

Рыночные механизмы участия потребителей в повышении эффективности и надежности работы энергосистем

СИПИНА Д.С.

Рассмотрены механизмы стимулирования участия как промышленных, так и бытовых потребителей в поддержании баланса производства и потребления в США, Великобритании, Австралии и Китае. Данные механизмы основаны на программах Demand Response (DR), предусматривающих осуществление выплат потребителям за оказание услуг по изменению графика энергопотребления при определенных системных условиях или экономических сигналах оптового и розничного рынков, а также позволяющих повысить эффективность и надежность работы энергосистемы, сократить количество выбросов в окружающую среду, подключать к сети большое число источников возобновляемой энергии, снижать сетевые перегрузки, выравнять график нагрузки. В настоящее время в РФ отсутствуют рыночные механизмы для стимулирования участия регулировочных способностей промышленных потребителей в поддержании баланса производства и потребления в периоды наиболее высоких цен (ценозависимое потребление). Поэтому мировой опыт, примеры участия предприятий различных областей в DR и особенности их технологических возможностей по снижению нагрузки важны для развития программ DR в РФ.

Ключевые слова: энергосистемы, надежность, эффективность, потребители, Demand Response, ценозависимое потребление

Mechanisms for stimulating both industrial and domestic consumers to maintain balance between generation and consumption used in the United States, United Kingdom, Australia, and China are considered. Central to these mechanisms is the use of so-called Demand Response (DR) programs, according to which payments are made to consumers for rendering services aimed at modifying the power consumption schedule under certain conditions in the power system or when economic signals are received from the wholesale and retail markets, which also make it possible to achieve more efficient and reliable operation of the power system, to reduce the amount of emissions discharged into the environment, to connect a large number of renewable sources of energy to the network, to reduce overloads in the network, and to flatten the load curve. At present, market mechanisms for stimulating participation of the regulating abilities of industrial consumers in maintaining balance between the generation and consumption in the periods of the highest prices (the price-dependent consumption) are lacking in the Russian Federation. Therefore, the experience gained around the world, examples of participation in DRs of enterprises belonging to different industrial sectors, and specific features of their technological abilities for reducing the load are important for development of DR programs in the Russian Federation.

Key words: power systems, reliability, efficiency, consumers, Demand response, price-dependent consumption

Автор: Сипина Дарья Сергеевна окончила факультет «Управление и экономика высоких технологий» Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в 2012 г. Специалист 1-й категории Департамента рынка системных услуг ОАО «СО ЕЭС».

Компенсация нерегулярных колебаний перетоков активной мощности по линии электропередачи с помощью сверхпроводящего индуктивного накопителя энергии

ВАСЕЦКИЙ Ю.М., МАЗУРЕНКО И.Л., ПАВЛЮК А.В.

Исследована возможность использования сверхпроводящего индуктивного накопителя (СПИН) как быстродействующего динамического средства для подавления нерегулярных колебаний перетоков активной мощности в электроэнергетической системе. На основе реальных измеренных данных колебаний нагрузки проведен анализ прогнозируемого трендового значения мощности в зависимости от времени усреднения и способов экстраполяции. Показано, что некомпенсированными остаются лишь колебания мощности с характерным периодом, соответствующим выбранному времени сглаживания, что позволяет исключить частоту колебаний нагрузки, которая может явиться причиной возникновения аварийных режимов. Получены значения необходимой энергоемкости индуктивного накопителя в зависимости от времени сглаживания. Для найденной энергоемкости СПИН определены основные массогабаритные параметры магнитной системы с элементами механической удерживающей системы, расположенной внутри тороидального объема.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, колебания нагрузки, сверхпроводящий индуктивный накопитель

The possibility of using a superconducting magnetic energy storage (SMES) as an active dynamic means for damping irregular low-frequency fluctuations of active power flows in an electric power system is investigated. The actually measured data on load fluctuations are used as a basis for analyzing (depending on the averaging time and extrapolation methods) the approach to obtaining the predicted trend value of power the deviations from which are compensated by means of a SMES. It is shown that with the selected method of prediction by extrapolation according to a linear law, only power fluctuations with a characteristic period exceeding the selected smoothing time remain noncompensated, due to which it becomes possible to exclude the load fluctuation that may give rise to emergency operating conditions. The obtained results on the necessary energy storage capacity are used for determining the main mass and dimension characteristics of the SMES with the elements of the retaining mechanical system installed inside the toroidal volume.

Key words: electric power system, load fluctuations, superconducting magnetic energy storage, damping of oscillations

Авторы: Васецкий Юрий Макарович окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института в 1973 г. В 1995 г. защитил докторскую диссертацию «Асимптотические методы решения задач электродинамики в системах с криволинейными проводниками сложной конфигурации». Ведущий научный сотрудник отдела теоретической электротехники Института электродинамики НАН Украины.

Мазуренко Ирина Леонидовна окончила Национальный технический университет Украины «КПИ» в 1996 г. В 2003 г. защитила кандидатскую диссертацию «Переменное электромагнитное поле проводников с током, расположенных над плоской границей раздела сред». Старший научный сотрудник отдела теоретической электротехники Института электродинамики НАН Украины.

Павлюк Андрей Викторович окончил Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа по специальности «Электротехнические системы электропотребления». Аспирант Института электродинамики НАН Украины.

Математическое описание влияния управляемых сетевых устройств на режим электроэнергетических систем

БЕЛЯЕВ Н.А., КОРОВКИН Н.В., ЧУДНЫЙ В.С.

Рассмотрен новый подход к определению зависимостей параметров режима электроэнергетических систем от параметров сетевого оборудования, в том числе активно-адаптивных устройств. Для формирования указанных зависимостей предложено воспользоваться обобщениями билинейной теоремы. Показаны преимущества использования полученных зависимостей для оптимизации параметров активно-адаптивных устройств и другого электросетевого оборудования.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, режимы, активно-адаптивное устройство, дробно-полиномиальная зависимость

A new approach to determining the dependences of electric power system operating parameters on the parameters of network equipment, including active-adaptive devices, is considered. It is proposed to use generalizations of the bilinear theorem for constructing the above-mentioned dependences. The advantages of using the obtained dependences for optimizing the parameters of active-adaptive devices and other equipment of electric networks are demonstrated.

Key words: electric power system, operating conditions, active-adaptive device, fractional polynomial dependence

Авторы: Беляев Николай Александрович окончил электромеханический факультет (ЭМФ) Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ) в 2012 г. Инженер НИО-6 ОАО «Научно-технический центр Единой энергетической системы».

Коровкин Николай Владимирович окончил ЭМФ Ленинградского политехнического института (ныне СПбГПУ) в 1977 г. В 1997 г. защитил докторскую диссертацию «Построение синтетических схем для численного анализа электромагнитных процессов, описываемых жесткими уравнениями» во ВНИИЭлектромаш. Заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники» СПбГПУ.

Чудный Владимир Сергеевич окончил ЭМФ СПбГПУ в 1998 г. В 2002 г. защитил кандидатскую диссертацию «Оптимизация параметров воздушных линий постоянного тока сверх- и ультравысокого напряжения с учетом требования надежности и экологии» в СПбГПУ. Доцент кафедры «Электрические системы и сети» СПбГПУ.

Оценка сопротивления заземлителя подстанции в многослойном грунте

ГОРШКОВ А.В.

Предложен инженерный метод расчета сопротивления заземлителя подстанции в многослойном грунте. Модель заземлителя подстанции принята в виде проводящего диска, расположенного на поверхности многослойного грунта с плоскопараллельными границами раздела слоев. Получено выражение для потенциала на поверхности земли от точечного источника тока, расположенного на поверхности многослойного грунта. Сопротивление диска рассчитывается как отношение потенциала в его центре от всех точечных источников тока, равномерно распределенных по поверхности диска, к стекающему с диска току. Получены выражения для сопротивления диска в многослойном грунте и эквивалентного удельного электрического сопротивления однородного грунта. Изложен способ приведения многослойного грунта к эквивалентному двухслойному грунту для расчетов параметров заземлителей подстанции с помощью профессиональных компьютерных программ. Приведен листинг файла Mathcad для расчета значений сопротивления заземлителя подстанции. Приведены примеры расчета значений сопротивления заземлителя подстанции в многослойном грунте по изложенному методу и их сравнение со значениями, рассчитанными по компьютерной программе Parsiz. Сравнение показало, что погрешность расчета сопротивления заземлителя подстанции по предложенному методу не превышает 20% для большинства возможных вариантов соотношения параметров грунта.

Ключевые слова: заземлитель подстанции, сопротивление заземлителя, многослойный грунт, расчет

An engineering method is proposed for calculating the resistance of a substation grounding system in multilayer soil. The substation grounding system is modeled by a conducting disk placed on the surface of multilayer soil with planar parallel layer interface boundaries. An expression for the ground surface potential from a point current source located on the multilayer soil surface is obtained. The disk resistance is calculated as the ratio of the potential at its center from all point current sources uniformly distributed over the disk surface to the current flowing from the disk. Expressions for the disk resistance in multilayer soil and for the equivalent resistivity of uniform soil are obtained. A method for reducing multilayer soil to the equivalent two-layer soil for calculating the parameters of substation grounding systems using professional computer codes is described. The listing of the Mathcad file for calculating the resistance of a substation grounding system is presented. Examples of calculating the resistances of a substation grounding system in multilayer soil according to the described method are given, and their comparison with the values calculated using the Parsiz computer program is carried out. The comparison results showed that the error with which the resistance of a substation grounding system is calculated using the proposed method does not exceed 20% for the majority of possible ratios between the soil parameters.

Key words: substation grounding system, grounding system resistance, multilayer soil, calculation

Автор: Горшков Андрей Вячеславович в 1994 г. окончил Московский энергетический институт (МЭИ) по специальности «Техника и электрофизика высоких напряжений». В 1999 г. в МЭИ (ТУ) защитил кандидатскую диссертацию «Анализ состояния находящихся в эксплуатации заземляющих устройств с точки зрения требований электробезопасности и термической стойкости кабелей вторичных цепей». Начальник проектного отдела ООО «НПФ ЭЛНАП».

О влиянии топологии и числа фаз якорной обмотки на показатели качества вентильного генератора

МАСЛОВ С.И., МЫЦЫК Г.С., ХЛАИНГ МИН У, ЯН НАЙНГ МЬИНТ

Для сопоставительной оценки альтернативных вариантов 9-фазного вентильного генератора (ВГ) с топологией обмотки по лучевой схеме предложен упрощенный метод анализа, основанный на использовании понятия габаритной мощности генератора, которое используется в теории и практике проектирования трансформаторов. Рассмотрены два варианта ВГ – традиционный и модернизированный (с трехканальной структурой выпрямления напряжения). Модернизация ВГ основана на использовании в выходной цепи выпрямительного блока трехфазного трансфильтра (ТТФ), который обеспечивает уменьшение габаритной мощности электромагнитных узлов ВГ (его статора и ТТФ) в 1,45 раза по сравнению с традиционным решением. При исследовании использовано имитационное компьютерное моделирование, представлены осциллограммы процессов.

Ключевые слова: 9-фазная электрическая машина, вентильный генератор, трехканальное преобразование мощности, трехфазный трансфильтр, сопоставительная оценка

A simplified analysis method is proposed for carrying out a comparative assessment of alternative versions of a nine-phase converter-fed generator (CFG) with a leg-type winding topology. Central to the method is using the notion of the generator size capacity, which is applied in the theory and practice of transformer designing. Two CFG versions are considered: a traditional and a modernized one (with a three channel voltage rectifying structure). The new structural arrangement of the CFF is based on using a three-phase transfilter (TTF) in the rectifying unit output circuit, a solution due to which the size capacity of the CFG electromagnetic components (its stator and TTF) is reduced by a factor of 1.45 as compared with the traditional solution. In solving the described problem, computer simulation was used, and the time curves of the processes are presented.

Key words: nine-phase electrical machine, converter-fed generator, three-channel power conversion, three-phase transfilter, comparative assessment

Авторы: Маслов Сергей Ильич окончил Московский энергетический институт (МЭИ) в 1971 г. Защитил в МЭИ в 1990 г. докторскую диссертацию «Синтез процесса и алгоритмов автоматизированного проектирования электромеханических устройств и их реализация в САПР». Профессор кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов» НИУ «МЭИ».

Мыцык Геннадий Сергеевич окончил МЭИ в 1964 г. Защитил в МЭИ в 2001 г. докторскую диссертацию «Методология структурно-алгоритмического синтеза и анализа малоискажающих устройств силовой электроники для электротехнических комплексов автономных объектов». Профессор кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов» НИУ «МЭИ».

Хлаинг Мин У (гражданин Союза Мьянма) защитил в НИУ «МЭИ» в 2009 г. кандидатскую диссертацию «Исследование эффективности использования промежуточного высокочастотного преобразования при построении статических преобразователей и систем на их основе». Докторант кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов» НИУ «МЭИ».

Ян Наинг Мьинт (гражданин Союза Мьянма) окончил МЭИ в 2010 г. по направлению «Электротехника, электромеханика, электротехнологии». Аспирант кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов» НИУ «МЭИ».

Магнитно-импульсное притяжение немагнитных металлов

БАТЫГИН Ю.В., ГОЛОВАЩЕНКО С.Ф., ЧАПЛЫГИН Е.А.

Статья посвящена изучению магнитно_импульсного притяжения с помощью инструмента – «индукторной системы с притягивающим экраном», принцип действия которой основан на использовании закона Ампера о силовом притяжении проводников с одинаково направленными токами. В режиме низкочастотного разряда система позволяет практически реализовать притяжение заданных участков неферромагнитных листовых металлов. Аналитическая модель для «идеализации достаточно низких частот», основанная на решении уравнений Максвелла, показала, что для низкочастотных разрядов силы притяжения – силы Ампера – превалируют над силами отталкивания – силами Лоренца. В дополнение к теоретическому анализу и численным оценкам представлена экспериментальная индукторная система с притягивающим экраном, с помощью которой успешно реализована модельная производственная операция по магнитно_импульсному притяжению заданного участка листового немагнитного металла.

Ключевые слова : электромагнитная формовка, электромагнитная сила притяжения, неферромагнитные материалы, низкие частоты

Magnetic_impulse attraction implemented using an inductor system with an attracting screen is studied. The operating principle of this system is based on the Ampere law about force attraction of conductors carrying currents flowing in the same direction. Such a system operating in a low-frequency discharge mode makes it possible to implement attraction of the preset parts of non-ferromagnetic sheet metals. Calculations carried out using an analytical model for «idealizing sufficiently low frequencies» based on solution of the Maxwell equations showed that for low-frequency discharges the attraction forces (the Ampere forces) predominate over the repulsion forces (the Lorentz forces). In addition to the theoretical analysis and numerical assessments, the authors presented an experimental inductor system with an attracting screen, using which a model production operation is implemented for magnetic-impulse attraction of the preset area of sheet nonmagnetic metal.

Key words : electromagnetic shaping, electromagnetic attraction force, non-ferromagnetic materials, low frequencies

А в т о р ы : Батыгин Юрий Викторович в 1972 г. окончил Харьковский политехнический институт (ХПИ). Докторскую диссертацию по специальности «Техника сильных электрических и магнитных полей» защитил в Национальном техническом университете «ХПИ» (НТУ «ХПИ») в 1994 г. Заведующий кафедрой физики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ).

Головащенко Сергей Федорович в 1985 г. Окончил Московское высшее техническое училище им. Баумана по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением». В 1995 г. защитил докторскую диссертацию по специальности «Процессы и машины обработки давлением» в Московском государственном техническом университете им. Баумана. Ведущий научный сотрудник научно_исследовательского центра автомобильной компании «Форд Мотор», г. Дирборн (США).

Чаплыгин Евгений Александрович в 2003 г. окончил ХНАДУ. Кандидатскую диссертацию по специальности «Техника сильных электрических и магнитных полей» защитил в НТУ «ХПИ» в 2009 г. Доцент кафедры физики ХНАДУ.

Модификация магнитоэлектрических схем замещения электромагнитных устройств для анализа переходных процессов
ТИХОВОД С.М.

Трансформаторы и другие статические электромагнитные устройства проектируются при активном использовании моделирования переходных электромагнитных процессов в магнитной и электрической системах этих устройств. Разработана модификация магнитоэлектрических схем замещения электромагнитных устройств, использующих понятия «магнитные токи» и «магнитные конденсаторы». Предложено использовать магнитные конденсаторы с дифференциальной емкостью. Приведен пример моделирования переходных процессов при включении силового трансформатора. По критерию устойчивости и быстродействию моделирования предложенная схема замещения превосходит существующие схемы.

Ключевые слова: электромагнитные устройства, магнитоэлектрическая схема замещения, магнитные токи, магнитные конденсаторы, переходные процессы, моделирование

Simulation of electromagnetic transients in the magnetic and electric systems of transformers and other static electromagnetic devices is actively used in designing such devices. A version of magnetoelectric equivalent circuits of electromagnetic devices is developed, in which the notions «magnetic currents» and «magnetic capacitors» are used. The use of magnetic capacitors with differential capacitance is proposed. An example of simulating transients triggered by energizing a power transformer is given. The proposed equivalent circuit outperforms the existing circuits in terms of simulation stability and response speed criteria.

Key words: electromagnetic devices, magnetoelectric equivalent circuit, magnetic currents, magnetic capacitors, simulation, transients

Автор: Тиховод Сергей Михайлович окончил физический факультет Саратовского государственного университета по специальности «физика/электрофизика» в 1971 г. В 1987 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследование влияния высоковольтных линий на кабельные линии связи и разработка мер их защиты» в Ленинградском политехническом институте. Доцент кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Запорожского национального технического университета.

Параметрические структурные схемы многослойного пьезоактюатора нано- и микроперемещений при продольном пьезоэффекте
АФОНИН С.М.

Структурно-параметрические модели, параметрические структурные схемы и передаточные функции пьезоактюаторов отражают в динамике и статике физические процессы и особенности преобразования электрической и механической энергии при управляемой электрическим напряжением механической деформации пьезоактюаторов. Полученные в статье параметрические структурные схемы и передаточные функции пьезоактюаторов позволяют рассчитывать статические и динамические режимы их работы в зависимости от внешней нагрузки в нано- и микроманипуляторах и их физических и геометрических параметров.

Ключевые слова: многослойный пьезоактюатор, нано- и микроперемещения, деформация, параметрические структурные схемы, противоЭДС

The structural-parametric models, the parametric structural diagrams, and transfer functions of piezoactuators reflect the static and dynamic characteristics of physical processes and specific features connected with conversion of electric and mechanical energy during voltage-controlled mechanical deformation of piezoactuators. By using the obtained parametric structural diagrams and transfer functions of piezoactuators, one can calculate the static and dynamic modes of their operation as a

function of external load in nano- and micromanipulators and of their physical and geometrical parameters.

Key words: multilayer piezoactuator, nano- and micromdisplacements, deformation, parametric structural diagrams, counter-EMF

Автор: Афонин Сергей Михайлович окончил в 1976 г. факультет «Электронное машиностроение» Московского института электронной техники (МИЭТ). В 1982 г. в МИЭТ защитил кандидатскую диссертацию «Разработка и исследование силовых пьезоэлектрических двигателей для прецизионных следящих систем». Доцент, старший научный сотрудник МИЭТ.