

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ИНДУКЦИОННЫМИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ В МЕТАЛЛУРГИИ

В.Б. Демидович

Рассмотрены основные этапы в эволюции цифрового моделирования индукционных нагревательных систем. Разработаны экономичные методы расчета электромагнитных полей в устройствах индукционного нагрева и принципы построения мульти физических моделей, в том числе наиболее важных – электротепловых моделей. Разработан пакет специализированных программ для моделирования не только устройств индукционного нагрева, но и технологий с использованием индукционного нагрева. Главное достоинство специализированных пакетов по сравнению с коммерческими заключается в возможности их использования при управлении комплексами в режиме реального времени. Показана тесная связь оптимального проектирования и управления индукционными нагревателями. Логичное развитие цифрового моделирования индукционных нагревательных систем в металлургии заключается в разработке мега моделей и цифровых двойников. Приведены примеры использования концепции цифровых двойников при разработке различных комплексов в металлургической промышленности.

Ключевые слова: индукционный нагрев, компьютерное моделирование, электромагнитные и температурные поля, оптимальное проектирование, цифровой двойник

DIGITAL SIMULATION AND CONTROL OF INDUCTION HEATING SYSTEMS IN METALLURGY

V.B. Demidovich

The main stages in the evolution of digital simulation of induction heating systems are considered. Efficient methods for computation electromagnetic fields in the induction heating devices and principles for the construction of multi-physical models, including the most important electro-thermal models, have been developed. A package of specialized programs for modeling not only induction heating devices, but also technologies using induction heating has been developed. The main advantage of specialized packages in comparison with commercial ones is a possibility of their use in real-time control of complexes. A close connection between the optimal design and control of induction heaters is shown. The logical development of digital simulation of induction heating systems in metallurgy is the development of mega models and digital twins. Examples of using the concept of digital twins in the development of various complexes in metallurgical industry are given.

Keywords: induction heating, computer simulation, electromagnetic and temperature fields, optimal design, digital twin

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКОРОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Е.Г. Порсев, Б.В. Малозёмов

Проведён анализ способов очистки газов от взвешенных частиц в медицинских учреждениях по различным критериям и предложено направление развития комплексных конструкций. Проанализированы проблемы очистки воздуха медицинских помещений, параметры качества очистки. Представлены критерии оптимизации технологии и даны рекомендации по совершенствованию систем очистки воздуха в медицинских учреждениях.

Ключевые слова: очистка воздуха, фильтры, электрофильтры, циклоны-пылеотделители, электрический коронный разряд, силовые линии электрического поля, инактивация микроорганизмов

PROSPECTS
OF ELECTRIC CORONA TECHNOLOGY FOR AIR CLEANUP

FOR

APPLICATION

E.G. Porsev, B.V. Malozyomov

Analysis of the methods for gas purification from suspended particles in medical institutions was carried out according to various criteria, and a direction for the development of complex structures was proposed. The problems of air purification of medical premises, parameters of purification quality are analyzed. Criteria for optimizing the technology are presented and recommendations are given for improving air purification systems in medical institutions.

Keywords: air purification, filters, electrostatic precipitators, cyclones-dust separators, electric corona discharge, electric field lines

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И ТВЕРДОСТИ ТИТАНА,
ПОДВЕРГНУТОГО ИНДУКЦИОННОМУ АЗОТИРОВАНИЮ

П.А. Палканов, В.А. Кошуро, А.А. Фомин

В работе исследовались состав, структура и микротвердость титана марки VT1-00 после индукционного азотирования. Процесс азотирования проводился в лабораторной цилиндрической кварцевой камере, располагаемой в активной области трехвиткового индуктора. После заполнения камеры газообразным азотом до давления $0,2 \pm 0,05$ МПа проводился высокочастотный индукционный нагрев при токе индуктора 2,9 кА с различной длительностью процесса 60, 300 и 600 с. В результате высокотемпературного азотирования наблюдалось насыщение титана азотом с содержанием его в поверхностном слое от 2,05 до 12,95 ат.%. Максимальная поверхностная микротвердость образцов составляла 1500 ± 50 HV0,98. Установлена возможность формирования на титане упрочненных диффузионных слоев глубиной до 50 ± 20 мкм и микротвердостью до 500 ± 50 HV0,98. Параметры глубины диффузионного слоя и микротвердости зависят от температуры образца и длительности процесса индукционного азотирования, проводимого при токе на индукторе 2,9 кА.

Ключевые слова: азотирование, химико-термическая обработка, индукционный нагрев, титан, диффузионный слой, микротвердость, структура

INVESTIGATION OF THE COMPOSITION, STRUCTURE
AND HARDNESS OF TITANIUM SUBJECTED
TO INDUCTION NITRIDING

P.A. Palkanov, V.A. Koshuro, A.A. Fomin

The composition, structure and microhardness of VT1-00 grade titanium subjected to induction nitriding were investigated. The nitriding process was carried out in a laboratory cylindrical quartz chamber located in the active region of a three-turn inductor. After the chamber was filled with nitrogen gas at the pressure of 0.2 ± 0.05 MPa, high-frequency induction heating was carried out at the inductor current of 2.9 kA with the process duration within 60, 300 and 600 s. As a result of high-temperature nitriding, titanium was saturated with nitrogen with its content in the surface layer from 2.05 to 12.95 at.%. The maximum surface microhardness of the samples was 1500 ± 50 HV0.98. A possibility of forming reinforced diffusion layers on the titanium with the depth of up to 50 ± 20 microns and microhardness of up to 500 ± 50 HV0.98 has been established. The depth and microhardness parameters of the diffusion layer depend on the sample temperature and duration of the induction nitriding process carried out at the inductor current of 2.9 kA.

Keywords: nitriding, chemical heat treatment, induction heating, titanium, diffusion layer, microhardness, structure

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДРАЙВЕРА ЛАЗЕРНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

С.М. Зуев, Д.О. Варламов, Д.А. Прохоров

В работе представлены данные о выборе конструкции и расчете параметров системы управления драйвера лазерной осветительной системы. Представлена схема драйвера лазерного диода и обозначены перспективы его оптимизации. Рассмотрены схемы управления лазерными диодами, схема питания и схема управления лазерным диодом. Рассмотрен принцип действия и особенности построения драйвера, использующего полупроводниковые лазеры. В статье приводится исследование применения модернизированного дросселя с заданными параметрами. Показано, что устройство работает на максимальной эффективности, заявленной производителем микросхемы-драйвера ZXLD1350.

Ключевые слова: драйвер, лазерный диод, осветительное устройство, дроссель, электрическая схема

DESIGN SELECTION AND PARAMETER CALCULATION DRIVER MANAGEMENT SYSTEMS OF LASER LIGHT SOURCES

S.M. Zuev, D.O. Varlamov

The paper presents the data regarding the choice of design and principles of operation of the laser lighting system driver. A scheme of the laser diode driver is presented and prospects for its optimization are outlined. Control circuits for laser diodes, a power supply circuit, and a laser diode control circuit are considered. The operation principles and features of a driver construction using semiconductor lasers are considered. The paper presents a research into usage of a modernized throttle with specified parameters. The device operates at maximum efficiency declared by the manufacturer of the ZXLD1350 driver chip.

Keywords: driver, laser diode, lighting device, inductor, electrical circuit

ПОВЫШАЮЩИЙ ДВУХКАСКАДНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУР С ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫМИ КОНДЕНСАТОРАМИ

Н.В. Нурлатов

В статье предлагается повышающий преобразователь постоянного напряжения на основе резонансных структур с переключаемыми конденсаторами. Проведены анализ электрических процессов в схеме, расчет параметров элементов. Разработана компьютерная модель регулятора, получены энергетические характеристики. Показан макетный образец первого каскада регулятора. Проведен сравнительный анализ исследуемого преобразователя с промышленным образцом по показателям габаритов и КПД. Входное напряжение регулятора 12 В, выходное напряжение 46 В, мощность 100 Вт.

Ключевые слова: силовая электроника, регулятор постоянного напряжения, мягкая коммутация, резонансный преобразователь, переключаемые конденсаторы, компьютерное моделирование, многослойный керамический конденсатор, MOSFET-транзистор, диод Шоттки

STEP-UP TWO-STAGE DC VOLTAGE REGULATOR BASED ON RESONANT STRUCTURES WITH SWITCHABLE CAPACITORS

N.V. Nurlatov

The article proposes a DC voltage boost converter based on resonant structures with switched capacitors. Analysis of electrical processes in the circuit, calculation of the parameters of the elements was carried out. A computer model of the regulator has been developed and energy characteristics have been obtained. A prototype of the first stage of the regulator is shown. A comparative analysis of the studied converter with an industrial sample was carried out

in terms of its dimensions and efficiency. The regulator input voltage is 12 V, the output voltage is 46 V, and the power is 100 W.

Keywords: power electronics, DC voltage regulator, soft switching, resonant converter, switchable capacitors, computer simulation, multilayer ceramic capacitor, MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor) transistor, Schottky diode

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

А.А. Скрипкин, С.В. Тригорлый

Тепловые режимы полупроводниковых микроэлектронных компонентов в значительной степени определяют надежность их работы. Для охлаждения электрорадиоэлементов перспективными радиаторами являются конструкции на основе пенометалла с открытыми порами. Проведено математическое моделирование нагрева электронных компонентов при использовании радиаторов с открытыми порами. Исследована эффективность охлаждения в зависимости от диаметра пор, толщины радиатора и коэффициента теплопроводности.

Ключевые слова: полупроводники, микроэлектронные компоненты, охлаждение, математическое моделирование, тепловые режимы

SIMULATION OF THERMAL COOLING MODES OF SEMICONDUCTOR MICROELECTRONIC COMPONENTS

A.A. Skripkin, S.V. Trigorly

Thermal modes of semiconductor microelectronic components largely determine reliability of their operation. Open-pore foam metal radiators are considered advanced developments to be applied for cooling radio electronic components. Mathematical modeling of heating electronic components using radiators with open pores is carried out. The cooling efficiency depending on the pore diameter, radiator thickness and thermal conductivity coefficient has been investigated.

Keywords: semiconductors, microelectronic components, cooling, mathematical modeling, thermal modes

ФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ПОСТИНДУСТРИАЛЬНЫХ СТРАН С РАЗВИТОЙ ЭКОНОМИКОЙ НА ПРИМЕРЕ СТРАН ЕВРОСОЮЗА

Я.Э. Шклярский, М.А. Губарев, В.А. Воробьева, Ю.Н. Кузнецова

В данной статье проводится анализ характера изменения некоторых основных параметров стран Евросоюза (численности населения, ВВП (ППС), потребления и генерации электроэнергии) с развитой экономикой с целью построения факторной модели для прогнозирования уровня энергопотребления. В качестве стран, на примере которых построена факторная модель, выступают Германия, Франция и Италия, как наиболее крупные по численности населения и объему ВВП (ППС) страны, входящие в Евросоюз. В результате исследования выделены ключевые параметры, которые легли в основу факторной модели, а также произведены расчеты коэффициентов факторной модели для указанных выше стран. Полученная факторная модель с пересчетом коэффициентов может применяться для расчета энергопотребления не только стран Евросоюза, но и других стран с постиндустриальной экономикой.

Ключевые слова: факторная модель, энергопотребление, энергообеспечение, энергетическая политика

FACTOR MODEL OF ENERGY CONSUMPTION FOR POST-INDUSTRIAL COUNTRIES WITH DEVELOPED ECONOMIES ON THE EXAMPLE OF EUROPEAN UNION COUNTRIES

Ya.E. Shklyarskiy, M.A. Gubarev, V.A. Vorobyova, Yu.N. Kuznetsova

This article analyzes the nature of changes in some of the main parameters of the European Union (EU) countries (population, GDP (PPP), electricity consumption and electricity generation) with developed economies to build a factor model for predicting the level of energy consumption. The countries on the example of which the factor model is built are Germany, France and Italy, as the largest members of the European Union in terms of population and GDP (PPP). As a result of the study, the key parameters that formed the basis of the factor model were identified, and coefficients of the factor model for the above mentioned countries were calculated. The resulting factor model with calculation of coefficients can be used to estimate energy consumption not only in the EU countries, but also in other countries with post-industrial economies.

Keywords: factor model, energy consumption, energy supply, energy policy

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ТЕПЛИЦЫ

В.И. Доманов, Е.В. Певчева

Рассмотрена схема стабилизации температуры воздуха в теплице. С помощью Z-преобразования выполнен переход к дискретным передаточным функциям. Проведена проверка их адекватности методом сравнения результатов моделирования с процессами, полученными на передаточных функциях аналогового прототипа. Для рассматриваемой системы определено влияние периода дискретизации на вид переходного процесса.

Ключевые слова: квантование по времени, температура, передаточная функция, Z-преобразование

DISCRETE MATHEMATICAL MODEL OF THE DIGITAL GREENHOUSE TEMPERATURE CONTROL SYSTEM

V.I. Domanov, E.V. Pevcheva

The article considers a scheme for air-temperature stabilization inside a greenhouse. Transition to discrete transfer functions is performed using the Z-transformation. The adequacy of these functions is tested by comparing the simulation results with the processes obtained on the basis of transfer functions of the analog prototype. The impact of the discretization period on the type of the transfer process is determined for the system under consideration.

Keywords: time quantization, temperature, transfer function, Z-transformation

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ В ГИБКОЙ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Е.Е. Миргородская, Н.П. Митяшин, М.Н. Тимофеев, А.А. Туманов

В статье рассматривается автономная система электроснабжения (АСЭ), которая состоит из совокупности станций на основе гибридных микрогрид (ГМГ) и системы линий электропередач (ЛЭП), объединяющих их. Каждая ГМГ снабжает электроэнергией потребителей, расположенных в соответствующем регионе. Система ЛЭП предназначена для перераспределения электрической энергии между ГМГ. Это может быть необходимо в ситуациях, когда имеется дефицит генерируемой электроэнергии одних станций и избыток у других. В настоящей статье предлагается математическая модель оптимального управления оперативно изменяемой структурой гибкой системы распределения мощности между микрогрид объединенной системы. Предложены методы нахождения оптимальной структуры системы, отвечающей прогнозам погодных условий и нагрузок на текущий планируемый период.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, гибкость, автономная система электроснабжения, возобновляемая энергия, микрогрид, нагрузка, градиентный алгоритм, эвристический метод

POWER REDISTRIBUTION IN A FLEXIBLE AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM

E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, M.N. Timofeev, A.A. Tumanov

The article considers an autonomous power supply system, which consists of a set of stations based on hybrid microgrids (HMG) and a system of power lines combining these microgrids. Each HMG meets the local electricity demands of the consumers in a particular region. The transmission line system is designed to redistribute electrical energy between HMGs. This may be essential in situations when some stations face electricity shortages, whereas other stations demonstrate excess electricity generation. This article proposes a mathematical model for optimal control of a strategically changing structure of the system of flexible power distribution between the microgrids of an integrated system. The proposed methods can be effective in finding an optimal structure for the system which could satisfy the weather forecast conditions and loads for the scheduled period.

Keywords: multi-criteria optimization, flexibility, autonomous power supply system, renewable energy, microgrid, load, gradient algorithm, heuristic method

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ЗАТЯГИВАНИЯ ВЫСОКООТВЕТСТВЕННЫХ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Д.А. Вырыханов, И.А. Камендровский

Предложен режим управления электроинструментом, применяемым для затяжки болтовых соединений, обеспечивающий управление по требуемому максимальному моменту натяга на основании данных о потребляемом токе. Предложенный алгоритм исключает необходимость использования пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора электропривода.

Ключевые слова: электроинструмент, болтовые соединения, момент затягивания

TIGHTENING CONTROL ALGORITHM OF HIGH-STRENGTH BOLTED JOINTS

D.A. Vyrykhanov, I.A. Kamendrovsky

An advanced control mode has been developed for electric tools to be applied in bolt tightening. This mode ensures control in line with the required maximum preload torque based on the data relating the current consumed. The proposed algorithm helps to avoid the need for using a proportional integral-differential regulator of the electric drive.

Keywords: power tool, bolted joint, tightening torque