

Электричество, 2015, № 6, с. 4–11.

Промежуточный отбор мощности из полуволновой электропередачи

КОБЫЛИН А.В., САМОРОДОВ Г.И., ЗИЛЬБЕРМАН С.М., КОБЫЛИН В.П., ЛИФИРСУ Р.П., АФАНАСЬЕВ Д.Е., ХОЮТАНОВ А.М., ДАВЫДОВ Г.И.

Особенностью полуволновых электропередач является изменение напряжения в «электрическом центре» (1500 км) средней части линии от минимального значения в режиме холостого хода до максимального в режиме наибольшей загрузки. Это не позволяет в режиме малых нагрузок осуществлять параллельный отбор мощности на большей её части, исключая концевые зоны, где такой отбор возможен. Известны три способа присоединения трансформаторов для промежуточного отбора мощности из полуволновой электропередачи: параллельный (в концевых зонах), последовательный (в средней зоне) и последовательно-параллельный (в промежуточных зонах между концевой и средней). Рассмотрен новый способ и устройство на основе силовой электроники, позволяющее заменить три традиционных устройства и осуществлять промежуточный отбор в любой точке полуволновой электропередачи в различных режимах, включая предельные. Исследованы особенности режимов полуволновой линии при питании нагрузки в её промежуточных точках. Приведены схема и алгоритм расчета режимов в полуволновой линии.

Ключевые слова: полуволновая электропередача, отбор мощности, промежуточная нагрузка, режим напряжения, тиристорный стабилизатор параметров

One specific feature of half wave power transmission lines is that the voltage at the so called “electrical center” (1500 km) in the line middle part varies from the minimal value in the no load mode to the maximal value in the maximum load mode. In view of this circumstance, it is not possible to organize parallel power tapping in the major part of the line, except for the end zones, in which such tapping is possible. There are three known methods of connecting transformers for intermediate power tapping from a half wave transmission line: a parallel one (in the end zones), a series one (in the middle zone) and series-parallel one (in intermediate parts between the end and middle zones). A new method and device on the basis of power electronics are considered, the use of which makes it possible to replace the abovementioned three conventional devices and implement intermediate tapping of power at any point of a half wave transmission line in different modes of its operation, including the extreme ones. The specific features of half wave transmission line operating modes with supplying power to load at intermediate points of the line are investigated. The scheme and algorithm for calculating operating modes in a half wave transmission line are presented.

Key words: half wave power transmission line, power tapping, intermediate load, voltage operating conditions, thyristor stabilizer of parameters

Электричество, 2015, № 6, с. 12–19.

Совершенствование метода расчета процессов в электрофильтрах для очистки дымовых газов ТЭС от золы

ВЕРЕЩАГИН И.П., СМАГИН К.А., ТИМОФЕЕВ Е.М.

Пластинчатые электрофильтры являются основным средством очистки от золы отходящих газов ТЭС, работающих на угле. Для оптимизации конструкции и режима работы электрофильтра необходим расчет физических процессов, протекающих внутри фильтра. В настоящее время на практике для расчета эффективности очистки электрофильтров применяется формула Дейча, которая является очень приближенной. В теоретических работах, посвященных расчету процессов в электрофильтре, используются два метода: метод Лагранжа, который основан на расчете траекторий отдельных частиц и принцип Эйлера, который сводится к решению уравнения неразрывности для потока частиц. При траекторном подходе его использование пока ограничено требуемыми очень большими вычислительными ресурсами. В расчетах на основе уравнения неразрывности проблемы возникают с учетом процесса зарядки частиц в турбулентной среде. Предлагаемый вероятностный подход к расчету процессов в электрофильтре позволяет за приемлемое время (до 1 ч) рассчитывать эффективность очистки для реальной длины электрофильтров (до 10 м) и достаточно точно учитывать процесс зарядки частиц. Достоверность метода расчета была подтверждена сопоставлением с расчетами по уравнению неразрывности потока частиц при заданном значении заряда частиц. Проведенные расчеты дают новые данные относительно распределения концентрации частиц в сечениях по длине электрофильтра и функции распределения частиц по зарядам.

Ключевые слова: теплоэлектростанции, отходящие газы, электрофильтры, заряженные частицы, концентрация частиц, расчет

Plate type electric precipitators are used as the main means for separating ash from flue gases at coal fired thermal power plants. For optimizing the electric precipitator design and mode of its operation, it is necessary to calculate the physical processes proceeding in the filter. At present, the Deutsch formula is used in practical applications for calculating the precipitator separation efficiency, which, however, is a very approximate one. In theoretical works devoted to calculating the processes in an electric precipitator, the following two methods are used: the Lagrange method, which is based on calculating the trajectories of individual particles, and the Euler principle, which boils down to solving the continuity equation for a flow of particles. The use of the trajectory approach imposes too heavy demands on the computation capacities. In calculations carried out using the continuity equation, difficulties concerned with taking into account the particle charging process in a turbulent medium are encountered. The proposed probabilistic approach to calculating the processes in an electric precipitator allows the separation efficiency to be calculated within an acceptable time (up to 1 h) for a real length of electric precipitators (up to 10 m) taking into account the particle charging process with sufficient accuracy. The validity of the proposed calculation method has been confirmed by comparison with the calculations based on the particle flow continuity equation at a specified value of particle charge. The performed calculations yield new data on the distribution of particle concentration in different sections over the electric precipitator length as a function of particle distribution by charges.

Key words: thermal power plants, flue gases, electric precipitators, charged particles, concentration of particles, calculation

Электричество, 2015, №6, с. 20–23.

Электрическая прочность макета воздушно-барьерной главной изоляции обмоток сухого трансформатора при воздействии переменного напряжения

ЛАРИН В.С., ДАНИШИНА А.А., СВИРИДОВ М.А.

Приведены результаты исследований электрической прочности воздушно-барьерной изоляции сухих трансформаторов с открытыми обмотками классов напряжения свыше 30 кВ. Информация по электрической прочности таких трансформаторов практически отсутствует, а перспективы их разработки и применения сегодня весьма высоки. Предложен инженерный метод расчета главной изоляции сухих трансформаторов, основанный на определении эквивалентной длины изоляционного промежутка и дальнейшем применении для него известных зависимостей разрядных напряжений для промежутков «стержень—стержень».

Ключевые слова: сухой трансформатор, воздушно-барьерная изоляция, электрическая прочность, исследования

The article presents the results from investigations of the electric strength of air-barrier insulation of drytype transformers with open windings for voltage classes higher than 20 kV. An engineering approach is proposed to calculating the main insulation of drytype transformers, which is based on determining the equivalent length of insulation gap with subsequently applying for it the well known dependences of discharge voltages for “rod-to-rod” gaps.

Key words: transformer, air-barrier insulation, electric strength, investigations

Электричество, 2015, №6, с. 24–29.

Методика оценки влияния качества электрической энергии на надежность работы асинхронного двигателя с короткозамкнутой ротором

ВАЛЯНСКИЙ А.В., КАРТАШЕВ И.И., ШАРОВ Ю.В.

Рассматривается влияние несинусоидальности и несимметрии приложенного напряжения на увеличение потерь в асинхронном двигателе, приводящее к росту температуры обмотки статора и соответствующему сокращению срока службы двигателя. Предлагается методика оценки влияния токов высших гармоник и токов обратной последовательности основной частоты на тепловой режим работы и срок службы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Рассматриваются асинхронные двигатели, входящие в состав электроприводов собственных нужд крупных энергетических объектов, исполнительные механизмы которых обеспечивают нормальную работу основного электрооборудования электрических станций и подстанций.

Ключевые слова: электроснабжение, качество электроэнергии, асинхронный двигатель, тепловой срок службы, надежность

The article analyzes the effect the waveform distortion and imbalance of the applied power supply voltage have on the growth of losses in an induction motor, which leads to an increase

of stator winding temperature and, as a consequence, to more intense exhaustion of the motor service life. A procedure for estimating the influence of higher harmonic components of currents and the fundamental frequency negative sequence currents on the thermal operating conditions and service life of a squirrelcage induction motor is proposed. The scope of analysis covers the induction motors used in the composition of electric drives for the auxiliaries of large power facilities, the actuators of which support normal operation of the main equipment of power plants and substations.

Key words: electric power supply, electric power quality, induction motor, thermal service life, reliability

Электричество, 2015, №6, с.30–38.

Лимистор – лимитирующий резистор

НАУМКИН И.Е.

Представлено описание нового нелинейного резистора, который до определенного значения напряжения, в частности в диапазоне от наибольшего рабочего до временно допустимого, обладает свойствами линейного резистора, после чего резко снижает свое сопротивление, тем самым ограничивая (лимитируя) напряжение на резисторе. Указанное мгновенное значение напряжения, при котором резистор меняет свои свойства, называется лимитирующим напряжением, и, соответственно, резистор – лимитирующим резистором, сокращенно – лимистором. Приведены примеры применения лимистора в электроэнергетике. Особый интерес представляет его использование в сети 500 кВ для решения актуальной задачи обеспечения коммутационной способности элегазовых выключателей при коммутации компенсированных линий электропередачи.

Ключевые слова: электроэнергетика, нелинейный резистор, ограничение напряжения

The article describes a new nonlinear resistor, a device that has the properties of a linear resistor to a certain voltage level, in particular, in the range from the maximal operating voltage to its temporarily permissible value, after which its resistance shows a drastic drop, thus limiting the voltage across the resistor. The abovementioned instantaneous voltage at which the resistor changes its properties is called the limiting voltage, and the resistor is accordingly called a limiting resistor or limistor. Examples of using the limistor in electric power engineering are given. Of special interest is its use in a 500 kV network for solving a topical problem of ensuring the switching capacity of SF6 circuit breakers in making switching operations in compensated power lines.

Key words: nonlinear resistor, voltage limitation, electric power engineering

Электричество, 2015, № 6, с. 39–46.

Исследование различных конструкций медного экрана в торцевой зоне мощного турбогенератора на основе трехмерного моделирования

ЧЭН ПЭН, ЛИ ВЭЙЛИ, ВАН ЛИКУНЬ, ДАНИЛЕВИЧ Я.Б., АНТИПОВ В.Н., ХАНЬ ЦЗИЧАО

Рассматривается новая конструкция медного экрана для торцевой зоны мощного турбогенератора, названная сдвоенным массивным медным экраном. Оптимизация новой конструкции проведена путем изменения ширины вентиляционного канала между внутренним и внешним медными экранами. Для различных вариантов конструкции зоны лобовых частей турбогенератора с многоструйной системой вентиляции созданы модели движения охлаждающих потоков водорода на половине длины статора по осевому направлению и трехмерные модели для расчета электромагнитного поля зоны лобовых частей. По результатам моделирования движения охлаждающих потоков водорода и расчета электромагнитного поля торцевой зоны турбогенератора для традиционной и новой конструкции медного экрана получены соответствующие значения скорости движения потоков водорода и давления (граничные условия), а также определены потери на вихревые токи (источники тепла). Разработаны модели для анализа движения потоков водорода и теплопередачи в торцевой зоне турбогенератора. Рассмотрено влияние конструкции медных экранов на распределение потоков водорода и температуру лобовых частей. Для традиционной конструкции медного экрана проведено сравнение экспериментально измеренных и расчетных значений температуры, показавшее достаточную точность расчетного метода. Новая конструкция медного экрана уменьшает температуру экрана, а увеличение ширины вентиляционных каналов ведет к дальнейшему снижению температуры.

Ключевые слова: турбогенератор, торцевая зона, конструкции медного экрана, движение охлаждающих потоков водорода, электромагнитное и температурное поля

A new design of the copper screen for installing in the end face zone of a large turbine generator called a twin bulk copper screen is considered. The new design was optimized by varying the width of the ventilation channel between the inner and outer copper screens. Models representing the motion of cooling hydrogen flows on the stator half length in the axial direction and 3D models for calculating the electromagnetic field in the end face zones are developed for different design versions of the turbine generator end face parts with a multijet ventilation system. The results from modeling the motion of cooling hydrogen flows and from calculating the electromagnetic field in the turbine generator end face zone were used to obtain the corresponding values of hydrogen flow motion velocities and pressure (the boundary conditions) and eddy current losses (heat sources) for the conventional and new copper screen designs. Models for analyzing the motion of hydrogen flows and heat transfer in the turbine generator end face zone are developed. The effect the copper screen design has on the distribution of hydrogen flows and on the temperature of end face parts is considered. For the conventional copper screen design, a comparison of the experimentally measured with the calculated values of temperatures is carried out, the results of which demonstrated sufficient accuracy of the calculation method. The use of the new copper screen design results in a lower screen temperature, and increasing the width of ventilation channels leads to a further decrease of temperature.

Key words: turbine generator, end face zone, copper screen designs, motion of cooling hydrogen flows, electromagnetic and temperature fields

Электричество, 2015, №6, с.47–55.

Обеспечение режима перемодуляции и повышение эффективности преобразования энергии в силовых автономных инверторах электроприводов

ВАСИЛЬЕВ Б.Ю.

Алгоритмы широтно-импульсного и пространственно-векторного модуляционного управления транзисторами автономного инвертора рассмотрены с точки зрения обеспечиваемой ими эффективности преобразования электрической энергии. Показано, что для повышения эффективности функционирования инвертора возможно использование различных алгоритмов перемодуляции, а именно: переменного-активной, адаптивной и синхронной. Проанализированы уровень электромагнитной совместимости, обеспечиваемый автономным инвертором с указанными алгоритмами перемодуляции, и изменение его энергетических характеристик. Проведенные исследования показывают, что применение алгоритмов перемодуляции является оправданным и обеспечивает более высокое значение таких показателей эффективности преобразования электрической энергии, как коэффициенты искажения синусоидальности кривых напряжения и тока, коэффициент использования инвертора по напряжению, амплитуде основной гармоники при равном значении периода пространственно-векторной модуляции, а значит и частоты коммутации.

Ключевые слова: автономный инвертор, энергетическая эффективность, алгоритм управления, пространственно-векторная модуляция, перемодуляция

The algorithms for pulse-width and spatial vector modulation control of transistors in a self excited inverter are considered from the viewpoint of efficiency of electric energy conversion in them. It is shown that for achieving more efficient operation of the inverter, different remodulation algorithms can be used, namely, variable active, adaptive and synchronous modulation. The level of electromagnetic compatibility provided by the self excited inverter fitted with the abovementioned remodulation algorithms and the change of its power performance characteristics are analyzed. The results from the performed investigations show that application of remodulation algorithms is quite justified and ensures higher levels of such energy conversion efficiency indicators as voltage and current waveform distortion factors and the self excited inverter utilization factor by voltage, by the fundamental harmonic component at the equal period of spatial vector modulation and, hence, the switching frequency.

Key words: self excited inverter, power performance efficiency, control algorithm, spatial vector modulation, remodulation

Электричество, 2015, № 6, с. 55–60.

Широкополосные композиционные радиопоглощающие покрытия на основе ультрадисперсных гексаферритовых наполнителей

СЕРЕБРЯННИКОВ С.В., ЧЕРКАСОВА П., ДОЛГОВА В., ЕРЕМЦОВА Л., РУМЯНЦЕВ П.А.

Рассматривается создание и исследование пленочных композиционных радиопоглощающих композитов (РПК) на основе ферромагнитных сред. Гексаферриты, обладающие естественным ферромагнитным резонансом (ЕФМР), относятся к

материалам, способным поглощать электромагнитные волны. Эти материалы могут быть использованы для создания покрытий, поглощающих электромагнитные волны в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне, уменьшающих мощность отраженного сигнала электромагнитной волны в широком диапазоне частот, а также могут применяться в качестве материала для существенного снижения взаимных помех в передающих и приемных трактах, работающих в диапазоне 2,60 ГГц.

Ключевые слова: гексагональные ферриты, ферромагнитный резонанс, радиопоглощающее покрытие, легированные материалы

Development and investigation of composite film radar absorbing composite materials (RACM) made on the basis of ferromagnetic media are considered. Hexaferrites, substances possess singnatural ferromagnetic resonance (NFMR), are among materials able to absorb electromagnetic waves. These materials can be used for making coatings absorbing electromagnetic waves in the microwave band, which decrease the power of reflected electromagnetic wave signal in a wide frequency band. They can also be used as a material for essentially decreasing the mutual interference in receiving and transmitting paths operating in the 2,60G Hz frequency band.

Key words: hexagonal ferrites, ferromagnetic resonance, radar absorbing coating, doped materials

Электричество, 2015, №6, с.61–63.

Разработка исполнительного устройства механического блокирования привода коммутационного аппарата

БОРИСОВ Р.К., КОКОРИН С.А., КОЧУРОВ О.М., ЧЕРНОКОЗ А.Я.

Рассматривается разработка устройства блокирования коммутационного аппарата. Подробно рассмотрены оригинальная разъемная конструкция и методика монтажа устройства блокировки. Разработка ориентирована на внедрение на существующих электрических подстанциях напряжением 6–750 кВ при их модернизации и ремонте. Преимущество разработки состоит в совместимости с коммутационными аппаратами различных типов и возможности сопряжения с интеллектуальной микропроцессорной системой управления.

Ключевые слова: распределительное устройство, коммутационный аппарат, оперативная блокировка

The development of a switching apparatus blocking device is considered. An original detachable design and mounting procedure of the blocking device are described in detail. The development is oriented at being used in existing 6–750 kV electrical substations in carrying out their simulation and repair. The advantage of the proposed device is that it is compatible with different types of switching apparatuses and can be fitted with an intellectual microprocessor control system.

Key words: switchgear, switching apparatus, operative interlock

Клавдий Ипполитович Шенфер (К 130-летию со дня рождения)

Иван Михайлович Бортник (К 75-летию со дня рождения)

Филипп Григорьевич Рутберг (Некролог)