

Электричество, 2015, №3

Разработка универсальной модели оценки последствий отказов электроснабжения потребителей

ШАРЫГИН М.В.

В большинстве задач электроэнергетики, связанных с оценкой последствий отключений потребителей используется метод макро моделирования, связывающий ущерб потребителей со значением отключенной мощности и/или недополученной электроэнергии. Однако этот метод является приближенным и не позволяет получить адекватные оценки ущербов в задачах малого масштаба (уровень предприятия и ниже). В таких задачах целесообразно применение принципов агрегативного моделирования производственных систем, которое является наиболее общим и универсальным подходом. Представлены основные принципы построения математической агрегативной модели производственных систем потребителей электроэнергии для оценки последствий отказов электроснабжения потребителей. Представленная модель отличается от существующих универсальностью и позволяет оценить последствия отключений/ограничений потребителей в широком спектре теоретических и практических задач по любым возможным критериям с учетом стохастичности информации и получить любые требуемые числовые характеристики оценок последствий (математические ожидания, вероятности, дисперсии, доверительные интервалы, риски).

Ключевые слова: электроснабжение, потребители, отключение, последствия, модель, оценка

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

Development of a Universal Aggregative Model for Estimating the Consequences from Failures of Power Supply to Consumers

M.V. SHARYGIN

In the majority of electric energy problems connected with estimating the consequences from disconnection of consumers, the macromodeling method is used, which correlates the damage inflicted to consumers and the value of disconnected power and/or undersupplied electric energy. However, this method is an approximate one and does not allow one to obtain adequate assessments of damages in small-scale problems (at the level of an enterprise or lower). In solving such problems, it is advisable to apply the principles of aggregative modeling of production systems, which is the most general and universal approach. The main principles of constructing an aggregative mathematical model of the production systems of electricity consumers for estimating the consequences from failures of power supply to consumers are presented. The presented model differs from the existing ones in being universal in nature and allows one to estimate the consequences from disconnections/limitations of power supply to consumers in a wide range of theoretical and practical problems with respect to any possible criteria and taking stochastic nature of information into account, and to obtain any numerical parameters characterizing the estimates of consequences (mathematical expectations, probabilities, variances, confidence intervals, and risks).

Key words: electric power supply, consumers, disconnection, consequences, model, assessment

Электричество, 2015, №3

Анализ причин увеличения потерь мощности на холостой ход в силовых трансформаторах с анизотропной сталью

КОБЫЛИН В.П., ДАВЫДОВ Г.И., АФАНАСЬЕВ Д.Е., ЛИ-ФИР-СУ Р.П., СЕДАЛИЩЕВ В.А., ВАСИЛЬЕВ П.Ф.

При холостом ходе (х.х.) трансформатор не совершает полезной работы, поэтому потребление электроэнергии в режиме х.х. расходуется только на создание электромагнитных полей. Анализ

измерений потерь х.х. показывает, что в процессе эксплуатации они увеличиваются по сравнению с паспортными данными из-за структурных изменений в стали при перемагничивании стали сердечников трансформаторов, механических воздействий на магнитопроводы во время изготовления пластин, сборки, транспортировки, ремонтов и длительного нагрева при эксплуатации в различных режимах работы. При проектировании и изготовлении силовых трансформаторов необходимо предусматривать методы и средства снижения потерь холостого хода в трансформаторах за счет снижения, главным образом, динамических воздействий на сталь во время транспортировки, монтажа и ремонтов, которые приводят к необратимым изменениям в доменной структуре.

Ключевые слова: трансформатор, холостой ход, потери мощности, электротехническая сталь, магнитный гистерезис, домены

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

An Analysis of Factors Causing a Growth of No-Load Power Losses in Power Transformers with Cores Made of Anisotropic Steel

V.P. KOBYLIN, G.I. DAVYDOV, D.E. AFANAS'EV, Z.P. LI-FIR-SU, U.A. SEDALISHCHEV
and P.F. VASIL'YEV

As is well known, during its operation in the no-load mode, a transformer does not perform useful work. Therefore, the electric energy consumed in the no-load mode is spent only for generating electromagnetic fields. An analysis of data obtained from measurements of no-load losses shows that their level grows in the course of operation as compared with the nameplate data due to the following factors: structural changes that occur in the steel of transformer cores during their remagnetization, mechanical impacts applied to the magnetic cores in manufacturing the plates, in assembling, transportation, repairs, and long-term heating during operation in different modes. In designing and manufacturing power transformers, methods and means must be used for reducing no-load losses in the transformers primarily by decreasing the dynamic impacts applied to steel during transportation, installation, and repairs, which give rise to irreversible changes in the domain structure.

Key words: transformer, no-load operation, power losses, electric steels, magnetic hysteresis, domains

Электричество, 2015, №3

Аэродинамическая характеристика идеального ветроколеса

ЦГОЕВ Р.С.

На основе анализа влияния аэродинамических характеристик ветроколес (т.е. их коэффициентов крутящего момента в функции от быстроходности различных типов на режимы ветроэнергетической установки (ВЭУ) построена графоаналитическим методом аэродинамическая характеристика идеального ветроколеса. Выбор аэродинамической характеристики ветроколеса для ВЭУ в конкретных ветровых условиях определяется теми требованиями, которые перед ней ставятся. Например, если ВЭУ предназначена для работы параллельно с мощной энергосистемой, то целью является максимизировать выработку электроэнергии, например, за год. При этом при выборе ВЭУ для данной местности нужно ориентироваться на максимум удельной годовой энергии ветропотока по данным ветрового кадастра. Если же ВЭУ предназначена для работы на автономную нагрузку, то целью является максимизировать время работы в течение года. При этом при выборе ВЭУ для данной местности нужно ориентироваться на наиболее вероятную скорость ветра по данным ветрового кадастра. Мощная энергосистема может воспринять любую развиваемую ВЭУ мощностью независимо от ее схемы исполнения. Однако естественным ограничением развиваемой ветроколесом мощности в соответствии с его аэродинамической

характеристикой являются прочность материала лопастей, ограничивающей скорость их концевых частей, а также установленная мощность генератора. Рассматривается работа отечественной ветроэнергетической установки «Радуга-1» мощностью 1000 кВт, предназначенной для работы как на энергосистему, так и на автономную нагрузку.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, аэродинамическая характеристика, идеальное ветроколесо

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

The Aerodynamic Characterization of an Ideal Windmill

R.S. TSGOYEV

The aerodynamic characteristic of an ideal windmill is constructed using a combined graphic and analytic method based on the data from analyzing the influence of windmill aerodynamic characteristics, i.e., the windmill torque as a function of the specific speed of different types on the wind-driven power plant (WPP) operating modes. The choice of the windmill aerodynamic characteristic for a WPP under particular wind conditions is determined by the requirements imposed on the WPP. For example, if the WPP is intended for operation in parallel with a large-capacity power system, the aim will be to maximize the production of electricity, e.g., for a year. In selecting a WPP for the given locality, it is necessary to be oriented at the maximum of specific annual energy of wind flow according to the wind cadaster data. If a WPP is intended to supply power to an isolated load, the aim will be to maximize the time of operation during a year. In this case, in selecting a WPP for a particular locality, it is necessary to be oriented at the most probable wind velocity according to the wind cadaster data. A large-capacity power system can absorb any power output developed by the WPP irrespectively of its basic circuit. However, the strength of blade material, which limits the speed of the blade end parts, as well as the installed generator capacity, behave as the natural limitation of the power output developed by the windmill in accordance with its aerodynamic characteristic. The operation of the Russian Raduga-1 1000 kW WPP intended for operation on both the power grid and on isolated load is considered.

Key words: wind-driven power plant, aerodynamic characteristic, ideal windmill

Электричество, 2015, №3

Самообучающиеся мехатронные приводы воспроизведения пространственно повторяющихся движений

НИКОЛЬСКИЙ А.А., КОРОЛЕВ В.В.

Большинство мехатронных самообучающихся электроприводов периодического действия в роботах, манипуляторах, станках) должны воспроизводить циклические движения рабочего органа, повторяющиеся не во времени, а в функции геометрических координат перемещений. Для адекватного описания самообучающихся систем с параметрическими циклами в отличие от систем, периодических во времени, в рассмотрение вводятся сигналы в функции пространственного аргумента (например, угол поворота шпинделя станка некруглого точения), а также периодические интеграторы, в которых вместо звеньев запаздывания на время цикла используются звенья транспортного запаздывания по пространственным координатам. Решается задача коррекции объекта управления с целью обеспечения инвариантности его динамических свойств к параметрическим возмущениям. При параметрической цикличности динамика мехатронного привода подачи станка некруглого точения описывается дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами, зависящими от скорости шпинделя. Девииации скорости шпинделя приводят к возникновению существенных погрешностей формы обрабатываемых некруглых деталей. Предложены методы коррекции, существенно снижающие

ошибки систем с параметрической цикличностью.

Ключевые слова: самообучающиеся электроприводы, параметрические циклы, параметрические возмущения, коррекция, точность, станки некруглого точения, поршни ДВС

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

Self-Learning Mechatronic Drives for Replicating Spatially Repeating Motions

A.A. NIKOL'SKII and V.V. KOROLEV

The majority of self-learning periodically acting mechatronic drives used in robots, manipulators, and lathes are intended to replicate cyclic motions of the working member repeating as a function of displacement geometrical coordinates rather than a function of time. Unlike systems operating periodically with time, for adequately describing self-learning systems with parametric cycles, signals varying as a function of spatial argument are introduced in consideration (e.g., the spindle rotation angle in a noncircular turning lathe), as well as periodic integrators, in which transport delay sections with respect to spatial coordinates are used for the cycle time instead of time delay sections. The problem of correcting a controlled plant with a view to achieve invariance of its dynamic properties with respect to parametric disturbances is solved. In case of a parametrically cyclic process, the dynamics of a mechatronic drive serving to feed the billet in a noncircular turning lathe is described by differential equations with variable coefficients depending on the spindle rotation speed. Deviations of spindle rotation speed entail the occurrence of essential inaccuracies in the shape of processed noncircular articles. Correction methods are proposed the use of which allows essentially smaller errors in operation of systems with parametric cyclicity to be achieved.

Key words: self-learning electric drives, parametric cycles, parametric disturbances, correction, accuracy, noncircular turning lathes, pistons of internal combustion engines

Электричество, 2015, №3

Энергетические поля и избыточное рассеяние энергии в неявнополюсной электрической машине

КУРИЛИН С.П., ДЕНИСОВ В.Н.

Рассматриваются энергетические аспекты работы различных модификаций неявнополюсных электрических машин переменного тока, в частности классических вариантов исполнения машин с фазным и короткозамкнутым ротором, а также линейной индукционной машины. Анализируется баланс мощности машины, в котором выделяются энергетические поля. Описываются модификации энергетических полей для однородных, неоднородных и вырожденных параметрических матриц электрической машины. Приводятся визуальные изображения поверхностей уровня энергетических полей в канонических координатах векторного пространства машины. Описываются эффекты избыточного рассеяния и межфазного энергетического обмена, вызванные параметрической неоднородностью векторного пространства машины. Делаются выводы о практической значимости теории межфазного энергообмена и избыточного рассеяния для неявнополюсных электрических машин.

Ключевые слова: неявнополюсная электрическая машина, фазный ротор, короткозамкнутый ротор, линейная индукционная машина, баланс мощности, энергетические поля, избыточное рассеяние, межфазный энергетический обмен

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

Energy Fields and Excessive Dissipation of Energy in a Nonsalient-Pole Electrical Machine

S.P. KURILIN and V.N. DENISOV

The energy aspects relating to operation of different versions of nonsalient-pole a.c. electrical machines are considered, in particular, the classic design versions of machines with wound and squirrel-cage rotors, and a linear induction machine. The machine power balance is analyzed, in which energy fields are separated. Versions of energy fields are described for uniform, nonuniform, and degenerated parametric matrices of an electrical machine are described. Visual images of energy field level surfaces in the canonic coordinates of the machine vector space are presented. The effects of excessive dissipation and interphase energy exchange caused by parametric nonuniformity of the machine vector space are described. Conclusions about the practical significance of the theory of interphase energy exchange and excessive dissipation for nonsalient-pole electrical machines are drawn.

Key words: nonsalient-pole electrical machine, wound rotor, squirrel-cage rotor, linear induction machine, power balance, energy fields, excessive dissipation, interphase energy exchange

Электричество, 2015, №3

Система симметричных трехфазных обмоток электрических машин

ДЕГТЕВ В.Г., ЛАВРУК И.С.

Показано, что многофазные обмотки могут образовывать гомологические ряды. Разработан алгоритм формирования гомологий двухполюсных и многополюсных обмоток. Показано, что изменение электромагнитных свойств обмоток, образующих гомологический ряд, однозначно соответствует закону преобразования структуры обмоток данного ряда. На основе использования указанного соответствия разработана система автоматизированного синтеза трехфазных обмоток и анализа коэффициентов распределения синтезированных обмоток. С дидактической точки зрения системный подход позволяет наиболее эффективно реализовать принцип «от простого к сложному», что поможет повысить уровень усвоения одного из самых трудно воспринимаемых разделов курса «Электрические машины» при подготовке электромехаников в высшей школе.

Ключевые слова: электрические машины, симметричная трехфазная обмотки, структурная модель, гомология, коэффициент распределения

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

The System of Symmetrical Three-Phase Windings of Electrical Machines

V.G. DEGTEV and I.S. LAVRUK

It is shown that multiphase windings can form homologous series. An algorithm for forming homologies of two-pole and multipole windings is developed. It is shown that a change in the electromagnetic properties of windings forming a homologous series unequivocally corresponds to the law of transforming the winding structure of the given series. A system for computer-aided synthesis of three-phase windings and for analyzing the synthesized windings distribution coefficients is developed on the basis of this correspondence. From a didactic point of view, the use of a systems approach makes it possible to implement the principle “from simple to complex” in the most efficient manner, which will help to enhance the level of learning one of the most difficultly apprehended sections in the course “Electrical Machines” in training specialists on electromechanics at higher schools.

Key words: electrical machines, symmetric three-phase windings, structural model, homology, distribution coefficient

Электричество, 2015, №3

Экспериментальное исследование получения шихты сверхтвердого материала TiN-Cu на основе коаксиального ускорителя с использованием комбинированного электрода

СИВКОВ А.А., ГЕРАСИМОВ Д.Ю., ЕВДОКИМОВ А.А., УСИКОВ А.И.

Показана возможность использования коаксиального магнетоплазменного ускорителя КМПУ с комбинированным электродом-стволом для получения шихты сверхтвердого материала на основе TiN-Cu. Некоторые добавки, например медь, вводятся для повышения физико-механических характеристик. Рентгеноструктурный анализ показал, что продукт динамического синтеза состоит из двух фаз: с TiN и Cu. Данный способ позволяет регулировать соотношение компонентов шихты в широких пределах за счет изменения геометрии медной втулки и электромагнитного взаимодействия полей в ускорителе и получать порошковые композиции в едином процессе.

Ключевые слова: нитрид титана, медь, коаксиальный магнетоплазменный ускоритель, комбинированный электрод, плазмодинамический синтез

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

Obtaining a Charge of Superhard Material on the Basis of TiN-Cu in a Coaxial Accelerator Using a Combined Electrode: an Experimental Investigation

A.A. SIVKOV, D.Yu. GERASIMOV, A.A. EVDOKIMOV, and A.I. USIKOV

The possibility of using a coaxial magnetoplasma accelerator with a combined shaft electrode for obtaining a charge of superhard material on the basis of TiN-Cu is demonstrated. Some additions, e.g., copper, are introduced for obtaining better physicochemical characteristics. An X-ray structural analysis has shown that the dynamic synthesis product consists of two phases: one with TiN and the other with Cu. The use of this method makes it possible to adjust the ratio of charge components in a wide range by changing the copper bushing geometry and the electromagnetic interaction of fields in the accelerator, and to obtain powder compositions in a single process.

Key words: titanium nitride, copper, coaxial magnetoplasma accelerator, combined electrode, plasmodynamic synthesis

Электричество, 2015, №3

Применение смазывающих щеток для снижения износов элементов узлов токосъема в электрических машинах

ИЗОТОВ А.И., МАМАЕВ Г.А., БЕСПАЛОВ В.Я., ФОМИНЫХ А.А., ТИМОШЕНКО В.Н., НОВИКОВ Л.И., НИКУЛИН С.В., ИЗОТОВ С.А.

Предлагается одно из решений из решений проблемы уменьшения износа щеток и коллектора машин постоянного и переменного тока – применение смазывающих щеток (СЩ), выполненных на основе дисульфида молибдена. При оптимальной подаче смазывающего материала в зону контакта его проводимости практически не меняется, смазывающие свойства сохраняются. Исследуется эффективность применения СЩ в случае использования коллектора из разных материалов, влияния СЩ на рабочие характеристики машины, уровень радиопомех. Дается оценка влияния материала контактных колеи на износ токовых щеток при применении СЩ на основе дисульфида молибдена.

Ключевые слова: электрические машины, износ коллектора и щеток, смазывающие щетки, характеристики машины

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

One of problem possible solution of brushes and collector wear lowering in DC and AC commutator machines – to implement lubricating brushes (LB) made of the molibden disulphide. If to put the lubricating material optimally into a contact zone, its conductivity rests practically constant and

lubricating ability, as well. LB use efficiency has been studied for collectors made of different materials, also LB influence on the machines performances and radio noise. Effect of the slip rings materials was evaluated on wearing of brushes provided with molibden disulphide.

Key words: electric machines, collector and brushes wearing, lubricating brush, machine performance

Электричество, 2015, №3

Расчет «времени жизни» твердой изоляции для электроимпульсной технологии

ВАЖОВ В.Ф., КОЗЛОВА Н.В.

Электроимпульсная технология бурения горных пород требует передачи импульсов высокого напряжения от генератора на забой скважины к буровому наконечнику. При этом в качестве изоляции используются жидкие и твердые диэлектрики. Надежность работы бурового снаряда определяется «временем жизни» твердой изоляции. В литературе отсутствуют методы расчета «времени жизни» твердой монолитной изоляции при длительном воздействии импульсов. Прогнозирование электрической прочности твердой изоляции при многократных импульсных воздействиях требуется не только для электроимпульсного бурения в горных породах. Решение этой проблемы очень важно при создании многих электрофизических установок, работающих в импульсно-периодических режимах: источников электромагнитных импульсов большой мощности (узкополосных и сверхширокополосных), пучков заряженных частиц, лазеров и т.д.). Предложена методика расчета числа импульсов до пробоя твердой полиэтиленовой изоляции, применяемой для электроимпульсных технологий, на базе результатов лабораторных исследований с использованием вероятностного закона Вейбулла. Приведен пример расчета числа импульсов до пробоя полиэтиленового изолятора для электроимпульсного бурового снаряда.

Ключевые слова: полиэтиленовая изоляция, импульсное напряжение, число импульсов до пробоя, вероятность пробоя

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 3

Calculating the Lifetime of Insulators for Electroimpulse Technology

V.F. VAZHOV and N.V. KOZLOV

The electroimpulse technology of drilling rocks involves the need to transfer high-voltage impulses from a generator to the drill bit point at the borehole bottom. In so doing, liquid and solid dielectrics are used as insulation. The reliability of drilling assembly operation is determined by the lifetime of solid insulation. Unfortunately, methods for calculating the lifetime of solid monolith insulation subjected to a long-term effect of impulses are lacking in the literature. Prediction of the electrical strength of solid insulation subjected to multiple impulse impacts is required not only for electroimpulse drilling in rocks. Methods for solving this problem are of much importance in constructing many electrophysical installations operating in impulse-periodic modes, such as sources of high-power electromagnetic impulses (both narrow-band and extra-wide-band ones), beams of charged particles, lasers, etc.). A procedure is proposed for calculating the number of impulses to break down of solid polyethylene insulation used for electroimpulse technologies, which was developed based on the results of laboratory investigations using the Weibull probabilistic law. An example of calculating the number of impulses to break down of the polyethylene insulator for an electroimpulse drilling assembly is given.

Key words: polyethylene insulation, impulse voltage, number of impulses to break down, break down probability

Электричество, 2015, №3

Особенности подготовки бакалавров по профилю «Электромеханика» направления «Электроэнергетика и электротехника» при очной и заочной формах обучения
ШУМОВ Ю.Н.

Шумов Юрий Николаевич окончил электромеханический факультет Московского энергетического факультета Московского энергетического института (МЭИ) в 1960 г. В 1980 г. защитил в МЭИ кандидатскую диссертацию «Теоретические и экспериментальные исследования асинхронных генераторов». Доцент кафедры «Электрические системы» Московского государственного машиностроительного университета.

ShumovYurii Nikolayevich (Moscow, Russis) Cand. Techn. Sci., a Associate Professor in the Moscow State Machine-building University.

Электричество, 2015, №3

Федор Аполлонович Пироцкий(К 170-летию со дня рождения)
ГРИГОРЬЕВ Н.Д.