

Структуры цифрового ПИ-регулятора для электропривода

АНУЧИН А.С.

Рассмотрены различные структуры ПИ-регуляторов и особенности их работы в режиме насыщения. Проведен анализ литературных данных и сделано обобщение методов расчета коэффициента коррекции интегральной составляющей для режима насыщения. Предложена оригинальная структура коррекции ошибки входа регулятора для исключения неправильного накопления интегральной составляющей. Результаты подтверждены модельными экспериментами.

Ключевые слова: электропривод, ПИ-регулятор, коэффициент коррекции, модельные эксперименты.

Various structures of digital PI-controller and peculiarity of their behavior in the saturation mode is considered. The analysis of the literature and generalization of anti-windup tracking coefficient of calculation were made. A structure of PI-controller with original anti-windup strategy is given. The strategy is based on reduction of the input error inversely proportional to the excess of output over the limit. Results are confirmed by model experiments.

Key words: electric drive, PI-controller, coefficient of correction, model tests.

Исследование перегрузочной способности циклического электромагнитного привода в зависимости от начального превышения температуры в переходных тепловых режимах НЕЙМАН Л.А.

Рассматривается циклический режим работы электромагнитного ударного привода, при котором подводимая от источника мощность может существенно превышать значение этой мощности в продолжительном режиме работы. При этом начальная температура нагрева электропривода может превышать температуру окружающей среды. Актуальность исследований вызвана необходимостью совершенствования методик приближенного расчета электромагнитного ударного привода, работающего в кратковременном режиме. Целью исследований ставится решение задачи циклического нагрева и получения приближенными методами расчетных выражений, устанавливающих связь между выходными показателями электропривода и его перегрузочной способностью в зависимости от начального превышения температуры и ее колебаний в рабочем цикле. В основу исследования положено уравнение Ньютона для циклического нагрева и охлаждения электропривода, полученное ранее в конечных разностях и решенное с помощью дискретного преобразования Лапласа для уравнений с решетчатыми функциями. Представленные в работе результаты для допустимых из условия нагрева значений энергии удара и количества произведенных рабочих циклов получены при допущении, что электропривод является однородным телом с равномерно распределенным источником тепла и с идеальной теплопроводностью, мощность тепловыделения в процессе работы не меняется. На примере расчета синхронного электромагнитного ударного привода показаны возможности использования полученных приближенных решений для инженерной практики при решении типичных задач циклического нагрева на этапе проектирования.

Ключевые слова: линейный электромагнитный привод, циклический нагрев в переходном процессе, коэффициент перегрузки по мощности, начальное превышение температуры.

The electromagnetic impact drive cyclic operation mode when power taken from an energy source is extremely more than long-time mode power is analyzed. Here electric drive initial heating temperature can exceed ambient temperature. This investigation is of current importance as it is necessary to

improve methods of approximate design of the electromagnetic impact drive in the short-time mode. The research purpose is to derive cyclic heating approximate design equations to connect electric drive output parameters with its overload capability depending on initial temperature excess and temperature oscillations during an operation cycle. The research described in the paper is based on Newton equation for cyclic heating in the transient mode. This finite difference equation was obtained earlier, solved with the discrete Laplace transformation for trellis function equations. The results presented in the paper have been achieved for permissible impact energy and operating cycle quantity with respect to the heating condition. It is assumed the electric drive is a homogeneous body with the uniformly distributed heat source and ideal thermal conductivity when heat emission power is constant. With an example of synchronous electromagnetic impact drive design the obtained approximate solutions are shown to be used for solving typical tasks of cyclic heating at the preliminary design step.
Key words: linear electromagnetic drive, periodic heating in a transient mode, power overload coefficient, initial temperature exceeding.

Низковольтный инерционный пьезоэлектрический привод вращательно-поступательного типа ГУЛЯЕВ П.В.

Статья посвящена актуальной задаче снижения управляющего напряжения инерционных пьезоэлектрических приводов. Рассмотрены возможности применения для ее решения биморфных пьезоэлементов. Описан образец низковольтного инерционного пьезоэлектрического привода, приведены рекомендации по его дальнейшему совершенствованию.

Ключевые слова: биморфный пьезоэлемент, инерционный пьезопривод, наноразмерные перемещения, привод вращательно-поступательного типа, шаговый привод.

Article is devoted to actual problem of decreasing operating voltage amplitude of inertial piezodrive. Application possibilities of a bimorph piezoelements are considered for solution of a given problem. The sample of low-voltage inertial drive and recommendations about its further improving are described.

Key words: bimorph piezoelement, inertial piezodrive, nanosize movement, rotationally-forward drive; step drive.

О динамике многозонного интегрирующего регулятора с частотно-нулевым сопряжением модуляционных зон

ЦЫТОВИЧ Л.И., БРЫЛИНА О.Г.

Рассмотрен принцип построения многозонного интегрирующего регулятора (МР) с частотно-широотно-импульсной модуляцией. Приведены структурная схема, временные диаграммы сигналов и основные соотношения для статических и динамических характеристик МР. Дан анализ поведения МР в области достоверной передачи и замедленной дискретизации частот входного сигнала. Показан пример использования МР при решении задач в области управления электроприводами с параллельными каналами регулирования.

Ключевые слова: многозонный регулятор, частотно-широотно-импульсная модуляция, широкоотно-импульсная модуляция, амплитудная характеристика, модуляционная характеристика.

The principle of construction of multi-zone integrating regulation (MR) with frequency-width-pulse modulation is considered. The block diagram, time characteristics of signal and basic relations for the static and dynamic characteristics of the MR are given. The work of the MR in reliable transmission and in slow discretization of frequency of input signal are presented. Example of practical application of MR

in solving problems in the field of controlling the electric drives with parallel channels of regulation are considered.

Key words: multi-zone regulator, frequency- width-pulse modulation, width-pulse modulation, amplitude characteristic, modulation characteristics.

Электронные трансформаторы напряжения для распределительных сетей

ЕРМИЛОВ И.В., ШУЛЬГА Р.Н., ШУЛЬГА А.Р., ЗМИЕВА К.А., КОВАЛЕВ Д.И.

Изложены требования к электромагнитным, емкостным и электронным измерительным трансформаторам напряжения в сетях 10–110 кВ. Показана актуальность разработки электронных трансформаторов напряжения, отвечающих требованиям перспективных международных стандартов, а также имеющих функцию стандартного аналогового выходного сигнала для существующих подстанций. Приведены результаты моделирования, подтверждающие возможность применения указанной разработки, исключая феррорезонансные явления, перестройку РЗА и облегчающей воздействия на оборудование. Описана конструкция и приведены технические характеристики электронных трансформаторов напряжением 110 кВ.

Ключевые слова: электронный трансформатор напряжения, аналого-цифровой преобразователь, оптоволоконный кабель, распределительная сеть.

The requirements for electromagnetic, capacitive and electronic voltage transformers 10–110 kV are described. The urgency of the development of electronic voltage transformers meeting the requirements of perspective international standards, as well as having the function of a standard analog output for existing substations is shown. The results of simulation are given confirming the possibility of using this design, which eliminate the ferroresonance phenomenons, restructure protection relay and facilitate effects on equipment. The design and the technical specifications of the electronic voltage transformer 110 kV are described.

Key words: electronic voltage transformer, analog-digital convertor, optical fiber cable, distributive network.

Оптимизация линейки энергосберегающих асинхронных двигателей с габаритами от 100 до 132 с совмещенными обмотками

ЗМИЕВА К.А., ЯКОВЛЕВ А.П.

Рассмотрены теоретические основы для создания нового типа интеллектуальных энергосберегающих асинхронных электрических двигателей с совмещенными обмотками. Приведены результаты теоретических исследований, компьютерного моделирования, а также методика изготовления линейки таких двигателей.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, совмещенные обмотки, энергосбережение.

The theoretical basis for a new type of intelligent energy-saving asynchronous electric motors with a combined windings is described. The results of theoretical studies, computer modeling, and a method of manufacturing the line such motors are supported.

Key words: asynchronous motor, combined winding, energy saving.

Исследование влияния геометрии ротора на аксиальные силы в магнитоэлектрическом демпфере амортизационной системы

ХАЙРУЛЛИН И.Х., ЮШКОВА О. А., ВАВИЛОВ В.Е.

Исследовано влияние геометрических соотношений и механических параметров на аксиальные силы в магнитоэлектрическом демпфере, которые могут в значительной степени влиять на протекающие в нем электромагнитные процессы. Разработана аналитическая методика оценки аксиальных сил в магнитоэлектрическом демпфере и обоснована перспективность конструкции ротора с вылетами для минимизации аксиальных сил. Для подтверждения теоретических данных проведено трехмерное компьютерное моделирование магнитоэлектрического демпфера методом конечных элементов.

Ключевые слова: амортизационные системы, магнитоэлектрический демпфер, полый ротор, аксиальные силы, магнитное поле, плотность тока.

Magnetolectric damper geometry and mechanical parameters influence on the axial forces, and on electromagnetic processes in damper is investigated. The magnetolectric damper axial forces analytical estimating method is developed and the rotor with the departures desing for axial forces value minimization is proved. Magnetolectric damper three-dimensional computer modeling with final elements method application was carried out to confirm the theoretical data.

Key words: suspension systems, magnetolectric damper, hollow rotor, axial forces, magnetic field, current density.

Способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя

НОВОЖИЛОВ А.Н., КРЮКОВА Е.В., НОВОЖИЛОВ Т.А.

В электроэнергетике и промышленности в качестве привода механизмов в основном используют асинхронные двигатели (АД). Одним из методов повышения их эксплуатационной надежности и увеличения срока службы является эффективное и своевременное диагностирование аномальных режимов работы, в частности эксцентриситета ротора. Однако по целому ряду причин разработать систему диагностики, которая позволяла бы достаточно эффективно выявить статический эксцентриситет ротора в процессе эксплуатации не удастся. Для решения этой проблемы предлагается способ диагностики эксцентриситета ротора АД, в котором источником информации является ток статора, а диагностическим признаком – действующее значение его дополнительного тока. При этом предлагается диагностирование АД осуществлять в режиме холостого хода в два этапа. На первом этапе для исправного двигателя определяются и сохраняются эталонные значения гармоник тока статора, составляющие дополнительного тока, его действующее значение и зависимость от значения эксцентриситета ротора. На втором этапе определяются значения гармоник тока статора и составляющие дополнительного тока. С учетом отношения полученных гармоник к их эталонному значению рассчитывается действующее значение дополнительного тока, а по эталонной зависимости от эксцентриситета ротора определяется его смещение.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, диагностика, эксцентриситет ротора, частотный анализ, составляющие дополнительного тока, действующее значение дополнительного тока.

Electroenergetics and industry are mainly used induction motors (IM) as a drive of mechanism. One of the methods to improve their operational reliability and service life is an effective and timely diagnostics of abnormal operating modes, in particular, the rotor eccentricity. However, by a number of reasons to develop a diagnostic system that would allow effectively identify the rotor static eccentricity during an operational process isn't possible hitherto. To solve this problem diagnostics of the rotor eccentricity induction motor is proposed the diagnostics method of rotor eccentricity in IM as a source of

information, which uses a stator current, and the amount of eccentricity is determined by the operative value of additional current. Thus is proposed to carry out diagnostics IM in an idling mode to two stages. At the first stage for the healthy machine are defined and saved the reference values of a harmonics of stator current's, components of additional current, its operative value and dependence from the rotor eccentricity. At the second stage are defined the values of a harmonics of stator current's and components of additional current. Operative value of additional current calculates taking into account the relation of the received harmonics to their reference value, and shift of a rotor is determined by reference dependence.

Key words: induction motor, diagnostics, eccentricity of rotor, frequency analysis, harmonious of additional current, the operative value of additional current.

Электроизоляционные материалы высокой нагревостойкости

МАСЛОВ В.А.

Электроизоляционные связующие высокой нагревостойкости (длительная рабочая температура свыше 400 С), нашедшие наиболее широкое применение, по химической природе можно подразделить на органосиликатные и металлофосфатные. Эти материалы могут применяться в чистом виде, но, как правило, их применяют в сочетании с различными наполнителями – инертными или вступающими в реакцию со связующим. Органосиликатные материалы образуются при взаимодействии полиорганосилоксанов или кремнийорганических мономеров с неорганическими минералами, такими как слюда, асбест, тальк. Металлофосфаты представляют собой продукты взаимодействия гидроокисей или окисей металлов с ортофосфорной кислотой. Наибольшее распространение получили алюмофосфаты. В последнее время часто используется алюмохромфосфатные связующие. Но с точки зрения применения связующих высокой нагревостойкости для таких материалов данных относительно мало, что, вероятно, связано с ограниченностью их применения для этих целей, а также с трудностью измерения электрических свойств, особенно при высоких температурах.

В обзоре приведены электрические характеристики ряда высоконагревостойких электроизоляционных материалов, а также указаны предприятия, выпускающие эти материалы.

Ключевые слова: органосиликаты, металлофосфаты.

By chemical nature, most used high temperature-resistant insulating materials (over 400C) can be subdivided on organic silicates and metalphosphates. These materials can be used in pure form, but more often in the mix with inert or active fillers. Organic silicates can be prepared by reaction of polyorganic siloxanes or silicone monomers with nonorganic minerals, such as mica, asbestos, talc. Metalphosphates are the reaction products of the metalhydroxides or oxides with orthophosphoric acid. Aluminophosphates are most widely used. In recent years alumino-chromium phosphates are often used. There is a relatively little data of electrical properties of high temperature-resistant insulating materials, probably related on limited application and difficulty of measurement of electrical characteristics at high temperatures.

This review presents electrical characteristic of some high temperature-resistant insulating materials. The manufacturers of these materials are given.

Key words: organic silicates, metalphosphates.

Оценка демпфирующей способности вентильного электропривода с упругими связями

ГАННЕЛЬ Л.В.

Рассмотрены особенности упругого объекта, управляемого электроприводом, в частотной области с последующим анализом переходных процессов электропривода при демпфировании упругих колебаний. Выделены основные компоненты электропривода, позволяющие поглощать энергию упругих колебаний и тем самым во многом определяющие демпфирующую способность электропривода. Предложен расчет рекуперационной способности электропривода и указаны пути ее увеличения. Приведен пример расчета.

Ключевые слова: вентильный электропривод, упругие колебания, демпфирующая способность, модальное управление, рекуперация энергии колебаний.

The features of object controlled by modern brushless electric drives with low stiffness of plant linkage are considered. Analyses of processes in time domain with vibrations' damping are followed. The key components of the electric drive, allowing absorbing the energy of controlled plant vibrations and thus mainly defined vibrations' damping capacity of the drive are signed out. A case study with calculation of amount of absorbing energy for a rotary axis is shown.

Key words: ventil electric drive, low stiffness, damping capacity, modal control, energy regeneration.

Усовершенствованный регулятор мощности ДСП

МАСЛОВ Д.В., РУБЦОВ В.П.

В дуговых сталеплавильных печах малой мощности существует проблема повышенного расхода электродов из-за частых поломок на этапе зажигания электрической дуги. Усовершенствование механической части печи не устраняет описанную проблему, да и требует огромных инвестиций. Наиболее актуальна модернизация системы автоматического управления установкой.

Применение новых алгоритмов управления в совокупности с постоянно развивающейся элементной базой позволяет повысить количественные и качественные показатели регулятора мощности и всей установки в целом. Данная статья посвящена разработке усовершенствованного регулятора мощности, позволяющего снизить вероятность поломок электродов. В статье приводится имитационная модель усовершенствованного регулятора мощности и проводится ее исследование.

Ключевые слова: дуговая сталеплавильная печь, регулятор мощности, шихта, электрод, математическая модель.

There is a problem of the raised expense of electrodes in low power EAF for the reason of their frequent breakages at a stage of the first ignition electric arc. Improvement of mechanical part of the furnace doesn't eliminate the described problem and demands huge investments. The most actual way is modernization EAF's system of automatic control. Application of new control algorithms with constantly developing element base is allow to raise quantitative and quality indicators of the power regulator and of the equipment as a whole. The present article is devoted to problems solution connected with breakage of electrodes candles and development of the advanced power control unit, allowing reducing probability of electrodes breakage. In article is given the imitating model of the advanced power control unit and conducted its research.

Key words: arc steel-smelting furnace, power regulator, furnace charge, electrode, mathematical model.

Оценка частотных свойств цифрового измерительного органа, реагирующего на приращения векторных значений тока

ШАЛИМОВ А.С.

В качестве критериев выбора параметров срабатывания пускового органа блокировки дистанционных защит в составе микропроцессорного устройства релейной защиты при качаниях могут быть использованы частотные свойства цифрового измерительного органа. Расчёт параметров срабатывания пускового органа блокировки при качаниях, как правило, сводится к обеспечению чувствительности к коротким замыканиям. При этом основная функция пускового органа – блокирование дистанционной защиты в режимах качаний и асинхронного хода, основана на том, что скорость изменения тока и его приращение для электромеханических процессов значительно ниже, чем для режима КЗ. Математическое моделирование цифрового измерительного органа приращений вектора тока на основе алгоритма Фурье и нерекурсивного фильтра приращений, с подтверждением результатов при помощи компьютерно-управляемой испытательной системы, позволило получить критерии, отражающие физическую сущность процессов, которые могут быть использованы при выборе уставок пусковых органов блокировки при качаниях. Рассмотренный подход к выбору параметров срабатывания цифрового измерительного органа релейной защиты, реагирующего на приращения тока, на основе анализа алгоритмов цифровой обработки сигналов позволяет получить уточнённые критерии отстройки от аварийных режимов с учётом отклонения частоты, влияния переходных процессов с наличием апериодической составляющей и высшими гармоническими слагаемыми. Частотные свойства цифрового измерительного органа, реагирующего на приращения векторных значений тока, могут быть использованы для определения порога отстройки от асинхронных режимов в качестве дополнительного условия при выборе параметра срабатывания пускового органа блокировки при качаниях, что позволит повысить чувствительность дистанционной защиты к КЗ и надёжность отстройки от асинхронных режимов.

Ключевые слова: цифровой измерительный орган, блокировка при качаниях, частотные свойства.

The criteria for the selection of operating values of the numerical distance protection starting element of power swing blocking can be used frequency properties of digital measuring element. Conditions of the selection of operating values starting element of power swing blocking is usually ensure sensitivity to short-circuiting. The primary function of starting element is blocking the distance protection from power swings and out-of-step conditions; based on the fact that the rate of current change and its increment for electromechanical processes is much lower than for short-circuit. Mathematical modeling of digital measuring element based on the algorithms of filter Fourier and FIR with confirming of the results by using computer-controlled testing system allows you to get the criteria, which reflects the physical nature of the processes that can be used when selecting the settings of starting element of power swing blocking. The approach to the selection of the settings of digital measuring element of relay protection, responsive to current increment, based on analysis of digital signal processing algorithms, allows you to define the criteria for the detuning of the emergency operation, taking into account the frequency deviation, the impact of the presence of transient DC component and the higher harmonics. Frequency properties of digital measuring element reacting to increment vector current values can be used to determine the threshold detuning from power swings and out-of-step conditions as additional conditions for selecting of settings of starting element of power swing blocking, which will increase the sensitivity of the distance protection for short-circuits and reliability of detuning from power swings and out-of-step conditions.

Key words: digital measuring element, power swing blocking, frequency properties.