

СВЧ ТЕРМООБРАБОТКА ДИЭЛЕКТРИКОВ С БОЛЬШИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ В МЕТОДИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

В.О. Юдина, В.В. Захаров, С.В. Тригорлый, Ю.С. Архангельский

Рассмотрены конструкция, транспортная система и математическое моделирование СВЧ термообработки диэлектриков с большими поверхностями в методическом режиме.

Ключевые слова: методическая и периодическая СВЧ электротермические установки, методический режим, СВЧ термообработка, конструкция, транспортная система, математическое моделирование технологического процесса

A MICROWAVE DEVICE FOR HEAT TREATMENT OF DIELECTRICS WITH LARGE SURFACE AREAS AT THE CONTINUOUS MODE

V.O. Yudina, V.V. Zakharov, S.V. Trigorly, Yu.S. Arkhangelsky

The article considers the design, transport system, and mathematical modeling of microwave devices for heat treatment of dielectrics with large surface areas at the continuous mode.

Keywords: continuous and intermittent microwave electrothermal plants, continuous mode, microwave heat treatment, design, transport system, mathematical modeling of the technological process

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.М. Райгородский

Статья посвящена оптимизации электролитического травления сталей марок 20X13, 12X18N10T, 09Г2С, 60С2А, 70С2ХА, У8А, СтЗсп, Ст10, Ст45, 15ГС. Проведено сравнение электролитического и химического травления, приведены рецепты электролитов и химических травителей указанных марок стали.

Ключевые слова: электролит, электролитическое травление, химическое травление, марка стали, легирующие компоненты

OPTIMIZATION OF ELECTROLYTIC ETCHING OF STEELWORKS

V.M. Raigorodsky

The article is devoted to optimization of electrolytic etching technique applied for the steel types, including 20X13, 12X18N10T, 09G2S, 60C2A, 70C2XA, U8A, St3sp, St10, St45, and 15GC. Comparison of electrolytic and chemical methods of etching, and compounding of electrolytes and chemical etchants for the given steel types are provided.

Keywords: electrolyte, electrolytic etching, chemical etching, steel type, alloying components

ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА ИЗОЛЯЦИИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Е.В. Николаев, М.А. Полякова

Рассматриваются вопросы, связанные с расчетом ресурса изоляционных конструкций тяговых электродвигателей и его продлением в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: тяговый электродвигатель, ресурс изоляции, система охлаждения, электрическая ёмкость изоляции, релейный эффект, защита от короткого замыкания

PROSPECTS FOR INCREASING THE LIFETIME OF TRACTION MOTORS INSULATION

E.V. Nikolaev, M.A. Polyakova

The article deals with the issues of estimating the lifetime of insulation systems for traction motors, and extending the lifetime in the course of their operation.

Keywords: traction motor, lifetime of insulation, cooling system, electrical insulation capacity, relay effect, short circuit protection

ПРИМЕНЕНИЕ СИМВОЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ПРОГРАММ В ИССЛЕДОВАНИИ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

П.А. Кошелев, С.В. Парамонов

Представлены методы анализа параметров дискретных и импульсных элементов электротехнических устройств и комплексов.

Методы и алгоритмы реализованы в современных пакетах программ компьютерных информационных технологий символьных вычислений.

Описаны способы вывода аналитического выражения сигнала и восстановления его формы по совокупности дискретных значений (отсчётов), полученных в результате натурного эксперимента или численного моделирования.

Приведены примеры вычислений, результаты, тексты программ.

Ключевые слова: импульсные преобразователи, математическое моделирование, символьные вычисления

APPLICATION OF SYMBOLIC MATHEMATICAL METHODS AND PROGRAMS IN THE STUDY OF PULSE CONVERTERS

P.A. Koshelev, S.V. Paramonov

The authors present the methods used to analyze the parameters of discrete and pulse elements of electrotechnical devices and complexes.

The methods and algorithms are implemented in modern software packages of computer IT programs of symbolic calculations.

The methods of deducing analytical expression of a signal and restoring its form based on a set of discrete values received as a result of a full-scale experiment or numerical modeling operation are described.

Keywords: pulse converters. mathematical modeling operation. symbolic calculations

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МАГНЕТРОНА С КОМБИНИРОВАННОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

И.И. Артюхов, А.И. Земцов, А.И. Борисенко

Для создания мощных генераторов СВЧ электромагнитных колебаний перспективным является применение магнетронов с комбинированной магнитной системой. Эти приборы имеют кроме постоянных магнитов дополнительные электромагниты. Благодаря этому магнетроны приобретают эксплуатационные характеристики, которые позволяют существенно упростить систему электропитания промышленной установки СВЧ нагрева. Однако исследования источников питания магнетронов с комбинированной магнитной системой практически отсутствуют. В статье рассматриваются особенности построения источников питания таких магнетронов. Для исследования динамических режимов источника питания разработана имитационная модель в среде Matlab с пакетом расширения Simulink. Результаты моделирования приведены для источника питания магнетрона мощностью 6 кВт.

Ключевые слова: магнетрон, дополнительный электромагнит, система электропитания, переходные процессы, имитационное моделирование

TRANSITION PROCESSES IN THE MAGNETRON POWER SUPPLY SYSTEM WITH A COMBINED MAGNETIC SYSTEM AT LINE VOLTAGE FLUCTUATIONS

I.I. Artyukhov, A.I. Zemtsov, A.I. Borisenko

To create powerful microwave oscillation generators, the use of magnetrons with a combined magnetic system is a long-range objective. Apart from permanent magnets, these devices have additional electromagnets. As a result, the magnetrons acquire unique operational characteristics that can significantly simplify the power supply system of an industrial microwave heating installation. However, there are few investigations into magnetron power supplies having a combined magnetic system. The article discusses particular issues associated with designing power sources for such magnetrons. To study the dynamic power supply modes, a simulation

model has been developed in the Matlab environment with the Simulink extension package. The simulation results are provided for the 6 kW magnetron power source.

Keywords: magnetron, sub-electromagnet, power supply system, dynamic modes, simulation

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГЛЕДОБЫЧИ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ ГРАФИКЕ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ

Н.Д. Сенчило

Исследование мировых тенденций развития электроэнергетики показывает, что в ближайшее время энергетика Российской Федерации столкнется с проблемами морального и физического устаревания оборудования передачи и распределения электроэнергии, а также с необходимостью интеграции альтернативной энергетики в существующую электроэнергетическую систему с сохранением надежности электроснабжения потребителей и упрощением процесса технологического присоединения новых потребителей. Учитывая вышесказанное, весьма актуален вопрос интеграции в существующую энергосистему новых решений, таких как источники распределенной генерации на предприятия – крупные потребители электроэнергии. Немаловажен в данном вопросе опыт зарубежных энергосистем, Китая, опыт которого в использовании альтернативных источников генерации может помочь решить множество вызовов, которые бросает нам сегодня электроэнергетическая отрасль, основными из которых являются: решение актуальной проблемы снижения углеродоёмкости ВВП (декарбонизация), увеличение доли распределенной генерации в общей генерируемой мощности (децентрализация) и глубокая трансформация производства, подразумевающая использование цифровых технологий для оптимизации бизнес-процессов и технологии производства (диджитализация). Перед развитыми и развивающимися странами остро стоит вопрос модернизации электроэнергетической системы и внедрения новых источников генерации, в первую очередь возобновляемых, таких как ветрогенерация и солнечная генерация, которые могут стать решением указанных выше для электроэнергетической отрасли страны. В статье проанализирован процесс внедрения источников распределенной генерации на промышленном предприятии угледобычи, что способствует повышению экономической эффективности производства за счет снижения стоимости потребляемой электроэнергии, а также повышению надежности электроснабжения путем снижения влияния внешних системных факторов на процесс электроснабжения предприятия. Актуальность статьи обусловлена тем, что процесс постепенного внедрения альтернативной генерации влечёт за собой определенные вызовы для электроэнергетики, которые требуют современных и эффективных решений.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, распределенная энергетика, угледобыча, ветрогенерация, солнечная генерация, энергетическая эффективность, децентрализация, декарбонизация, диджитализация, активноадаптивные сети, энергосистема Китая

USING DISTRIBUTED GENERATION AT COAL MINING ENTERPRISES UNDER UNEVEN LOAD CURVE OF THE SYSTEM

N.D. Senchilo

A study of global trends in the development of the electric power industry shows that in the near future the power industry of the Russian Federation will face such problems as moral and physical obsolescence of power transmission and distribution equipment, including the need to integrate alternative energy sources into the existing electric power system while maintaining reliability of power supply and simplifying the process of incorporation new consumers.

Taking into account aforesaid, there is a challenging issue related with integration of advanced decisions, such as sources of distributed generation to enterprises as large

consumers of electric power. Experience of using the grids outside Russia is significant, in particular, the China experience where application of alternative sources of generation can be effective in solving an array of problems in electric energy industry, including the following: decarbonization, decentralization and digitalization.

Currently, the developed and developing countries require modernization of their power systems and introduction of new sources of generation, primarily renewable sources, such as wind and solar power that can help in resolving the problems faced by the power industry of a country.

This article analyzes the process of introducing distributed generation sources to an industrial coal mining enterprise, which contributes to an increase in economic efficiency of an industry due to reduction of costs for electricity consumption, as well as improves reliability of power supply by reducing the influence of external system factors on an enterprise's power supply process. The relevance of the article is also due to the fact that the process of gradual introduction of alternative generation entails certain challenges for the power industry, which requires modern and efficient solutions.

Keywords: alternative power sources, distributed generation, coal mining, wind energy, solar energy, energy efficiency, decentralization, decarbonization, digitalization, Smart grid, Chinese power energy

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 6-10 кВ

А.И. Сидоров, С.Ш. Таваров, Г.Х. Маджидов

Приводится оценка показателей надежности элементов распределительной сети 6-10 кВ. По данным от ОАО «Городская электрическая сеть г. Душанбе» (количество трансформаторных подстанций, протяжённость воздушных и кабельных линий напряжением 6-10 кВ, количество аварий трансформаторных подстанций и повреждений воздушных и кабельных линий за период 2012-2016 гг.) произведен расчет показателей надежности элементов распределительной сети 6-10 кВ. Оценка надежности произведена по следующим показателям: поток отказа, время восстановления поврежденных элементов и недоотпуск электроэнергии, связаны с перерывом электроснабжения потребителей. Установлено, что все показатели надежности рассматриваемых элементов находятся выше допустимых значений. На долю недоотпуска электроэнергии в рассматриваемых сетях приходится более 10% от всей потребленной бытовыми электроприемниками.

Ключевые слова: электроснабжение, распределительные сети 6-10 кВ, показатели надежности

RELIABILITY INDEXES OF COMPONENTS OF THE DISTRIBUTION NETWORK 6-10 KV

A.I. Sidorov, S.Sh. Tavarov, G.H. Majidov

The research is devoted to estimating reliability indexes of components of the distribution network 6-10 kV. According to the data from OAO Dushanbe City Power Grid (the number of transformer substations, spread of air and cable lines with the voltage at 6-10 kV, the number of accidents at transformer substations and damages of air and cable lines within the period of 2012-2016), the calculation of reliability indexes was made for the components of the distribution network 6-10 kV. The reliability assessment is made regarding the following parameters: the fault stream (ω), restoration time of the faulty components ($t_{\text{восст.}}$), and undersupply of electric power (ΔW) are connected with the breaks in the power supply to consumers. It has been established that all reliability indexes of the considered components exceed the permissible values. More than 10% of the power consuming units constitute the share of undersupply of electric power in the considered networks.

Keywords: power supply, distribution networks 6-10 kV, reliability indexes

ВИДЫ ФИКСАЦИИ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ В ЛАМПАХ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ С.А. Калмыков

Рассмотрены основные способы крепления замедляющих систем спирального типа в лампах бегущей волны. Проведен их сравнительный анализ с учетом особенностей каждого способа фиксации замедляющей системы в корпусе оболочки. Определены перспективные направления крепления замедляющих систем, подходящие для использования в широкополосных лампах миллиметрового диапазона.

Ключевые слова: лампа бегущей волны, замедляющая система, триангуляция, термообжатие, опорный стержень, спираль

TYPES OF FIXING SLOW-WAVE STRUCTURES IN TRAVELING WAVE TUBES S.A. Kalmykov

The paper covers the main methods of fastening spiral-type slow-wave structures in traveling-wave tubes (TWT). A comparative analysis was carried out taking into account the characteristics of each type of fixation of slow-wave structures in the shell casing. The advanced trends in fixing the slow-wave structures to be used in wideband millimeter-wide TWT have been identified.

Keywords: traveling-wave tube, slow-wave structure, triangulation, thermal shrinkage, support rod, spiral

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ МОЩНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СПИРАЛЬНОЙ ЛБВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Д.И. Кириченко, В.И. Роговин

Разработана конструкция малошумящей широкополосной лампы бегущей волны миллиметрового диапазона с выходной непрерывной мощностью от 70 до 100 Вт.

Ключевые слова: ЛБВ, МПФС, ММ ЛБВ, миллиметровый диапазон длин волн

OUTCOME OF THE DEVELOPMENT OF A POWERFUL WIDE-BAND SPIRAL TWT OF THE MILLIMETER RANGE

D.I. Kirichenko, V.I. Rogovin

A low-noise, wide-band millimeter-wave traveling-wave lamp with an output continuous power of 70 to 100 W, to be used in advanced electronic countermeasure, has been developed.

Keywords: TWT, MPFS, MM TWT, millimeter wavelength range

ОБ ОЦЕНКЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕНКАХ КОАКСИАЛЬНО-СЕКТОРНОГО ВОЛНОВОДА

А.А. Скворцов

Получено квазианалитическое выражение для расчета коэффициента затухания, обусловленного потерями в металлических стенках коаксиально-секторного волновода с однородным диэлектрическим заполнением. Приводятся результаты квазианалитического расчета коэффициента затухания в металлических стенках полого коаксиально-секторного волновода при различных значениях его геометрических размеров и рабочей длины волны, которые могут быть использованы при построении СВЧ устройств различного назначения, выполненных на основе рассматриваемой линии передачи.

Ключевые слова: коэффициент затухания, металлические стенки, коаксиально-секторный волновод, прямоугольный волновод, критическая длина, основная волна, квазианалитическая методика

ON ESTIMATION OF ATTENUATION COEFFICIENT IN THE METAL WALLS OF THE COAXIAL-SECTOR WAVEGUIDE

A.A. Skvortsov

A quasi-analytical expression for calculation the attenuation coefficient caused by the losses in the metal walls of the coaxial-sector waveguide with a homogeneous dielectric filling is obtained. The results of the quasi-analytical calculation of attenuation coefficient in the metal walls of the hollow coaxial-sector waveguide for different values of its geometrical sizes and the operating wavelength which can be used in designing microwave devices on the basis of the considered transmission line are presented.

Keywords: attenuation coefficient, metal walls, coaxial-sector waveguide, rectangular waveguide, cut-off wavelength, dominant mode, quasi-analytical technique

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРЖДЕННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ СО ВСТРОЕННЫМ МОЛНИЕЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ НА ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

И.В. Злобина, Д.Ю. Луков

С целью повышения стойкости широко применяющихся в конструкциях современных летательных аппаратов полимерных композиционных материалов (ПКМ) к статическому электричеству и разрядам молний при прохождении летательным аппаратом грозовых фронтов в их структуру включаются различные молниезащитные покрытия (МЗП). Выполнены исследования некоторых электрических характеристик углепластиков со встроенным в поверхностный слой МЗП в виде медной сетки после их кратковременной обработки в отвержденном состоянии в СВЧ электромагнитном поле с плотностью потока энергии $(17-18) \times 10^4$ мкВт/см². Установлено увеличение напряжения пробоя от 5 до 7 раз соответственно при переменном и постоянном токе. Показано, что при этом электрическая емкость обработанных образцов снижена относительно контрольных в 7,5 раза. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий финишной обработки изделий из ПКМ для повышения устойчивости последних к воздействию атмосферного электричества.

Ключевые слова: молниезащитное покрытие, СВЧ электромагнитное поле, полимерные композиционные материалы, электрические свойства, напряжение пробоя, ток утечки

EFFECT OF THE TREATMENT OF CARBON FIBER REINFORCED PLASTICS WITH AN INTERNAL LIGHTNING-PROOF COATING RESEARCH IN THE MICROWAVE ELECTROMAGNETIC FIELD ON THEIR ELECTRICAL SPECIFICATIONS

I.V. Zlobina, D.Yu. Lukov

In order to increase the resistance of polymer composite materials (PCM) widely used in the designs of modern aircraft to static electricity and lightning discharges during the passage of thunderstorm fronts by the aircraft, various lightning-proof coatings of the MFP are included in their structure. Studies of some electrical characteristics of carbon plastics with embedded in the surface layer of the MSP in the form of a copper grid after their short-term treatment in the cured state in a microwave electromagnetic field with an energy flux density $(17-18) \times 10^4$ mW/cm². The breakdown voltage was increased from 5 to 7 times, respectively, at alternating and direct current. It is shown that the electrical capacity of the treated samples is reduced relative to the control 7.5 times. The obtained results can be used in the development of finishing technologies of PCM products to improve the stability of the latter to the effects of atmospheric electricity.

Keywords: lightning-proof coating, microwave electromagnetic field, polymer composite materials, electrical properties, breakdown voltage, leakage current

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ В ДИАПАЗОНЕ СВЧ НА АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

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

Представлена конструкция калориметрического измерителя мощности с диапазоне СВЧ с применением современных программных и технических средств.

Ключевые слова: калориметрический ваттметр, NTC термистор, аппаратная платформа Arduino, электронный расходомер жидкости

DIGITAL POWER METER IN THE MICROWAVE RANGE ON THE ARDUINO HARDWARE PLATFORM

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

meter with a microwave range using advanced software and hardware.

Keywords: calorimetric wattmeter, NTC thermistor, Arduino hardware platform, electronic liquid flow meter