

Определение номинальных токовых нагрузок кабельных линий с распределенными параметрами

ЩЕРБИНИН А.Г., СУББОТИН Е.В., САВЧЕНКО В.Г.

Пропускная способность кабельных линий во многом зависит от условий их прокладки. Рассмотрена прокладка силовых кабелей на номинальное переменное напряжение 10 кВ частотой 50 Гц с алюминиевой многопроволочной уплотненной токопроводящей жилой сечением 240 мм² и изоляцией из сшитого полиэтилена в кабельном канале, расположенном в земле и заполненным воздухом. Предложенная методика определения номинальных токовых нагрузок кабелей в кабельном канале с распределенными параметрами, основанная на решении задачи стационарной теплопроводности позволяет исключить задачу конвективного теплообмена. Численная реализация данной задачи разбита на два этапа. На первом этапе при определении токовых нагрузок кабелей находится зависимость средней температуры воздуха в кабельном канале от мощности внутреннего источника тепла. На втором этапе вычисляются номинальные токовые нагрузки кабелей с учетом полученного распределения температуры воздушной среды в кабельном канале. При этом на обоих этапах решаются задачи стационарной теплопроводности с использованием программного комплекса ANSYS. Подбор номинальных токовых нагрузок кабельных линий производится с помощью итерационной процедуры с учетом допустимых температур изоляции и оболочки. Проведено исследование эксплуатационных характеристик одножильных кабелей, проложенных в одной плоскости, и трехжильных кабелей с жилами секторной формы в кабельном канале.

Ключевые слова: силовые кабели, номинальная токовая нагрузка, кабельный канал, математическое моделирование, процессы теплопроводности.

The power transfer capacity of cable lines largely depends on the conditions of their laying. The power cables laying for a rated alternating voltage 10 kV and frequency 50 Hz with aluminum multiwire compacted current-carrying conductor cross-section of one conductor 240 mm² and XLPE insulation in a cable channel, a place in the ground and filled with air is considered. The proposed method for determining the rated current loads of cables in a cable channel with distributed parameters, based on solving the stationary heat conduction problem, eliminates the problem of convective heat transfer. The numerical realization of this problem is divided into two stages. At the first stage, when determining the current loads of cables, the dependence of the average air temperature in the cable channel on the power of the internal heat source is

found. At the second stage, the rated current loads of cables are calculated taking into account the obtained air temperature distribution in the cable channel. In this case, both at the first and the second stage, the problems of stationary thermal conductivity are solved using the software complex ANSYS. Selection of rated current loads of cable lines is produced with the help of the developed iterative procedure taking into account allowable temperatures of insulation and sheath. The operating characteristics of single-conductor cables laid in one plane and three-conductor cables with sector-shaped conductor in a cable channel were investigated.

Key words: power cables, rated current load, cable channel, mathematical modeling, heat conduction processes

Электротехника, №11-2018, стр. 6-11

Проектирование адаптивного нечеткого регулятора положения дозатора воздушно-реактивного двигателя

ХИЖНЯКОВ Ю.Н., ЮЖАКОВ А.А., ТИТОВ Ю.К.

Управление расходом топлива в камере сгорания воздушно-реактивного двигателя осуществляется дозирующим устройством (дозатором). Дозирующая игла дозатора приводится в движение гидроцилиндром, который управляется золотниковым усилителем электромеханического устройства. Регулирование расхода топлива в камеру сгорания заключается в позиционировании с заданной точностью дозирующей иглы. Для управления дозатора спроектирован адаптивный астатический нечеткий регулятор положения дозирующей иглы. В состав регулятора входит фаззификатор, блок коррекции степеней принадлежности фаззификатора, дефаззификатор и интегратор. Фаззификатор включает набор линейных терм (отрицательная малая, отрицательная средняя, норма, положительная малая, положительная средняя). Для коррекции степеней принадлежности фаззификатора последние дополнительно умножаются на синапсы, настраиваемые блоком адаптации, включающий элемент сравнения и встроенный сумматор. Процедурно адаптация организуется методом последовательного обучения с помощью рекуррентной формулы. Для преобразования нечеткой информации в четкую включен дефаззификатор, содержащий семейство из пяти унимодальных функций принадлежности. Дефаззификация осуществляется методом центраида. Контур управления дозатором входит составной частью в контуры управления параметрами воздушно-реактивного двигателя.

Ключевые слова: воздушно-реактивный двигатель, дозатор, регулятор сопло-заслонка, адаптивный нечеткий регулятор, адаптивный фаззификатор, функции принадлежности.

Fuel consumption control in the combustion chamber of the air-jet engine is carried out by the metering device (dispenser). The metering needle of the dispenser is driven by a hydraulic cylinder. The hydraulic cylinder is controlled by a spool amplifier of an Electromechanical device. The fuel consumption control in the combustion chamber consists of positioning with a given accuracy of the metering needle. An adaptive astatic fuzzy position controller of the dosing needle is designed to control the dispenser. A member of the regulator includes fuzzification, the unit of correction of the degrees of belonging of fuzzificator, defuzzification and integrator. Fuzzificator includes a set of linear term (negative small, negative medium, normal, positive small, positive medium). For the correction of grades of membership of fuzzificator latest advanced are multiplied by synapses, custom adaptation block. The adaptation unit includes a comparison element and a built-in adder. Procedural adaptation is organized by the method of sequential learning using a recurrent formula. To convert fuzzy information to clear information, a defuzzificator includes a family of five unimodal membership functions. Defuzzification is implemented by the centroid method. The control loop of the dispenser is an integral part of the control circuits of the air-jet engine parameters.

Key words: dispenser, nozzle-damper regulator, adaptive fuzzy controller, adaptive fazzificator, membership functions.

Электротехника, №11-2018, стр. 11-17

Метод моделирования стационарных и квазистационарных режимов электроэнергетических систем

ПЕТРОЧЕНКОВ А.Б.

Рассмотрена алгоритмическая реализация метода расчета режимов электроэнергетических систем произвольной структуры на основе уравнений узловых напряжений, отличающегося отсутствием приведения элементов электроэнергетических систем к каждой ступени трансформации. Взаимодействие электрически связанных элементов организовано посредством электрических параметров режима (токов и напряжений). Расчеты режимов электроэнергетических систем базируются на решении уравнений, сформулированных на основе метода уравнений узловых напряжений. На основе анализа

выбрана модель в виде комплексных уравнений узловых напряжений в форме баланса токов при задании нагрузки постоянной проводимостью, с использованием топологических матриц. В результате предлагаемого подхода токи и напряжения ветвей выражаются через компоненты по продольной d и поперечной q осям, переход к мгновенным значениям тока и напряжений осуществляется с помощью преобразователя координат по формулам Горева. Представление в осях d, q дает возможность использовать непосредственно каталожные данные оборудования при моделировании синхронных машин. Метод может также применяться при настройке систем регулирования возбуждения генераторов для проверки соответствия напряжений возбуждения системы узловым напряжениям. Предполагается развить модель электроэнергетической системы до уровня моделирования переходных процессов в структурных элементах, где преимущественно используются уравнения в координатах Парка-Горева.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, уравнения узловых напряжений, структурный элемент, стационарный режим, квазистационарный режим.

The algorithmic realization of the method for calculating the modes of electric power systems of arbitrary structure is considered on the basis of the node voltages equations, which is distinguished by the absence of reduction of the elements of electric power systems to each stage of transformation. The interaction of electrically connected elements is organized by the electrical parameters of the mode (currents and voltages). Calculations of the modes of electric power systems are based on the solution of the equations formulated on the basis of the method of the node voltages equations. On the basis of the analysis, a model is chosen in the form of complex node voltages equations in the form of a balance of currents for a constant-conductivity load, using topological matrices. As a result of the proposed approach, the currents and voltages of the branches are expressed in terms of the components along the longitudinal d and transverse q axes, the transition to instantaneous values of current and voltages is carried out using a coordinate transformer according to Gorev's formulas. The representation in the axes d, q makes it possible to use directly catalog data of the equipment when simulating synchronous machines. This method can also be used in tuning the excitation control systems of generators to verify that the system excitation voltage corresponds to the node. It is proposed to develop the model of the electric power system to the level of modeling of transient processes in structural elements, where the equations in the Park–Gorev coordinates are predominantly used.

Keywords: electric power system, node voltages equations, structure element, stationary mode, quasi-stationary mode.

Исследование тепловых режимов греющего кабеля различных конструкций

ФЕРТИКОВ М.Г., ДЯТЛОВ И.Я., ТРУФАНОВА Н.М.

Выполнено исследование зависимости электрофизических свойств от температуры саморегулирующегося греющего кабеля (СГК). Экспериментально получена температурная зависимость сопротивления греющей матрицы саморегулирующегося греющего кабеля. По полученным значениям сопротивления рассчитаны удельное сопротивление и выделяемая мощность. Получены зависимости сопротивления матрицы СГК, удельного сопротивления матрицы СГК, выделяемой мощности от температуры. Зависимость выделяемой мощности сравнивалась с данными в паспорте саморегулирующегося греющего кабеля. На основе экспериментально полученных параметров построена математическая модель СГК. Математическая модель реализована в пакете инженерных расчетов ANSYS Fluent. Стационарная задача решена в двухмерной постановке методом конечных элементов. Проведено исследование процессов тепломассопереноса в греющих кабелях различной конфигурации и обогреваемой трубе с водой. Рассмотрены два типа греющих кабелей. Проведено сравнение эффективности нагрева воды в трубе в зависимости от количества нагревательных кабелей, выделяемой мощности и размера нагревательной матрицы. Построены зависимости температуры воды и матриц в зависимости от выделяемой мощности для разных типов кабелей, их числа и размера нагревательной матрицы.

Ключевые слова: греющий кабель, нагревательная матрица, температурное поле, тепломассоперенос, конвекция, выделяемая мощность, тепловой поток.

In this work, a study of the electrophysical properties of the temperature of the self-regulating heating cable (SGC) was conducted. In the course of the laboratory experiment, the temperature dependence of the resistance of the heating matrix of the self-regulating heating cable was obtained. According to the obtained values of resistance, the value of the specific resistance and the possible released power were calculated. Was constructed graphical dependence of these quantities on temperature: the resistance matrix of SGK, the resistivity of the matrix SGK, it is possible to allocate power. The curve of dependence of the allocated power was compared with the data in the passport of the self-regulating heating cable. On the basis of the parameters

obtained during the experiment, a mathematical model of a self-regulating heating cable was built. The mathematical model was implemented in the package of engineering calculations ANSYS Fluent. The stationary problem was solved in two-dimensional finite element method. The study of the processes of heat and mass transfer in heating cables of different configurations and a heated pipe with water. Two types of heating cables are considered. A comparison of the efficiency of water heating in the pipe from the number of heating cables, the allocated power and the size of the heating matrix. The dependences of water temperature and matrices depending on the allocated power for different types of cables, their number and the size of the heating matrix are constructed.

Keywords: heating cable, heating matrix, temperature field, heat and mass transfer, convection, released power, heat flow.

Электротехника, №11-2018, стр. 21-26

Оптимизация раскроя деловых остатков листовых материалов для станков с ЧПУ
ФАЙЗРАХМАНОВ Р.А., МУРЗАКАЕВ Р.Т., ПОЛЯКОВ А.Н., ПРИСТУПОВ В.С.,
ХАБИБРАХМАНОВА Ф.Р.

Задача раскроя на деловых остатках столь же актуальна, как и раскрой стандартных листов материала, однако на практике она обычно решается вручную из-за сложности работы с неправильной формой остатка и анализа дефектных участков. Предложен метод, осуществляющий поиск нестандартных листов для раскроя без остатка под данный заказ. Основу метода составляет анализ состава заказа на раскрой – деление чертежей всех деталей на группы и выделение преобладающего типа деталей. Рассмотрен процесс определения необходимых групп. Каждая группа деталей описывается комбинацией безразмерных геометрических признаков, поэтому при необходимости перечень групп может быть дополнен или сокращен для применения на конкретном предприятии. Знание преобладающей группы деталей позволяет системе раскроя исключить из рассмотрения нерациональные варианты укладки. Модель предложенного метода основана на вычислении и анализе коэффициента раскроя и имеет опциональное условие для управления количеством используемых деловых остатков. Внедрение и тестирование разработанного метода проводилось на базе комплекса раскроя ITASNesting на нескольких известных тестовых сборках. Тестирование выявило более качественные результаты укладки по сравнению с существующими алгоритмами системы раскроя ITASNesting.

Ключевые слова: раскрой материала, классификация деталей, подбор сырья, система раскроя ITASNesting.

The task of sheet remnants nesting is just as relevant as standard sheets cutting, however, in practice it is usually solved manually due to the complexity of irregular remnant shape processing and defective areas analysis. The method proposed in this work is used for search of non-standard sheets for cutting without leaving any remnant for a given order. The method is based on analysis of cutting order composition, i.e. grouping of drawings of all the parts and determination of prevalent part type. The process of necessary groups identifying has been demonstrated. Each group of the parts is described by a combination of dimensionless geometric features, and therefore, the list of groups can be expanded or reduced for use in a particular enterprise, if necessary. Determination of the prevailing group of parts allows the cutting system to exclude non-rational nesting options from consideration. The model of the proposed method is based on calculation and analysis of the nesting ratio and has an optional condition for managing the number of used sheet remnants. The implementation and testing of the method developed, was carried out using the ITAS Nesting cutting software and several known test data sets. This testing has revealed that the method developed is able to provide better nesting results in comparison with the existing ITAS Nesting cutting algorithms.

Key words: material cutting, classification of parts, material selection, ITAS Nesting cutting system.

Электротехника, №11-2018, стр. 27-31

Рабочие характеристики цилиндрического линейного вентильного двигателя

ТИМАШЕВ Э.О., ЧИРКОВ Д.А., КОРОТАЕВ А.Д.

Рассмотрен расчёт цилиндрического линейного вентильного двигателя (ЦЛВД) методом конечных элементов. Использование электропривода на базе ЦЛВД позволяет создать погружной электронасосный агрегат. Для этого вторичный элемент сочленяется с плунжером насоса. Агрегат опускается в скважину в зону отбора нефти. Трёхфазная обмотка индуктора ЦЛВД подключается к источнику напряжения с помощью плоского армированного кабеля. В качестве источника питания используется электронный коммутатор, находящийся на поверхности земли вблизи устья скважины. С помощью электронного коммутатора осуществляется изменение частоты питающего напряжения и реверсирование двигателя, вторичный элемент которого совершает возвратно-

поступательное движение. Представлены рабочие характеристики ЦЛВД, полученные при расчёте идеализированной модели двигателя в цилиндрической системе координат методом конечных элементов. Расчёт на базе идеализированной модели ЦЛВД реализован в программе ANSYS Maxwell. Получены рабочие характеристики ЦЛВД при различных частотах питающего напряжения. Проведено сопоставление расчётных значений усилия с полученными экспериментально. Расчёт по программе ANSYS Maxwell позволяет получить высокую точность расчёта тягового усилия. Показано, что повышение частоты питающего напряжения приводит к повышению коэффициента полезного действия двигателя.

Ключевые слова: цилиндрический линейный вентильный двигатель, рабочие характеристики, метод конечных элементов.

This article proposes cylindrical linear electric motor (CLEM) calculation by finite element method. The use of an electric drive on the basis of the CLEM allows the creation of a submersible, electric pump unit. For this, the secondary element is connected with the pump plunger. The unit is lowered into the well in the oil extraction zone. The three-phase winding of CLEM inductor is connected to the voltage source by means of a flat reinforced cable. An electronic commutator located on the surface of the earth near the wellhead is used as a power source. With the help of the electronic commutator, the frequency of the supply voltage is changed and perform the motor reversing, the secondary element of which performs reciprocating motion. As reserch result, work characteristics of the cylindrical linear electronic motor, obtained by calculating the idealized model of the engine in a cylindrical coordinate system by the finite element method, are presented. The calculation based on the idealized model of a cylindrical linear electronic motor is implemented in the ANSYS Maxwell program. The CLEM work characteristics was obtained at different frequencies of the supply voltage. The calculated values of the force are compared with the experimental values. Calculation in the program ANSYS Maxwell allows you to obtain high accuracy of calculation of tractive force. It is shown that an increase in the frequency of the supply voltage leads to an increase in the motor efficiency coefficient.

Key words: cylindrical linear electronic motor, work characteristics, finite element method.

Электротехника, №11-2018, стр. 32-35

Адаптивное нечеткое управление следящих электромеханических систем

ХИЖНЯКОВ Ю.Н., ЮЖАКОВ А.А., БЕЗУКЛАДНИКОВ И.И., ТРУШНИКОВ Д.Н.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами на основе позиционно-следающих электромеханических систем управления (ПСЭМСУ)

характеризуются заведомо известной программой изменения положения рабочих органов

Однако для управления ПСЭМСУ, работающих в условиях непредсказуемых изменений в широких пределах задающих воздействий, традиционных способов управления

недостаточно, чтобы обеспечить не только оптимальную, но и устойчивую работу

системы. Разработана позиционно-следающая электромеханическая система управления

рабочими органами технологического процесса на базе нейро-нечеткой технологии,

которая снимает ограничения и расширяет область их применения.

Ключевые слова: электромеханическая система, технологический процесс, рабочий орган, нейро-нечеткий регулятор, адаптивная фаззификация, нечеткая импликация, активационные функции.

Automated process control systems based on position-tracking electromechanical control systems (PSECS) are characterized by a known program for changing the position of the working tool. However, for the management of the PCESMS operating under unpredictable changes in a wide range of driving impacts, traditional control methods are not sufficient to provide not only the optimal, but also the stable operation of the system. The position-tracking electromechanical control system of the working tool of the technological process based on the neuro-fuzzy technology has been developed, which removes the limitations and expands the field of their application.

Key words: electromechanical system, technological process, working tool, neuro-fuzzy controller, adaptive fuzzification, fuzzy implication, activation functions

Электротехника, №11-2018, стр. 36-41

Идентификация переходной составляющей в зашумлённых переходных процессах синхронных машин

СУДАКОВ А.И., КАМЕНСКИХ И.А.

При идентификации переходных процессов синхронных машин основные трудности

связаны с идентификацией переходной составляющей. Существенное снижение трудоёмкости исследований идентификации переходной составляющей может быть достигнуто путем снижения объёма выборки случайного признака с учётом ядра эффективных точечных выборок в области нижней границы диапазона её исследования, а также благодаря минимизации объёма эффективных точечных выборок по ядру с оценкой уровня достоверности по распределению Пуассона с целью конструирования комбинаторных выражений для идентификации переходной составляющей.

Ключевые слова: синхронная машина, переходные процессы, идентификация, математическое ожидание.

The main complexity in identifying the transients of synchronous machines is associated with the identification of the transition component. The considerable reduction in the laboriousness of the identification of the transient component has been solved by reducing the sample size of the random feature, taking into account the core of the effective point samples in the region of the lower boundary of its study range, and also by minimizing the volume of effective point sampling by the core with the Poisson distribution reliability estimate for the design of combinatorial expressions to identify the transition component.

Key words: synchronous machine, transients, identification, mathematical expectation.

Электротехника, №11-2018, стр. 42-47

Решение задачи кинематики для системы неразрушающего контроля
ФАЙЗРАХМАНОВ Р.А., МУРЗАКАЕВ Р.Т., АРТЕМЬЕВ В.В., БАКУНОВ Р.Р.,
ХАБИБУЛИН А.Ф.

За последние 20 лет полимерные композиционные материалы стали широко распространены в авиационной промышленности. Использование этих материалов может значительно снизить вес, улучшить экологические параметры и экономичность самолета. Это, в свою очередь, требует высокого уровня автоматизации и роботизации основных технологических процессов в производстве, при этом неразрушающий контроль и дефектоскопия составных деталей и узлов занимает около 30% трудоёмкости технологического процесса производства. В статье представлено краткое описание разработанной для решения данной задачи системы неразрушающего контроля, состоящей из пятизвенного манипулятора с рентгеновским излучателем и портала с

приемником излучения. Описаны кинематические схемы компонентов системы и представлена математическая модель решения задач прямой и обратной кинематики геометрическим методом для манипулятора и приемника. Выполнено тестирование построенной модели, которое показало ее адекватность.

Ключевые слова: системы неразрушающего контроля, обратная кинематика, моделирование и управление, пятизвенный манипулятор, дефектоскопия.

Over the past 20 years, polymer composite materials (PCM) have become widespread in the aviation industry. The usage of composite materials can significantly reduce weight, improve the environmental parameters and economy of the aircraft. This, in turn, requires a high level of automation and robotization of the main technological processes in production, while composite components and parts non-destructive testing and defectoscopy occupy about 30% of technological process labor amount. The article presents a brief description of the non-destructive testing system developed for this purpose, consisting of a 5-DOF manipulator with an X-ray emitter and a portal with a receiver. The kinematic schemes of the system components are described and a mathematical model for solving the direct and inverse kinematics problems for the manipulator and receiver via a geometric method is presented. The developed model was tested, which showed its adequacy.

Key words: non-destructive defectoscopy system, inverse kinematics, modeling and control, five-link manipulator.

Электротехника, №11-2018, стр. 47-53

Моделирование электроэнергетических систем сложной структуры

ТАРАСОВ В.А., ПЕТРОЧЕНКОВ А.Б., КАВАЛЕРОВ Б.В.

Полунатурные моделирующие стенды энергетических объектов позволяют решать различные функциональные задачи. Взаимодействие с аппаратной частью таких стендов происходит на основе компьютерной модели электроэнергетической системы. В статье рассматриваются основные аспекты моделирования электроэнергетических систем сложной конфигурации на ЭВМ. Процесс расчета динамического режима представляется как последовательный расчет статических режимов на каждом шаге дискретизации. Разработана математическая модель системы, состоящая из математических моделей элементов и модели их взаимодействия между собой. Модели элементов представляют

собой системы дифференциальных уравнений в (d, q) -координатах, а алгоритмы расчетов статического и динамического режимов с активным использованием T-списка позволяют выполнять эти расчеты оптимально. Графическая оболочка разработанной программы является расширяемой и гибкой. Программирование на языке Java позволяет обойтись без написания интегрирующих модулей к натурным и полунатурным моделям и обеспечивает выполнение требования кросс-платформенности и высокую производительность. Модуль математического моделирования электроэнергетических систем может использоваться не только в составе подсистемы испытаний газотурбинных электростанций, но и для других функциональных задач полунатурного моделирования участков электроэнергетических систем.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, моделирование, уравнения узловых напряжений, T-список.

Semi-natural modeling stands for energy objects allow solving various functional tasks. Interaction with the hardware part of such sets is based on the computer model of the electric power system. The main aspects of simulation of electric power systems of complex configuration on a computer are considered in the article. The process of calculating the dynamic mode is represented as a sequential calculation of static modes at each sampling step. A mathematical model of the system is developed, consisting of mathematical models of elements and a model of their interaction with each other. The developed models of elements are systems of differential equations in (d, q) -coordinates, and algorithms for calculating the static and dynamic modes with active use of the T-list make it possible to perform these calculations optimally. The graphical shell of the developed program is extensible and flexible. Programming in the Java language allows you to do without writing integrating modules to full-scale and semi-real models, provides the fulfillment of the cross-platform requirements and high performance. The module of mathematical modeling of electric power systems can be used not only as part of a subsystem for testing gas turbine power plants, but also for other functional problems of semi-detailed modeling of power system sections.

Key words: electric power system, modeling, node voltages equations, T-list.

фазовой автоподстройки частоты

СОЛОДКИЙ Е.М., ДАДЕНКОВ Д.А., КОСТЫГОВ А.М.

Рассмотрен способ идентификации параметров асинхронного двигателя на основе алгоритма фазовой автоподстройки частоты. Выполнен анализ и классификация существующих способов идентификации параметров схемы замещения. Выделены методы, реализуемые в режиме реального времени и режиме адаптации электропривода, во время первого запуска привода в эксплуатацию. При этом применение методов активной идентификации, при которых в силовую цепь привода инжектируют дополнительный тестовый информационный сигнал, в процессе работы привода неприемлемы, и они используются во время предварительной настройки электропривода до ввода его в эксплуатацию или кратковременно для адаптации изменяющихся параметров. Предложен алгоритм оценки параметров двигателя и разработаны функциональная и структурная схемы параметрической идентификации. Разработанный метод идентификации на базе алгоритма фазовой автоподстройки частоты основан на нивелировании разности фаз реального (измеренного) и вычисленного по модели векторов тока статора. Представлены результаты имитационного моделирования реализованной системы параметрической идентификации. По результатам модельных экспериментов ошибка оценки идентифицированных параметров исследуемого двигателя составила менее 1 %. Предложенная система параметрической идентификации может быть использована в составе систем векторного управления для определения коэффициентов внутренних регуляторов электропривода.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, идентификация параметров, схема замещения, алгоритм оценки, модель.

The article describes implementation of the method for parameters identification of asynchronous motor based on phase-locked loop algorithm. The analysis and classification of the existing methods of the equivalent circuit parameters identification was performed. Those methods that work in real time and in adaptation mode of the electric drive, during the first operation start were highlighted. At the same time, active identification methods in which an additional test information signal is injected into the power circuit of the drive during the operation is unacceptable and they are used during prior to drive operation or for a short period of time to adapt the changing parameters. The algorithm of motor parameters estimation system is proposed and the functional and structural scheme of the parametric identification system is developed. The method of parametric identification is based on phase-locked loop algorithm

which reducing the phase difference between the real (measured) and asynchronous motor model stator current vectors. The simulation results of parametric identification system are presented. According to the results of model experiments, the error of estimation of the motor parameters was less than 1 %. The proposed parametric identification system can be used as a part of vector control system to determine the internal regulators coefficients of the electric drive.

Key words: asynchronous motor, parameters identification, equivalent circuit, estimation algorithm, model.

Электротехника, №11-2018, стр. 58-61

Программный комплекс для настройки параметров регулятора привода электростанции

КАВАЛЕРОВ Б.В., КИЛИН Г.А., ЧАБАНОВ Е.А., БАХИРЕВ И.В., ЖДАНОВСКИЙ Е.О.

The software package for setting the parameters of the power station controller

Kavalerov B.V., Kilin G.A., Chabanov E.A., Bakhirev I.V., Zhdanovskii E.O.

Рассмотрен программный комплекс для автоматизация настройки регуляторов газотурбинных электростанций. Комплекс дает возможность автоматизировать некоторые этапы настройки, что положительно отражается на времени выполнения задачи.

Реализуемая математическая модель учитывает и поведение газотурбинной установки, и поведение синхронного генератора, что позволяет настраивать параметры газотурбинной установки с учетом динамики электрической части газотурбинной электростанции.

Настройки регулятора автоматически учитывают параметры электрической сети, тем самым учитывается взаимовлияние газотурбинной установки и синхронного генератора. В результате оценочное время настройки сокращается не менее чем в три раза.

Ключевые слова: газотурбинная установка, газотурбинная электростанция, система автоматического управления, процедура настройки, программный комплекс, искусственные нейронные сети.

The software package for automation of gas turbine power plant regulators is considered. The complex gives the opportunity to automate some configuration steps, which positively affects the time of the task. The implemented mathematical model takes into account both the behavior of the gas turbine unit and the behavior of the synchronous generator, which allows to adjust the parameters of the gas turbine unit taking into account the dynamics of the electric part of the gas

turbine power plant. The controller settings automatically take into account the parameters of the electrical network, thus taking into account the mutual influence of the gas turbine unit and synchronous generator. As a result, the estimated setup time is reduced by at least three times.

Key words: gas turbine unit, gas turbine power plant, automatic control system, setup procedure, software complex, artificial neural networks

Электротехника, №11-2018, стр. 63-70

Симметрирование токов в сетях электроснабжения силовым электронным регулятором неактивной мощности

КИСЕЛЕВ М.Г., ЛЕПАНОВ М.Г.

Рассмотрено устройство для симметрирования токов в трехфазных сетях электроснабжения, состоящее из трехфазного полупроводникового преобразователя, выходных согласующих дросселей и конденсаторных батарей на стороне постоянного тока преобразователя. Обратная связь системы управления регулятора выполнена по токам дросселей. Алгоритм определения сигналов задания реализован на отдельном вычислении токов прямой, обратной и нулевой последовательностей с помощью уравнений, основанных на преобразовании Парка-Горева. Для модуляции вычисленных сигналов используется широтно-импульсная модуляция напряжений преобразователя. Для исследования работы компенсатора мощности несимметрии и алгоритмов управления разработана компьютерная модель в программе MatLab/Simulink с использованием библиотеки SimPowerSystems. Представлены результаты экспериментов на физическом макете регулятора мощностью 3 кВА, осуществляющего компенсацию токов несимметрии. Приведены диаграммы для случая симметрирования токов в трехфазной сети с нейтральным проводом и без него при обрыве одной фазы. Также приведены диаграммы при совмещении функции симметрирования и компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: несимметрия токов, СТАТКОМ, регулятор качества электроэнергии.

In this paper apparatus for current balancing in three-phase electrical system is considered. It consists of semiconductor converter with output AC inductors and DC capacitor battery. The computation algorithm of reference signals is realized on separate calculation of direct, reverse and zero sequences of current using equations based on Park-Gorev conversion. The pulse-width

modulation is used to control of converter voltages for generation of reference currents. MatLab/Simulink model of unbalance power compensator and its control system is designed. Experimental results for 3 kVA physical prototype of unbalance current compensator are presented. It is shown the diagrams of current balancing combined with reactive power compensation in three-phase electrical system with/without neutral.

Keywords: current balancing, STATCOM, power quality regulator.

Электротехника, №11-2018, стр. 70-73

Методы диагностики литий-ионных аккумуляторов

КОНСТАНТИНОВ К.В., СМОЛЬСКИЙ А.С., ФОКИН Д.С.

Статья посвящена обзору различных методик диагностики литий-ионных аккумуляторов. Методики основаны на измерении внутреннего сопротивления химического источника тока. Рассмотрены различные способы диагностики. Первый – измерение внутреннего сопротивления, позволяющее оценить состояние химического источника тока (ХИТ). В этом случае диагностика сводится к определению внутреннего сопротивления источника тока, его омической составляющей, определяемой как частная производная от напряжения разомкнутой цепи по переменной I . Второй – определение полного внутреннего сопротивления методом воздействия на ХИТ переменным током; в этом случае в качестве возмущающего воздействия используют не изменение уровня тока, а его гармонические колебания с фиксированной частотой. Измерения омического и полного сопротивления отличаются простотой реализации и позволяют получить общее представление о внутреннем состоянии (количестве электролита, разбухании активной массы, деформации корпуса и др.) литий-ионных аккумуляторов в виде одномерного диагностического параметра. Для измерения активного и полного сопротивления и векторных составляющих полного сопротивления источника предлагаются различные схемы замещения электрохимических процессов, происходящих в аккумуляторе, приводится математическое описание методов выделения диагностической информации, ставится задача усовершенствования алгоритма обработки сигналов для повышения достоверности результатов диагностики.

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, диагностика, внутреннее сопротивление, методы измерения.

The work presents a review of various methods of diagnosis lithium-ion batteries (LIB) based on the measurement of the internal resistance of the electrochemical cell, are considered different algorithms: algorithm for measuring the internal resistance, allowing to assess the state of LIB. Diagnosis reduces to determining the value of internal resistance of the current source, its ohmic component, defined as the partial derivative of the open circuit voltage of the variable I , a method for determining the impedance by influence on LIB alternating current, in this case, the disturbance does not use change the amount of current and its harmonics at a fixed frequency, measuring the ohmic resistance and the impedance are easy to implement and allow to obtain the total pre-representation of the internal state (the amount of electrolyte, the swelling of the active mass, distortion of the casing and others). Lithium-ion batteries in the form of one-dimensional diagnostic parameter measuring the active, full and vector components of the source impedance, offers a variety of equivalent circuits of electrochemical processes occurring in the battery, is a mathematical description of methods for the isolation of diagnostic information, the task of improving signal processing algorithms to enhance the reliability of diagnostic results.

Key words: lithium-ion batteries, diagnostics, internal resistance, measuring methods.

Электротехника, №11-2018, стр. 73-78

Влияние характеристик заземляющего устройства на эффективность работы нелинейных ограничителей перенапряжений

АДАМЬЯН Ю.Э., БОЧАРОВ Ю.Н., КОРОВКИН Н.В., КРИВОШЕЕВ С.И., КОЛОДКИН И.С., КУЛИГИН П.А., МОНАСТЫРСКИЙ А.Е., ТИТКОВ В.В.

Экспериментально показано влияние индуктивной компоненты импеданса цепи заземляющего устройства на уровень ограничения напряжения. Экспериментальные исследования с помощью RL-эквивалентной цепи показали наличие высокочастотной компоненты напряжения с периодом колебаний 1–3 мкс. В зависимости от импеданса участка цепи заземлителя уровень ограничения напряжения возростал на 20–40%. Это обстоятельство существенно понижает срок службы защищаемого оборудования высокого напряжения.

Ключевые слова: ограничитель перенапряжений, заземлитель, перенапряжения, переходная характеристика.

It is demonstrated experimentally at overvoltage arrester connection to grounding system overvoltage limitation level depends on inductive part of the grounding impedance.

Experimental study of RL equivalent circuit parameters effect has shown presence of high frequency voltage component with characteristic period 1-3 μ s. Depending on the grounding inductance the overvoltage limitation level rises up to 20-40%/ It can substantially reduce the protected equipment life time.

Key words: overvoltage arrester, grounding system, overvoltage, transient characteristic.

Электротехника, №11-2018, стр. 79-80

Юрий Гевондович Шакарян (к 85-летию со дня рождения)