

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПЕРЕМЕШИВАТЕЛЕЙ С ПОПЕРЕЧНЫМ И ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНЫМИ ПОТОКАМИ

Т.А. Боякова, А.А. Авдулов

В статье представлены результаты физического моделирования плавильной печи при плавлении твердых алюминиевых слитков, с использованием магнетогидродинамических (МГД) перемешивателей с поперечным и продольным магнитными потоками. Технологический процесс расплавления твердых алюминиевых слитков происходит при малом уровне расплава. В ходе физического моделирования определялось время плавления слитков: без применения МГД-перемешивателей, с применением МГД-перемешивателя с поперечным магнитным потоком и с применением МГД-перемешивателя с продольным магнитным потоком. В ходе экспериментов установлено, что при плавлении слитков и малом уровне расплава целесообразно использовать МГД-перемешиватель с поперечным магнитным полем. Использование этого устройства позволит сократить время плавки на 15 %.

Ключевые слова: МГД-перемешивание, поперечный магнитный поток, продольный магнитный поток

RESEARCH ON A PHYSICAL MODEL OF A MELTING FURNACE USING ELECTROMAGNETIC MIXERS WITH TRANSVERSE AND LONGITUDINAL MAGNETIC FLOWS

T.A. Boyakova, A.A. Avdulov

The article presents the results of physical modeling of a melting furnace during melting solid aluminum ingots using magnetohydrodynamic (MHD) stirrers with transverse and longitudinal magnetic fluxes. The technological process of melting solid aluminum ingots occurs at a low melting level. In the course of physical modeling, the melting time of the ingots was determined: without application of MHD stirrers, with application of an MHD stirrer having a transverse magnetic flux, and with the use of an MHD stirrer having a longitudinal magnetic flux. The experiments show that in the process of melting ingots and at a low melting point it is advisable to use an MHD stirrer with a transverse magnetic field. This device will enable reducing the melting time by 15%.

Keywords: MHD mixing, transverse magnetic flux, longitudinal magnetic flux

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ ПОКРЫТИЯ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ

А.Я. Зоркин, И.В. Родионов, П.Н. Устинов

Проведены теоретико-экспериментальные исследования процесса формирования алюмооксидного покрытия воздействием лазерного излучения, генерируемого в импульсном режиме. Обработка образцов проводилась путем наплавки мелкодисперсного порошка Al_2O_3 при осуществлении линейной схемы сканирования поверхности. Рассмотрена модель наплавки порошка корунда с размером зерен 20...80 мкм на подложку из нержавеющей стали 12Х18Н10Т импульсным лазерным излучением мощностью 800 Вт, диаметром пучка 0,5 мм, длительностью импульса 0,5 мс и скважностью 100. Установлено, что, нагрев зерен выше температуры кипения 3400 К

происходит за 1...2 импульса с охлаждением расплава в паузе между импульсами до 800 K со скоростью 10^5 K/с. Образование пористой структуры покрытия обусловлено выплеском расплава из лунок и образованием твердых стенок пор с высоким коэффициентом отражения торцов. Прочность сцепления получаемого покрытия с подложкой обусловлена обволакиванием расплавом материала подложки зерен образующихся алюминатов, оксидов и нитридов хрома и титана.

Ключевые слова: лазерное импульсное спекание, корундовый порошок, тепловая модель, фазовые и структурные превращения, пористое покрытие, микротвердость

A THERMAL MODEL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ALUMINUM OXIDE COATING UNDER PULSED LASER CLADDING

A.Ya. Zorkin, I.V. Rodionov, N.A. Vavilina, P.N. Ustinov

Theoretical and experimental studies of the process relating formation of aluminum oxide coating under the influence of laser radiation generated in a pulsed mode were carried out. The samples were processed by cladding finely dispersed Al_2O_3 powder using a linear surface scanning scheme. A model of cladding the corundum powder with a grain size of 20...80 microns onto a stainless steel 12Cr18Ni10Ti substrate by pulsed laser radiation with the power of 800 W, the beam diameter of 0,5 mm, the pulse duration of 0,5 ms and the borehole of 100 is considered. Heating of the grains above the boiling point of 3400 K occurs within 1-2 pulses with cooling the melt during the pause between the pulses up to 800 K at the rate of 10^5 K/s. Formation of the porous structure is caused by the melt splash the wells and formation of solid walls with a high reflection coefficient of the ends. The adhesion strength of the coating to the substrate is due to the coating grains of the resulting aluminates, oxides and nitrides of chromium and titanium by the melt substrate.

Keywords: laser pulse sintering, corundum powder, thermal model, phase and structural transformations, porous coating, microhardness

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСПЫЛЕНИЯ ОДОРАНТА ПРИ МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Н.В. Бекренев, И.В. Злобина, К.Н. Огурцов

Выполнен анализ методов распыления жидкостей, в том числе одоранта в потоке при транспортировке природного газа и показана перспективность применения ультразвукового распыления. На основе выполненных экспериментальных исследований установлено, что наилучшие характеристики формируемого фонтана микрокапель обеспечиваются при резонансной частоте 44 кГц с амплитудами от 5 до 8 мкм. Средний размеркапель – 24-27 мкм, коэффициент вариации – 0,43-0,96 %. Производительность распыления составляет не менее 0,2 мл/с.

Ключевые слова: Ультразвуковое распыление, одорант, резонансная частота, скорость распыления, плотность и однородность фонтана, размер микрокапель

A POSSIBILITY OF ULTRASONIC SPRAYING OF ODORANT AT THE TRUNK TRANSIT SYSTEM OF NATURAL GAS

N.V. Bekrenev, I.V. Zlobina, K.N. Ogurtsov

The analysis of methods of spraying liquids, Analysis of the methods of spraying liquids, including odorant in the flow during transportation of natural gas, is performed and prospects for using ultrasonic spraying are shown. Based on the performed experimental studies, it is found that the best characteristics of the formed fountain of microdrops are provided at the resonant frequency of 44 kHz with the amplitudes from 5 to 8 microns. The

average droplet size is 24-27 microns, and the coefficient of variation is 0.43-0.96 %. The spraying capacity is at least 0.2 ml/s.

Keywords: ultrasonic spraying, odorant, resonant frequency, spray rate, density and uniformity of the fountain, size of microdrops

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА СВАРНОЙ «СТАЛЬ – ТИТАНОВОЙ» КОНСТРУКЦИИ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ ТВЧ

И.С. Егоров, А.В. Войко А.А. Фомин

Комбинированные конструкции системы «сталь – титан» широко применяются в промышленности. Для этой цели применение контактной сварки можно считать достаточно перспективным. Улучшить качество таких соединений можно за счет индукционной термообработки. В настоящем исследовании представлены результаты численного моделирования процесса индукционной термообработки биметаллических изделий, структура которых содержит основу из быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 и защитное покрытие из технического титана.

Ключевые слова: токи высокой частоты, быстрорежущая инструментальная сталь, технический титан, термообработка, слоистая структура

NUMERICAL SIMULATION OF THE HEATING PROCESS OF A WELDED “STEEL – TITANIUM” STRUCTURE DURING HEAT TREATMENT OF HIGH-FREQUENCY ELEMENTS

I.S. Egorov, A.S. Voiko, A.A. Fomin

Combined structures of the steel-titanium system are widely used in industry. For this purpose, the use of resistance welding can be considered quite promising. The quality of such compounds can be improved through induction heat treatment. This study presents the results of numerical modeling of the process of induction heat treatment of bimetallic products, the structure of which contains a base made of high-speed tool steel R6M5 and a protective coating of commercially pure titanium.

Keywords: high frequency currents, high-speed tool steel, commercially pure titanium, heat treatment, layered structure

СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Ю.В. Гармаш, И.И. Пономарева, А.Е. Рассохин

Рассмотрена структура системы, охлаждающей двигатель внутреннего сгорания (ДВС), позволяющая изменять температуру охлаждающей жидкости, и самого двигателя при изменении режима его работы. Исследование проведено с целью улучшения эксплуатационных характеристик системы управления, позволяющих улучшить точность поддержания температурного режима ДВС до величин около 1 град., что особенно при высоких оборотах двигателя, заметно влияет на полноту сгорания топлива и на экологию окружающей среды, а также на срок службы ДВС. Стабильность показателей работы ДВС в значительной мере определяется его температурным режимом, которая, в свою очередь, зависит от структуры, точности и надежности работы системы управления охлаждением двигателя внутреннего сгорания

Ключевые слова: управляющая система, двигатель внутреннего сгорания, частота вращения электродвигателя постоянного тока; регулировка воздушного потока,

автоматическая регулировка температуры, преобразователь параметров электрической энергии, токсичность отработавших газов

STRUCTURE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROL COOLING SYSTEM

Yu.V. Garmash, I.I. Ponomareva, A.E. Rassokhin

The structure of the cooling system of the internal combustion engine is considered, which allows for adjusting the temperature of the coolant, and accordingly, the internal combustion engine, depending on its operating mode. The main goal of the research is to improve the operational characteristics of the control system, which allows increasing the accuracy of the temperature regime of the internal combustion engine to the values of about 1 deg., which significantly affects, especially at high engine speeds, both completeness of fuel combustion and the environmental ecology, and the service life of the engine itself. Stability of the internal combustion engine performance is largely determined by its temperature, which in turn, depends on the structure and accuracy in control of the cooling system of the internal combustion engine.

Keywords: control system, internal combustion engine, DC motor speed; automatic temperature control, electric energy parameter converter, exhaust gas toxicity

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НОМИНАЛОВ СОПРОТИВЛЕНИЙ МЕТАЛЛОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ МЛТ-0,25

А.Р. Ибрагимов, С.В. Дворников

В работе представлены результаты статистической обработки данных измерения сопротивления у партии металлопленочных резисторов МЛТ-0,25 с номинальным значением 2,4 кОм, произведенных в 1980 году в Советском Союзе. Дана оценка их соответствия заявляемому ГОСТ 5.172-75 «Резисторы постоянные металлодиэлектрические типов МЛТ и МТ мощностные рассеяния до 2 Вт. Требования к качеству аттестованной продукции» на основе критерия согласования Колмогорова-Смирнова. Выдвинуты предположения о причинах низкой точности исследуемых резисторов и определены направления по дальнейшему исследованию в рассматриваемой области.

Ключевые слова: металлопленочный резистор, измерение номинального сопротивления, гистограмма, нормальное распределение, критерий согласования Колмогорова – Смирнова

STATISTICAL EVALUATION OF MEASUREMENT RESULTS OF RESISTANCE RATINGS OF METAL-FILM RESISTORS MLT-0.25

A.R. Ibragimov, S.V. Dvornikov

The processing of the resistance measurement data for a batch of metal film resistors MLT-0.25 with the nominal value of 2.4 kOhm, produced in 1980 in the Soviet Union. Their conformity to the claimed GOST 5.172-75 "Permanent metal-dielectric resistors of MLT and MT types with the power dissipation up to 2 W is assessed. The requirements for quality of the certified products are made "On the basis of the Kolmogorov-Smirnov conformity criterion". The assumptions about the reasons for low accuracy of the resistors under study are put forward and directions for further research in the area under consideration are defined.

Keywords: metal-film resistor, nominal resistance measurement, histogram, normal distribution, Kolmogorov-Smirnov agreement criterion

РАЗРАБОТКА НАБЛЮДАТЕЛЯ ПОЛНОГО ПОРЯДКА ДЛЯ ПОГРУЖНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С АДАПТИВНЫМ НАБЛЮДАТЕЛЕМ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ

Е.А. Домахин, Н.С. Попов, В.И. Аниброев, М.Е. Вильбергер

В работе представлен наблюдатель полного порядка для нагруженного погружного кабеля на основе схемы замещения с каскадным включением четырехполюсников. Предложенная структура наблюдателя позволяет вычислять оценку напряжения и тока, потребляемого погружным электродвигателем. Вычисленные оценки тока и напряжения на электродвигателе могут быть использованы для разработки стандартных наблюдателей переменных состояния электродвигателя, применяемых в электроприводе переменного тока. Выполнено имитационное моделирование для оценки качества синтезированной системы.

Ключевые слова: погружной электродвигатель, установка электроцентробежного насоса, наблюдатель полного порядка, длинная линия

DEVELOPMENT OF A FULL - ORDER OBSERVER FOR SUBMERSIBLE INDUCTION ELECTRIC MOTORS WITH ADAPTIVE OBSERVER IN THE REFERENCE MODEL

E.A. Domakhin, N.S. Popov, V.I. Anibroev, M.E. Vilberger

The paper presents a full-order observer for a loaded submersible cable based on an equivalent circuit with cascaded four-terminal circuits. The proposed observer structure allows for calculating the estimate of the voltage and current consumed by a submersible motor. The calculated estimates of the motor current and voltage can be used to develop the standard motor state variable observers used in AC drives. Simulation modeling was performed to assess the quality of the synthesized system.

Keywords: submersible motor, electrical submersible pump unit, full-order observer, long transmission line

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

О.А. Андреева, А.И. Земцов, Л.Г. Мигунова

В статье рассмотрены системы питания электронных устройств оптическим излучением. Подробно рассмотрен вопрос имитационного моделирования одного из перспективных вариантов схем построения системы питания электронных устройств. Разработана модель предлагаемой системы в программном комплексе MATLAB с указанием допущений и моделируемых блоков.

Ключевые слова: система питания оптическим излучением, компьютерная модель, оптоволоконный тракт, лазерный диод

SIMULATION OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF ELECTRONIC DEVICES WITH OPTICAL RADIATION

O.A. Andreeva, A.I. Zemtsov, L.G. Migunova

This article considers the optical radiation power supply system of electronic devices. The simulation modeling issue for building one of the promising options in electronic devices power supply systems is considered. The model of the proposed system is developed in the MATLAB program complex with specification of assumptions and modeled blocks.

Keywords: optical radiation power supply system, computer model, fiber optic path, laser diode

РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНЕ ПО СИГНАЛАМ ДАТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ

К.М. Чубаров, В.С. Шувев, А.В. Стариков

В статье рассматривается новый подход к определению динамического уровня жидкости в нефтяной скважине по измеренным действующим значениям фазного тока и напряжения на выходе станции управления погружным насосом, а также с учетом частоты. Найдена аналитическая зависимость, связывающая динамический уровень с током, напряжением, частотой и параметрами электротехнического комплекса добывающей скважины. Произведено моделирование системы управления погружным насосом, замкнутой по сигналу вычислителя динамического уровня. Результаты моделирования показывают, что применение вычислителя позволяет вывести нефтяную скважину на стационарный режим работы с заданным динамическим уровнем, причем погрешность достижения динамического уровня не превышает 2 %.

Ключевые слова: динамический уровень жидкости, нефтяная скважина, датчик тока, датчик напряжения, частота

DEVELOPMENT OF A COMPUTER OF THE DYNAMIC LEVEL LIQUIDS IN THE WELL ACCORDING TO SENSORS SIGNALS ELECTRICAL VALUES OF THE SUBMERSIBLE PUMP CONTROL STATION

K.M. Chubarov, V.S. Shuev, A.V. Starikov

The article discusses a new approach to determining the dynamic level of liquid in the oil well based on the measured effective values of the phase current and voltage at the output of a submersible pump control station, as well as with account for the frequency. An analytical relationship was found that connects the dynamic level with the current, voltage, frequency and parameters of the electrical complex of a producing well. A simulation of the control system of a submersible pump, closed by a signal from a dynamic level computer, was carried out. The simulation results show that the use of a computer makes it possible to bring an oil well to a stationary operating mode with a given dynamic level, and the error in achieving the dynamic level does not exceed 2 %.

Keywords: dynamic fluid level, oil well, current sensor, voltage sensor, frequency

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДУГОСТАТОРНОМ ИНДУКТОРНОМ ГЕНЕРАТОРЕ

В.П. Бутко, Р.В. Кузьмин

В данной работе проводится имитационное моделирование тепловых процессов в дугостаторном индукторном генераторе с помощью программы Elcut 6.6. Заданы необходимые упрощения и условия, определены используемые материалы и их параметры. По результатам моделирования сделан вывод о их соответствии с предварительным расчетом, разработаны рекомендации по увеличению точности теплового расчета генератора.

Ключевые слова: тепловые процессы, дугостаторный индукторный генератор, метод конечных элементов, имитационная модель

ANALYSIS OF THERMAL PROCESSES IN AN ARC-STATOR

INDUCTOR GENERATOR

V.P. Butko, R.V. Kuzmin

The research deals with simulation modeling of the thermal processes in an arc-stator inductor generator using the Elcut 6.6 program. The necessary simplifications and conditions are specified, the materials used and their parameters are determined. Based on the modeling results, a conclusion was made that they correspond to the preliminary calculation, and recommendations were developed to increase the accuracy of thermal calculation of the generator.

Keywords: thermal processes, arc-stator inductor generator, finite element method, simulation model

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК ЛИНИЙ БАЛАКОВСКОГО ЭНЕРГОУЗЛА

Е.А. Дунаева, Т.Ю. Дунаева

В статье представлены результаты исследований особенностей энергосистемы Саратовской области, Балаковского и Саратовского энергорайонов. Исследованы перспективы развития энергетики Саратовской области до 2029 года. Проведен анализ схемно-режимной ситуации Балаковского энергоузла с учетом перспектив его развития. Выявлен неблагоприятный сценарий работы энергосистемы Балаковского энергоузла при ремонте автотрансформатора связи 220/500 кВ БалАЭС. Проведен расчет токовых нагрузок ЛЭП и доказана возможность значительной токовой перегрузки на линии 220 кВ Саратовская ГЭС – ПС Центральная. Сформирована рекомендация модернизации АОПО линии.

Ключевые слова: Балаковский энергорайон, Саратовский энергорайон, ЛЭП, режим, допустимая токовая нагрузка

INVESTIGATION OF PERMISSIBLE CURRENT LOAD LINES OF BALAKOVO ELECTRICAL GENERATING SYSTEM

E.A. Dunaeva, T.Yu. Dunaeva

The article presents the results of studies of the The article presents the results of research into the characteristics of the power system in Saratov region, including Balakovo and Saratov energy areas. The prospects for energy sector development in Saratov region until 2029 have been studied. Analysis of the circuit-regime situation in Balakovo energy generating system was carried out, with account for the prospects of its development. An unfavorable scenario in operation of the Balakovo power system during repair of the BalNPP 220/500 kV communication autotransformer has been revealed. Calculation of the current loads in transmission lines has been carried out and a possibility of a significant current overload on the 220 kV line of Saratovskaya HPS – Tsentralnaya substation has been proved. Recommendations for modernization of the automatic equipment overload limitation of the line have been determined.

Keywords: Balakovo power district, Saratov power district, power lines, mode, permissible current load