

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В.В. Захаров, С.В. Тригорлый

Рассмотрены математические модели СВЧ нагрева, сушки и плавления диэлектриков с учетом изменения их физических свойств. Разработан общий алгоритм численного моделирования, основанный на использовании метода конечных элементов.

Рассмотрены основные этапы математического моделирования СВЧ термообработки диэлектриков с применением программного обеспечения COMSOL Multiphysics.

Ключевые слова: математическое моделирование, СВЧ нагрев, сушка, плавление, диэлектрики, уравнения электродинамики и тепломассопереноса, блок-схема моделирования

MATHEMATICAL MODELING OF DIELECTRIC HEATING WITH MICROWAVE ENERGY REGARDING THE CHANGES IN THEIR PHYSICAL PROPERTIES

V.V. Zakharov, S.V. Trigorry

The article considers mathematical models of dielectric heating, drying, and melting with microwave energy with account for the changes of their physical properties. A general algorithm for numerical modeling based on the use of the finite element method has been developed.

The main stages of mathematical modeling of dielectric heating with microwave energy using the COMSOL Multiphysics software are considered.

Keywords: mathematical modeling, dielectric heating, drying, and melting with microwave energy, electrodynamics, and heat and mass transfer equations, simulation block diagram

ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОСРЕДСТВОМ ОДИНОЧНОЙ ЩЕЛИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ВЕРХНЕЙ СТЕНКЕ ПРЯМОУГОЛЬНОГО РЕЗОНАТОРА, С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНОЙ НА ЕГО НИЖНЕЙ СТЕНКЕ

Д.А. Баринов, В.А. Коломейцев, П.В. Ковряков, О.В. Дрогайцева

В данной работе анализируется возможность аналитического решения неоднородной задачи электродинамики для прямоугольного резонатора (ПрР) с диэлектрической пластиной, расположенной на нижней стенке резонатора при возбуждении посредством одиночной щели, расположенной на верхней стенке резонатора. Показано, что физическая модель, представляющая сторонний источник электромагнитного (ЭМ) поля посредством поверхностных токов, протекающих на верхней стенке ПрР, успешно работающая при расположении одиночной щели на боковой и задней стенках резонатора, неприменима к верхнему способу возбуждения ЭМ поля. В работе предложена методика расчета однощелевой системы возбуждения (СВ), расположенной произвольным образом на верхней стенке ПрР, учитывающая конечную толщину излучающей щели.

Ключевые слова: электромагнитное поле, прямоугольный резонатор, неоднородная задача электродинамики

ELECTROMAGNETIC FIELDS EXCITATION OVER A SINGLE SLOT ON THE TOP WALL OF A RECTANGULAR RESONATOR WITH A DIELECTRIC PLATE ON THE BOTTOM WALL IN H-PLANE

D.A. Barinov, V.A. Kolomeytsev, P.V. Kovryakov, O.V. Drogaytseva

In this paper we analyze a possibility for analytical solution to a nonhomogeneous electrodynamics problem relating a rectangular resonator with a dielectric plate on its lower wall when excited via a single slot on the top wall of the resonator. It is shown that a physical model to an external source of the electro-magnetic (EM) field presented by means of the surface currents flowing over the top wall of the rectangular resonator, and efficient with a single slot located on the side or the rear wall of the resonator, cannot be applied to the cases of EM field excitation through the top wall. The paper proposes a method aimed to calculate a single-slotted

excitation located arbitrarily on the top wall of the rectangular resonator, which takes into account the finite thickness of the radiating slot.

Keywords: electromagnetic field, rectangular resonator, nonhomogeneous problem of electrodynamics

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ МНОГОГЕНЕРАТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С БЕГУЩИМИ ВОЛНАМИ

Б.К. Сивяков, С.В. Григорьян, Д.Б. Сивяков

Сверхвысокочастотные (СВЧ) технологии находят разнообразное применение в современном мире. Они греют, сушат материалы, модифицируют его свойства, придавая им новые качества. Применяются для комплексного воздействия на материалы совместно с ультразвуком и другими физическими и химическими воздействиями в целях улучшения их физических и химических свойств. Находят применение в медицине, биологии, агрономии и других областях. К технологическим СВЧ установкам предъявляются разнообразные требования. Одним из основных требований является обеспечение равномерности воздействия электромагнитным полем на обрабатываемый материал в пределах рабочей камеры установки. В настоящей работе рассмотрены возможности уменьшения неравномерности воздействия за счет применения в СВЧ установках нескольких независимых генераторов с последующим энергетическим воздействием их бегущих электромагнитных волн на материал в рабочей зоне установки.

Ключевые слова: сверхвысокие частоты, многогенераторные технологические установки, бегущие волны, математическое моделирование, прикладные программы, уменьшение неравномерности энергетического воздействия на обрабатываемый материал

MICROWAVE MULTI-GENERATOR TECHNOLOGICAL INSTALLATIONS WITH TRAVELING WAVES

B.K. Sivyakov, S.V. Grigoryan, D.B. Sivyakov

Today ultra-high-frequency (UHF) technologies find a variety of applications. They are utilized for heating, drying, and modifying the properties of materials, and as a result, change their qualitative characteristics. The materials are exposed to the systems effects, including ultrasound, and other physical and chemical effects aimed to improve their physical and chemical properties. The UHF technologies are applied in medicine, biology, agronomy, and other areas. Currently, high-power microwaves should satisfy a variety of needs. One of the key requirements is to ensure uniform electromagnetic field effects on the processed material within the working chamber of the installation. We consider a possibility to reduce the non-uniformity of these effects by using a number of independent generators in microwave installations with the subsequent energy deposition of their traveling electromagnetic waves on the material in the working area of the installation.

Keywords: ultra-high frequencies, technological installations, multi-generator, traveling wave, mathematical modeling, applied programs, reduction of non-uniformity of energy deposition on the processed material

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

Д.И. Попов

Обоснована актуальность совершенствования электротехнических комплексов, предназначенных для проведения нагрузочных испытаний асинхронных двигателей. Отмечена проблема определения мощности, потребляемой асинхронными двигателями при испытаниях методом взаимной нагрузки при питании от управляемых инверторов напряжения. Проанализированы особенности применения известного способа определения мощности, выявлены его преимущества и недостатки по сравнению с аналогами. Предложен новый способ, сохраняющий все достоинства рассмотренного

аналога и имеющий перед ним ряд преимуществ: более простую схему, меньшее число необходимых измерений и вычислительных операций. Разработаны алгоритмы этапов осуществления предложенного способа. Разработанный способ позволяет снизить погрешность определения мощности, потребляемой асинхронными двигателями при испытаниях методом взаимной нагрузки.

Ключевые слова: испытательный комплекс, асинхронный двигатель, метод взаимной нагрузки, схема испытаний, определение мощности

A METHOD FOR DETERMINING POWER CONSUMPTION IN TESTING INDUCTION MOTORS BY THE BACK-TO-BACK METHODOLOGY

D.I. Popov

The challenges connected with improvement of electrical systems designed for testing induction motors using the back-to-back method are relevant. Particular focus has been made on estimating the power consumed by induction motors during the back-to-back tests when powered by controlled voltage inverters. Specific features of the applied method for power consideration have been analyzed, as well as advantages and disadvantages of its analogues have been revealed. The proposed method preserves all the benefits of the considered analogy and has a number of advantages: a simpler scheme, and fewer measurements and computational operations. The algorithms required to implement the stages of the proposed method have been developed. The new method reduces the errors in estimating the power consumed by induction motors during the back-to-back method of testing.

Keywords: test facility, induction motor, the back-to-back method, testing scheme, estimation of power

РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ

Г.Г. Угаров, В.И. Мошкин

На основе результатов исследований, выполненных в Саратовском государственном техническом университете, представлена концепция развития силовых электромагнитных импульсных систем. Были выявлены пути дальнейшего повышения удельных энергетических показателей импульсных линейных электромагнитных двигателей.

Ключевые слова: силовая электромагнитная импульсная система, импульсный линейный электромагнитный двигатель

DESIGN AND CONCEPT OF THE POWERED ELECTROMAGNETIC PULSE SYSTEMS

G.G. Ugarov, V.I. Moshkin

The article presents a concept to designing the powered electromagnetic pulse systems that has been developed based on the research conducted at Yuri Gagarin State Technical University of Saratov. The trending parameters for the increase of specific energy indicators to pulsed linear electromagnetic motors.

Keywords: powered electromagnetic pulsed system, pulsed linear electromagnetic motor

ТВЕРДОСТЬ ОТВЕРЖЕННОГО УГЛЕПЛАСТИКА С МОЛНИЕЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ, МОДИФИЦИРОВАННОГО В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

И.В. Злобина

В настоящее время отмечается повышенный интерес к полимерным композиционным материалам применительно к различным отраслям промышленности. Среди них можно выделить авиастроение, судостроение, ветроэнергетику. Это обусловлено высокими требованиями к прочностным характеристикам в сочетании с легкостью таких материалов. Особенно это важно в связи с крупногабаритными элементами, которые используются в установках данных отраслей.

В связи с вышесказанным актуальным является совершенствование таких материалов, в частности за счет дополнительного введения молниезащитных покрытий в сочетании с обработкой в СВЧ электромагнитном поле с целью повышения изотропии свойств композитов.

Ключевые слова: молниезащитное покрытие, равномерность свойств, повышение значений твердости, изотропия, полимерные композиционные материалы, СВЧ электромагнитное поле
HARDNESS OF THE CURED CARBON FIBER WITH A LIGHTNING -PROTECTIVE COATING MODIFIED IN THE MICROWAVE ELECTROMAGNETIC FIELD

I.V. Zlobina

Currently, there is a growing interest to polymer composite materials applied in various industries, including aircraft manufacturing, shipbuilding, and wind power sector. This is due to strict requirements to their strength properties coupled with the light weight characteristic of these materials. This is of particular importance for the large-sized components installed in the units applied in these industries.

Therefore, it is critical to upgrade the quality of such materials, in particular, due to additional lightning protection coatings combined with their processing in the microwave electromagnetic field aimed to improve the properties related to isotropy of the compo-sites.

Keywords: lightning protection coating, uniformity of properties, increased hardness, isotropy, polymer composite materials, microwave electromagnetic field

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СВЕРЛЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ОТВЕРСТИЙ В КОНСТРУКЦИОННОМ УГЛЕПЛАСТИКЕ

Г.К. Мулдашева

Статья посвящена описанию результатов исследования морфологии поверхности сквозных и глухих отверстий малого диаметра, полученных ультразвуковым сверлением в конструкционном углепластике. Установлено, что сообщение инструменту ультразвуковых колебаний малой амплитуды способствует формированию однородной морфологии поверхности отверстий без вырывов, отслоений и раковин. На боковой поверхности отверстий, обработанных с воздействием ультразвука, практически отсутствуют выдернутые и разориентированные армирующие волокна, что свидетельствует о повышении качественных показателей размерной обработки углепластиков.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, ультразвук, сверление, дефекты, морфология поверхности

EFFECT OF ULTRASONIC DRILLING ON THE SURFACE QUALITY OF HOLES IN THE STRUCTURAL CARBON FIBER

G.K. Muldasheva

The article presents the results of research into surface morphology of the through and blind holes with small diameters obtained by ultrasonic drilling of the structural carbon fiber. It has been established that imparting ultrasonic vibrations of small amplitudes to a work tool ensures a uniform morphology to the surface of the holes, which helps avoiding the breaks, delaminations, or blow holes. On the sides of the holes treated by the ultrasound, the pulled and disoriented reinforced fibers are missing, which provides higher dimensional accuracy to the carbon fiber reinforced plastics.

Keywords: polymer composite materials, ultrasound, drilling, defects, surface morphology