

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОВОЛНОВОЙ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ПРОДУКТОВ

Б.К. Сивяков, С.В. Григорьян

СВЧ технологии занимают все большее место в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности. В частности, в последнее время для фермерских хозяйств все более важное значение приобретает энергоэффективное, малогабаритное оборудование для сушки различных типов сельхозпродукции и предварительной обработки ее перед закладкой на длительное хранение. Для уменьшения габаритов установки СВЧ сушки используют двойной проход продукта через одну камеру за один цикл обращения конвейера, однако это приводит к возрастанию неравномерности распределения СВЧ энергии от концов к середине камеры. Применение нескольких генераторов, входы энергии которых в камеру распределены вдоль ее длины, позволяет уменьшить неравномерность распределения СВЧ энергии вдоль камеры. В этом случае камера работает в режиме многоволновой обработки продукта за счет применения нескольких независимых СВЧ генераторов. Приведены результаты математического моделирования различных схем построения таких установок.

Ключевые слова: математическое моделирование, математические модели, установки многоволновой СВЧ сушки сельскохозяйственной продукции, распределение СВЧ энергии вдоль камеры

MATHEMATICAL MODELING OF MULTI-WAVE MICROWAVE INSTALLATIONS FOR DRYING PRODUCTS

B.K. Sivyakov, S.V. Grigoryan

Microwave technologies are increasingly important in agriculture and the food processing industry. In particular, energy-efficient, small-sized equipment for drying various types of agricultural products and pre-processing them before laying them for long-term storage has become increasingly important for farms in recent years.

To reduce the size of the microwave drying unit, a double pass of the product through one chamber during one cycle of the conveyor circulation is used, but this leads to an increase in the uneven distribution of microwave energy from the ends to the middle of the chamber. The use of several generators whose energy inputs to the chamber are distributed along its length reduces the uneven distribution of microwave energy along the chamber. In this case, the camera operates in multi-wave product processing mode by using several independent micro-wave generators. The results of mathematical modeling of various schemes for constructing such devices are presented.

Keywords: mathematical modeling, mathematical models, installations of multi-wave microwave drying of agricultural products, distribution of microwave energy along the chamber

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СВЧ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

М.И. Тухватуллин, Р.С. Аипов

Составлена конструктивная схема технологической установки. Разработаны имитационная модель и конструкция технологической установки для СВЧ сушки пиломатериалов вращением их в пространстве рабочей камеры при дискретном расположении магнетронов. Приведены результаты моделирования процесса сушки штабеля пиломатериалов в технологической установке.

Ключевые слова: СВЧ сушка, имитационная модель, технологическая установка, магнетроны, пиломатериалы, влажность, температура

PROCESS UNIT FOR MICROWAVE DRYING OF LUMBER

M.I. Tukhvatullin, R.S. Aipov

A constructive diagram of the technological installation is drawn up. A simulation model and the design of a technological installation for microwave drying of lumber by rotating them in the space of the working chamber with a discrete arrangement of magnetrons have been developed. The results of modeling the process of drying a stack of lumber in a processing unit are presented.

Keywords: microwave drying, simulation model, technological installation, magnetrons, lumber, humidity, temperature

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ (ОБЗОР). 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ И ПАЙКИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.К. Сперанский, И.В. Родионов

В обзорной статье рассмотрены лазерные, гибридные и комбинированные схемы сварки. Показаны методы сварки различных конструкционных материалов, отличающихся по своим физическим и механическим свойствам. Приведены механизмы формирования сварного шва, разные по типу теплопроводности или парогазового канала, а также рассмотрено влияние различных защитных газов на качество сварного соединения. Описаны особенности применения газовых CO₂- и твердотельных Nb:YAG-лазеров для соединения материалов.

Ключевые слова: лазерный луч, лазерно-дуговая гибридная сварка, комбинированная головка, режим теплопроводности, режим парогазового канала

LASER TECHNOLOGY IN SCIENCE AND INDUSTRY Part 1: TECHNOLOGICAL FEATURES OF LASER WELDING AND SOLDERING OF VARIOUS MATERIALS

S.K. Speransky, I.V. Rodionov

The review article discusses laser, hybrid and combined welding schemes. The methods of welding various structural materials differing in their physical and mechanical properties are shown. The mechanisms of weld formation by the type of heat conduction or vapor-gas channel are given, and the effect of various protective gases on the quality of the welded joint is considered. Features of the application of gas CO₂ and solid-state Nb: YAG lasers for joining materials are described.

Keywords: laser beam, laser-arc hybrid welding, combined head, heat conduction mode, vapor-gas channel mode

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ СВЧ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА КАМЕРАХ ГИБРИДНОГО ТИПА

В.О. Юдина, Ю.С. Архангельский

Рассмотрены варианты компоновки и расчет транспортных систем СВЧ электротехнологических установок на камерах гибридного типа, работающих в методическом режиме. Предложены варианты применения электропривода в таких транспортных системах.

Ключевые слова: транспортная система, СВЧ электротехнологическая установка, камера гибридного типа, методический режим, расчет, электропривод

THE TRANSPORT SYSTEM OF THE MICROWAVE ELECTROTECHNOLOGICAL INSTALLATIONS ON THE CAMERAS HYBRID TYPE

V.O. Yudina, Yu.S. Arkhangelsky

Variants of arrangement and calculation of transport systems of microwave electro-technological installations on the chambers of hybrid type working in a methodical mode are considered. Variants of application of the electric drive in such transport systems are offered.

Keywords: transport system, a microwave electrotechnological installation, a methodical mode, the electromechanical system

ДВУХТАКТНЫЙ ИСТОЧНИК ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МАГНЕТРОНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СВЧ РАЗРЯДА В ПОТОКЕ ГАЗА

И.Н. Антонов, А.Н. Пименов, О.Н. Пименова

Представлена конструкция двухтактного источника электропитания магнетрона, построенная на основе известных схемотехнических решений с применением серийно выпускаемых компонентов и предназначенная для устойчивой работы СВЧ плазмотрона атмосферного давления.

Ключевые слова: однополупериодный удвоитель напряжения, регулировка мощности магнетрона, устойчивый СВЧ разряд, СВЧ плазмотрон

A HALF-WAVE MAGNETRON SECONDARY POWER SUPPLY FOR THE FORMATION OF THE APPLICATION OF A MICROWAVE DISCHARGE IN A GAS STREAM

I.N. Antonov, A.N. Pimenov, O.N. Pimenova

The article presents the design of a half-wave magnetron power supply, built on the basis of well-known circuitry solutions using batch-produced components, for the stable operation of atmospheric microwave plasma torches.

Keywords: half-wave voltage doubler, power adjustment of the magnetron, stable micro-wave discharge, microwave plasmatron

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В СВЧ УСТАНОВКЕ

М.И. Тухватуллин

Приведены результаты экспериментальных исследований сушки пиломатериалов в СВЧ технологической установке с вращением их в пространстве рабочей камеры при дискретном расположении магнетронов. Рассмотрены четыре режима работы СВЧ технологической установки: два режима с вращением штабеля пиломатериалов, два режима – без вращения. Описаны технология загрузки установки и методика проведения экспериментальных исследований.

Ключевые слова: СВЧ технологическая установка, сосновые доски, режимы работы, магнетрон, механизм вращения штабеля пиломатериалов, температура, влажность

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DRYING OF LUMBER IN A MICROWAVE INSTALLATION

M.I. Tukhvatullin

The results of experimental studies of drying lumber in a technological unit by rotating them in the space of the working chamber with a discrete arrangement of magnetrons are presented. Four modes of operation of the technological installation are considered: two modes with rotation of the stack of lumber, two modes – without rotation. The installation loading technology and the experimental research technique are described.

Keywords: technological installation, pine boards, operating modes, magnetron, rotation mechanism of a stack of lumber, temperature, humidity

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Д.А. Вырыханов, Г.Г. Угаров, В.И. Мошкин

Представлены результаты структурного анализа процессов электромеханического преобразования энергии в наиболее общем виде без учета явлений гистерезиса, вихревых токов и потоков рассеяния магнитного поля.

Ключевые слова: электромеханическое преобразование энергии, электрическая мощность, магнитная мощность, механическая мощность, структурная схема, энергия

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE PROCESS ELECTROMECHANICAL ENERGY CONVERSION

D.A. Vyrykhanov, G.G. Ugarov, V.I. Moshkin

The results of the structural analysis of the processes of Electromechanical energy con-version in the most General form without taking into account the phenomena of hysteresis, eddy currents and magnetic field scattering flows are presented.

Keywords: electromechanical energy con-version, electrical power, magnetic power, mechanical power, block diagram, energy

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ЗАДАННЫМ ГАРМОНИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ВЫХОДНОЙ КРИВОЙ

Е.Е. Миргородская, Н.П. Митяшин, Ю.Б. Томашевский, Ю.М. Голембиовский, А.Ю. Мирошниченко

Рассмотрены структура и особенности функционирования универсального источника питания многоуровневого инвертора напряжения в составе преобразователя с заданным спектром выходной кривой. Введены показатели качества работы преобразователя, приведены результаты моделирования преобразователя при реализации выходного напряжения с различными параметрами спектра. Преобразователь предназначен для реализации технологических процессов, требующих источники с заданными параметрами спектра напряжения.

Ключевые слова: многоуровневые инверторы напряжения, уровень напряжения, спектр, импульсный преобразователь, математическая модель

UNIVERSAL POWER SUPPLY FOR A MULTI-LEVEL VOLTAGE INVERTER WITH THE REQUIRED SPECTRUM OF THE OUTPUT VOLTAGE

Е.Е. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, Yu.B. Tomashevskiy, Yu.M. Golembiovskiy, A.Yu. Miroshnichenko

The structure and operating features of a universal power source for a multilevel voltage inverter as a part of a converter with a required spectrum of the output voltage are considered. Parameters of the converter quality of operation are introduced. Results of the converter simulation when realizing the output voltage with various spectrum parameters are presented. The converter is intended for the realization of technological processes requiring sources with specified parameters of the voltage spectrum.

Keywords: multilevel voltage inverters, voltage level, spectrum, impulse converter, mathematical model

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПОДЗЕМНЫХ СЕТЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Л.А. Плащанский, М.Ю. Решетняк

Широкое внедрение преобразовательных устройств в комплекс оборудования высокопроизводительных угольных шахт выявило ряд особенностей, которые необходимо учитывать для оценки его эффективной работы. К ним относится система электроснабжения, структуру которой необходимо скорректировать путем создания вместо единого распределительного пункта или энергопоезда нескольких распределительных пунктов, каждый из которых обеспечивает электроэнергией определенную энергоемкую группу потребителей, соединённых в единую логически связанную систему. Следует отметить, что наличие преобразовательных устройств в системе электроснабжения приводит к снижению качества электрической энергии. Выполнен анализ выемочных комбайнов высокопроизводительных угольных шахт на предмет наличия преобразовательных устройств и их удельный вес в системах электроприводов комплексов.

Для оценки влияния преобразовательных устройств на питающую сеть и корректировки показателей, оценивающих это влияние, предлагается использовать устройство автоматизированного мониторинга качества электрической энергии в подземных сетях угольных шахт. Представленное устройство позволяет осуществлять автоматизированный

мониторинг показателей качества энергии; производить учет фактического коэффициента мощности, повышая его до нормативного значения, обеспечивая тем самым эффективную работу подземных потребителей угольных шахт.

Ключевые слова: угольная шахта, система электроснабжения, качество электрической энергии, автоматизированная система контроля качества электрической энергии, гармонический состав сети, подземные электрические сети, компенсация реактивной мощности,

AUTOMATED MONITORING DEVICE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY IN UNDERGROUND NETWORKS COAL MINE

L.A. Plashchansky, M.Yu. Reshetnyak

The widespread introduction of Converter devices in the equipment complex of high-performance coal mines has revealed a number of features that need to be taken into account to assess its effective operation. These include the power supply system, the structure of which must be adjusted by creating, instead of a single distribution point or power train, several distribution points, each of which provides electricity to a certain energy-intensive group of consumers connected to a single logically connected system. It should be noted that the presence of Converter devices in the power supply system leads to a decrease in the quality of electric energy. The analysis of dredging combines of high-performance coal mines for the presence of Converter devices and their specific weight in the systems of electric drives of complexes is performed.

To assess the impact of Converter devices on the power supply network and adjust the indicators that assess this impact, it is proposed to use an automated monitoring device for the quality of electric energy in underground coal mine networks. The proposed device allows to implement automated monitoring of energy quality indicators; to take into account the actual power coefficient, increasing it to a nominal value, thus ensuring the efficient operation of underground coal mine consumers.

Keywords: coal mine, power supply system, quality of electric energy, automated system for quality control of electric energy, harmonic composition of the network, underground electric networks, reactive power compensation, electromagnetic compatibility

ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПРЕГНИРОВАННЫХ КАТОДОВ ПРИБОРОВ М-ТИПА С МГНОВЕННОЙ ГОТОВНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

О.Д. Тищенко, А.Я. Зоркин, И.В. Родионов, А.А. Тищенко, Е.Н. Горбунова

Впервые применен метод индукционной пайки импрегнированных втулок и разработана модель индукционной пайки, учитывающая двухслойную конструкцию катода. Идентифицированы параметры модели, к которым относятся удельное сопротивление импрегнированных втулок и поверхностная мощность по экспериментальной зависимости.

Ключевые слова: импрегнированный катод, индукционная пайка, модель, удельное сопротивление, поверхностная мощность

FORMATION OF CHARACTERISTICS OF IMPREGNATED CATHODES OF M-TYPE DEVICES WITH INSTANT READINESS ON THE BASIS OF IMPROVEMENT OF ELECTROTECHNOLOGICAL PROCESSES

O.D. Tishchenko, A.Ya. Zorkin, I.V. Rodionov, A.A. Tishchenko, E.N. Gorbunova

For the first time, the method of induction soldering of impregnated bushings was applied and a model of induction soldering was developed, taking into account the two-layer design of the cathode. The parameters of the model, which include the resistivity of impregnated bushings and surface power according to the experimental dependence, are identified.

Keywords: impregnated cathode, induction soldering, model, resistivity, surface power

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕХОДА БЫСТРОЙ ВОЛНЫ ОСНОВНОГО ТИПА В МЕДЛЕННУЮ НА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНОЙ В Н-ПЛОСКОСТИ

Д.А. Баринов, П.В. Ковряков, В.А. Коломейцев, Ю.А. Кузьмин

Приведено аналитическое решение задачи электродинамики для прямоугольного волновода с диэлектрической пластиной в Н-плоскости при использовании продольной Y-поляризации электромагнитного поля, которое позволило определить влияние перехода быстрой основной волны в медленную на собственные параметры и структуру электромагнитного поля: Показано, что при этом электромагнитное поле в менее плотной среде (воздушная среда) стягивается к поверхности раздела сред, частично проникая в диэлектрическую пластину, что приводит к интенсификации процесса ее нагрева. Данное положение представляет особый интерес при создании конвейерных СВЧ нагревательных установок для термообработки листовых материалов.

Ключевые слова: прямоугольный волновод; диэлектрическая пластина; принцип поляризационной двойственности; уравнение Гельмгольца; собственные электродинамические параметры; быстрая и медленная волна; критические длины волн; принцип суперпозиции и ортогональности; дисперсионные уравнения

THE EFFECT OF THE TRANSITION OF A FAST DOMINANT WAVE INTO A SLOW ONE ON THE ELECTRODYNAMIC PROPERTIES OF A RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH A DIELECTRIC PLATE IN THE H-PLANE

D.A. Barinov, P.V. Kovryakov, V.A. Kolomeytsev, Yu.A. Kuzmin

An analytical solution of the electrodynamics problem for a rectangular wave-guide with a dielectric plate in the H-plane using the longitudinal Y-polarization of the EM field is given, which allowed us to determine the effect of the transition of the fast dominant wave to the slow one on the proprietary parameters and structure of the EM field: a less dense medium (air) is pulled to the interface of the media, partially penetrating into the dielectric plate, which leads to an intensification of the heating process. This provision is of particular interest when creating microwave conveyor heating systems for heat treatment of sheet materials.

Keywords: rectangular waveguide; dielectric plate; principle of polarization duality; Helmholtz equation; proprietary electrodynamic parameters; fast and slow wave; critical wavelengths; principle of superposition and orthogonality; dispersion equations

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ОБМАЗОЧНОГО СЛОЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ 12X18H10T ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

В.И. Проскуряков, И.В. Родионов, Е.Л. Сурменко, Т.Н. Соколова

Представлены результаты исследования процесса лазерного легирования нержавеющей хромоникелевой стали 12X18H10T в слое модифицирующей обмазки. Рассмотрено влияние обмазочного слоя на физико-механические характеристики и элементный состав поверхности стали после лазерной обработки. Установлено, что для упрочнения поверхности нержавеющей стали целесообразно использовать обмазку, состоящую из графитовой пасты или из графитовой пасты и порошка наночастиц анатаза TiO₂. Лазерное легирование поверхности с используемыми составами обмазок позволяет формировать на стали упрочненный модифицированный слой толщиной до 70 мкм, с величиной твердости 3.33 ± 0.1 и 3.15 ± 0.1 ГПа соответственно при суммарной пористости до 37 %.

Ключевые слова: нержавеющая хромоникелевая сталь, лазерное легирование, морфология, микротвердость

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE COATING LAYER ON THE SURFACE CHARACTERISTICS OF STEEL 12X18H10T AFTER LASER PULSE ALLOYING

V.I. Proskuryakov, I.V. Rodionov, E.L. Surmenko, T.N. Sokolova

The results of a study of the process of laser alloying of 12X18H10T stainless chromium-Nickel steel in a layer of modifying coating are presented. The influence of the coating layer on the

physical and mechanical characteristics and elemental composition of the steel surface after laser treatment is considered. It was found that it is advisable to use a coating consisting of graphite paste or graphite paste and TiO₂ nanoparticle powder to harden the surface of stainless steel. Laser alloying of the surface with the used coating compositions allows forming a hardened modified layer with a thickness of up to 70 microns on the steel, with a hardness value of 3.33 ± 0.1 and 3.15 ± 0.1 GPa, respectively, with a total porosity of up to 37 %.

Keywords: stainless chromium-Nickel steel, laser alloying, morphology, microhardness

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

У.Р. Наимов, С.Н. Данилов

Распространение использования беспилотных воздушных систем поставило множество проблем – от того, как обеспечить надежное слежение за беспилотным воздушным объектом, до того, как организовать и представить данные этого слежения. Концепции построения перспективных радиолокационных систем показывают, что это будут комплексы интегрального типа. Создание таких комплексов предполагает наличие в их составе информационной с наличие в их составе информационной системы, состоящей из каналов, которые производят функционально завершенную процедуру обработки сигналов и информации в интересах решения конкретно задачи. Повышение качества обработки сигналов и информации (точности, помехоустойчивости, надежности, целостности) в информационной системе возможно по двум взаимодополняющим направлениям. Первое – это совершенствование устройств и систем, входящих в состав радиоэлектронного комплекса, а также введение в его состав новых, имеющих более высокие характеристики качества функционирования. Второе – это разработка соответствующего алгоритмического обеспечения.

Ключевые слова: фильтр, информационная система, маневр, функционирование, слежение, маневренность

ALGORITHM FOR FUNCTIONING OF INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR ASSESSING COORDINATES OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

U.R. Naimov, S.N. Danilov

The widespread use of unmanned aerial systems (UAV) in civilian and military operations posed many problems: from how to ensure reliable tracking of an unmanned aerial object, before organizing and presenting data in a meaningful way. The concepts for constructing promising radar systems (radar) show that these will be complexes of the integral type. The creation of such complexes implies the presence in their composition of an information system consisting of channels that produce a functionally completed procedure for processing signals and information in the interest of solving a specific problem. Improving the quality of signal and information processing (accuracy, noise immunity, reliability, integrity) in the information system is possible in two mutually complementary directions. The first is the improvement of the devices and systems that make up the electronic complex, as well as the introduction of new ones with higher performance characteristics. The second is the development of appropriate algorithmic support.

Keywords: filter, information system, maneuver, functioning, tracking, maneuver-ability