

Электричество, 2015, №8, с.4–9.

Расчет зон защиты стержневых молниеотводов методом наведенного заряда

ШИШИГИН С.Л., МЕЩЕРЯКОВ В.Е., ШИШИГИН Д.С.

Разработан метод расчета внешней молниезащиты, в основу которого принято положение Г.Н. Александрова о связи вероятности поражения молнией объекта и его наведенного заряда. Зона захвата молнии индивидуальна для каждого объекта и определяется из условия равного относительного наведенного заряда объекта. Метод адекватно отражает основные закономерности, установленные российскими нормами, и применим для сложных объектов подобно методу катящейся сферы.

Ключевые слова: молниезащита, метод катящейся сферы, метод наведенного заряда, зона захвата, зона защиты

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.4–9.

Calculating External Lightning Protection Using the Induced Charge Method

S.L. SHISHIGIN, V.E. MESHCHERYAKOV, and D.S. SHISHIGIN

A method for calculating external lightning protection is developed, which is based on G.N. Alexandrov's statement about interconnection between the probability of lightning stroke to hit a facility and the charge induced on it. The lightning capturing zone is individual for each facility and is determined from the condition of equal relative charge induced on the facility. The new method adequately reflects the main regularities established by the Russian regulatory documents and is applicable for complex facilities similarly to the rolling sphere method.

Key words: lightning protection, rolling sphere method, induced charge method, capturing zone, protection zone

Электричество, 2015, №8, с.9–19.

Картины магнитных сверх- и антипоток в короткозамкнутом двухобмоточном трансформаторе. Ч.1. Броневого трансформатор

ШАКИРОВ М.А., ВАРЛАМОВ Ю.В.

Представлен метод построения оригинальной картины магнитных полей, подтверждающей явление возникновения сверх- и антипоток в различных частях магнитопровода короткозамкнутых трансформаторов. Поля построены на основе метода конечных элементов с применением стандартной программы ELCUT. Полученные картины полей вместе с экспериментами по выявлению сверх- и антипоток, описанных в [21], ставят точку в дискуссии о возникновении этих потоков в короткозамкнутых трансформаторах. Совпадение коэффициентов магнитного состояния, найденных численно методом конечных элементов, с аналитическими их расчетами по формулам, выведенным из 2Т-образной схемы замещения бронированного трансформатора, подтверждает достоверность этой схемы замещения с учетом допущений, при которых она выведена. Разработанная методика доступна для проверки и применения в условиях университетских студенческих программ обучения. Первая часть посвящена бронированному трансформатору, вторая – двухстержневому.

Ключевые слова: трансформатор, магнитный поток, ярмо, обмотка, короткое замыкание, метод конечных элементов, схема замещения

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.9–19.

The Patterns of Magnetic Superfluxes and Antifluxes in a Short Circuited Two Winding Transformer. Part1: A Shell Type Transformer

M.A. SHAKIROV and Yu.V. VARLAMOV

A method for constructing the original magnetic field pattern is presented, which confirms the occurrence of superfluxes and antifluxes in different parts of the magnetic circuit of shortcircuited transformers. The fields were constructed on the basis of finite element method using the standard ELCUT computer program. The obtained field patterns, taken together with the experiments on revealing superfluxes and antifluxes described in [21], put an end to the discussion about the occurrence of these fluxes in shortcircuited transformers. The coincidence of the magnetic state coefficients determined numerically using the finite element method and their values determined analytically using the formulas derived from the 2Tshaped equivalent circuit of shelltype transformer confirms the validity of this equivalent circuit taking into account the assumptions under which it was constructed. The developed procedure is accessible for checking and applying under the conditions of student training programs at universities. The first part of the article is devoted to shelltype transformers, and its second part is devoted to transformers with a twoleg core.

Key words: transformer, magnetic flux, yoke, winding, short circuit, finite element method, equivalent circuit

Электричество, 2015, № 8, с. 20–26.

Мировые тенденции развития трансформаторного оборудования (по итогам 45-й сессии СИГРЭ)

ЛАРИН В.С.

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 8, pp. 20–26.

World Trends in Transformer Equipment (at the End of the 45th Session CIGRE)

V.S. LARIN

Электричество, 2015, №8, с.27–33.

Электрическая машина с реактивным магнитным редуктором

АФАНАСЬЕВ А.А., ЕФИМОВ В.В.

Наличие обмотки на статоре электрической машины, получающей питание от статического преобразователя частоты, позволяет иметь совмещённый электромеханический преобразователь, работающий двигателем или генератором, и магнитный редуктор (МР) с непрерывно регулируемым коэффициентом редукции. Показано, что основные функциональные свойства МР могут быть достигнуты при использовании безобмоточного зубчатого внутреннего ротора. Такое исполнение ротора

существенно упрощает конструкцию и стоимость МР. Разработана численная математическая модель магнитного редуктора, с помощью которой найдены распределение магнитной индукции в воздушных зазорах, а также зависимость электромагнитного момента от угла нагрузки. Показано, что электромагнитный момент изменяется синусоидально в функции двойного угла нагрузки, как и в классических синхронных реактивных машинах.

Ключевые слова: электрическая машина, статический преобразователь частоты, магнитный редуктор, математическая модель, магнитная индукция, электромагнитный момент

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.27–33.

A Hybrid of Electrical Machine and Reluctance Type Magnetic Reducton Gear

A.A. AFANAS'YEV and V.V. EFIMOV

With an electrical machine stator fitted with a winding fed from a static frequency converter, it becomes possible to use this system as a combined electromechanical converter operating as a motor or a generator, and a magnetic reduction gear (MRG) with a continuously adjustable reduction ratio. It is shown that the main functional properties of an MRG can be achieved in using a windingless toothed inner rotor. With such solution for the rotor, a simpler and less costly design of the MRG is obtained. A numerical mathematical model of a magnetic reduction gear is developed, using which the distribution of magnetic induction in the air gaps, as well as the dependence of electromagnetic torque on the load angle are found. It is shown that the electromagnetic torque varies in proportion to the sine of double load angle as in classic synchronous reluctance machines.

Key words: electrical machine, static frequency converter, magnetic reduction gear, mathematical model, magnetic induction, electromagnetic torque

Электричество, 2015, №8, с.33–37.

Об аппроксимации периодических индуктивностей электрических двигателей эллиптическими функциями Якоби

ЕНИН В.Н., СТЕПАНОВ А.В.

Для аппроксимации периодических индуктивностей электрических двигателей индукторного типа предлагается использовать эллиптические функции Якоби. Индуктивности обмоток статора в зависимости от угла поворота ротора для различных типов электрических машин могут быть постоянными, синусоидальными, периодическими. Для электрических машин с зубчатостью магнитных систем статора и ротора эта зависимость имеет трапецевидный характер. Использование эллиптических функций позволяет описать эти основные зависимости. Для заданных значений периода, максимальной и минимальной индуктивности, а также вида исходной зависимости подбирается вид аппроксимирующей функции на основе эллиптических функций Якоби. Применялись эллиптический синус и эллиптическая функция — дельта амплитуда. Получены расчетные формулы для вычисления параметров аппроксимирующих функций.

Ключевые слова: электрический двигатель, индуктивности обмоток статора, периодические функции, аппроксимация характеристик, эллиптические функции Якоби

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.33–37.

About Approximating the Periodic Inductances of Electric Motors by Elliptical Jacobi Functions

V.N. ENIN and A.V. STEPANOV

It is proposed to use elliptical Jacobi functions for approximating the periodic inductances of inductor type electric motors. The inductances of stator windings as a function of the rotor rotation angle for different types of electric machines may be constant, sine wave, and periodic ones. For electrical machines with toothed magnetic systems of the rotor and stator, this dependence has a trapezoid shape. The use of elliptic functions allows this main dependences to be described. The kind of approximating function on the basis of elliptic Jacobi functions is selected for the specified values of period, the maximal and minimal inductance, and the kind of initial dependence,. The elliptic sine and the delta amplitude elliptic function were used. Formulas for calculating the parameters of approximating functions are obtained.

Key words: electric motor, stator winding inductances, periodic functions, approximation of characteristics, elliptic Jacobi functions

Электричество, 2015, №8, с.38–44.

Результаты экспериментальных исследований магнитной проницаемости ферритов шпинелей с предельной намагниченностью насыщения при создании фазовращателей ЧЕРНИКИН Д.В., НОВИКОВ А.В.

Актуальность исследования определяется необходимостью создания проходного взаимного ферритового фазовращателя с магнитной памятью, работающего с волнами линейной поляризации в 8миллиметровом диапазоне. Марка LiTiZn шпинели с предельной намагниченностью насыщения для сердечника и магнитопроводов фазовращателя, помимо основных параметров материала, выбирается в том числе и с учетом изменения составляющих тензора магнитной проницаемости ненасыщенных ферритов в Ka-диапазоне частот при слабых магнитных полях, установленных экспериментально. Определяется связь между составляющими тензора ферритового материала, измеренными в разных частотных диапазонах. Учитывая особенности работы рассматриваемого типа фазовращателя, предлагается методика определения составляющих тензора магнитной проницаемости в Ka-диапазоне по результатам их измерения в Ku-диапазоне. Правомерность алгоритма пересчета подтверждается результатами математического и физического моделирования фазовращателей.

Ключевые слова: ферритовый фазовращатель Ka-диапазона, принцип Реджиа-Спенсера, СВЧ-волна с линейной поляризацией, составляющие тензора магнитной проницаемости феррита

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.38–44.

Results from Experimental Investigations of the Magnetic Permeability of Spinel Ferrites with the Limiting Saturation Magnetization in Developing Phase Shifters

D.V. CHERNIKIN and A.V. NOVIKOV

The importance of studying this problem is stemming from the need to develop a transmission

mutual ferrite phase shifter with magnetic memory operating with linear polarization waves in the 8mm band. The type of LiTiZn spinel with the limiting saturation magnetization for the phase shifter core and magnetic circuits is selected, apart from considering the main parameters of material, also taking into account variation of the magnetic permeability tensor components of nonsaturated ferrites in the Ka frequency band in weak magnetic fields, which are determined experimentally. Interrelation between the ferrite material tensor components measured in different frequency bands is determined. With due regard to the specific features pertinent to operation of the considered type of phase shifter, a procedure is proposed for determining the magnetic permeability tensor components in the Ka-band based on the results of their measurements in the Ku-band. The validity of the recalculation algorithm is confirmed by the results obtained from mathematical modeling of phase shifters.

Key words: ferrite phase shifter in the Ka-band, Reggia-Spenser principle, linearly polarized microwave, ferrite magnetic permeability tensor components

Электричество, 2015, №8, с.44–48.

Магниторезистивный эффект углеродных нанотрубок в магнитных материалах

КУСТОВ Е.Ф., СЕРЕБРЯННИКОВ С.В., ЧЕРКАСОВ А.П.

В результате расчета зонной структуры нанотрубок установлено: магнитное поле практически не влияет на нанотрубки (nn) металлического типа; нанотрубки (n0), если n кратно трем, при наличии магнитного поля превращаются из металлических в полупроводниковые, что вызывает магнеторезистивный эффект; нанотрубки других значений n имеют полупроводниковую структуру, причем ширина запрещенной зоны уменьшается с увеличением магнитного поля, что вызывает отрицательный магнеторезистивный эффект.

Ключевые слова: магнеторезистивный эффект, нанотрубки, углеродные нанотрубки, зонная структура, запрещенная зона, магнитное поле

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.44–48.

The Magnetoresistive Effect of Carbon Nanotubes in Magnetic Materials

E.F. KUSTOV, S.V. SEREBRYANNIKOV, and A.P. CHERKASOV

It has been found from calculations of nanotube zonal structure that magnetic field has almost no effect on metaltype nanotubes (nn); as regards (n0) nanotubes placed in magnetic field transform from metal into semiconducting ones if n is multiple of 3, which gives rise to a magnetoresistive effect; nanotubes with n having other values have a semiconductor structure, and it should be noted that the width of forbidden band decreases with increasing the magnetic field strength, which gives rise to a negative magnetoresistive effect.

Key words: magnetoresistive effect, nanotubes, carbon nanotubes, zonal structure, forbidden band, magnetic field

Электричество, 2015, № 8, с. 49–51.

Перспективная отечественная главная турбоэлектрическая установка ледокола

АДАЛЕВ А.С., БУЛГАКОВ С.А., КИБАРДИН А.С., КУЧИНСКИЙ В.Г., СОЙКИН В.Ф.

Представлена перспективная главная турбоэлектрическая установка атомного ледокола, показан состав ее электротехнического оборудования. Проведено сравнение основных показателей электротехнического оборудования установки с аналогом. Отмечены основные особенности работы разработанной турбоэлектрической установки и ее достоинства, главным из которых является возможность сокращения массы оборудования на 600 т и объема в 3–4 раза.

Ключевые слова: система электродвижения, турбоэлектрическая установка ледокола, гребные двигатели, электрогенераторы с постоянными магнитами

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 7, pp. 67–51.

A Prospective Russian Main Turboelectric Set for an Icebreaker

A.S. ADALEV, S.A. BULGAKOV, A.S. KIBARDIN, V.G. KUCHINSKII, and V.F. SOIKIN

A prospective main turboelectric set for a nuclearpowered icebreaker is presented, and the composition of its electrical equipment is shown. The basic indicators of the set's electrical equipment are compared with its analog. The basic specific features relating to operation of the developed turboelectric set and its advantages are pointed out, the main of which are the possibilities of reducing the equipment weight by 600 t and its volume by a factor of 3–4.

Key words: electric propulsion system, icebreaker turboelectric set, propulsion motors, permanent magnet electric generators

Электричество, 2015, № 8, с. 52–58.

Новые подходы к тренировкам оперативного персонала подстанций

НАСЫРОВ Р.П., СУЛЕЙМАНОВИ.Р., ЧУРКИНА И.И., ПИЛЮГИНА В.В., МАРЧЕНКОВ Д.В.

Проанализированы основные ошибки при оперативных переключениях на электрических подстанциях: почти половина нарушений происходит из-за ошибок при совершении сложных оперативных переключений (по бланку). Рассмотрена модель компетенций дежурного электромонтера подстанции. Описаны программные комплексы, применяемые для подготовки оперативного персонала энергообъектов, их достоинства и недостатки. Сделаны выводы о значительном потенциале совершенствования существующих тренажеров для тренировки дежурных электромонтеров подстанции и необходимости создания нового подхода к тренировкам оперативного персонала подстанций. Рассмотрены технологии виртуальной реальности как новый подход к обучению оперативного персонала энергообъектов.

Ключевые слова: подстанция, оперативные переключения, ошибки персонала, тренажер, технологии виртуальной реальности

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 8, pp. 52–58.

New Approaches to Drills of Substation Operators

R.R. NASYROV, I.R. SULEIMANOV, A.I. CHURKIN, A.V. PILYUGIN, and D.V. MARCHENKOV

The main errors committed in making routine switching operations at electrical substations are analyzed: almost half of abnormalities occur due to errors committed in making complex routine switching operations (according to a switchover format). The competence model of a

duty substation electrician is considered. The software systems used for training the operators of power facilities are described with pointing out their advantages and shortcomings. A conclusion is made that there is a considerable potential for the improvement of existing training simulators for drilling duty electricians of substations, and that there is a need to develop a new approach to drills of substation operators. Virtual reality technologies as a new approach to training the operative personnel of power facilities are considered.

Key words: substation, routines witching operations, human errors, training simulator, virtual reality technologies

Электричество, 2015, №8, с.58–61.

Импульсное сопротивление сосредоточенных заземлителей с малыми активной и емкостными проводимостями

АННЕНКОВ В.З.

Рассмотрен метод расчета импульсных сопротивлений стержневых заземлителей для грунтов с высоким удельным сопротивлением. При расчетах учитывается емкостное сопротивление заземлителей с учетом искрообразования. Результаты расчетов показывают, что для грунтов с высоким удельным сопротивлением влияния сопротивления заземлителей на параметры молнии не происходит.

Ключевые слова: заземлители, емкостное сопротивление, проводимость, расчет

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No.8, pp.58–61.

Impulse Impedance of Lumped Grounding Rods with Low Conductance and Capacitive Susceptance

V.Z. ANNENKOV

A method for calculating the impulse impedances of grounding rods for soils with high resistivity is considered. In the calculations, the capacitive reactance of grounding rods is considered taking spark formation into account. The calculation results show that for soils with high resistivity, the grounding rod resistance does not have an effect on the lightning parameters.

Key words: grounding rods, capacitive reactance, admittance, calculation

Электричество, 2015, №8, с.65–68.

Иван Филиппович Усагин (1855—1919)

Григорьев Н.Д.