

Расчет установившихся режимов электропередачи сверхвысокого напряжения, оснащенной устройствами гибких электропередач

ЗАРУДСКИЙ Г. К., РАДИЛОВ Т. В.

Приведена методика расчета установившихся режимов управляемой электропередачи сверхвысокого напряжения, которая содержит устройства FACTS. Представлены математические модели тиристорно-реакторной группы и тиристорно-управляемого устройства продольной емкостной компенсации для их включения в узловые уравнения установившихся режимов электропередачи. Режимы управляемой электропередачи рассчитаны итерационным методом Ньютона. Учет представленных устройств в алгоритме Ньютона основывается на идее применения угла открытия тиристоров в качестве переменной состояния.

Ключевые слова: линия электропередачи, сверхвысокое напряжение, продольная емкостная компенсация, тиристорно-управляемое устройство, угол открытия тиристоров, расчет

A procedure for calculating steady-state operating conditions of a controlled extra high-voltage power line containing FACTS devices is described. Mathematical models of a thyristor-reactor group and a thyristor-controlled device of series capacitive compensation intended for including them into the nodal equations of power line steady-state operating conditions are presented. The operating conditions of a controlled power line are calculated using the iterative Newton method. The presented devices are taken into account in the Newton algorithm based on the concept of using the thyristor opening angle as a state variable.

Key words: power line, extra high voltage, series capacitive compensation, thyristor-controlled device, thyristor opening angle, calculation

Вероятностный анализ переменных режима электроэнергетической системы

БОЛОЕВ Е.В., ВОЙТОВ О.Н., ГОЛУБ И.И., МАНУСОВ В.З.

Показано, как методы вероятностного потокораспределения могут использоваться для выделения сенсорных переменных в ЭЭС, определения их вероятностных характеристик, оценки вероятности нахождения переменных в допустимых границах и выборе управляющих воздействий, повышающих такую вероятность. При выборе управлений предлагается использовать метод, аналогичный методу детерминированного эквивалента, в котором последовательно решаются детерминированная и вероятностная задачи. Приводятся численные результаты иллюстрирующие работоспособность предложенных алгоритмов.

Ключевые слова: энергосистемы, вероятностное потокораспределение, сингулярный анализ, сенсорные переменные, ограничения, выбор управлений

It is shown how the probabilistic load flow methods can be used for separating sensor variables in an electric power system, for determining their probabilistic characteristics, estimating the probability of variables remaining within the permissible boundaries, and for selecting the control outputs increasing such probability. In selecting control outputs, it is proposed to use a method similar to the deterministic equivalent method, in which deterministic and probabilistic problems are solved in a sequence. Numerical results illustrating the operability of the proposed algorithms are given.

Key words: power systems, probabilistic load flow, singular analysis, sensor variables, constraints, selection of control outputs

Прогнозирование параметров режима при мониторинге и управлении электроэнергетической системой

КОЛОСОК И.Н., ГУРИНА Л.А.

Рассмотрены вопросы классификации и моделирования информационных потоков, используемых при мониторинге режимов электроэнергетической системой (ЭЭС) по данным традиционных

измерений SCADA и синхронизированных векторных измерений (СВИ). Под критерием качества измерительной информации понимается ее достаточность и достоверность, определяемая на основе методов анализа измерений при оценивании состояния ЭЭС. Предложены подходы к выбору математических моделей измерений для решения задач оценивания состояния ЭЭС и прогнозирования режимных параметров, а также моделей прогнозирования в зависимости от качества поступившей информации. При разработке методики прогнозирования использовались методы динамического оценивания состояния, а также регрессионные модели с нечеткими коэффициентами и модели, построенные на сочетании теории случайных процессов и нечетких множеств. Представлены результаты прогнозирования вероятностных характеристик перетоков активной мощности при неполном достоверном информационном потоке на основе реальных данных.

Ключевые слова: энергосистема, измерения SCADA, векторные измерения, модели измерений, оценивание состояния, прогнозирование

Matters concerned with classification and modeling of information flows used in monitoring the operating conditions of an electric power system (EPS) based on the data of traditional SCADA-measurements and synchronized vector measurements are considered. The measured information quality criterion is understood to mean sufficiency and validity of this information, which is determined using the measurement analysis methods in estimating the state of an EPS. Approaches to selecting the mathematical models of measurements for solving the EPS state estimation problems and predicting the operating parameters, as well as to selecting the prediction models depending on the quality of arrived information are proposed. The prediction procedure was developed using the dynamic state estimation methods, as well as regression models with fuzzy coefficients and models constructed with combined use of the theory of random processes and fuzzy sets. Results from prediction of the probabilistic characteristics of active power flows under the conditions of incomplete valid information flow based on real data are presented.

Key words: power system, SCADA-measurements, vector measurements, measurement models, state estimation, prediction

Оценка алгоритмов управления асинхронизированным вентильным двигателем по энергетической эффективности

ТУТАЕВ Г.М.

Предложены методики оценки энергетической эффективности алгоритмов управления асинхронизированным вентильным двигателем (АВД), которые выявили ее сильную зависимость от частоты возбуждения и магнитного состояния двигателя. Так, алгоритм управления по минимуму суммарных потерь оказывается не столь эффективным при необходимости обеспечения достаточно высокого в области малых нагрузок. В общем же случае многоканальный принцип управления АВД позволяет выбрать наиболее эффективный режим его функционирования в составе регулируемого ЭП при выполнении той или иной технологической задачи.

Ключевые слова: асинхронизированный вентильный двигатель, энергетическая эффективность, алгоритм управления

Techniques for estimating the energy efficiency of algorithms for control of an asynchronous converter-fed motor are proposed, the use of which revealed strong dependence of this efficiency on the excitation frequency and magnetic state of the motor. Thus, the control algorithm oriented at minimizing the total losses was found to be not so efficient when it is necessary to maintain a sufficiently high value of $\cos \alpha$ in the region of low loads. In the general case, the multichannel principle for control of an asynchronous valve-fed motor makes it possible to select the most efficient mode of its operation as part of an adjustable electric drive in performing one or another process-related task.

Key words: asynchronous converter-fed motor, energy efficiency, control algorithm

Анализ магнитного поля ротора турбогенератора при наличии витковых замыканий в обмотке возбуждения
КУЗНЕЦОВ Д.В.

Рассмотрены проблемы обнаружения и локализации витковых замыканий в обмотке возбуждения работающего турбогенератора. Приведены результаты аналитического расчета и спектрального анализа магнитного поля ротора при наличии витковых замыканий в различных катушках обмотки возбуждения. Для наиболее эффективного обнаружения местоположения дефектной катушки по спектру магнитного поля в зазоре между ротором и статором необходимо учитывать информацию о начальных фазах четных гармонических составляющих поля.

Ключевые слова: турбогенератор, обмотка возбуждения, витковые замыкания, спектральный анализ, магнитное поле

Problems concerned with revealing and localizing turn-to-turn short-circuit faults in the field winding of a running turbine generator are considered. Results from analytic calculation and spectral analysis of the rotor magnetic field in case of turn-to-turn short-circuit faults in different coils of the field winding are presented. To ensure the most efficient location of the faulty coil from the spectrum of magnetic field in the gap between the rotor and stator, it is necessary to take into account information about the initial phases of the even harmonic components of the field.

Key words: turbine generator, field winding, turn-to-turn short circuit faults, spectral analysis, magnetic field

Расчет магнитного поля в воздушном зазоре магнитоэлектрических машин на основе комплексной потенциальной функции
АФАНАСЬЕВ А.А.

Периодическая комплексная потенциальная функция может быть положена в основу аналитического расчета характеристик магнитоэлектрических машин с односторонней зубчатостью воздушного зазора, который конформно отображается на бесконечную полосу с гладкими границами.

Анализируется значение коэффициента Картера для рассматриваемых машин. Сравниваются результаты аналитического и численного расчетов магнитного поля и электромагнитного момента.

Ключевые слова: магнитоэлектрическая машина, воздушный зазор, магнитное поле, расчет, периодическая комплексная потенциальная функция

A periodic complex potential function can be used as a basis for analytically calculating the characteristics of magnetoelectric machines having a unilaterally toothed air gap, which is conformally mapped on an infinite belt with smooth boundaries. The value of Carter coefficient is analyzed for the considered machines. The results of analytic and numerical calculations of the magnetic field and electromagnetic torque are compared with each other.

Key words: magnetoelectric machine, air gap, magnetic field, calculation, periodic complex potential function

Изготовление и экспериментальное исследование гибких геликоидальных сильнотоочных высокотемпературных сверхпроводниковых элементов
КЕЙЛИН В.Е., НОВИКОВ М.С., НОВИКОВ С.И.

Различные высокотемпературные сверхпроводниковые (ВТСП) устройства (трансформаторы, электромашин, магниты ускорителей, силовые кабели, токоподводы и т.д.) нуждаются в токонесущих элементах с рабочими токами, многократно превышающими максимальные токи ВТСП лент. Токонесущие элементы могут быть изготовлены из многих ВТСП лент 2-го поколения, намотанных геликоидально на круглые гибкие формеры диаметром несколько миллиметров в несколько слоев из нескольких лент. Такие гибкие токонесущие элементы при высоких значениях

рабочих токов имеют малые потери в переменных полях и на переменном токе. Исследования электрических и механических свойств ВТСП лент различных производителей показали возможность изготовления токонесущих элементов такой конструкции. Изготовлены образцы токонесущих элементов из ВТСП лент (до 16), геликоидально намотанных на гибкие формеры диаметром несколько миллиметров. Формеры туго скручены примерно из 3000 проволок из нержавеющей стали диаметром 0,1 мм. Были получены вольт-амперные характеристики образцов на постоянном токе в поле собственного тока и внешних магнитных полях до 0,6 Тл, а также на переменном токе промышленной частоты в поле собственного тока и внешнем синхронном магнитном поле до 0,6 Тл. Установлено практическое отсутствие деградации токонесущей способности ВТСП лент в процессе изготовления образцов.

Ключевые слова: ВТСП устройства, токонесущие элементы, изготовление, экспериментальная проверка, рекомендации к применению

Current-carrying elements with working currents many times higher than the maximal permissible currents through high-temperature superconducting (HTSC) tapes are needed for constructing various kinds of HTSC devices such as transformers, electrical machines, accelerator magnets, power cables, current leads, etc. The required current-carrying elements can be fabricated of many second-generation HTSC tapes helically wound of a few tapes in a few layers on round flexible formers a few millimeters in diameter. Such flexible current-carrying elements are able to carry high working currents and have small losses when placed in alternating fields and operating on alternating current. Investigations of the electrical and mechanical properties of HTSC tapes produced by different manufacturers have shown the possibility of fabricating current-carrying elements of such design. Samples of current-carrying elements made of several (up to 16) HTSC tapes helically wound on flexible formers a few millimeters in diameter have been fabricated. The formers are tightly twisted of around 3000 stainless steel wires 0.1 mm in diameter. Volt-ampere characteristics of the samples have been obtained on direct current in the field induced by the own current and in external magnetic fields of up to 0.6 T, as well as on alternating current of the power supply frequency in the field of own current and in external synchronous magnetic field of up to 0.6 T. It has been found that there is almost no degradation of the current-carrying capacity of HTSC tapes during fabrication of the samples.

Key words: HTSC devices, current-carrying elements, fabrication, experimental checking, recommendations for use

Типовые базовые ячейки-многополюсники решетчатых схем замещения плоскопараллельных электромагнитных полей

ИНКИН А.И., АЛИФЁРОВ А.И., БЛАНК А.В.

Для исследования плоскопараллельных полей эквивалентная схема замещения должна иметь решетчатую структуру и состоять из типовых многополюсников, каждый из которых моделирует определенную ячейку поля и имеет соответствующие конфигурацию и параметры. Излагаются теоретические основы формирования типовых прямоугольных ячеек-многополюсников решетчатых электромагнитных схем замещения плоскопараллельного поля и рассматриваются принципы синтеза типовых ячеек-многополюсников для различных физических полей. На основании законов и интегральных теорем электричества и магнетизма разработаны типовые ячейки-многополюсники как базовые элементы синтеза решетчатых схем замещения плоскопараллельных стационарных и синусоидальных электромагнитных полей.

Ключевые слова: силовые электроустановки, электромагнитное поле, схема замещения, анализ, расчет, схемная аппроксимация

An equivalent circuit intended for studying plane-parallel fields must have a lattice structure and consist of standard multiports. Each of these multiports models a certain cell of the field and has the suitable configuration and parameters. The theoretical principles used to construct the standard rectangular multiport cells of the lattice equivalent circuits of a plane-parallel electromagnetic field are described, and the principles of synthesizing the standard multiport cells for other kinds of physical fields are considered.

The main goal pursued by the authors is to synthesize (in general form) an equivalent circuit with respect to the field vector components, in the given case, in the Cartesian system of coordinates for the volume of a small element ($l \times x \times y$) based on the electromagnetic laws in the integral form.

Key words: electromagnetic field, analysis and calculation methods, equivalent circuit, circuit approximation

Игорь Алексеевич Глебов (1914–2002)

(К 100-летию со дня рождения)

Юбилей Международной академии электротехнических наук

(К 20-летию создания)