

Содержание

Электротехника, 2025, №8, стр. 3-10

Аналитическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в формате 3D

АФАНАСЬЕВ А.А.

Рассмотрена аналитическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, основанная на решении трёхмерного уравнения Лапласа в частных производных методом разделения переменных для вложенных друг в друга полых цилиндров конечной длины, граничные условия для которых совпадают с граничными условиями магнитного поля, вызванного токами обмоток статора и ротора и наведенными намагниченностями в ферромагнитных участках обоих сердечников. Активные части асинхронного двигателя при электромагнитном расчёте разбиваются на структурно однородные (по геометрии и материалу среды) полые цилиндры (торы): ярма статорных и роторных сердечников, воздушный зазор, статорные и роторные зубцы. Постоянные метода разделения переменных находятся из решения системы линейных алгебраических уравнений, матрица которой в рассматриваемом примере имеет размер 8×8 . Элементами матрицы являются модифицированные функции Бесселя (Инфельда и Макдональда). Анализируется распределение магнитной индукции в воздушном зазоре двигателя, содержащее зубчатые пульсации и неравномерность индукции по длине сердечников статора и ротора. Выполнен расчёт электромагнитного момента двигателя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, трёхмерная аналитическая модель, разделение переменных, неизвестные постоянные, цилиндрические функции Бесселя, индукция в воздушном зазоре, электромагнитный момент.

An analytical model of an asynchronous motor with a closed-loop rotor is considered, based on the solution of the three-dimensional Laplace partial differential equation by the method of separation of variables for hollow cylinders of finite length nested in each other, the boundary conditions for which coincide with the boundary conditions of the magnetic field caused by

currents of the stator and rotor windings and induced magnetization in the ferromagnetic sections of both cores. In electromagnetic calculation, the active parts of an asynchronous motor are divided into structurally homogeneous (in geometry and material of the medium) hollow cylinders (tori): yoke of stator and rotor cores, air gap, stator and rotor teeth. The constants of the method of separation of variables are found from the solution of a system of linear algebraic equations, the matrix of which in the example under consideration has a size of 8×8 . The matrix elements are modified Bessel functions (Infeld and McDonald). The distribution of magnetic induction in the engine air gap is analyzed, which contains jagged pulsations and uneven induction along the length of the stator and rotor cores. The electromagnetic torque of the engine is calculated.

Key words: asynchronous motor, three-dimensional analytical model, separation of variables, unknown constants, cylindrical Bessel functions, induction in the air gap, electromagnetic moment.

Электротехника, 2025, №8, стр. 11-16

Способ отстройки токовых пусковых органов дистанционной защиты от качаний и асинхронных режимов электрической системы

БУЛЫЧЕВ А.В., ШАЛИМОВ А.С.

Рассмотрен способ отстройки параметров срабатывания цифровых пусковых органов дистанционной и высокочастотных защит, реагирующих на приращения векторных значений тока, от качаний и асинхронного хода. Показано влияние нестационарных переходных режимов электрической системы на поведение алгоритмов измерения приращений пусковыми органами блокировки при качаниях разного типа. Приведены результаты сравнительного исследования чувствительности цифровых измерительных органов на основе дискретного преобразования Фурье и нерекурсивных фильтров, которые могут быть использованы при проектировании и выборе параметров срабатывания функций релейной защиты.

Ключевые слова: релейная защита, дистанционная защита, блокировка при качаниях, приращения тока, параметры срабатывания.

A method for adjusting the operation parameters of digital triggers of remote and high-frequency protections that respond to increments of vector current values from oscillations

and asynchronous running is considered. The influence of non-stationary transient modes of an electrical system on the behavior of algorithms for measuring increments by locking starting organs during swings of various types is shown. The results of a comparative study of the sensitivity of digital measuring instruments based on the discrete Fourier transform and non-recursive filters that can be used in the design and selection of parameters for the operation of relay protection functions are presented.

Key words: relay protection, remote protection, swing blocking, current increments, response parameters.

Электротехника, 2025, №8, стр. 17-23

Двухупаковочные термостойкие электроизоляционные лакокрасочные материалы на основе полиметилфенилсилоксановой смолы и различных алкоксисиланов

ВАСИЛЬЕВ А.Б., ПАТЬЯНОВА А.О., КИРИЛЛОВ А.А., ИВАНОВА К.Ю., КУЗЬМИН М.В., КОЛЯМШИН О.А.

Рассмотрены пути улучшения эксплуатационных характеристик двухупаковочных термостойких электроизоляционных лакокрасочных материалов на основе полиметилфенилсилоксановой смолы и различных алкоксисиланов. Установлены оптимальные соотношения компонентов смеси, обеспечивающие достижение максимально эффективных результатов. Установлено, что внедрение алкоксисиланов в качестве отвердителей полиметилфенилсилоксановой смолы приводит к существенному улучшению диэлектрических и эксплуатационных характеристик получаемых лаковых покрытий, что свидетельствует о значительном потенциале такого подхода для оптимизации технологических параметров и улучшения эксплуатационных свойств лакокрасочных покрытий. Результаты исследований подтверждают перспективность использования алкоксисиланов для улучшения физико-механических характеристик двухупаковочных термостойких электроизоляционных лаковых покрытий. Отмечено значительное повышение термостабильности и механической прочности, что делает лакокрасочные покрытия на их основе конкурентоспособным на рынке материалов для обработки и антикоррозионной защиты металлоконструкций, подвергающихся воздействию физико-механических и высоких температурных нагрузок.

Ключевые слова: двухупаковочные термостойкие электроизоляционные лакокрасочные материалы, полиметилфенилсилоксановая смола, алкоксисиланы, физико-механические и электроизоляционные свойства.

Ways to improve the operational characteristics of two-pack heat-resistant electrical insulating paint and varnish materials based on polymethylphenylsiloxane resin and various alkoxy silanes are considered. Optimal ratios of the components of the mixture have been established, ensuring the achievement of the most effective results. It has been established that the introduction of alkoxy silanes as polymethylphenylsiloxane resin hardeners leads to a significant improvement in the dielectric and performance characteristics of the resulting varnishes, which indicates the significant potential of this approach to optimize technological parameters and improve the performance properties of paint coatings. The research results confirm the prospects of using alkoxy silanes to improve the physical and mechanical characteristics of two-pack heat-resistant electrical insulating varnishes. A significant increase in thermal stability and mechanical strength was noted, which makes paint and varnish coatings based on them competitive in the market of materials for processing and corrosion protection of metal structures exposed to physico-mechanical and high temperature loads.

Key words: two-pack heat-resistant electrical insulating paint and varnish materials, polymethylphenylsiloxane resin, alkoxy silanes, physico-mechanical and electrical insulating properties.

Электротехника, 2025, №8, стр. 24-30

Исследование магнитного поля Ш-образного электромагнита переменного тока в программах конечно-элементного анализа

ЗАХАРОВ В.А., РУССОВА Н.В., ГАЛАНИНА Н.А., ИВАНОВА С.П., АРКАДЬЕВ В.В.

Приведены результаты моделирования и расчета параметров магнитного поля Ш-образного электромагнита переменного тока в программах конечно-элементного анализа FEMM 4.2 и COMSOL Multiphysics. Изложена математическая модель расчета поля методом конечных элементов. Построение топографической и зонной картин электромагнитного поля проведено в среде программы анализа физических полей FEMM 4.2. С использованием встроенных средств постпроцессора программной среды выполнено интегрирование по тензору натяжения Максвелла и определены

электромагнитные усилия при изменении ширины рабочего зазора. Построена тяговая характеристика исследуемого электромагнита для отдельно взятого момента времени. Определены оптимальные числа узлов конечных элементов в схеме для эффективного моделирования. В среде программы COMSOL Multiphysics построена зонная картина распределения магнитной индукции по сечению Ш-образного электромагнита, временные зависимости потоков и электромагнитных сил в экранированных и неэкранированных частях магнитопровода. Подтверждена правильность функционирования исследуемого электромагнитного устройства по условию отсутствия вибрации якоря. Сделаны выводы о применении программ конечно-элементного анализа в проектировании электромагнитов переменного тока.

Ключевые слова: магнитная система, электромагнитное поле, магнитный поток, метод конечных элементов, метод граничных элементов, FEMM 4.2, COMSOL Multiphysics.

The results of modeling and calculating the parameters of the magnetic field of a W-shaped alternating current electromagnet in the finite element analysis programs FEMM 4.2 and COMSOL Multiphysics are presented. A mathematical model for calculating the field using the finite element method is described. The topographic and zone patterns of the electromagnetic field were constructed in the environment of the FEMM 4 physical field analysis program.2. Using the built-in postprocessor tools of the software environment, Maxwell tension tensor integration was performed and electromagnetic forces were determined when changing the width of the working gap. The traction characteristic of the investigated electromagnet is constructed for a single moment in time. The optimal numbers of nodes of finite elements in the scheme for effective modeling are determined. In the environment of the COMSOL Multiphysics program, a zone pattern of the distribution of magnetic induction over the cross section of a W-shaped electromagnet, time dependences of fluxes and electromagnetic forces in the shielded and unshielded parts of the magnetic circuit is constructed. The correct functioning of the electromagnetic device under study has been confirmed under the condition of the absence of vibration of the armature. Conclusions are drawn about the application of finite element analysis programs in the design of alternating current electromagnets.

Key words: magnetic system, electromagnetic field, magnetic flux, finite element method, boundary element method, FEMM 4.2, COMSOL Multiphysics.

Электротехника, 2025, №8, стр. 31-35

Электрические режимы ресурсосберегающих технологий формообразования машиностроительных заготовок

КОВАЛЕВ В.Г., ТАРАСОВ В.А., АФАНАСЬЕВ В.В.

Исследованы начальные режимы электрошлаковой наплавки для получения осесимметричной трубной заготовки с внутренним уширением. Показано, что распределение выделяемой тепловой энергии в шлаковой ванне влияет на формирование качественного сплавления. Натурным экспериментом подтверждено, что качественное сплавление формируется при превышении торца трубной основы на 10–12 мм над уровнем дорна (поддона). Показано, что скорость электрошлаковой наплавки значительно больше, чем скорость известных аддитивных технологий.

Ключевые слова: формообразование машиностроительных заготовок, электрошлаковые установки, электрошлаковые технологии, электрические поля, электрические режимы, электрошлаковая наплавка, ресурсосбережение.

The initial modes of electroslag surfacing for obtaining an axisymmetric tube billet with internal broadening are investigated. It is shown that the distribution of the released thermal energy in the slag bath affects the formation of high-quality fusion. A field experiment has confirmed that high-quality fusion is formed when the end of the pipe base is 10-12 mm above the level of the mandrel (pallet). It is shown that the rate of electroslag surfacing is significantly higher than the rate of known additive technologies.

Key words: shaping of machine-building blanks, electroslag installations, electroslag technologies, electric fields, electric modes, electroslag surfacing, resource conservation.

Электротехника, 2025, №8, стр. 36-41

Электроизоляционный лак на основе полиметилфенилсилоксановой смолы и акриловых сополимеров

ЛУКИН А.В., ПАТЬЯНОВА А.О., КИРИЛЛОВ А.А., ИВАНОВА К.Ю., КУЗЬМИН М.В.

Рассмотрены способы оптимизации технологических характеристик электроизоляционного термостойкого лака на основе полиметилфенилсилоксановой смолы и акриловых сополимеров. Установлено, что увеличение доли акриловых пленкообразующих в составе полиметилфенилсилоксановой смолы приводит к росту вязкости, снижению плотности и ускорению высыхания лаковых составов. Введение в полиметилфенилсилоксановую смолу сополимеров метилметакрилата и бутилметакрилата приводит к росту средней молекулярной массы лаковых составов, снижению эластичности и прочности покрытия, уменьшению твердости покрытий. Показано, что покрытия, полученные с применением в качестве пленкообразующих сополимеров Degalan LP 65/12 и Дакрил SP 652, обладают наименьшей хрупкостью. В результате физическая модификация полиметилфенилсилоксановой смолы высокомолекулярными акриловыми сополимерами приводит к увеличению физико-механических и деформационно-прочностных свойств.

Ключевые слова: электроизоляционный лак, полиметилфенилсилоксановая смола, акриловые сополимеры, физико-механические и электроизоляционные свойства, термостабильность, молекулярно-массовое распределение, гельпроникающая хроматографии, ИК-спектроскопия.

The methods of optimizing the technological characteristics of an electrically insulating heat-resistant varnish based on polymethylphenylsiloxane resin and acrylic copolymers are considered. It has been found that an increase in the proportion of acrylic film-forming agents in the composition of polymethylphenylsiloxane resin leads to an increase in viscosity, a decrease in density, and an acceleration in the drying of lacquer compounds. The introduction of methyl methacrylate and butyl methacrylate copolymers into polymethylphenylsiloxane resin leads to an increase in the average molecular weight of the varnish compositions, a decrease in the elasticity and strength of the coating, and a decrease in the hardness of the coatings. It is shown that the coatings obtained using Degalan LP 65/12 and Dacryl SP 652 as film-forming copolymers have the lowest brittleness. As a result, the physical modification of polymethylphenylsiloxane resin with high molecular weight acrylic copolymers leads to an increase in physico-mechanical and deformation-strength properties.

Key words: electrical insulating varnish, polymethylphenylsiloxane resin, acrylic copolymers, physico-mechanical and electrical insulating properties, thermal stability, molecular weight distribution, gel-penetrating chromatography, IR spectroscopy.

Особенности тестирования устройств синхронизированных векторных измерений в асинхронном режиме энергосистемы

ФЕДОТОВ Д.А., АНТОНОВ В.И., ДОНИ Н.А., МОКЕЕВ А.В., БЫЧКОВА А.В.,
ДМИТРЕНКО А.М.

Одним из тестов при поверке устройств синхронизированных векторных измерений является испытание в условиях асинхронного режима энергосистемы. В стандартах по векторным измерениям сигналы упомянутых тестов нормируются в виде модулированных сигналов с отдельной модуляцией амплитуды и фазы в ограниченных пределах, в связи с чем регламентируемый стандартами сигнал значительно отличается от сигнала в реальном асинхронном режиме. Более того, при приближении электрического центра качаний к расположению устройства синхронизированных векторных измерений, модель сигнала, полученного в соответствии со стандартом, теряет достоверность представления сигнала асинхронного режима. Для повышения релевантности модели сигнала процессам при асинхронном режиме предложено использовать для тестирования сигнал двухчастотного асинхронного режима. Характеристики моделей сопоставляются на основе понятия векторной ошибки моделей, оценивающей различие между ними, как абсолютное расстояние между их теоретическими синхровекторами. Отказ от использования для оценки расхождения моделей понятия полной векторной ошибки и введение нового понятия ошибки моделей вызваны необходимостью сравнения теоретических синхровекторов, а не измерений устройств. Сопоставление теоретических синхровекторов, соответствующих моделям из стандартов и двухчастотного асинхронного режима, в рамках меры векторной ошибки моделей показывает, что их отличие уже при предусмотренных стандартами коэффициентах модуляции превышает 10 %, что подтверждает необходимость модернизации существующих подходов к тестированию устройств синхронизированных векторных измерений.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, асинхронный режим, синхронизированные векторные измерения, устройство синхронизированных векторных измерений.

One of the tests in the verification of synchronized vector measurement devices is a test in asynchronous mode of the power system. In the standards for vector measurements, the signals of the mentioned tests are normalized in the form of modulated signals with separate amplitude and phase modulation within limited limits, and therefore the signal regulated by the standards differs significantly from the signal in real asynchronous mode. Moreover, when the electric swing center approaches the location of the synchronized vector measurement device, the signal model obtained in accordance with the standard loses the reliability of the asynchronous mode signal representation. To increase the relevance of the signal model to processes in asynchronous mode, it is proposed to use a two-frequency asynchronous mode signal for testing. The characteristics of the models are compared based on the concept of the vector error of the models, which evaluates the difference between them as the absolute distance between their theoretical synchro vectors. The refusal to use the concept of total vector error to evaluate model discrepancies and the introduction of a new concept of model error are caused by the need to compare theoretical synchro vectors rather than device measurements. A comparison of theoretical synchro vectors corresponding to models from the standards and dual-frequency asynchronous mode, as part of the vector error measure of the models, shows that their difference already exceeds 10% at the modulation coefficients provided by the standards, which confirms the need to modernize existing approaches to testing synchronized vector measurement devices.

Key words: electric power system, asynchronous mode, synchronized vector measurements, synchronized vector measurement device.

Электротехника, 2025, №8, стр. 50-55

О механической прочности полимерных изоляционных конструкций газонаполненного высоковольтного оборудования

ВАРИВодов В.Н., КОВАЛЕВ Д.И., ГОЛУБЕВ Д.В., КРУГЛИКОВ Д.А., ГРАУДЫНЬ С.В.

Рассмотрены особенности обеспечения высокой механической прочности полимерных изоляционных конструкций газонаполненного высоковольтного оборудования.

Проанализированы основные факторы, влияющие на механическую прочность литых эпоксидных изоляторов. Проведены экспериментальные исследования влияния различных способов улучшения сцепления заливаемой металлической арматуры и

компаунда. Определены оптимальные технологии повышения адгезии эпоксидных компаундов к металлической арматуре.

Ключевые слова: газонаполненное высоковольтное оборудование, полимерные изоляционные конструкции, литые эпоксидные изоляторы, механическая прочность, металлическая арматура, адгезия.

The features of ensuring high mechanical strength of polymer insulating structures of gas-filled high-voltage equipment are considered. The main factors influencing the mechanical strength of cast epoxy insulators are analyzed. Experimental studies have been conducted on the effects of various methods for improving the adhesion of cast metal fittings and compounds. Optimal technologies for increasing the adhesion of epoxy compounds to metal fittings have been determined.

Key words: gas-filled high-voltage equipment, polymer insulation structures, cast epoxy insulators, mechanical strength, metal reinforcement, adhesion.

Электротехника, 2025, №8, стр. 56-60

Лавинно-стримерный переход в коротких воздушных промежутках в твёрдой изоляции

ГАЛИМОВА А.В., БЕЛОГЛОВСКИЙ А.А., КОВАЛЕВ Д.И., ЛЕБЕДЕВА Н.А., ЛЫСОВ Н.Ю., ТЕМНИКОВ А.Г.

Рассмотрено влияние свойств твёрдого диэлектрика на развитие разряда в воздушных промежутках, ограниченных твёрдой изоляцией. Выполнен анализ влияния диэлектрической проницаемости твердого диэлектрика и толщины его слоя в межэлектродном промежутке на формирование стримерного разряда в воздушных зазорах при практически однородном электрическом поле. Приведены результаты численного моделирования, выполнен их анализ с точки зрения развития разрядных процессов в структурах с твёрдой изоляцией.

Ключевые слова: твёрдая изоляция, воздушные промежутки, стримерный разряд, лавинно-стримерный переход, математическое моделирование.

The influence of the properties of a solid dielectric on the development of a discharge in air gaps bounded by solid insulation is considered. The effect of the dielectric constant of a solid dielectric and the thickness of its layer in the interelectrode gap on the formation of a streamer discharge in air gaps under an almost uniform electric field is analyzed. The results of numerical modeling are presented and analyzed from the point of view of the development of discharge processes in structures with solid insulation.

Key words: solid insulation, air gaps, streamer discharge, avalanche-streamer transition, mathematical modeling.

Электротехника, 2025, №8, стр. 61-64

Моделирование разрядных явлений в протяженных дефектах изоляции литых шинопроводов

ГАЛИМОВА А.В., ГУ С., КОВАЛЕВ Д.И., КЛУБКОВ А.В., БЕЛОГЛОВСКИЙ А.А., ЛЫСОВ Н.Ю.

Все более широкое использование в электротехнических установках шинопроводов с твёрдой литой изоляцией ведёт к необходимости разработки подходов к диагностике и контролю их технического состояния, а также к выявлению и анализу факторов, способствующих образованию изоляционных дефектов и отказов оборудования. Рассматривается моделирование разрядных явлений в протяжённых дефектах твёрдой изоляции шинопроводов, оценивается значение активной мощности, способной выделиться на таких дефектах, и анализируются способы их диагностики и мониторинга.

Ключевые слова: шинопроводы, литая изоляция, диагностика изоляции, потери в изоляции, численное моделирование.

The increasing use of solid cast-insulated busbars in electrical installations leads to the need to develop approaches to the diagnosis and control of their technical condition, as well as to identify and analyze factors contributing to the formation of insulation defects and equipment failures. Modeling of discharge phenomena in extended defects of solid insulation of busbars is considered, the value of active power capable of being released on such defects is

estimated, and methods of their diagnosis and monitoring are analyzed.

Key words: busbars, cast insulation, insulation diagnostics, insulation losses, numerical modeling.

Электротехника, 2025, №8, стр. 65-72

Влияние фракционного состава полимерного изоляционного материала на электрофизические и тепловые характеристики энергетического оборудования

КОВАЛЕВ Д.И., ГОЛУБЕВ Д.В., ЕЛФИМОВ С.А., КРУГЛИКОВ Д.А., ЖУЛИКОВ С.С.

Представлена методика оценки влияния фракционного состава наполнителей на электрофизические и тепловые свойства полимерной изоляции. На основе статистически эквивалентной реконструкции микроструктуры сформирован объёмный элемент, для которого методом конечных элементов решены стационарные задачи теплопроводности и электростатики. Гомогенизация локальных полей даёт эффективные параметры композита (диэлектрическую проницаемость, электропроводность, теплопроводность, теплоёмкость, плотность), которые далее используются в макромоделе секций шинпровода номинальным напряжением 1 и 10 кВ.

Ключевые слова: электрофизические и тепловые характеристики энергетического оборудования, полимерный композит, фракционный состав наполнителя, диэлектрическая проницаемость, электропроводность, теплопроводность, порог перколяции, численное моделирование.

A method for assessing the effect of the fractional composition of fillers on the electrophysical and thermal properties of polymer insulation is presented. Based on a statistically equivalent reconstruction of the microstructure, a volumetric element has been formed for which the stationary problems of thermal conductivity and electrostatics have been solved using the finite element method. The homogenization of local fields provides effective composite parameters (dielectric constant, electrical conductivity, thermal conductivity, heat capacity, density), which are further used in the macromodel of busbar sections with rated voltages of 1 and 10 kV.

Key words: electrophysical and thermal characteristics of power equipment, polymer composite, fractional composition of filler, dielectric constant, electrical conductivity, thermal conductivity, percolation threshold, numerical modeling.

Электротехника, 2025, №8, стр. 73-77

Стойкость стеклонаполненного компаунда в среде озона

ШМЕЛЕВ А.Я., ЛЫСОВ Н.Ю., ТИМОФЕЕВ Е.М., ГАЛИМОВА А.В., СМОРОДИН А.И.

Разработка и производство изоляционных и герметизирующих материалов, устойчивых к воздействию агрессивных сред, таких как озон, остаётся актуальной задачей, особенно в условиях эксплуатации оборудования на открытом воздухе и в озоногенерирующих установках. Существуют два подхода к созданию озоностойкой изоляции – использование защитных покрытий и разработка компаундов, устойчивых к озону при сохранении необходимых механических и диэлектрических свойств. Цель статьи – исследование влияния содержания наполнителя и технологии заливки на стойкость к озону специально разработанного стеклонаполненного заливочного компаунда. Изучаемый материал предназначен для применения в изоляционных конструкциях, эксплуатируемых в среде озона высокой и сверхвысокой концентрации. В качестве критерия стойкости принята долговременная прочность материала при изгибе.

Ключевые слова: стеклонаполненный компаунд, озоностойкость, испытания на изгиб.

The development and production of insulating and sealing materials that are resistant to aggressive environments such as ozone remains an urgent task, especially in the conditions of outdoor equipment operation and in ozone-generating plants. There are two approaches to creating ozone-resistant insulation - the use of protective coatings and the development of compounds resistant to ozone while maintaining the necessary mechanical and dielectric properties. The purpose of the article is to study the effect of filler content and filling technology on the ozone resistance of a specially designed glass-filled filling compound. The studied material is intended for use in insulating structures operated in an environment of high and ultrahigh concentration of ozone. The long-term bending strength of the material is

accepted as a criterion of durability.

Key words: glass-filled compound, ozone resistance, bending tests.

Электротехника, 2025, №8, стр. 78-81

Особенности теплового расчета коллекторных микродвигателей постоянного тока с постоянными магнитами и полым якорем

ВСТОВСКИЙ С.А., ПАХОМОВ А.Н., СОЛДАТОВ А.В., АФАНАСЬЕВ С.Н.

Предложена математическая модель тепловых процессов для микродвигателей постоянного тока с постоянными магнитами и полым якорем. Модель позволяет выбрать максимально допустимую плотность тока в полом якоре двигателя на начальном этапе проектирования, учесть влияние температуры на поверхности магнита на свойства неодимового магнита и получить более высокие эксплуатационные показатели двигателя в целом. При разработке модели использовалась программа для решения задач вычислительной гидрогазодинамики AnsysCFX на основе метода конечных объемов.

Ключевые слова: коллекторный микродвигатель постоянного тока, постоянные магниты, полый якорь, тепловой расчет, программа AnsysCFX.

A mathematical model of thermal processes for direct current micromotors with permanent magnets and a hollow armature is proposed. The model allows you to select the maximum allowable current density in the hollow armature of the motor at the initial design stage, take into account the influence of temperature on the surface of the magnet on the properties of the neodymium magnet and obtain higher performance of the motor as a whole. When developing the model, a program was used to solve the problems of computational fluid dynamics AnsysCFX based on the finite volume method.

Key words: DC collector micromotor, permanent magnets, hollow armature, thermal calculation, AnsysCFX program.

Электротехника, 2025, №8, стр. 82-85

Математическое моделирование озонатора с цилиндрическими электродами

МАКСУДОВ Д.В.

Рассмотрена конструкция озонатора с коаксиально расположенными цилиндрическими электродами, для которой разработана математическая модель газоразрядного процесса, позволяющая определить изменение мощности барьерного разряда, температуры, давления и состава газовой смеси вдоль разрядного промежутка с учетом взаимного влияния этих параметров. Для проверки результатов моделирования были проведены экспериментальные исследования.

Ключевые слова: синтез озона, озонатор с коаксиально расположенными электродами, газоразрядные процессы, барьерный разряд.

The design of an ozonator with coaxially arranged cylindrical electrodes is considered, for which a mathematical model of the gas discharge process has been developed, which makes it possible to determine the change in barrier discharge power, temperature, pressure, and composition of the gas mixture along the discharge gap, taking into account the mutual influence of these parameters. Experimental studies were conducted to verify the simulation results.

Key words: ozone synthesis, ozonator with coaxially arranged electrodes, gas discharge processes, barrier discharge.

Электротехника, 2025, №8, стр. 86-89

Авторы номера