимые в течение нескольких лет экспериментальные исследования показали, что такая связь обеспечивает практически полную компенсацию набросов нагрузки в статических режимах, а также минимальные динамические процессы парирования этих нагрузок (минимальное время переходного процесса и минимальное отклонение от установившегося значения). В ходе одного из обсуждений материалов этих исследований было высказано предположение о стабилизации электромагнитного потока в асинхронных электроприводах с такой связью.

В данной статье методом математического моделирования получено подтверждение этой гипотезы. Моделирование убедительно показало, что в системе с положительной обратной связью по току статора при динамических набросах нагрузки роторные потокосцепления стабилизируются значительно точнее, чем при известных способах управления асинхронными электродвигателями на всех скоростях вращения привода. В статье также приводится моделирование аналогичных режимов при векторном и скалярном управлении. Моделирование, таким образом, подтвердило эффективность предложенной структурной коррекции, тогда как ранее эксперименты показали значительно лучшую динамику и энергетику привода с такой коррекцией (динамической положительной обратной связи по току статора).

Ключевые слова: асинхронный электропривод, математическое моделирование, векторное управление, скалярное управление, положительная обратная связь.

О. А. Лысенко, А. А. Охотников, В. А. Захаренко, В. Ю. Кобенко

Исследование влияния алгоритмов формирования ШИМ пятиуровневых инверторов с активно-индуктивной нагрузкой на параметры выходного напряжения

В статье проводится анализ энергетических показателей многоуровневых преобразователей напряжения. На актуальность исследования указывают возрастающие требования технологических процессов к экономичности использования электрической энергии, к сокращению потребляемой полупроводниковыми преобразователями мощности, а также к уровню регулируемой реактивной мощности. Рассматриваемый преобразователь представляет собой пятиуровневый инвертор напряжения. В качестве топологии преобразователя рассматривается структура инвертора на H-мостах. В статье приводится двухкаскадная трехфазная схема с соединением ячеек инвертора в звезду. Описываются возможные состояния электронных ключей и соответствующие им режимы работы. Напряжение источников постоянного напряжения составляет 535 В. В статье рассматриваются алгоритмы формирования широтно-импульсной модуляции (ШИМ): фазовая оппозиция (ФО), альтернативная фазовая оппозиция (АФО) и гибридные методы с синусоидальной нулевой последовательностью модулирующего сигнала или с треугольной нулевой последовательностью модулирующего сигнала. В качестве критерия оценивания качеств выходного напряжения инвертора был принят коэффициент гармонических искажений (КГИ), а также уровень линейного напряжений. Приводятся гармонический спектр напряжения при различных способах управления преобразователем. Показаны возможные способы уменьшения коэффициента гармоник, а также увеличения коэффициента амплитудной модуляции за счет применения различных способов формирования широтноимпульсной модуляции.

Ключевые слова: мостовые схемы, инверторы, многоуровневые преобразователи, широтно-импульсная модуляция, трехфазная электрическая мощность, коэффициент гармонических искажений.

А. А. Татевосян, Е. Г. Андреева

Методика формирования численного проекционно-сеточного алгоритма на основе «трехмерного регулярного элемента» для расчета 3D-моделей магнитного поля в цилиндрической системе координат для синхронных магнитоэлектрических машин в составе высокотехнологических электротехнических комплексов

В статье предложена методика формирования численного проекционно-сеточного алгоритма на регулярной триангуляционной сети для расчетов трехмерных моделей магнитного поля синхронных магнитоэлектрических машин с возбуждением от постоянных магнитов (СМЭМ ПМ), используя рекуррентные выражения, полученные на основе «трехмерного регулярного элемента» для цилиндрической системы координат. Использование «трехмерного регулярного элемента» позволяет максимально автоматизировать процесс формирования глобальной системы линейных алгебраических уравнений в проекционно-сеточном методе Галеркина в сочетании с методом конечных элементов, минуя этап построения элементных систем уравнений. При решении задачи оптимизации конструкций тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в электротехническом комплексе центральное место в уточнении решения занимает расчет магнитного поля. По известному распределению индукции магнитного поля в областях, занятых обмоткой с током, вычисляются индуктивность обмотки, противо-ЭДС, рабочие характеристики СМЭМ ПМ в высокотехнологических электротехнических комплексах (ВЭТК).

Ключевые слова: трехмерный регулярный элемент, метод конечных элементов, магнитное поле, магнитная система, тихоходные синхронные магнитоэлектрические машины в ВЭТК.

А. А. Татевосян, А. В. Бубнов

Формирование общего подхода к оптимальному проектированию высокотехнологических энергоэффективных электротехнических комплексов на основе тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин

В статье предложен общий подход к созданию высокотехнологических энергоэффективных электротехнических комплексов на основе тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин. Поставлена задача оптимизации магнитной системы по критерию удельной полезной мощности при обеспечении минимума массы используемых активных материалов. Приведены оптимальные массогабаритные соотношения для магнитной системы линейного магнитоэлектрического привода, обуславливающие максимальное развиваемое электромагнитное усилие. Кроме этого, в статье представлена классификация пусковых и эксплуатационных характеристик синхронных магнитоэлектрических машин в составе электротехнических комплексов.

Ключевые слова: энергоэффективность, магнитная система, оптимизация, магнитоэлектрические машины, электротехнические комплексы, постоянные магниты, обмотка.

Б. А. Косарев, В. К. Федоров

Устранение отклонений напряжения и частоты, подавление хаотических колебаний в электротехнической системе с распределенной генерацией

В статье предложен алгоритм устранения отклонений напряжения и частоты, подавления хаотических колебаний в электротехнической системе с распределенной генерацией.

Показана работа алгоритма путем моделирования в программном пакете SymPowerSystems (MatLab).

Хаотический и предхаотический режимы работы детектируются алгоритмом одинаково. При невозможности подавить предхаотический и хаотический режимы однотипным управляющим воздействием предлагается дополнить алгоритм расчетом и оценкой показателей устойчивости.

Существующие алгоритмы детектирования и подавления хаоса не учитывают требования к показателям качества электрической энергии, для их реализации необходимо дорогостоящее измерительное оборудование. Поэтому целью работы является разработка алгоритма детектирования и подавления хаотических колебаний в электротехнической системе с распределенной генерацией, учитывающего требования к показателям качества электрической энергии и реализуемого простыми схемотехническими решениями.

Ключевые слова: распределенная генерация, хаотические колебания, показатели качества электрической энергии, установившееся отклонение напряжения, установившееся отклонение частоты, s-модель.

Г. А. Кошук, Б. А. Косарев, В. К. Федоров, А. А. Охотников

Возможность возникновения хаотических режимов работы электротехнической системы с распределенной генерацией

В работе показана возможность возникновения хаотических колебаний в электротехнической системе с распределенной генерацией. Хаотические колебания являются аварийным режимом функционирования электросистем. При этом, с точки зрения распределенной генерации, вопрос возникновения хаотического режима работы представляется проработанным недостаточно. Поэтому целью данной работы является рассмотрение возможности возникновения хаотических колебаний в системе с распределенной генерацией. Цель достигается описанием видов установившихся режимов работы системы с распределенной генерацией, причин возникновения и методов стабилизации хаотических колебаний.

Ключевые слова: электротехническая система с распределенной генерацией, хаотические колебания, детерминированная нелинейная цепь, показатели Ляпунова, хаотический аттрактор, бифуркационный параметр.

И. В. Присухина, Д. В. Борисенко

Совершенствование алгоритмов машинной классификации состояний рельсовых электротехнических систем в составе автоматической локомотивной сигнализации

Рельсовые электротехнические системы в составе автоматической локомотивной сигнализации могут находиться в одном из трех состояний, каждое из которых соответствует определенным требованиям по безопасности движения поездов. Переход рельсовой электротехнической системы в очередное состояние возможен при передаче по рельсам соответствующего электрического сигнала числового кода. Существенной проблемой, приводящей к сбоям в работе рельсовых электротехнических систем, являются случайные помехи в интервальных частях электрических сигналов числового кода. Такие помехи приводят к нарушению работы систем автоматической локомотивной сигнализации, задержкам в движении поездов и снижению экономической эффективности перевозочного процесса. В статье предложен способ повышения устойчивости рельсовой электротехнической системы к искажениям электрических сигналов числового кода за счет

применения искусственной нейронной сети для определения состояния рельсовой электротехнической системы. Показаны основные преимущества предложенного способа по отношению к имеющимся разработкам в рамках рассматриваемой задачи. Авторами продемонстрирована вычислительная эффективность предлагаемого подхода, которая достигается за счет конвейерной обработки данных.

Ключевые слова: рельсовая электротехническая система, автоматическая локомотивная сигнализация, искусственная нейронная сеть, числовой код, облачные вычисления.

В. Н. Пугач, Д. А. Поляков, К. И. Никитин, Н. А. Терещенко, И. В. Комаров
Исследование влияния термической деструкции на срок службы изоляции кабелей

Снижение технологических нарушений в электроснабжающих организациях является одной из важнейших задач электроэнергетики и диагностики. Срок службы силовых кабелей является одним из параметров, который значительно влияет на возникновение пробоев изоляции кабелей. В статье описывается термическое старение изоляционных материалов низковольтных кабелей и его влияния на срок их службы. Рассматриваются известные математические модели старения изоляции в зависимости от ее температуры. Низковольтные кабели подвергаются незначительному влиянию со стороны электрического поля ввиду большого запаса электрической прочности, поэтому предполагается, что такие кабели стареют в основном из-за их тепловых условий эксплуатации. Проведены экспериментальные исследования по мониторингу температуры изоляции кабеля. Семь недель эксперимента показали незначительные колебания температуры. Также в статье проведена оценка влияния температуры изоляции на ее срок службы. Результаты показали значительное сокращение срока эксплуатации даже при небольшом увеличении температуры, что показывает существенное влияние термического разрушения изоляционного материала.

Ключевые слова: модель старения изоляции, механизм старения изоляции, термическая деструкция изоляции, силовой низковольтный кабель.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

А. А. Новиков, А. Р. Путинцева, Д. А. Седых, В. Ю. Путинцев, Д. Д. Сидоренко
Экспериментальное исследование эрозионной возможности ультразвукового воздействия при санации нефростомических катетеров

В данной статье проведена оценка эффективности применения инвазивного акустического воздействия при дренировании наружного урологического катетера (нефростомы). Дано описание разработанного исследовательского стенда, приведены полученные результаты растровой электронной микроскопии на приборе «JCM-5700», определен процент удаленной обструкции по результатам взвешивания образцов до и после ультразвукового воздействия. Показано, что непродолжительное УЗ воздействие на жидкую среду в инкрустированном катетере позволяет удалить до 60 % загрязнений.

Ключевые слова: ультразвуковой волновод-инструмент, урологический катетер (нефростома), ультразвуковая санация, эрозионная возможность ультразвукового воздействия, пьезокерамический излучатель, амплитудно-модулированный сигнал.

А. И. Блесман, Р. Б. Бурлаков

Вакуумный испаритель для изготовления тонких пленок сублимируемого материала

Предложенный вакуумный испаритель может быть использован при вакуумном изготовлении пленок из Cr, Mg, Mn, SiO, GeO, MoO₃, WO₃, ZnS, ZnSe, CdS, CdSe, CdTe путем сублимации. Вакуумный испаритель, содержащий трубчатый элемент с плотно закрытыми плоскими концевыми участками, выполнен из Ta (или Mo) фольги с толщиной (0,05–0,1) мм с высокой температурой плавления и испарения и содержит центральную область радиального поперечного сечения с отверстием в виде овала, расположенную между плоскими концевыми участками, имеющими переменную площадь токового сечения, которая уменьшается в направлении от центра трубчатого элемента к его концам. Предложенный испаритель имеет более широкие эксплуатационные и технологические возможности, так как для изготовления испарителя используют металлическую фольгу, что позволяет при его изготовлении изменять размеры испарителя. При этом предложенный испаритель можно использовать для нанесения пленок неоднократно, выполняя его повторную загрузку без удаления из вакуумной камеры.

Ключевые слова: вакуумный испаритель, изготовление тонких пленок, метод сублимации.

О. В. Кривоzubов, Ю. Г. Кряжев, И. В. Анисеева, Н. А. Давлеткильдеев, Д. В. Соколов, О. Н Семенова

Формирование на кварцевой подложке и исследование свойств наноструктурированных слоев из поливинилена, получаемого дегидрохлорированием поливинилхлорида в присутствии модифицирующей добавки — нитрата железа

Работа посвящена решению актуальной задачи разработки простых способов нанесения на различные подложки наноструктурированных слоев полимеров с системой сопряжения, обладающих свойствами органических полупроводников. Для получения таких полимеров использовали дегидрохлорирование поливинилхлорида под действием анилина в растворе диметилсульфоксида. В качестве металлсодержащей модифицирующей добавки применяли нитрат железа. Получены наноструктурированные слои поливинилена (полимера с системой сопряженных двойных связей) путем формирования на пластинах монокристаллического кварца методом Ленгмюра–Блоджетт. Методом АСМ показано, что в отсутствие металлсодержащей добавки формируются слои поливинилена толщиной ~100 нм. Допирование металлом приводит к значительным изменениям морфологии слоев. Наблюдается образование конгломератов частиц округлой формы размером ~30...50 нм. Содержание железа в этих слоях составило 0,04% атомных. Исследование ультрафиолетовых спектров показало, что допирование железом обуславливает кратное увеличение оптической плотности во всем исследованном диапазоне длин волн. Полученные данные могут быть использованы при создании элементной базы молекулярной электроники.

Ключевые слова: полисопряженные полимеры, тонкие пленки, поливинилхлорид, дегидрохлорирование, атомно-силовая микроскопия, проводимость.

Е. В. Леун, Л. Г. Варепо, А. Е. Шаханов, А. В. Никель

К вопросам построения струйно-капельных оптических измерительных систем: анализ оптических, динамических и метрологических параметров при визуализации поверхности обрабатываемого изделия

Статья посвящена вопросам использования струйно-капельных оптических измерительных систем для измерений отклонений формы, в том числе шероховатости поверхности изделий при обработке. Рассматриваются вопросы передачи изображения, управления фокусным расстоянием за счет слияния нескольких капель одного или нескольких гидротоков. Обсуждаются вопросы передачи изображения движущимися и упавшими на поверхность обрабатываемого изделия каплями.

Представлена методика расчета требований по быстродействию, предъявляемых к регистрации изображения микроскопа совместно с движущейся каплей, в зависимости от ее размеров, используемой жидкости и скорости ее движения. Рассматривается разработанная методика расчета погрешности позиционирования движущихся капель для одно- и двухосевого управления траекторией движения капельного потока.

Ключевые слова: струйно-капельная оптическая измерительная система, электрокапельструйное устройство, управляемый капельный поток, слияние капель, позиционирование капли, вынужденный капиллярный распад струи, капельный микроскоп.