

Устройство выборки и хранения с улучшенными временными параметрами

БОНДАРЬ С.Н., ГАБРИЕЛЯН Ш.Ж., ВОРОТНИКОВ И.Н., ВАХТИНА Е.А.

Основные временные параметры устройств выборки и хранения (УВХ) – время выборки и время хранения, порождают и основные недостатки данных устройств: большое время выборки и малое время хранения, которые не могут быть устранены лишь изменением емкости конденсатора хранения. Схемные решения типовых УВХ, временные параметры которых в явном виде определяются емкостью конденсатора хранения, обеспечивают лишь: сокращение времени выборки при одновременном сокращении времени хранения, или увеличение времени хранения при одновременном увеличении времени выборки. Попытка увеличения времени хранения при одновременной неизменности времени выборки, или уменьшения времени выборки при одновременной неизменности времени хранения, привела к разработке УВХ с улучшенными временными параметрами. Улучшение временных параметров УВХ достигается принудительным снижением тока разряда конденсатора хранения. При неизменности времени выборки разработанное схемное решение построения УВХ обеспечивает более чем пятикратное увеличение времени хранения.

Ключевые слова: устройства аналого-цифрового преобразования, устройства выборки и хранения, интервал времени выборки, интервал времени хранения.

Main temporal parameters of sample-and-hold devices (SHD): sampling time; storage time, generate the main disadvantages of these devices: large sampling time; short storage time, which can not be eliminated by simply changing the capacitance of the storage capacitor. The circuit solutions of typical SHD, the time parameters of which are explicitly determined by the capacitance of the storage capacitor, provide only: reduction of the sampling time while reducing the time of storage; increase of the storage time while increasing the sampling time. An attempt to increase the storage time, with the simultaneous unchanged sampling time, or decrease the sampling time with simultaneous unchanged storage time, led to the development of SHD with improved time parameters. Improving the time parameters of the SHD is achieved by forcibly reducing the discharge current of the storage capacitor. In the case of unchanged sampling time, the developed circuit solution of the SHD provides more than 5-fold increase in the storage time.

Key words: analog-to-digital conversion devices; sample-and-hold devices; sampling time interval; storage time interval.

Электротехника, №7-2018, стр. 6-10

Дискретная суперпозиция зарядов в гальванически развязанном силовом контуре при формировании испытательных импульсов напряжения

ЕРШОВ А.Б., ХОРОЛЬСКИЙ В.Я., ЕФАНОВ А.В., ШЕМЯКИН В.Н.

Показано, что контроль предельных токовых перегрузок и обратных токов силовых полупроводниковых приборов с помощью одного устройства практически невозможен, а фактические амплитудно-временные зависимости допустимых токовых перегрузок необходимо определять расчетно-аналитическими методами. Изложен новый метод формирования одиночного и повторяющихся синусоидальных импульсов напряжения большой величины, базирующийся на использовании принципа дискретной суперпозиции зарядов в гальванически развязанном контуре регулирования. Представлена схема дискретной суперпозиции заряда в гальванически развязанном силовом контуре, показаны характерные особенности ее расчета.

Ключевые слова: силовые полупроводниковые приборы, контроль параметров, допустимые токовые перегрузки, напряжение класса, импульс обратного напряжения, гальванически развязанный контур, дискретная суперпозиция заряда.

The article shows that it is practically impossible to control limit current overloads and reverse currents of power semiconductor devices with the help of a single device, and the determination of the actual amplitude-time dependences of permissible current overloads should be carried out by computational and analytical methods. A new method for the formation of single and repetitive high-magnitude sinusoidal voltage pulses based on the principle of discrete superposition of charges in a galvanically isolated control loop is presented. The scheme of discrete superposition of charge in galvanically isolated power circuit is presented and characteristic features of its calculation are shown.

Key words: power semiconductor devices, parameter control, permissible current overload, class voltage, reverse voltage pulse, galvanically isolated circuit, discrete superposition of the charge.

Электротехника, №7-2018, стр. 10-14

Экспериментальное определение коэффициентов численно-аналитической модели

электрофизических процессов в силовых кремниевых приборах

ЕРШОВ А.Б., ШАРИПОВ И.К., ГАБРИЕЛЯН Ш.Ж., АНИКУЕВ С.В.

Изложена методика экспериментального определения коэффициентов численно-аналитической модели, описывающей электрофизические процессы в силовых кремниевых приборах, не использующих «транзисторный эффект» (эффект ключевого режима работы прибора) для снижения выделяемой в приборе мощности. Показано, что экспериментальное определение коэффициентов позволяет отказаться от численного решения фундаментальной системы уравнений полупроводника во всём объеме кремниевой структуры прибора и использовать модели более низкого уровня для решения практических задач, связанных с определением предельно допустимых токовых нагрузок силовых кремниевых приборов в режимах заказчика.

Ключевые слова: силовые кремниевые приборы, численно-аналитическая модель, допустимые токовые перегрузки.

The article describes the methodological provisions of the experimental determination of the coefficients of the numerical-analytical model, describing the electrophysical processes in silicon power devices that do not use the «transistor effect» (the effect of the key mode of operation of the device) to reduce the power released in the device. It is shown that the experimental determination of the coefficients allows to abandon the numerical solution of the fundamental system of semiconductor equations in the entire volume of the silicon structure of the device and to use lower-level models to solve practical problems associated with the determination of the maximum permissible current loads of silicon power devices in the customer modes.

Key words: power silicon devices, numerical-analytical model, permissible current overloads.

Электротехника, №7-2018, стр. 15-18

Микроконтроллерный измерительный преобразователь сопротивления

ВОСТРУХИН А.В., МАСТЕПАНЕНКО М.А., ВАХТИНА Е. А., ГАБРИЕЛЯН Ш.Ж.

Рассмотрен программный метод преобразования сопротивления в двоичный код, который позволяет управлять током, протекающим через преобразуемое сопротивление.

Разрешающая способность микроконтроллерного измерительного преобразователя (МИП) задается программным способом в диапазоне от 2 до 16 бит. В качестве преобразуемого сопротивления могут использоваться резистивные датчики с различным номинальным

значением сопротивления не менее 50 Ом. Приведены структурная схема МИП с пояснением алгоритма его функционирования, осциллограмма выходных сигналов двухканального встроенного в микроконтроллер широтно-импульсного модулятора (ШИМ) и пример расчета МИП. По расчетным и экспериментальным данным установлено, что преобразовательная характеристика МИП линейна в диапазоне наиболее востребованной разрешающей способности от 8 до 16 бит. Работа двух каналов ШИМ на одной частоте, при питании измерительной и опорной цепей током одинакового значения позволяет исключить негативное влияние внешних факторов: температуры, нестабильности напряжения питания, электромагнитных полей и изменения параметров элементов в результате их старения.

Ключевые слова: микроконтроллер, резистивный датчик, аналоговый компаратор, разрешающая способность.

A software method for converting resistance into binary code, which allows to control the current flowing through a convertible resistance is considered. The resolving power of the microcontroller measuring converter (MMC) is programmable in the range from 2 to 16 bits. As a convertible resistance, resistive sensors with different nominal resistance values not lower than 50 ohms can be used. The following are given: the MMC structural scheme with the explanation of its functioning algorithm, an oscillogram of the output signals of a two-channel pulse-width modulator (PWM) built into the microcontroller and example of MMC calculation. As a result of the calculated and experimental data, it is established that the MMC conversional characteristic is linear, in the range of the most in-demand resolution from 8 to 16 bits. The operation of two PWM channels at the same frequency, when energizing the measuring and reference circuits with the current of same value, allows to exclude the negative influence of external factors: temperature, instability of the supply voltage, electromagnetic fields and changes in the parameters of the elements as a result of their aging.

Key words: microcontroller, resistive sensor, analog comparator, resolving power.

Электротехника, №7-2018, стр. 19-22

Выбор метода вероятностного моделирования статистической динамики системы автономного электроснабжения

ХОРОЛЬСКИЙ В.Я., АТАНОВ И.В., МАСТЕПАНЕНКО М.А., ШАРИПОВ И.К.

Приводятся результаты сопоставительного анализа методов моделирования динамических режимов систем автономного электроснабжения. Рассмотрены метод статистических испытаний, метод эквивалентных возмущений и интерполяционный метод. Отмечены недостатки и преимущества указанных подходов. На конкретных примерах изучен вопрос трудоемкости моделирования с использованием методов статистических испытаний и интерполяционного метода. Сделан обобщающий вывод о целесообразности использования интерполяционного метода. Приводится математический аппарат, применяемый для расчета выходных характеристик. Даются рекомендации по выбору чисел Кристоффеля и узлов типа Чебышева при исследовании статистической динамики систем автономного электроснабжения.

Ключевые слова: системы автономного электроснабжения, методы вероятностного моделирование.

Results of the comparative analysis of methods of modeling of dynamic modes of systems of Autonomous power supply are resulted. The method of statistical tests, the method of equivalent perturbations, the interpolation method are considered. The disadvantages and advantages of these approaches are noted. On concrete examples the question of complexity of modeling with use of methods of statistical tests and the interpolation method is studied the generalizing conclusion about expediency of use of the interpolation method is Made. The mathematical apparatus used to calculate the output characteristics is given. Recommendations on the choice of Christoffel numbers and Chebyshev nodes are given in the study of statistical dynamics Systems of Autonomous power supply.

Key words: systems of autonomous power supply, method of probabilistic modeling.

Электротехника, №7-2018, стр. 22-26

Обобщенный показатель качества системы автономного электроснабжения

АТАНОВ И.В., ХОРОЛЬСКИЙ В.Я., ЕРШОВ А.Б., ЯСТРЕБОВ С.С.

В статье изложены вопросы многокритериальной оценки качества системы автономного электроснабжения, как сложной технической системы. Рассматриваются способы построения результирующей целевой функции качества в виде обобщенного показателя. Дается оценка преимуществ и недостатков различных подходов при решении таких задач. Предложено формирование обобщенного показателя качества в виде зависимости

выходных характеристик внутри рассматриваемой системы и сложного технического комплекса, включающего систему электроснабжения. Множество выходных характеристик представлено в виде отдельных аспектов. Задачу оценки удалось свести к рассмотрению двух аспектов. Дается методический аппарат, позволяющий проводить необходимые расчеты.

Ключевые слова: система автономного электроснабжения, показатели качества, оптимизация.

The article presents the issues of multi-criteria evaluation of the quality of the system of Autonomous power supply, as complex technical systems. Methods of constructing the resulting quality objective function in the form of a generalized exponent are considered. Provides an assessment of the advantages and disadvantages of different approaches to solving such problems. Formation of the generalized indicator of quality in the form of dependence of output characteristics within the considered system and the complex technical complex including system of power supply is offered. The set of output characteristics is presented as separate aspects. The evaluation task has been reduced to two aspects. The methodical apparatus allowing to carry out necessary calculations is given.

Key words: autonomous power supply system, quality indicators, optimization.

Электротехника, №7-2018, стр. 26-29

Аналитический метод определения переходных отклонений напряжения системы автономного электроснабжения при воздействии детерминированных возмущений

МАСТЕПАНЕНКО М.А., ЕФАНОВ А.В., ЯРОШ В.А., ВАХТИНА Е.А.

Рассмотрено определение отклонений напряжения на выходе системы автономного электроснабжения, связанных с резким изменением нагрузки как возмущающего фактора. Основное внимание сосредоточено на простых дискретных цепях системы автономного электроснабжения, состоящих из нескольких элементов. Такие устройства применяются в телекоммуникационных устройствах, при организации бесперебойного электроснабжения устройств релейной защиты и автоматики и других ситуациях. Анализуются последовательные схемы включения элементов. Для математического описания изменения выходных координат используется интеграл Дюамеля. Получены аналитические выражения, позволяющие рассчитывать переходные отклонения

напряжения в таких цепях как дизель-генераторная установка – выпрямитель, нерегулируемый химический источник тока – инвертор. Подтверждена возможность использования указанного подхода на практике.

Ключевые слова: системы автономного электроснабжения, качество электроэнергии, детерминированные возмущения, переходный процесс, аналитический метод.

The determination of voltage deviations at the output of the Autonomous power supply system associated with a sharp change in the load as a disturbing factor is considered. The main attention is focused on simple discrete circuits of the Autonomous power supply system consisting of several elements. Such devices are used in telecommunication devices, in the organization of uninterrupted power supply of relay protection devices and automation and other situations. The analysis focuses on the sequential circuit elements. The Duhamel integral is used for mathematical description of output coordinate change. Analytical expressions allowing to calculate transient voltage deviations in such circuits as diesel generator set-rectifier, unregulated chemical current source – inverter are obtained. The possibility of using this approach in practice is confirmed.

Key words: systems of autonomous power supply, power quality, deterministic disturbances, transition process, analytical method.

Электротехника, №7-2018, стр. 29-31

Определение запасов энергоемкости автономных источников питания с учетом нестабильности качества электроэнергии внешней сети

ШЕМЯКИН В.Н., ХОРОЛЬСКИЙ В.Я., МАСТЕПАНЕНКО М.А., ЕФАНОВ А.В.,
ВОРОТНИКОВ И.Н.

Рассмотрен методический аппарат определения энергоемкости автономных источников питания при наличии перерывов электроснабжения от внешней сети по причине выхода показателей качества электроэнергии за установленные пределы. Режимы работы системы электроснабжения представлены в виде цепи Маркова с дискретными состояниями и непрерывным временем. Принят показательный закон распределения времени работы источников. Построен размеченный граф состояний системы электроснабжения, состоящей из государственной электрической сети, установки гарантированного питания и резервной дизельной электростанции. Составлена матрица вероятностей переходов и

получены аналитические выражения для определения предельных вероятностей.

Поскольку предельные вероятности представляют не что иное, как среднее относительное время пребывания системы в данном состоянии, приводится аналитическое выражение для определения времени работы аккумуляторной батареи, используемой в установке гарантированного питания. Аналогично может быть рассчитано и время работы других резервных источников электроснабжения.

Ключевые слова: система электроснабжения, энергоемкость, вероятность состояния, цепи Маркова, матрица переходов.

The article deals with the methodological apparatus for determining the energy intensity of autonomous power sources in the presence of power supply interruptions from the external network due to the output of power quality indicators beyond the established limits. Modes of operation of the power supply system are presented as a Markov chain with discrete States and continuous time. The indicative law of distribution of time work of sources is adopted. A marked graph of the States of the power supply system, consisting of the state electric network, the installation of a guaranteed power supply and a backup diesel power station, was built. A matrix of transition probabilities is compiled and analytical expressions are obtained to determine the limiting probabilities. Since the marginal probabilities represent not that other, as the mean relative residence time of the system in this condition, the analytical expression for determining the operation time of the battery used in the installation of guaranteed power supply. Similarly, the operating time of other backup power sources can be calculated.

Key words: power supply system, energy intensity, probability of condition, Markov chain, transition matrix, battery, operating time, analytical expression.

Электротехника, №7-2018, стр. 33-37

Энергоэффективная электроустановка для горячего паро- и водообеспечения сельхозпредприятий

ТИХОМИРОВ Д.А., КОПЫЛОВ С.И.

Эффективность применения электроэнергии в тепловых технологических процессах сельскохозяйственного производства может быть существенно увеличена путем ее использования в часы действия пониженного тарифа. Рассмотрены конструкционные особенности энергоэффективной электрической аккумуляторной установки для

обеспечения паром и горячей водой сельскохозяйственных объектов. Электроустановка содержит емкостной водонагреватель, парогенератор, секцию перегрева пара до температуры 140°C, шкаф управления, запорную и предохранительную арматуру. При нагреве теплоносителя во всех агрегатах установки применен косвенный способ электронагрева. Предложена методика расчета электрических, теплоэнергетических и конструкционных параметров. Представлены результаты физического моделирования процессов теплообмена между электрическим нагревателем и теплоносителем, их математическое описание. Получена зависимость коэффициента теплоотдачи от удельной поверхностной мощности нагревателей при кипении воды в большом объеме для установленной конструкции электрического парогенератора. Рассмотрена динамика конвективного теплообмена между электрическим нагревателем и потоком пара. Обоснована экономическая эффективность применения аккумуляционной электрической установки, показана ее практическая реализация.

Ключевые слова: электрический нагреватель, теплоаккумулятор, теплообмен, электрический парогенератор, паро- и водоснабжение, электронагрев.

Efficiency of electrical energy application in thermal technological processes of agricultural production can be significantly increased by its use during the period of validity for a reduced rate. The design features energy-efficient electric storage unit to ensure steam and hot water to agricultural facilities are considered. The electrical system includes capacitive water heater, a steam generator, a steam superheating section to a temperature of 140 °C, control Cabinet, valves and safety valves. For all components applied indirect method of electric heating of the coolant. The methods of calculation of electric, thermal energy and structural parameters are represented. The results of physical modeling of heat exchange between the electric heater and the heat medium, their mathematical description are presented. The dependence of the coefficient of heat transfer specific surface power of the heaters when the water boils in large volume for the installation design of electric steam generator is obtained. Dynamics of convective heat transfer between the electric heater and the steam flow is considered. Justified by the economic efficiency of accumulating electric installation, its practical implementation is shown.

Key words: electric heater, heat accumulator, heat transfer, electric steam generator, steam and water supply, electric heating.

Токовая защита четырех параллельных линий электропередач

КЛЕЦЕЛЬ М.Я., МАШРАПОВ Б.Е.

Релейная защита четырех параллельных линий в ряде случаев характеризуется недостаточной чувствительностью из-за необходимости отстраиваться от режимов нагрузки, и недостаточной надежностью из-за использования цепей напряжения. Для повышения надежности можно использовать мажорирование при построении защит, а для достижения максимального эффекта три дублирующие друг друга защиты должны иметь разные принципы действия. Предлагается защита, которая выбирает максимальный из токов одноименных фаз четырех линий, фиксирует разности между максимальным током и токами в этих же одноименных фазах первой, второй, третьей и четвертой линий, и если какая-то разность, например между максимальным током и током в фазе первой линии меньше заданного значения, а ток хотя бы в одной из одноименных фаз других линий больше тока холостого хода, то отключают первую линию. Приведены структурные схемы алгоритмов ее функционирования для сетей с заземленной и изолированной нейтралью, которые легко реализуются на микропроцессорах. Проанализирована работа в различных режимах. Показано, что чувствительность защиты не зависит от токов нагрузки и токов в неповрежденных фазах. Выполнен расчет зоны каскадного действия, которая меняется в пределах 6-11% в зависимости от количества включенных линий.

Ключевые слова: линия электропередач, релейная защита, короткое замыкание, нейтраль.

The protection of four parallel lines is indicated of inadequate sensitivity in some cases due to the need to turn away from load modes, and inadequate reliability due to the use of voltage circuits. To increase reliability is possible to use majorization in constructing protections, and to achieve maximum effect, three overlapping protections must have different principles of action. A protection is proposed that selects the maximum of the currents of the same-named phases of the four lines, fixes the differences between the maximum current and currents in the similar phases of the first, second, third and fourth lines, and if some difference, for example between the maximum current and current in the phase of the first the line is less than a predetermined value, and the current in at least one of the same phases of the other lines is greater than the idling current, then disconnect the first line. Structural schemes of its operation algorithms for networks with grounded and isolated neutral are presented, which are easily implemented on microprocessors. The work in various modes is analyzed. It is shown that the sensitivity of the protection does not depend on the load currents and currents in undamaged phases. The calculation of the zone of cascade action, which varies within 6-11%, depending on the number

of lines included is given.

Key words: power line, relay protection, short-circuit, neutral.

Электротехника, №7-2018, стр. 43-53

Тепловое состояние ВТСП токовводов при нарушении сверхпроводимости
БУЯНОВ Ю.Л.

Выполнен анализ теплового состояния токовводов, содержащих высокотемпературные сверхпроводники. Рассмотрен переход в нормальное состояние сверхпроводника в контактном соединении с неохлаждаемой резистивной секцией токоввода. Получены выражения, определяющие температуру и тепловой поток в токовводе при перегрузке, при разных значениях переходного сопротивления в паяном контакте, теплоизолированном или охлаждаемом криогенной жидкостью. На основе предложенной методики расчёта выявлен характер изменения максимальной температуры в резистивной секции и наибольшей температуры в контакте в зависимости от плотности тока, при изменении соотношения между переходным и продольным сопротивлениями контакта. Показано, что в том случае, если переходное сопротивление определяется в основном поперечным сопротивлением припоя при минимальных неэлектропроводящих внутриконтактных образованиях, то при увеличении плотности тока критическим параметром, определяющим работоспособность токоввода, является максимальная температура резистивной секции. Рассмотренный метод исследования теплового режима токоввода с ВТСП проводом в условиях перегрузки может быть использован при сравнительной оценке токовводов сверхпроводниковых устройств для определения предельных температур в токовводе при изменении различных конструктивных и физических параметров.

Ключевые слова: высокотемпературные сверхпроводники, высокотемпературные токовводы, паяные контактные соединения сверхпроводниковых устройств, охлаждение криогенных токовводов.

The thermal state of the current leads containing high-temperature superconductors is analyzed. The case of transition to the normal state of a superconductor in a contact connection with an uncooled resistive section of the current lead is considered. Expressions have been obtained that allow one to determine the temperature and heat flux in the current lead when overloading, at

different values of the transient electrical resistance in the brazed lap joint, insulated or cooled by a cryogenic liquid. On the basis of the proposed calculation technique, the character of the change in the maximum temperature in the resistive section and the maximum temperature in the joint are revealed, depending on the current density, with a change in the ratio between the transient and longitudinal resistance of the joint. It is shown that in the case when the transient resistance is determined mainly by the transverse resistance of the solder, with minimal non-conductive in connection formations, then the maximum temperature of the resistive section is the critical parameter determining the efficiency of the current lead when the current density is increased. The considered method for studying the thermal behavior of a current lead with a HTS wire under overload conditions can be used in a comparative evaluation of the current leads of superconducting devices in order to determine the values of the limiting temperatures in the current lead when various design and physical parameters change.

Key words: high-temperature superconductors, high-temperature current leads, brazed lap joints of superconducting devices, cooling of cryogenic current leads.

Электротехника, №7-2018, стр. 54-58

Применение магнитных клиньев в пазах магнитоэлектрических вентильных двигателей

АФАНАСЬЕВ А.А., ЕФИМОВ В.В., ТОКМАКОВ Д.А.

Рассмотрено влияние магнитных клиньев в полузакрытом пазу на конфигурацию магнитного поля в воздушном зазоре вентильного двигателя с постоянными магнитами. На основе полевых численных расчётов установлено, что магнитные клинья, углублённые в пазовые шлицы, могут практически устранить высокочастотные пульсации магнитного поля в воздушном зазоре, обусловленные зубцами статора. Этот эффект имеет место, если относительная магнитная проницаемость клиньев не менее 40. В вентильных двигателях с магнитными клиньями подавляются вихревые токи в электропроводящем массиве постоянных магнитов, вызывающие их нагрев, и существенно снижаются реактивные электромагнитные моменты (моменты «залипания» ротора). После установки магнитных клиньев с выступом в шлиц амплитуда пятой гармоники магнитной индукции, вызывающей потери в магнитах, уменьшается в 13 раз. Такой двигатель практически не будет иметь потерь в магнитах. Расчёты потерь в магнитах указывают, что при отсутствии рекомендуемых клиньев вихревые токи будут охватывать весь объём магнитов. Максимум реактивного момента с такими клиньями снижается в шесть раз. Магнитные клинья с

обычным расположением в полузакрытом пазу (без углубления в шлиц) слабо влияют на конфигурацию магнитного поля в воздушном зазоре.

Ключевые слова: магнитоэлектрические вентильные двигатели, магнитные клинья, магнитная проницаемость, потери в магнитах, реактивные моменты.

Examines the influence of the magnetic wedges in the semi-closed slot configuration of the magnetic field in the air gap of the brushless DC motor with permanent magnets. Based on the field of numerical calculations of magnetic wedges recessed in the slot slots, can virtually eliminate the high frequency ripple of the magnetic field in the air gap caused by the teeth of the stator. This effect showing the magnetic wedge with relative permeability not lower than 40. In the valve motors are with magnetic wedges suppresses eddy currents in the conductive array of the permanent magnets, causing their heating and significantly reduced reactive electromagnetic moments (moments of "sticking" of the rotor). After installation of magnetic wedges with the notch in the slot have a decrease in the amplitude of the fifth harmonic of the magnetic induction, causing losses in the magnets 13 times. This engine does not have losses in the magnets. The calculations of losses in the magnets indicate that in the absence of recommended wedges eddy currents will cover the entire volume of the magnets. The maximum reactive moment of such wedges is reduced six times. Magnetic wedges with the usual location in the semi-closed groove (without going into the slot) have little effect on the configuration of the magnetic field in the air gap.

Key words: magnetoelectric valve engines, magnetic wedges, magnetic permeability, losses in the magnets, reactive moments.

Электротехника, №7-2018, стр. 58-64

Высоковольтный источник питания для импульсного модулятора

ЩЕРБАКОВ А.В.

Для питания импульсного модулятора с оперативно изменяющейся длительностью импульса необходимо иметь источник питания, обеспечивающий стабильность напряжения при неравномерном потреблении энергии вследствие оперативного изменения длительности импульсов. Импульсный модулятор – электротехническое устройство, предназначенное для преобразования энергии напряжения сетевой частоты в энергию электрических импульсов высокого напряжения. Электрическая схема источника

питания, удовлетворяющая требованиям энергосбережения, состоит из регулируемого сетевого выпрямителя, первичного накопителя, регулируемого с помощью широтно-импульсной модуляции, мостового высокочастотного инвертора, повышающего трансформатора, высоковольтного выпрямителя, промежуточного вторичного накопителя, работающего в режиме насыщения регулируемого по длительности высоковольтного высокочастотного компенсационного стабилизатора напряжения на основе «жесткого» по управлению коммутатора, например, электронно-лучевого вентиля или сборки высоковольтных транзисторов, обеспечивающих отсечку тока зарядки выходного накопительного конденсатора резонансной схемы зарядки формирующих линий при достижении номинального значения напряжения. Источник питания должен иметь следящую систему управления зарядным напряжением и электрический КПД не менее 95%. Компьютерное моделирование позволяет оптимизировать полученные расчётным путём параметры электротехнических элементов схемы источника питания, проводить оптимизацию типов комплектующих электротехнических элементов схемы для получения минимальной себестоимости и максимальной надёжности. Наиболее предпочтительно моделирование в компьютерных программах EWB и Multisim.

Ключевые слова: сетевой высокочастотный инверторный источник питания, компенсационный высоковольтный стабилизатор, компьютерное моделирование.

For power pulse modulator with quickly changing pulse duration it is necessary to have a highly stable power source, ensuring voltage stability under uneven energy consumption due to rapid changes of pulse duration. Pulse width modulator – electrical device designed to convert the energy of voltage power frequency electrical energy of high voltage pulses. Wiring diagram power source that meets the requirements of energy saving, consists of a adjustable network rectifier, the primary drive is controlled using pulse width modulation, high frequency bridge inverter, step-up transformer, high voltage rectifier, the intermediate secondary drive working in the saturation mode of adjustable duration of high-voltage high-frequency compensation of the voltage regulator based on "hard" management of the switch, for example, electron-beam valve or assembly high-voltage transistors that provide current cut-off charging of the output storage capacitor resonant circuit of the charge forming lines when the nominal voltage. The power supply should have a servo control system charging voltage and electrical efficiency of at least 95%. Computer simulation allows to optimize the calculated parameters of the electrical circuit elements of the power source, to optimize the types of components of electrical circuit elements from the point of view of obtaining minimum cost and maximum reliability. Most preferably, the

simulation software EWB and Multisim.

Key words: electric power grid high frequency inverter power supply, the compensation high-voltage stabilizer, computer simulation

Электротехника, №7-2018, стр. 64-78

Электропривод крупных размольных мельниц горнорудной и цементной промышленности

ДАЦКОВСКИЙ Л.Х., БОГУСЛАВСКИЙ И.З., АБРАМОВ Б.И., ИВАНОВ А.Г.,
МОРДУХОВИЧ В.Б.

Мельницы в технологической цепочке переработки горнорудного и минерального сырья, а также в строительной индустрии являются одними из самых энергоемких механизмов. Статья посвящена выбору типа оптимального по энергетическим характеристикам электропривода для крупных мельниц с установленной мощностью приводных двигателей более 4000 кВт. Рассмотрены два варианта электропривода: безредукторный электропривод по схеме «непосредственный преобразователь частоты – частотно-регулируемый синхронный двигатель» (НПЧ-СД) и двухдвигательный электропривод с асинхронными двигателями с фазным ротором, в котором привод осуществляется зубчатым зацеплением: венечное колесо на барабане мельницы – шестерня со стороны двигателя. Электропривод реализуется по схеме асинхронно-вентильного каскада и по схеме машина двойного питания на базе преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения с ШИМ управлением или непосредственным преобразователем частоты (НПЧ). В статье приведены основные положения по выбору основного оборудования силовой схемы привода и реализации систем регулирования. Для безредукторного частотно-регулируемого электропривода приведены особенности расчета и конструкции высокомоментного синхронного двигателя. Приведены функциональные и структурные схемы электроприводов, а также сравнительные характеристики (энергетические и эксплуатационные показатели) рассматриваемых типов электроприводов. Статья отражает отечественный опыт и мировые тенденции в разработке и реализации проектов крупных мельниц.

Ключевые слова: безредукторная мельница, частотно-регулируемый синхронный двигатель, асинхронный двигатель с фазным ротором, преобразователь частоты с непосредственной связью, машина двойного питания, асинхронно-вентильный каскад.

Mills are the most energy-intensive mechanisms in the technological chain of processing of raw materials as well as in the construction industry. The article is devoted to the choice of the electric drive type for large grinding mills with an installed power of the drive over 4000 kW. Two types of electric drives are considered: gearless electric drive according to the scheme «cyclo converter – synchronous motor» and two wound rotor induction motors drive. Rotation is transmitted by ring or bull gear: ring pinion on the mill – pinion from the motor side. The electric drive is realizing according to the scheme of asynchronous – semiconductor cascade and according of dual power machine based on the frequency converter with autonomous voltage inverter with pulse-width modulation or on the basis of cyclo converter. The article contains the main provisions for the choice of the main equipment of the power circuit of the drive and the implementation of control systems. The article contains as well specific features of calculation and design of a high-torque synchronous motor for the gearless frequency-controlled electric drive. The article contains also functional and structural diagrams of electric drives as well as a table of comparative characteristics (energy and operational parameters) of the considered types. The article reflects the domestic experience and world trends in the design and implementation of the large mills projects.

Key words: gearless mill, frequency-controlled synchronous motor, wound rotor induction motor, cyclo converter, dual power machine, asynchronous-semiconductor cascade.