

Электричество, 2016, № 3, с. 4–11.

Высоковольтный сильноточный полупроводниковый ключ для безопасного проведения электродинамических испытаний силовых трансформаторов

КУВШИНОВ А.А., ХРЕННИКОВ А.Ю.

Обоснована целесообразность использования высоковольтного сильноточного полупроводникового ключа (ВСПК) на полностью управляемых силовых полупроводниковых приборах для практической реализации технологии безопасного проведения электродинамических испытаний силовых трансформаторов. Рассмотрена схема защиты от перенапряжений испытуемого силового трансформатора и ВСПК при аварийном прерывании тока короткого замыкания. Представлены примеры выполнения силовой схемы ВСПК на запираемых тиристорах с интегрированным устройством управления (IGCT) и биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT). Показано, что наиболее полно требованиям безопасного проведения опытов короткого замыкания удовлетворяют ВСПК, реализованные на базе IGCT.

Ключевые слова: силовой трансформатор, электродинамические испытания, силовой полупроводниковый прибор, высоковольтный сильноточный ключ

The article substantiates the advisability of using a high-voltage heavy-current semiconductor switch (HVHCSS) made using fully controlled power semiconductors for implementing the technology for safely carrying out electrodynamic tests of power transformers. An arrangement for protecting the tested transformer and HVHCSS from overvoltages arising during emergency interruption of short-circuit current is considered. Examples of implementing the HVHCSS power circuitry on the basis of IGCTs and IGBTs are given. It is shown that HVHCSSs constructed on the basis of IGCTs comply with the requirements of safely carrying out short-circuit tests to the fullest extent.

Key words: power transformer, electrodynamic tests, power semiconductor, high-voltage heavy-current semiconductor switch

Электричество, 2016, № 3, с. 12–22.

Электротермическая стойкость проводов и кабелей электроэнергетических объектов к поражающему действию большого импульсного тока молнии

БАРАНОВ М.И., РУДАКОВ С.В.

Предложен инженерно-технический подход к расчетному определению электротермической стойкости неизолированных (оголенных) и изолированных проводов и кабелей с медными (алюминиевыми) жилами (экранами), поливинилхлоридной, резиновой и полиэтиленовой изоляцией электрических цепей электроэнергетических объектов (ЭЭО), испытывающих воздействие короткого удара линейной молнии с протеканием по ним апериодического импульса тока 10/350 мкс грозового разряда с нормированными по международным и национальным стандартам амплитудно-временными параметрами (АВП) и допусками на них. Приведены расчетные соотношения для выбора предельно допустимых и критических поперечных сечений и соответствующих этим сечениям максимальных значений предельно допустимых и критических плотностей апериодического импульса тока 10/350 мкс молнии с нормированными АВП в указанной кабельно-проводниковой продукции ЭЭО. С помощью мощного высоковольтного генератора импульсов тока 10/350 мкс искусственной молнии с нормированными АВП и допусками на них выполнена экспериментальная проверка работоспособности предложенных расчетных соотношений, применяемых при оценке электротермической молниестойкости проводов и кабелей ЭЭО к поражающему действию на нее указанного грозового импульса тока. Полученные

результаты могут быть использованы при решении прикладных задач по обеспечению молниезащиты инженерных коммуникаций объектов промышленной электроэнергетики и повышению уровня их функциональной безопасности.

Ключевые слова: электроэнергетические объекты, провода, кабели, линейная молния, импульсный ток молнии, молниезащита, электротермическая молниестойкость

The engineering-technical going is offered near calculation determination of electro-thermal resistibility of the lightning of the unisolated (bare) and isolated send-offs and cables with copper (aluminium) tendons (by screens), polivinil-khlорide, by rubber and polyethylene isolation of electric chains of electroenergy objects (EEO), testing action of short blow of linear lightning with flowing to on by him aperiodic impulse of current 10/350 is of a storm discharge with the amplitude-temporal parameters (ATP) and admittances rationed on international and national standards on them. Calculation correlations are resulted for a choice maximum of possible and critical crossrunners and proper these sections of maximal values maximum of possible and critical closenesses of aperiodic impulse of current 10/350 is of lightning with rationed ATP in the indicated cable-explorer products of EEO. By a powerful high-voltage pulser current 10/350 is of artificial lightning with rationed ATP and admittances on them experimental verification of capacity of the offered calculation correlations, applied at an estimation electro-thermal resistibility of the lightning send-offs and cables of EEO to the striking operating on it of the indicated storm impulse of current is executed. Can be drawn on the got results at the decision of the applied tasks on providing of protecting from lightning of engineerings communications of objects of industrial electroenergy and increase of their functional strength security.

Key words: electroenergy objects, wires, cables, linear lightning, impulsive current of lightning, protecting from lightning, electro-thermal resistibility

Электричество, 2016, № 3, с. 23–27.

Метод определения потерь активной мощности в экранах кабелей распределительных сетей

ВАСИН В.П., МАЙОРОВ А.В., ШУНТОВ А.В.

Исследованы относительные потери активной мощности в экранах кабелей распределительных электрических сетей 10–20 кВ. Учтены наиболее жесткие расчетные условия, влияющие на пропускную способность кабельных линий – заземление экранов с их обеих сторон. Показано, что при рациональном формировании сетей относительные потери мощности в экранах не столь значительны по сравнению с их теоретическим максимумом. Предложен способ определения относительного распределения потерь мощности в экранах и токоведущих жилах для сетей с изолированной нейтралью (или с компенсацией емкостного тока замыкания на землю) и для сетей с нейтралью, заземленной через низкоомное сопротивление.

Ключевые слова: распределительные электрические сети, потери мощности, экраны кабельных линий, режимы заземления нейтралей

Relative active power losses in the shields of 10–20 kV distribution network cables are studied. The use of cable shields grounded at both ends, which brings about the most stringent design conditions affecting the cable line transmission capacity, is taken into account. It is shown that with rationally configured networks, the relative power losses in the shields are not so significant as compared with their theoretical maximum. A method for determining the relative distribution of power losses in cable shields and cores is proposed for networks with insulated neutral (or with

compensation of capacitive ground fault current) and for networks with the neutral grounded via a low-impedance resistor.

Key words: distribution electric networks, power losses, cable line shields, neutral grounding conditions

Электричество, 2016, № 3, с. 27–32.

Виртуальный тренажер оперативных переключений

НАСЫРОВ Р.Р., СУЛЕЙМАНОВ И.Р., ЧУРКИН А.И., ПИЛЮГИН А.В., МАРЧЕНКОВ Д.В.

Описана специфика деятельности работников оперативно-ремонтного персонала подстанций, необходимость перехода к принципиально новым технологиям тренажерной подготовки. В связи с этим создается тренажер оперативных переключений, основанный на технологиях виртуальной реальности. Описана выбранная пилотная подстанция—прототип для реализации тренажера. Проанализированы основные существующие технологии, применяемые для оцифровки объектов с целью создания их виртуальной модели, технологии реализации виртуальной реальности и технологии обеспечения отклика (интерфейса) создаваемой 3D-модели. В рамках создания макета была проведена оцифровка общеподстанционного пункта управления и создан его виртуальный макет. Описана функциональность созданного макета. Сделан вывод о пригодности используемой графической оболочки.

Ключевые слова: оперативный персонал, тренажер, тренировки, оперативные переключения, технологии виртуальной реальности, макет, виртуальная модель

The particularity of substation operating employees' activity is described. It is necessary to create entirely new training technologies. In this regard, switching training simulator based on virtual reality technologies is being created. Prototype substation, selected for training simulator implementation, is described. Main existent technologies for digitizing objects and creating their virtual models, virtual reality implementation technologies and technologies for providing 3D model's response (interface) are analyzed. As part of model creation, digitalization of the substation control building has been performed (substation control building's model has been created). Created model's functionality is described. The conclusion about the suitability of created graphics system is drawn.

Key words: operating employees, training simulator, drills, routine switching, virtual reality technologies, experimental model, virtual model

Электричество, 2016, № 3, с. 33–37.

Параметры вентильных индукторных генераторов

СУГРОБОВ А.М., РУСАКОВ А.М., КАЗИМИРОВ Е.О., ОКУНЕЕВА А.Н., СОЛОМИН А.Н.

Приведено расчетно-теоретическое исследование индукторных генераторов. Результаты исследования расширяют теоретическую базу, на которой построены применяемые методики их проектирования. Теория дополнена конкретными сведениями о характере изменения магнитных потоков в рассматриваемых машинах в функции координат точек внешней и токоскоростной характеристики. Учитываются также закономерности изменения в функции нагрузки коэффициентов использования магнитного потока, определенных по его первым гармоническим и по глубине модуляции кривой его изменения в зависимости от угла поворота ротора. Определены предельные по условию реализации в индукторных генераторах электромагнитные нагрузки, приведены численные значения некоторых

параметров, важных с точки зрения получения достоверных конечных результатов проектирования.

Ключевые слова: индукторный генератор, электромагнитные нагрузки, магнитный поток, параметры генератора, методики проектирования

A computation and theoretical investigation of inductor generators is presented. The obtained study results extend the theoretical background based on which the procedures used for designing such generators are constructed. The theory is supplemented with particular data on the manner in which the magnetic fluxes vary in these machines as a function of the coordinates of points on the external and current–speed characteristics. The performed study also takes into account regularities pertinent to variation, as a function of load, of the magnetic flux utilization factors determined from its fundamental harmonic components and from the modulation depth of its variation as a function of the rotor turning angle. The ultimate electromagnetic loads achieved according to the conditions of reaching them in inductor generators are determined. Numerical values of certain parameters important from the viewpoint of obtaining valid final results of designing are given.

Key words: inductor generator, electromagnetic loads, magnetic flux, generator parameters, design techniques

Электричество, 2016, № 3, с. 38–42.

Анализ энергетических процессов при периодических режимах работы электрических цепей

ЧЕРЕДНИЧЕНКО Л.А.

Проведен анализ энергетических процессов в системе «первичный источник энергии, генератор, электрическая цепь» при полигармоническом режиме работы, который позволил с помощью мгновенной мощности определить интегральные характеристики мощности генератора и цепи. Введением дополнительных реактивных мощностей цепи и реактивных мощностей генератора внесена ясность в представления о физическом процессе в рассматриваемой системе. Полученные соотношения могут быть полезны при исследовании энергетических процессов в силовых цепях, в частности, в случае проектирования систем ограниченной мощности, а также при анализе искажений сигналов в информационных цепях с помощью энергетических оценок.

Ключевые слова: первичный источник энергии – генератор – нагрузка, периодические режимы, мощность цепи, интегральная характеристика, физические процессы

The article presents an analysis of power processes in a system “primary source of energy - generator – electric circuit” in a polyharmonic mode of its operation, from which the integral power performance characteristics of the generator and circuit were determined using instantaneous power. More clarity has been brought to the ideas about the physical process in the considered system by introducing additional reactive powers of the circuit and generator. The obtained correlation can be useful in study in energy-related processes in power circuits, in particular, when designing limited-capacity systems and in analyzing the distortion of signals in information circuits using energy-related estimates.

Key words: primary source of energy - generator - load, periodic operating modes, circuit power, integral characteristics, physical processes

Электричество, 2016, № 3, с. 43–47.

Силовой электронный регулятор напряжения асинхронного генератора ветроэнергетических установок

ЭЛЬ АЛАМИ А., КИСЕЛЕВ М.Г.

Рассматривается устройство запуска и регулирования уровня напряжения асинхронного генератора в составе ветроэнергетической установки при изменении активной и реактивной мощности нагрузки. Пуск и регулирование осуществляются с помощью силового электронного регулятора реактивной мощности обоих знаков. Регулятор реактивной мощности выполнен на основе преобразователя AC/DC с полностью управляемыми ключами и электролитическим конденсатором на стороне постоянного тока преобразователя, управляется методами широтно-импульсной модуляции. Приведены структурная схема системы управления и принцип синхронизации выходного напряжения генератора, а также результаты компьютерного моделирования при пуске генератора и изменении нагрузки.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, асинхронный генератор, пуск генератора, компенсация реактивной мощности, силовой электронный преобразователь, управление методами импульсной модуляции

The article describes a device for starting and controlling the voltage of an asynchronous generator used as part of a wind power plant under the conditions of varying the load active and reactive power levels. The startup and control are performed using a power electronic regulator of reactive power of both signs. The reactive power regulator is made using an AC/DC converter with fully controlled switches and with an electrolytical capacitor on the converter's DC side. The converter is controlled using pulse-width modulation methods. The control system structural diagram and the principle of synchronizing the generator output voltage are presented, and the results from computer simulation of the generator startup and load variation modes are given.

Key words: wind power plant, asynchronous generator, generator startup mode, reactive power compensation, power electronic converter, control by means of pulse-width modulation methods

Электричество, 2016, № 3, с. 48–56.

Особенности проектирования высоковольтных импульсных технологических установок по обработке водосодержащих сред в проточном режиме

ГУРБАНОВ Э.Д.

Рассмотрена разработка конструкций разрядных камер для исследуемых объектов в высоковольтных импульсных установках технологического назначения по электронной обработке водосодержащих сред и методов безопасной эксплуатации высоковольтного оборудования для защиты обслуживающего рабочего персонала от высокочастотных электромагнитных импульсных помех. Показано, что при конструировании рабочих камер для обработки водосодержащей среды в проточном режиме должны быть выполнены условия по недопущению объемного и поверхностного пробоя камеры и требования по экранированию высоковольтной установки по всему периметру для обеспечения безопасной работы персонала.

Ключевые слова: высоковольтная установка, рабочая камера, импульсный разряд, водосодержащая среда, нагрузка

The article deals with elaborating the designs of discharge chambers for studied objects in high-voltage impulse processing installations intended for electronic treatment of water-containing media and with methods for safe operation of high-voltage equipment to protect the

maintenance personnel from high-frequency impulse electromagnetic interference. It is shown that in designing working chambers for treating water-containing medium in a flow mode, measures shall be provided to prevent bulk and surface breakdown of the chamber and to shield the high-voltage installation over its entire perimeter to ensure safe work of the maintenance personnel.

Key words: high-voltage installation, working chamber, impulse discharge, water-containing medium, load

Электричество, 2016, № 3, с. 57–60.

Уменьшение пусковых токов асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

ЧЕБАН В.М., МАРКОВ М.Ю., БОБРИК В.И.

Приводится способ минимизации пусковых токов асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором с помощью предварительного разгона статора, описывается конструкция асинхронного электропривода с вращающимся статором. Затем в работе описываются проведенные на созданной на кафедре АЭС физической модели асинхронного электропривода с вращающимся статором опыты, а также анализ их результатов. Так же при исследовании электрической машины двойного вращения построена математическая модель рассматриваемого электропривода в программе MATLABSimulink и были проведены расчеты пуска и сравнение расчетных данных для распространенных способов пуска и для пуска с предварительным разгоном статора. Таким образом, были рассмотрены технические особенности и преимущества способа пуска асинхронных электродвигателей путем предварительного разгона статора. Последняя часть работы посвящена экономической оценке предложенного способа пуска, где производится сравнение стоимостей электроприводов с автотрансформаторным, реакторным, частотным пуском и пуском с предварительным разгоном статора. В конце работы так же упоминается о возможности использования вращения статора для регулирования скорости вращения ротора машины после пуска.

Ключевые слова: ток, пусковой ток, асинхронная нагрузка, асинхронный электропривод, уменьшение, статор, вращающийся статор, момент, пусковой момент

Академик Сергей Иванович Вавилов

(К 125-летию со дня рождения)

ГРИГОРЬЕВ Н.Д.