

Тяговый электропривод электротранспортных средств

БЕЛОУСОВ Е.В., ГРИГОРЬЕВ М.А., ГРЫЗЛОВ А.А.

В статье рассматривается задача расширения диапазона регулирования скорости электрического транспортного средства без применения коробки передач благодаря применению двухканального электропривода с двумя электродвигателями, каждый из которых работает на свой редуктор с разными передаточными числами. В свою очередь, выходные валы этих редукторов работают на один дифференциальный редуктор. Для решения поставленной задачи разработана имитационная математическая модель электропривода, получены статические характеристики отдельных двигателей и характеристики двигателей при их работе на один дифференциал. Рассмотрены установившиеся режимы работы двухканального электропривода. Для описания реального изменения переменных скорости электромеханические преобразователи в математической модели аппроксимированы апериодическими звеньями первого порядка. Определены функции управляющих воздействий, которые формируются по критерию наиболее полного использования электрических машин по электромагнитному моменту в статических режимах и переходных процессах. Даны рекомендации по использованию предлагаемого решения для тяговых механизмов, к которым предъявляются повышенные требования к интенсивности разгона электротранспортного средства.

Ключевые слова: электрифицированное транспортное средство, тяговый электропривод, дифференциальный редуктор, система управления.

This article solves the augmentation problem of regulation speed band without the using of a transmission. The idea of solutions is an application of two-channel electric drive with two electric motors, each of which runs on its reducing gear with different gear ratios. So, the output shafts of these reducing gears are working on a one differential speed reduction device. As a rule, such a decision has no competitive advantage, but the authors have tried to describe the processes in the proposed system. So, simulation mathematical model of the electric traction drive was developed. We obtain the static characteristics of operation of each electric drive separately and when working on a one differential. Summing variable of traction drives for the static performance gives significant mistake in the transient mode. For a description of a real change the variable speed mathematical models of electromechanical converters were approximate by first-order lag block. This study has allowed to determine the functions of control actions, which are formed by the criterion of the most complete use of electric motors in

magnitude electromagnetic torque in the static modes and transient mode. The article provides guidance on the use of this solution for electric traction drive, which are increased requirements to limit the starting time electric vehicle. *Key words*: electrovehicles, electric traction drive, differential speed reduction device, the control system.

“Электротехника”. 2017. № 4, стр. 6-9

Оценка возможностей частотных методов синтеза системы управления полупроводниковыми преобразователями

ГРИГОРЬЕВ М.А.

Рассмотрена возможность увеличения быстродействия полупроводниковых преобразователей, работающих в импульсном режиме, путем увеличения несущей частоты или путем отказа от широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в пользу частотной ШИМ. Установлена связь между несущей частотой ШИМ и предельным быстродействием контура тока, которое может достигаться в замкнутых системах регулирования с использованием классических частотных методов синтеза линейных систем. Предложена математическая (имитационная) модель полупроводникового устройства, аппроксимированная идеальными звеньями, без учета падения напряжения на полупроводниковых ключах и интервала мертвого времени. На имитационной модели сопоставлены частотные характеристики преобразователей частоты, один из которых работал в линейном режиме, второй – в импульсном. Определено граничное значение частоты, начиная с которой частотные характеристики линейной и импульсных систем расходятся, для разных случаев передаточных функций “неизменяемой части”. Установлено, что эта частота наиболее близко приближается к частоте Найквиста при амплитуде резонансного максимума $A_M > 1$.

Ключевые слова: полупроводниковые преобразователи частоты, несущая частота, широтно-импульсная модуляция.

This article analyzes the existing methods of increasing reliability through multiple overstatement installed power of electric equipment. The method of optimization of power circuits of semiconductor converters has the choice steps the configuration of power circuits by the limit of semiconductor keys, choosing optimal number of phases and redundant units, and the method is different by accepted criterion - the probability of failure-free operation. Original method allows reducing the cost of installed power semiconductor converter in comparison with

a known synthetic method for the total annual costs. It is shown, that this method has some degree of flexibility, for example, accounting the development of the element base can be made by a coefficient based on the operating temperature of power semiconductor valves. A limit value of the frequency is defined for different cases of transfer functions “unchangeable part”, from which the frequency characteristics of linear and pulsed systems are different. It is found, that the frequency is most closely about to the Nyquist frequency of the resonant peak at amplitude $A_m > 1$.

Key words: semiconductor converters of frequency, carrier frequency, pulse width modulation.

“Электротехника”. 2017. № 4, стр.10-14

Повышение надежности полупроводниковых преобразователей, питающих электроприводы эксгаустеров

ГРЫЗЛОВ А.А., ГРИГОРЬЕВ М.А., ИМАНОВА А.А.

В статье анализируются существующие способы повышения надежности путем кратного завышения установленной мощности электрооборудования по критерию минимума суммарных годовых затрат. Предложена методика оптимизации схем силовых цепей полупроводниковых преобразователей, содержащая этапы выбора конфигурации схем силовых цепей по критерию минимума полупроводниковых ключей, выбора оптимального количества фаз и резервных узлов, и отличающаяся принятым критерием – вероятностью безотказной работы. По сравнению с методикой синтеза по критерию суммарных годовых затрат данная методика позволяет снизить затраты на установленную мощность полупроводникового преобразователя. Показано, что эта методика обладает определенной степенью гибкости, например, развитие элементной базы может быть учтено соответствующими коэффициентами, зависящих от температурных режимов работы силовых полупроводниковых вентилях. Предложенная методика может быть успешно применена при проектировании полупроводниковых преобразователей, питающих мощные электроприводы, в которых количество фаз силовой цепи в общем случае не равно трем. В этом случае многофазные обмотки электрической машины включаются по схеме с потенциальным разделением фаз, что можно рассматривать как эквивалентную кратную систему резервирования.

Ключевые слова: электропривод эксгаустера, полупроводниковые преобразователи, показатели надежности, оптимизация.

This article analyzes the existing methods of increasing reliability through multiple overstatement installed power of electric equipment. The method of optimization of power circuits of semiconductor converters has the choice steps the configuration of power circuits by the limit of semiconductor keys, choosing optimal number of phases and redundant units, and the method is different by accepted criterion - the probability of failure-free operation. Original method allows reducing the cost of installed power semiconductor converter in comparison with a known synthetic method for the total annual costs. It is shown that this method has some degree of flexibility, for example, accounting the development of the element base can be made by a coefficient based on the operating temperature of power semiconductor valves. The proposed method can be successfully used in the design of electrical converters for electric machine with nominal power more then 1000 W.

Key words: electric drive of exhauster, semiconductor converters, reliability parameters, optimization.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр.14-17

Анализ пуско-тормозных режимов в мощных синхронных электроприводах

ХАЯТОВ Е.С., ГРИГОРЬЕВ М.А.

Выполнен анализ пуско-тормозных режимов работы синхронных электроприводов мощных дымососов (эксгаустеров), которые сопровождаются большими пусковыми токами не только при прямом пуске, но и при регулировании потоков электрической энергии от полупроводникового преобразователя. Для анализа переходных процессов электроприводов переменного тока предложена и обоснована математическая модель электропривода, в которой электромеханический преобразователь представлен в виде звеньев с распределенными параметрами. Отличительная особенность модели - уточнение характеристики намагничивания стали магнитопровода, которое выполнялось в ходе натурных измерений переменных синхронного электропривода при прямом запуске эксгаустера. Для проверки адекватности математической модели сопоставлялись результаты натурных испытаний и моделирования статистическими методами по критерию Стьюдента. Результаты расчетов по предложенной модели сопоставлены с расчетами по классическим моделям с сосредоточенными параметрами. Установлено, что в зоне перегрузок (при $M > 1,5 M_H$) расчетные значения расходятся существенно; особенно это проявляется на малых скоростях. Полученные результаты могут быть рекомендованы для выбора параметров полупроводникового преобразователя.

Ключевые слова: синхронные электроприводы, переходные процессы, полупроводниковые преобразователи, математическая модель.

The article analyzes the start- retardation modes of synchronous drives high-power exhausters, which are accompanied by high starting currents, not only for direct start, but also when you control of electric energy flow from semiconductor converter. The mathematical model of electric drive is proposed and substantiated for analysis transition process of AC drives, this model has an electrical machine that submit in a form of units with distributed constants. A differential characteristic of the model is a specification the magnetization characteristic of the magnetic steel, which was run in the course of in-situ measurements of variables synchronous drive with direct start. For checking purposes the efficacy of the mathematical model were compared the full-scale results and modeling of statistical methods by Student's test. The paper presents the results of a comparison of calculations on the proposed mathematical model and classical models with lumped parameters. It was found that in the overload zone (for $M > 1.5M_n$) the calculated values differ considerably, and this is especially evident at low speeds. The results can be recommended to select parameters of electrical converter.

Key words: synchronous electric drives, transition process, semiconductor converters, mathematical model.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр.18-21

Расчет потерь и тепловых режимов работы регулируемых электроприводов переменного тока

ГОРОЖАНКИН А.Н., ГРЫЗЛОВ А.А., ХАЯТОВ Е.С.

Для класса регулируемых электроприводов переменного тока, работающих в предельных режимах с произвольными законами управления токами и конфигурациями магнитных систем электрических машин дан обзор методов расчета потерь. Показано, что существующие методы имеют низкую точность расчёта для рассматриваемого класса электроприводов (погрешность до 30%). Приводятся результаты расчетов методом конечных элементов и экспериментальные данные моделирования тепловых режимов и потерь на трехмерных моделях, где электромеханический преобразователь представлен как система с распределенными параметрами, при этом используются алгоритмы параллельного вычисления. На примере расчета потерь в трехмерных моделях синхронной реактивной машины независимого возбуждения показано, что расхождение с

экспериментальными данными не превышает 2%. При этом основная доля потерь в стали приходится на вихревые токи. Результаты расчета численными методами на трехмерных моделях позволяют оценить потери в регулируемых электроприводах переменного тока при несинусоидальных законах управления фазными токами статора со сложной конфигурацией магнитной системы электромеханического преобразователя. Для рассматриваемого класса электроприводов наибольшая доля потерь (от 60 до 80%) приходится на потери от вихревых токов.

Ключевые слова: регулируемый электропривод, тепловые режимы, потери, конечно-элементный анализ.

For a class of controlled AC drives operating under extreme conditions, with any laws of electrical machinery magnetic systems currents and configuration management provides an overview of methods for calculating losses. It is shown that the existing methods have low accuracy of calculation for this class of drives (error up to 30%). The results of finite element analysis and experimental data of thermal simulation models and losses of three-dimensional models, where the electromechanical converters presented as a system with distributed parameters, and the use parallel computing algorithms. For example, the calculation of losses in the three-dimensional models of field regulated reluctance machine is shown that the discrepancy with the experimental data does not exceed 2%. The bulk fraction losses in the eddy currents in the steel. The results of calculation of numerical methods on three-dimensional model allows to estimate the losses in regulated AC drives with non-sinusoidal phase currents with complex configurations of the electrical machine magnetic system. The largest share of losses (from 60% to 80%) are in the eddy current losses.

Key words: regulated electric drive, thermal modes, losses, finite element analysis.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр. 21-25

Система управления электроприводом подачи стана холодной прокатки труб

БЕЛЫХ И.А., ГРИГОРЬЕВ М.А., БЕЛОУСОВ Е.В.

Предложена методика синтеза системы управления совместно с выбором параметров силового электротехнического оборудования электропривода подачи стана холодной прокатки труб на примере ПАО “Челябинский трубопрокатный завод”. Предложенная методика многосвязной системы реализована по критерию минимума ошибки позиционирования рабочего органа и отличается тем, что выбор структуры управления

определяется соотношением частот среза контуров “неизменяемой части” электропривода и регулирования электромагнитного момента. Задача синтеза системы управления была разделена на три этапа. На первом – решалась задача поиска оптимальной кривой переменной скорости рабочего органа по критерию минимума электрических потерь. На втором этапе выполнялась параметрическая оптимизация параметров силового электрооборудования. Наконец, на третьем – выполнялся выбор структуры и параметров корректирующих связей системы регулирования. В исследовании были сопоставлены показатели регулирования в системах с подчиненным регулированием и модальным управлением при изменении соотношения частот среза контуров регулирования “неизменяемой” части системы и регулирования момента. Разработанная методика синтеза системы управления позиционного электропривода может быть рекомендована для любых технологических объектов металлургического производства, в которых электропривод решает задачу обеспечения траектории движения рабочего органа с высокой степенью точности.

Ключевые слова: стан холодной прокатки труб, позиционный электропривод, следящий электропривод.

This article proposes a synthesis method of control law in cooperation with the choice of parameters of power electrical equipment of electric supply cold rolling mill pipes on the example of the object of Public Stock Company “Chelyabinsk Tube Rolling Plant”, which is presented in the form of a multiply-connected system on the criterion of minor errors positioning of movable operating element, that is characterized in that choice of management structure is determined by the cutoff frequency ratio one of the contours of "unchangeable part" electric drive and electromagnetic torque control loop. Task of designing a system control has been divided up into three stages. The first is a search problem of the optimal curve variable speed of movable object on the criterion of minimum power losses. The second is a parametric optimization of electrical power parameters. Finally, the third - the choice of the structure and parameters of correcting coupling of control system. The research shows control measure on the systems with subordinate regulation and modal control when changing the cutoff frequency control loops "unchangeable" part of the system and control loop torque. The proposed method of synthesis control of the positional power drive system can be recommended for all technological facilities of metallurgical production, which solves the problem of providing the electric path of the movable object movements with a high degree of accuracy

Key words: cold rolling mill pipes, positional power drive system, follow-up drive system.

“Электротехника”. 2017. № 4,. стр.26-29

Способы снижения потерь в электроприводах и повышение электробезопасности при их обслуживании

КУЗНЕЦОВ К.Б., ГОРОЖАНКИН А.Н., ФУНК Т.А., ХУСАИНОВ Ш.Н., КРУГЛОВ Г.А., КОРЖОВ А.В.

Дан перечень рекомендаций, которые повышают энергоэффективность электропривода благодаря снижению суммарных потерь. Выделены три направления развития энергосберегающего электропривода. Первый подход – совершенствование традиционных решений, в котором улучшение достигается путем применения качественных активных материалов, закладываемых в электрическую машину с избытком, и оптимизации их схем силовых цепей. Второе направление – системный подход к проектированию и учету совместной работы всех компонентов электропривода. В этом случае совершенствование предполагает разработку новых типов электроприводов, например, вентильно-индукторного электропривода и синхронного реактивного электропривода независимого возбуждения. Третий подход предусматривает совершенствование как существующих решений, так и учет совместной работы полупроводникового преобразователя и двигателя. На примере синхронной реактивной машины с независимым управлением по каналу возбуждения выполнен расчет суммарных потерь, а также показаны возможности их снижения путем выбора эффективных законов управления токами статора и схем силовых цепей. Представлены рекомендации, позволяющие повысить электробезопасность персонала, обслуживающего электроустановки потребителей.

Ключевые слова: энергосбережение, электропривод, потери, электробезопасность.

Given a list of recommendations that lead to the reduction of losses in the drive. Select three lines of development of energy-saving drive. The first direction - Improvement of traditional solutions. There improvement mainly achieved due to quality active materials which are laid in the electrical machine with excess. Furthermore, improved power converters. The second trend - a systematic approach to planning and accounting work together all the components of the electric drive. There improvement involves the development of new types of actuators, such as switched reluctance drive, the electric drive with field regulated reluctance machine and others. New solutions are actively using advances in information and power

electronics. The third approach combines the above two. The third approach is an example of the calculation of the losses in electric drive with field regulated reluctance machine. A decrease in the loss is achieved by selecting efficient control laws stator currents and power transfer circuits. In work the recommendations allowing to increase electrosafety of an electrotechnical system are also submitted.

Key words: energy saving, power loss, electrical safety.

“Электротехника”. 2017. № 4,. стр. 31-37

Система управления главной вентиляторной установки на предприятиях горной промышленности

АБРАМОВ Б.И., ДАЦКОВСКИЙ Л.Х., КУЗЬМИН И.К., ШЕВЫРЁВ Ю.В.

Вентиляторная установка главного проветривания представляет собой сложную техническую систему, включающую в себя совокупность функционально связанных механических, электротехнических и электромеханических комплексов, а также комплексы аппаратно-технических средств управления, защиты и сигнализации, объединяемые для выполнения задачи проветривания горных выработок. В статье изложены основные принципы построения микропроцессорной системы управления главной вентиляторной установки (ГВУ), которые применимы для всех типов электроприводов вентиляторов. Она содержит следующие подсистемы управления: механизмами вентиляционного канала; вспомогательными механизмами вентиляторов; электроприводами вентиляторов. Приведено описание структурной схемы микропроцессорной системы управления ГВУ, которая выполнена иерархической, трехуровневой. Техническими средствами нижнего уровня являются датчики и исполнительные механизмы, средний уровень содержит контроллеры и станции распределённого ввода-вывода, верхний уровень – оборудование для передачи данных, объектные пульта управления, оборудование для наладки и программирования.

Ключевые слова: главная вентиляторная установка, электропривод вентилятора, микропроцессорная система управления, принципы построения, структурная схема.

Mining fan installation is a complex technical system that comprises a scope of functionally related mechanical, electrical and electromechanical units as well as hardware for control, safety and alarm, that common purpose is mining ventilation. In this article the basic principles of control system with PLC for the mining fan installation are given. These principles

are applicable for all types of electric drives for the fan installation. The control system consists of the following minor subsystems: air duct mechanisms, fan's auxiliary mechanisms and fan's electric drive. The description of the block diagram for the microprocessor control system is given. Technical means of the lower level are the sensors and actuators. Middle level includes controllers and distributed IO stations. Upper-level equipment: for data transfer, object control, commissioning and programming.

Key words: fan installation, fan's electric drive, microprocessor control system, basic principles, block diagram.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр. 38-45

Управление многоуровневым преобразователем частоты энергоэффективного электропривода

ВИНОГРАДОВ А.Б., КОРОТКОВ А.А.

Статья посвящена исследованию алгоритмов управления высоковольтным электроприводом, преобразовательная часть которого представлена многоуровневой каскадной структурой. В основу алгоритма управления в рамках векторного способа формирования ШИМ положен известный принцип выбора трёх ближайших векторов по диаграмме напряжений преобразователя и расчёт длительностей их включения за цикл модуляции, на базе которого предложена инвариантная к числу уровней преобразователя методика синтеза алгоритма коммутации силовых вентилях. Методика использует принцип «центрированной» ШИМ с минимизацией коммутационной составляющей потерь в IGBT инверторах ячеек преобразователя. Предложены методика равномерного распределения коммутационной нагрузки по ячейкам в фазах преобразователя и методика оценки показателей энергоэффективности высоковольтного электропривода и сравнения алгоритмов ШИМ по результатам компьютерного моделирования. Получены результаты комплексных модельных и макетных испытаний 17-уровневого каскадного преобразователя в составе частотно-регулируемого электропривода, показывающие снижение суммарных потерь мощности в силовых модулях преобразователя с модулятором разработанной структуры векторной ШИМ на 43-46%, по сравнению с традиционным алгоритмом синусоидальной ШИМ.

Ключевые слова: высоковольтный частотно-регулируемый привод, каскадный преобразователь, векторное формирование ШИМ, коммутационные потери.

The article is devoted to control strategy research of high-voltage electric drive, the converter system of which is represented by well-known multilevel Series Connected H-Bridge Voltage Source Converter (SCHB VSC) topology. New algorithm is developed on the basis of Space Vector Pulse-Weight Modulation (SPWM) strategy that means to choose three nearest vectors on voltage diagram and switching time calculation in modulation period. The authors proposed power IGBT switching sequence synthesis procedure that is invariant to the number of Converter levels and employs “centered” SPWM strategy and cells’ IGBT inverter switching losses minimization approach. The cells’ switching load equal sharing procedure within each phase of the Converter is proposed. The routine of High-Voltage Electric Drive power efficiency factors estimation and SPWM algorithms comparison on computer simulation results is proposed. The comprehensive mathematical and physical modeling of High Voltage Variable-Frequency Electric Drive with 17-level SCHB VSC indicates the significant (43-46%) cells’ power loss enhancement with the proposed Space Vector PWM modulator in comparison with traditional Sinusoidal PWM strategy.

Key words: high voltage variable frequency drive, cascade inverter, vector forming the PWM, switching loss.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр. 45-49

Трехфазный высокочастотный AC/DC преобразователь с коррекцией коэффициента мощности

БУРЛАКА В. В., ГУЛАКОВ С. В., ПОДНЕБЕННАЯ С.К.

Предложено схемное решение преобразователя трехфазного переменного напряжения в постоянное. В схеме использовано преобразование энергии на высокой частоте, что дает возможность снизить массу и габариты устройства, обеспечена гальваническая развязка выходных цепей и активная коррекция коэффициента мощности. Преобразователь может быть использован для решения задач питания электрической дуги для сварочных и плазменных процессов.

Ключевые слова: корректор коэффициента мощности, источник питания, непосредственное преобразование, прямоходовый преобразователь, качество электроэнергии.

A new topology of AC/DC converter with three-phase input is proposed. A direct conversion principle with active power factor correction is employed, thus allowing substantial improvement in power-to-volume ratio compared to conventional converters. Converter output is galvanically isolated from mains using high frequency transformers. Power supplies with proposed topology can be used to power an electric arc for welding or plasma processes.

Key words: power factor corrector, power supply, direct conversion, forward converter, power quality.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр. 50-53

Влияние вихревых токов на показатели качества системы управления электромагнитными подшипниками

МАКАРИЧЕВ Ю.А., СТАРИКОВ А.В., БЕЛЯЕВА И.С.

Рассмотрена передаточная функция электромагнитного подшипника как объекта управления с учетом вихревых токов. Приведена упрощенная математическая модель магнитной опоры, пренебрегающая влиянием вихревых токов и используемая при параметрическом синтезе регуляторов. Рассмотрена методика выбора параметров регуляторов и рассчитаны их значения применительно к осевому подшипнику турбонагнетателя железнодорожного дизеля. Проведено компьютерное моделирование системы управления осевым электромагнитным подшипником. Показано, что вихревые токи незначительно снижают быстродействие электромагнитного подшипника при малых величинах управляющих воздействий.

Ключевые слова: электромагнитный подшипник, вихревой ток, передаточная функция, система управления, параметрический синтез, быстродействие

The transfer function of the electromagnetic bearing as control object with taking account of the eddy current is considered. The simplified mathematical model of a magnetic bearing neglecting with influence of eddy currents and used at parametrical synthesis of regulators is resulted. The technique of a choice of parameters of regulators is considered and their values with reference to the axial bearing of the turbo-pressure-charger of a railway diesel engine are calculated. Computer simulation of a control system by the axial electromagnetic bearing is made. It is shown that eddy currents slightly reduce response speed of the electromagnetic bearing at small sizes of control actions.

Key words: electromagnetic bearing, eddy current, transfer function, control system, parametric synthesis, response speed

“Электротехника”. 2017. № 4., стр. 54-59

Моделирование процессов насыщения магнитной системы силового трансформатора при одновременном протекании по обмотке переменного и постоянного токов

ВАХНИНА В.В., КУЗНЕЦОВ В.Н., ШАПОВАЛОВ В.А., САМОЛИНА О.В.

Разработана математическая модель повышающего трехфазного двухобмоточного силового трансформатора со схемой соединения обмоток Δ/Y_0 при одновременном протекании по заземленной обмотке переменного и постоянного токов. Вследствие нелинейности индуктивных сопротивлений ветви намагничивания модель представлена системой нелинейных дифференциальных уравнений. Приведены результаты расчетов для бронестержневого трансформатора ТДЦ-400000/242/20. Модель позволяет учитывать влияние постоянных токов на насыщение магнитной системы силового трансформатора, что особенно важно при несимметричных режимах, которые могут возникать в периоды грозовой и сейсмической активности или магнитных возмущений атмосферы.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, силовой трансформатор, магнитная система, насыщение, математическая модель.

The mathematical model of a three-phase two-winding step-up power transformer with winding circuit Δ/Y_0 with simultaneous flowing of AC and DC currents through the grounded winding was developed. The proposed model is represented by a system of differential equations which are nonlinear because of the nonlinearity of the magnetizing inductances branches. The results of calculations for the three-phase five-legged power transformer type TDC-400000/242/20 are given. The model takes into account the effect of DC current on the saturation of the core of power transformer, which is especially important in asymmetrical mode, which can occur during thunderstorms and seismic activity or of disturbances of space weather.

Key words: electric power system, power transformer, core, saturation, mathematical model.

“Электротехника”. 2017. № 4, стр. 60-66

Перспективные направления развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования

КОВАЛЕВ В.Д.

Рассмотрены перспективные направления развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования по материалам 23-й и 24-й международных научно-технических и практических конференций, проведенных Международной Ассоциацией разработчиков и производителей высоковольтного электротехнического оборудования ТРАВЭК в 2016 г. в Москве. Обозначены предельные классы напряжения линий электропередач переменного и постоянного тока и основные задачи разработчиков высоковольтного электротехнического оборудования. Представлены основные достижения отечественных заводов в области трансформаторного оборудования и элегазовых коммутационных аппаратов, а также проблемы, связанные с эксплуатацией трансформаторного оборудования. Отражено содержание основных докладов в области развития атомной энергетики, применения технологий высокотемпературной сверхпроводимости в электроэнергетике, развития полупроводниковой элементной базы и трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали.

Ключевые слова: энергетическая система, электрическая сеть, высоковольтное электротехническое оборудование, трансформаторное и реакторное оборудование, элегазовое коммутационное оборудование.

Given the prospects for development of electric power industry and high voltage electrical equipment according to the materials of the 23rd and 24-th international scientific and practical conferences held by the International Association of developers and manufacturers of high voltage electrical equipment TRAVEK in 2016 at the Hotel of Holiday Inn Sokolniki, Moscow. Given the limit voltage classes for the development of power lines AC and DC, and the main tasks for creators of high-voltage electrical equipment. Presented the main achievements of the domestic factories in the field of transformers and gas-insulated switchgear and transformer equipment problems in operation. Presented the basic reports in the field of atomic energy development, the application technology of warm superconductivity in the electric power industry, development of semiconductor components and transformers with magnetic cores from amorphous steel.

Key words: power system, electric network, high voltage electrical equipment, transformer and reactor equipment, gas-insulated switching equipment.

“Электротехника”. 2017. № 4,. стр. 67-70

Переходные процессы в сварочном инверторе и их влияние на стабильность сварочного тока

БАРДИН В. М., ЗЕМСКОВ А. В.

В статье приводятся результаты исследований «медленных» электрических процессов, происходящих в высокочастотном инверторе для сварки на переменном токе на различных этапах сварочного цикла. Определяются факторы, позволяющие обеспечивать высокие динамические свойства высокочастотного инвертора, в частности, стабильность сварочного тока.

Ключевые слова: инвертор, переходные процессы, стабильность сварочного тока, электродуговая сварка.

This article describes the results of research "slows" electrical processes occurring in high-frequency inverter for AC welding at different stages of the welding cycle. The factors that allow to provide high dynamic properties of high-frequency inverter, in particular, the stability of the welding current.

Key words: inverter, transient processes, stable of welding current, electric-arc welding.

“Электротехника”. 2017. № 4,. стр. 71-77

Сравнительный анализ рабочих характеристик асинхронного и синхронного реактивных двигателей в регулируемом приводе

КАЗАКБАЕВ В.М., ПРАХТ В.А., ДМИТРИЕВСКИЙ В.А.

Статья посвящена сравнительному анализу энергетических рабочих характеристик асинхронного (АД) и синхронного реактивных двигателей (СРД) в регулируемом электроприводе. Проводится расчетное обоснование возможности создания экономически рентабельного регулируемого электропривода с СРД улучшенной конструкции, который не имеет электрических потерь в обмотке ротора и может соответствовать самым высоким классам энергоэффективности (IE3 и IE4 согласно ГОСТ Р 54413-2011). Приведены результаты сравнительного анализа рабочих и энергетических характеристик АД и СРД, имеющих одинаковую конструкцию статора, применительно к насосам при использовании различных законов регулирования. Показано, что преимущество в КПД для СРД в наибольшей степени достигается при условии постоянства электрического угла между вектором тока и осью наибольшей магнитной проводимости ротора. Расчеты

выполнены на основе схемы замещения двигателя переменного тока. Проведен расчет параметров схем замещения для двигателей определенной мощности на основе паспортных данных рассматриваемого АД. Параметры СРД при этом рассчитываются исходя из соотношения параметров индуктивности для определенной конструкции ротора по литературным данным. Сделан вывод, что коэффициент полезного действия СРД может быть значительно выше, чем у АД той же мощности во всем диапазоне регулирования скорости электропривода.

Ключевые слова: регулируемый электропривод, синхронные двигатели, асинхронные двигатели, рабочие характеристики, сравнительный анализ.

The article is devoted to the performance comparative research of a synchronous reluctance motor (SynRM) and an induction motor (IM) in an adjustable speed electric drive. The theoretical feasibility study on an economically viable variable speed electric drive with improved design SynRM which has no electrical losses in the rotor winding and can meet the highest energy efficiency classes (classes IE3 and IE4, according to GOST R 54413-2011) is carried out. It is shown that the maximal advantage in efficiency for SynRM is implemented in the case of applying of the constant current angle (angle between the current vector and the rotor axis of greatest magnetic conductivity) control law. The results of the comparative analysis of operating and energy characteristics of IM and SynRM motors having the same stator design using various control laws are given for pump application. The analysis is done by means of the electric machine equivalent circuit method. The issues include calculation of the equivalent circuit parameters of motors on basis of rated values of the considered IM. SynRM parameters are also calculated, based on the rotor inductance ratios corresponding to a certain rotor design presented in the literature. It is concluded it is possible for efficiency of SynRM to be significantly higher than the one of IM for the full range of speed adjusting.

Key words: adjustable electric drive, synchronous motors, asynchronous motors, performance characteristics, comparative analysis.

“Электротехника”. 2017. № 4., стр. 78

Портной Геодор Зиновьевич

(к 100-летию со дня рождения)