

Электротехника, 2015, №3

ОАО «НИПТИЭМ» – 50 лет

ТУБИС Я.Б.

Электротехника, 2015, №3

Разработка, производство и применение энергоэффективных электрических машин и приводов

КРУГЛИКОВ О.В., МАКАРОВ Л.Н., ПИСКУНОВ С.В.

В статье описано состояние работ ОАО НИПТИЭМ по освоению четырех групп инновационных энергоэффективных продуктов, востребованных рынком. Первой группой является серия энергоэффективных общепромышленных асинхронных электродвигателей 7AVE. Вторым продуктом являются асинхронные двигатели для частотно-регулируемого электропривода, представленные широкой номенклатурой и ориентированные как на общие, так и на специализированные задачи. К третьей группе отнесены специальные тяговые электродвигатели для электротрансмиссий, электротранспорта, гибридного транспорта, а также систем электродвижения кораблей. Четвертый продукт – электропривод безредукторной лифтовой лебедки, построенной на основе низкочастотных частотно-регулируемых электродвигателей. Перечислены основные научные изыскания, сопровождавшие разработку указанных групп инновационных проектов. Дана оценка экономического эффекта от внедрения осваиваемых энергоэффективных продуктов.

Ключевые слова: энергоэффективность; асинхронные двигатели единых серий; частотно-управляемый привод; электропривод безредукторной лифтовой лебедки.

The article describes the state of the works of JSC NIPTIEM for the development of the four groups of innovative energy efficient products demanded by the market. The first group is a series of energy-efficient general-purpose induction motors, brand 7AVE. The second products are induction motors for variable frequency drive presented to wide range and targeting both the general and specialized applications. The third group includes special traction motors for electric transmission, electric vehicles, hybrid vehicles and electric propulsion systems of ships. The fourth product is the drive gearless elevator winches, based on low-frequency frequency-controlled electric motors. The basic scientific researches that accompanied the development of these groups of innovative projects are listed. The assessment of the economic effect from the implementation of developed energy-efficient products is given.

Key words: energy efficiency; AC motors series; special designs of induction motors; frequency controlled drive; drive of gearless elevator winches.

Электротехника, 2015, №3

Применение кластерного анализа в многопоточном проектировании активных частей асинхронных электродвигателей

КОБЕЛЕВ А.С.

С целью ускорения проектирования активных частей асинхронных двигателей предложено множество основных применений разделить на три основных кластера: «гармоничный», «моментный», «моментный с ограничением по пусковому току». Для каждого кластера установлена значимость частных критериев оптимизации. Универсальное множество решений для подкласса АД находится внутри области, ограниченной решениями с наибольшей

значимостью частных критериев, являющихся базовыми для каждой из трех групп применений. Предложены электромагнитные и технологические метрики для асинхронных электродвигателей малой, средней и старшей мощности. Предложены наиболее эффективные топологии пазов статора и ротора для каждого из выделенных кластеров. Обсуждена применимость «медных» либо «железных машин» для разных при рованного проектирования к практически автоматическому проектированию активных частей электрических машин.

Ключевые слова: асинхронные двигатели, проектирование, кластерный анализ.

In order to accelerate the design of the active parts of asynchronous motors the set of basic applications is divided into three main clusters: «harmonious», «torque», «torque with starting current-limited». For each cluster imputed importance of individual criteria optimization. Universal multiple solutions to a subclass of the AEM is located within the area bounded by the decisions with the greatest importance of private criteria that are basic for each of the three groups of applications. The electromagnetic and technological metrics for engines of low, medium and high power are proposed. The most efficient topology stator and rotor slots for each of the clusters are proposed. The applicability of the «copper» or «iron machines» for different applications is discussed. It is noted that projects cluster analysis is the next step in the transition from computer-aided design to almost automatic designing of active parts of electrical machines.

Key words: asynchronous motors, designing, cluster analis.

Электротехника, 2015, №3

Низкочастотные асинхронные двигатели для безредукторного привода лифтовой лебедки
КРУГЛИКОВ О.В.

Изложены основные результаты разработки безредукторных лифтовых лебедок, выполненной ОАО НИПТИЭМ в 2008–2014 гг. Обоснован выбор асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для применения в низкочастотном частотно-регулируемом приводе безредукторной лифтовой лебедки. Приведены алгоритмы проектирования активной части электродвигателя и конструкции лебедки. Показана важность использования экспериментальных данных для совершенствования методик и параметров электродвигателей, а также необходимость использования математического моделирования при проектировании частотно-регулируемых электродвигателей. Приведены основные технико-экономические показатели и номенклатура безредукторных лифтовых лебедок серии КИАТ ЛПП.

Ключевые слова: Частотно-регулируемый асинхронный двигатель, безредукторная лифтовая лебедка, проектирование.

The main results of development of the direct driven elevator winch which is carried out by JSC NIPTIEM in 2008-2014 are given in article. The choice of the induction motor with a cage winding rotor for its application in the low-speed and variable frequency direct drive of the elevator winch is reasonable. The algorithm of design of the stator and rotor of the motor and construction of the winch are given. Importance of using the experimental data in order to improve calculation procedure and parameters of the motors and need of using mathematical simulation during design of motors for variable frequency application are shown. The main technical and economic rate and the product line of the direct drive elevator winch KIAT LPP series are given.

Key words: variable frequency induction motor, direct drive of elevator winch, design.

Управление электромеханическими преобразователями энергии с различными механическими характеристиками

ШАБАЕВ В.А.

Рассмотрены особенности управления электромеханическими преобразователями энергии с «жесткой» и «тяговой» механическими характеристиками. Показано, что механические характеристики двигателя постоянного тока с постоянными магнитами – «жесткие», а скорость определяется не только входным напряжением, но и моментом нагрузки. Механические характеристики коллекторного двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением – «тяговые», а момент пропорционален квадрату тока. Бесконтактные электромеханические преобразователи энергии могут иметь «жесткие» и «тяговые» механические характеристики в зависимости от способов управления. Электромеханические преобразователи энергии, в которых отсутствуют постоянные магниты или обмотки возбуждения могут работать с постоянным потоком возбуждения с «жесткой» механической характеристикой или с «тяговой» механической характеристикой при изменении потока возбуждения. В последнем случае в электромеханических преобразователях энергии осуществляется режим энергосбережения. Показано, что для увеличения точности систем управления с различными электромеханическими преобразователями энергии необходимо применение определенных способов и устройств управления. Приведена функциональная схема управления электромеханическими преобразователями энергии с «тяговыми» электромеханическими характеристиками и компенсацией момента нагрузки при постоянным приведенном моменте инерции.

Ключевые слова: электромеханические преобразователи энергии, «жесткая» и «тяговая» механические характеристики, адаптивная настройка, функциональная схема.

It is shown that mechanical descriptions of engine of direct-current with permanent magnets – «hard», and speed is determined by not only entrance tension but also moment of loading. Mechanical descriptions of collector engine of direct-current series-wound - «hauling», and a moment is proportional to the square of current. The noncontact electromechanics transformers of energy can have «hard» and «hauling» mechanical descriptions depending on the methods of management. Electromechanics transformers are energies in that permanent magnets or puttee of excitation are absent can work with the permanent stream of excitation with «hard» mechanical description or with «hauling» mechanical description at the change of stream of excitation. In last case the mode of energy-savings comes in the electromechanics transformers of energy true. Management features are considered by the electromechanics transformers of energy with «hard» and «hauling» mechanical descriptions. It is shown that for the increase of exactness of control system with the different electromechanics transformers of energy application of certain methods and control units is needed. Functional diagram over of management is brought by the electromechanics transformers of energy with «hauling» electromechanics descriptions and indemnification of moment of loading at permanent the brought moment over of inertia.

Key words: electromechanics transformers of energy, «hard» and «hauling» mechanical description, adaptive tuning, functional diagram.

Алгоритмы расчета скоростных характеристик регулируемых асинхронных двигателей и

ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

ЗАХАРОВ А.В.

Статья посвящена вопросу использования скоростных характеристик в задачах проектирования частотно-регулируемых асинхронных двигателей. Предложен алгоритм построения поверочного электромагнитного расчета, учитывающий влияние основных регуляторов системы управления и использующий основные расчетные формулы и процедуры известных методик. Алгоритм реализует решение обратной задачи относительно поверочного электромагнитного расчета. Показаны способы использования предлагаемой методики для решения практических задач: построения скоростных характеристик, нахождения оптимального режима электропитания. Приведены результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных.

Ключевые слова: частотно-регулируемый асинхронный двигатель, электромагнитный расчет, обратная задача.

The article focuses on the use of speed characteristics in the development problems of variable-speed induction motors. An algorithm for constructing the verification of electromagnetic calculation that takes into account the influence of the main regulators of the control system and uses the basic design formulas and procedures of known methods. The algorithm realizes the solution of the return task of rather electromagnetic calculation. Ways of use of the offered technique for the solution of practical tasks, creation of speed characteristics, findings of the optimum mode of power supply are shown. Results of comparison of settlement and experimental data are given in article.

Key words: variable speed control induction motor, adjustable induction motor, electromagnetic calculation, return task.

Электротехника, 2015, №3

Волновые процессы в обмотках электродвигателей для безредукторного привода лифта

АФОНИН В.И. КРУГЛИКОВ О.В., РОДИОНОВ Р.В.

В статье рассматриваются вопросы обеспечения надежности обмоток электродвигателей для безредукторного привода лифта. Приводятся результаты исследования волновых процессов в электродвигателях для безредукторного привода лифта. Одним из основных элементов электромеханических приводов лифтов является электродвигатель с регулируемой частотой вращения и автоматический регулятор скорости (преобразователь частоты) соответствующей мощности. Данные приводы пришли на смену традиционным приводам с двухскоростным асинхронным двигателем (АС2) в последней четверти прошлого столетия, чему способствовало широкое использование достижений микроэлектроники. Опыт работы, а также отечественная и зарубежная литература указывают на то, что наиболее перспективными в качестве электромеханического преобразователя энергии в электроприводах лифтов являются асинхронные высокомоментные двигатели с короткозамкнутым ротором и синхронные с постоянными магнитами (VVVF). Укоренилось устойчивое мнение, что применение подобных систем управления лифтами позволит снизить потребление электроэнергии в два раза по сравнению с традиционными приводами с редуктором и канатоведущим шкивом.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, надежность, безредукторный привод лифта.

One of basic elements of electromechanical drives of lifts is the electric motor with adjustable frequency of rotation and an automatic regulator of speed (the frequency converter) corresponding power. The given drives have come in the stead of traditional drives with the two-high-speed asynchronous engine

(AC2) in last quarter of last century that was promoted by wide use of achievements of microelectronics. The operational experience, and also the domestic and foreign literature specify that the most perspective as the electromechanical converter of energy in electric drives of lifts are asynchronous engines with a short-circuited rotor and synchronous with constant magnets (VVVF). The steady opinion has taken roots that application of similar control systems by lifts will allow to lower a current consumption twice in comparison with traditional drives with a reducer and a pulley. In article questions of maintenance of reliability of windings of electric motors for lift drive are considered. Results of research of wave processes in electric motors for lift drive are resulted.

Key words: the asynchronous engine, reliability, lift.

Электротехника, 2015, №3

Результаты разработки и испытаний комплекта тягового электрооборудования карьерного самосвала грузоподъемностью 240 т

ВИНОГРАДОВ А.Б., ГНЕЗДОВ Н.Е., ЖУРАВЛЕВ С.В., СИБИРЦЕВ А.Н.

Представлены основные результаты разработки электромеханической трансмиссии переменного тока карьерного самосвала БелАЗ грузоподъемностью 240 т, выполненной на предприятиях концерна «Русэлпром». Рассмотрены требования и особенности тягового электрооборудования самосвала, обуславливающие сложность решённой задачи, в частности, ограниченное быстродействие канала регулирования напряжения в звене постоянного тока, малая ёмкость этого звена, диапазон регулирования переменных в области ослабления поля более 15:1, требуемая мощность тормозного режима, в 2 раза превышающая мощность двигательного. Приведена функциональная схема комплекта тягового электрооборудования, рассмотрен частотно-зависимый температурный дерейтинг предельного выходного тока инвертора для повышения надежности и максимального использования силовых ключей. Описаны структуры систем управления возбуждением синхронного тягового генератора, приводами правого и левого колёс, модель самосвала. В результате моделирования согласованы динамические характеристики и режимы работы двигателя внутреннего сгорания, генератора и тяговых двигателей, выбран наиболее рациональный вариант алгоритмов управления в условиях проскальзывания ведущих колес, установлена низкая чувствительность электроприводов к изменению параметров силового канала. Представлены программа, методика и результаты испытаний комплекта тягового электрооборудования на полномасштабном стенде. Достигнуты требуемые статические показатели, а также время отработки ступенчатого наброса номинальной нагрузки генератора 0,2 с с провалом напряжения 5% и переход от предельного тягового к 90% тормозного момента менее, чем за 2 с на любой рабочей скорости. Полигонные испытания созданного комплекта в составе самосвала запланированы на лето 2015 г.

Ключевые слова: карьерный самосвал, асинхронный тяговый двигатель, синхронный тяговый генератор, векторная система управления.

Basic development results of AC based electromechanical transmission for dump truck BelAZ with load capacity of 240 tons, made at the concern «Ruselprom», are considered. Considered the requirements and features of traction electrical equipment, which determine complexity of solved task, in particular limited response speed of dc link voltage control channel, low capacity of the link, more than 15:1 range of variables control at field decay, required braking mode power exceeding twice of traction mode power. Functional scheme of traction electrical equipment set is given, frequency dependent thermal decreasing of inverter maximum output current for reliability growth and full using of IGBT is

considered. Structures of field control systems for traction synchronous generator and wheels electric drives are described, as well as model of dump truck. In the issue of simulation dynamic behavior and operating modes of combustion engine, generator and traction motors are coordinated, the most rational variant of control algorithms at driving-wheels slip are selected, determined drive low sensibility at power channel parameters variations. Program, methods and results of traction electrical equipment set checkout on full-scale workbench are presented. Required static characteristics are received, as well as 0,2 second response time and 5% dc link voltage dip at step growth of generator rated load. Received less than 2 second time of change extreme traction to 90% braking torque at any operating speed. Dump truck ground test with designed equipment set is scheduled in summer of 2015.

Key words: dump truck, induction traction motor, synchronous traction generator, vector control.

Электротехника, 2015, №3

Исследование добавочных потерь низковольтных асинхронных двигателей методом несимметричного питания

РОДИОНОВ Р.В.

В сентябре 2007 г. была введена в действие новая редакция МЭК 34-2 часть 1, определяющая методы определения потерь и КПД электрических машин, а также требования к средствам измерения. Метод определения добавочных потерь, опубликованный в последней редакции МЭК и отсутствующий в ГОСТ 7217, предполагает проведение испытания при несимметричном питании асинхронного двигателя. Сущность метода заключается в создании обратно вращающего поля, что позволяет отказаться при этом от проведения опыта при обратном вращении. Несимметрия питающего напряжения создается с помощью дополнительного резистора, включенного в одну из фаз. Испытание рекомендуется проводить на холодной машине, для того чтобы избежать перегрева обмотки машины вследствие несимметрии токов фаз. При выполнении эксперимента измеряются линейные напряжения и токи, мощность и скольжение. Обработка результатов испытаний сводится к определению токов и напряжений прямой и обратной последовательности. Получают функциональную зависимость добавочных потерь от тока обратной последовательности и определяют значение добавочных потерь в номинальном режиме. Применение новых методов испытания и оценки энергоэффективности позволит создать предпосылки для повышения технического уровня современных низковольтных асинхронных двигателей.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, испытания, измерения, коэффициент полезного действия, энергоэффективность.

In September 2007 new edition IEC 34-2 part 1 defining methods of definition of losses and EFFICIENCY of electric cars, and also requirements to gauges has been installed. The method of definition of the additional losses, published in last edition IEC and absent in GOST 7217, assumes test carrying out at an asymmetrical food of the asynchronous motors. The essence of a method consists in creation of back rotating field that allows to refuse thus experience carrying out at return rotation. Asymmetry of feeding pressure is created by means of the additional resistor included in one of phases. Test is recommended to be spent by the cold car to avoid an overheat of a winding of the car owing to asymmetry of currents of phases. At experiment performance linear pressure and currents, capacity and sliding are measured. Processing of results of tests is reduced to definition of currents and pressure of direct and return sequence. Receive functional dependence of additional losses on a current of return sequence and define size of additional losses in a nominal mode. Application of new test methods and a power efficiency estimation will allow to create preconditions for increase of a technological level of modern

low-voltage asynchronous motors.

Key words: the asynchronous motor, tests, measurements, efficiency, power efficiency.

Электротехника, 2015, №3

О применении дробных однозубцовых обмоток в синхронных машинах с постоянными магнитами

КУДРЯШОВ С.В.

Рассмотрены некоторые свойства дробных однозубцовых обмоток, способствующие их эффективному применению в электрических машинах. Малый вылет лобовых частей обмотки позволяет выполнить электрическую машину более компактной в осевом направлении, что делает возможным ее применение в ряде приложений: в приводе мотор-колеса, в качестве электрогенератора ветроколеса, в приводе лифта без машинного помещения и т.д. Благодаря высокой степени дробности обмотки можно значительно снизить зубцовый момент электрической машины. Это способствует снижению момента трогания, что очень важно в ветроэнергетике, а также повышает плавность хода и точность позиционирования, что находит применение в специальных электрических машинах. Из недостатков дробных однозубцовых обмоток следует выделить худший гармонический состав МДС. Применение двухслойной однозубцовой обмотки вместо однослойной с этой точки зрения более предпочтительно. Подтверждением может служить приведенный пример использования однозубцовой обмотки в синхронном электродвигателе с постоянными магнитами для привода плунжерного насоса, используемого в нефтедобыче. Замена однослойной обмотки на двухслойную позволило в данном случае снизить потери на вихревые токи в роторе в 3,7 раза и избежать недопустимого нагрева магнитов.

Ключевые слова: синхронная машина, однозубцовая дробная обмотка, плунжерный насос.

Some properties of the tooth concentrated fractional windings which make it possible apply them successfully in electrical machines were considered. Small end windings allow produce the electric machine more compact in the axial direction, which makes possible its use in several applications: in the motor-wheels, as the generator of the wind turbine, in the elevator without machine room, etc. Fractional windings can significantly reduce cogging torque of the electric machine. This decrease the starting torque, which is very important in wind energy, but also increases the smoothness and accuracy of positioning, which allow its application in special electric machines. One of the drawbacks of tooth concentrated fractional windings is worst harmonic content of EMF. The application of the two-layer winding instead of a single layer from this point of view is more preferable. This can be seen in the example above, the application of tooth concentrated fractional windings in a synchronous motor with permanent magnets to drive the plunger pump for oil production. Replacement single-layer winding with two-layer winding allows you in this case to reduce eddy-current losses in the rotor 3.7 times and to avoid inadmissible overheating of the magnets.

Key words: synchronous machine, tooth concentrated fractional, winding, plunger pump.

Электротехника, 2015, №3

Разработка, изготовление и поставка электродвигателей для оборудования атомных электростанций

ВОРОШИЛОВ В.С., ГОЛЕМБИОВСКИЙ М.И., ЖИРОВ В.В.

ОАО НИПТИЭМ, с 2000 г. являясь разработчиком и изготовителем асинхронных двигателей для оборудования атомных станций, работает над повышением надежности потребительских свойств электродвигателей с целью приведения характеристик электродвигателей в соответствие с техническими требованиями вновь строящихся блоков атомных станций: Ленинградской, Балтийской, Курской, Нововоронежской, Ростовской. В статье рассмотрена конструкция двигателя 5AM315S4АЗУХЛ4 для поставки в фирму «WEPUKO Pahnke GmbH» (Германия) для комплектации пожарных насосов 2 категории безопасности, поставляемых на строящиеся блоки Ленинградской и Балтийской АЭС. Приведены результаты опытно-конструкторской работы по разработке электродвигателя для привода осевого вентилятора устройства охлаждения дизель-генератора системы аварийного электроснабжения атомной станции. Приведены конструкция, основные параметры и технические характеристики электродвигателя А225М6ВА3У2.

Ключевые слова: асинхронные двигатели, оборудование АЭС.

JSC NIPTIEM, starting from 2000 being a designer and a manufacturer of asynchronous motors for nuclear power stations equipment, is now working on a reliability improvement of the customer appeal of the electric motors in order to bring characteristics of electric motors to conformity with technical requirements of the newly built blocks of the nuclear power stations: Leningradskaya, Baltijskaya, Kurskaya, Novovoronezhskaya, Rostovskaya. This article contains the design of the electric motor 5AM315S4AZUXL4 to be delivered to «WEPUKO Pahnke GmbH» (Germany), that can be used in a complete set of the second safety category fire-protection pumps, supplied to the built blocks of Leningradskaya and Baltijskaya nuclear power stations. The article also contains the results of electric motor development engineering for the axial fan engine used in cooling equipment of diesel generating set for the emergency electrical system of the nuclear power station. Design, the main parameters and technical characteristics of the electric motor A225M6BA3U2 are given.

Key words: asynchronous motor, nuclear power station equipment.

Электротехника, 2015, №3

Вспомогательные электродвигатели для подвижного состава

ШОРОХОВ А.В., ЕФРЕМОВ А.П., ПИСКУНОВ С.В.

Рассмотрены результаты разработки асинхронных электродвигателей для привода вентиляторов и компрессоров, применяемых в современных электровозах и тепловозах. Приведены технические данные электродвигателей, их основные параметры и условия эксплуатации. Представлены сведения о серийном выпуске и декларировании электродвигателей в системе сертификации на федеральном железнодорожном транспорте (ССФЖТ). Приведены показатели надежности электродвигателей согласно их техническим условиям и некоторые показатели надежности уже эксплуатируемых электровозов и тепловозов, где такие электродвигатели используются в качестве вспомогательных. Рассмотрена возможность дополнительных исследований и анализа полученных результатов на основе испытаний электродвигателей в имеющемся на предприятии испытательном центре, аккредитованном в ССФЖТ.

Ключевые слова: разработка, производство, испытания, сертификация, асинхронные электродвигатели, электровозы и тепловозы, электропривод, вентиляторы, компрессоры.

This article contains the results of the asynchronous electric motors development for fans and compressors engines, used in the modern locomotives and diesel units. The main parameters, operation conditions and technical characteristics of the electric motors are described. Serial production data and information about electric motors declaration in the Federal Railway Equipment Certification System

(FRECS) are provided. Reliability index of the electric motors is stated as per specification, the article also describes the reliability index of the locomotives and diesel units in use where the mentioned above electric motors are applied to as secondary. There is a possibility of additional research work and obtained results analysis on the basis of the electric motors examination, performed in test operations center situated on the territory of enterprise and certified by FRECS.

Key words: development, manufacturing, test, certification, induction motors, electric and diesel locomotives, electric drive, ventilators, compressors.

Электротехника, 2015, №3

Методика расчета теплового состояния электрической машины с применением программ трехмерного численного моделирования

ДРАГОМИРОВ М.С., ЖУРАВЛЕВ С.А., ЗАЙЦЕВ А.М.

Рассмотрена методика численного расчета температуры элементов электрической машины с комбинированной системой охлаждения: часть внешней поверхности станины охлаждается водой, а внутреннее пространство электрической машины – воздухом за счет проточной вентиляции. Приведено сравнение результатов моделирования по представленной методике расчета с экспериментальными данными.

Ключевые слова: электрическая машина, тепловой расчет, система охлаждения, комбинированное охлаждение, численное моделирование.

In article the procedure of numerical simulation of temperature of electrical machine elements with the combined cooling system is considered – the part of an external surface of a motor housing is cooled with water, and the internal space of the electrical machine is cooled with air due to flowing cooling. Comparing of results of simulation by the provided calculation procedure with the experimental data is given.

Key words: electric machine, thermal calculation, cooling system, combined cooling, numerical simulation.

Электротехника, 2015, №3

Авторы опубликованных статей