

Электричество, 2015, №1, стр. 4-12

Перспективы применения криогенных электрических машин в авиации

КОВАЛЕВ Л.К., ЛАРИОНОВ А.Е., МОДЕСТОВ К.А., ПЕНКИН В.Т., ПОЛТАВЕЦ В.Н.

Проанализированы возможности использования криогенных электрических машин в авиации. Выявлены такие основные направления, как источники питания мощных бортовых потребителей, электропривод винтов пассажирских и транспортных дозвуковых самолетов, криогенный электропривод малой и средней мощности. Показано, что переход от резистивных электромеханических преобразователей к машинам с нулевым сопротивлением обмоток позволяет существенно улучшить показатель удельной массы. Рассмотрены особенности привода мощных криогенных генераторов и виды компоновки. Проанализированы тенденции снижения шума авиадвигателей и концентрации вредных примесей в выхлопных газах и возможности достижения их улучшенных показателей за счет разрыва жесткой связи «турбина–вентилятор (или воздушный винт)» и перехода к схеме «турбина–генератор–электродвигатель–вентилятор». Показано, что для криогенного электропривода могут применяться машины как на основе обмоток с нулевым сопротивлением, так и на основе объемных керамических материалов или листовых композитов с высокой критической температурой перехода в резистивное состояние и использованием их гистерезисных или диамагнитных свойств. Выявлены рациональные области для применения не только машин мегаваттного, но и киловаттного уровня мощности.

Ключевые слова: криогенные электрические машины, материалы с нулевым электрическим сопротивлением, аэроэлектродвижение, электропривод

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp. 4–12.

Prospects for Using Cryogenic Electrical Machines in Aircraft Engineering

L.R.Kovalev, F.E.Larionov, K.A.Modestov, V.T.Penkin

The possibilities of using cryogenic electrical machines in aircraft engineering are analyzed. Main application lines, such as sources of power supply to large on-board loads, electric drives for the propellers of passenger and transport subsonic aircrafts, and small- and medium-capacity cryogenic electric drives, are revealed. It is shown that a shift from resistive electromechanical converters to machines with zero resistance of the windings makes it possible to achieve an essentially better value of the specific mass indicator. The specific features of drives for large-capacity cryogenic generators and the kinds of their layout are considered. The trends in decreasing noise from aircraft engines and the concentration of harmful impurities in exhaust gases, and the possibilities of improving their indicators by breaking the rigid «turbine-fan (or propeller)» link and making a shift to the «turbine-generator-electric motor-fan» system are analyzed. It is shown that a cryogenic electric drive can be constructed using machines made on the basis of either windings with zero resistance or windings made of bulk ceramic materials or sheet composites with a high critical temperature of transition in resistive state and with the use of their hysteresis or diamagnetic properties. Rational application fields for machines not only of the megawatt, but also of the kilowatt power capacity levels are revealed.

Key words: cryogenic electrical machines, materials with zero resistance, aereoelectrical propulsion, electric drive

Электричество, 2015, №1, стр. 13-19

Управление установившимися режимами энергосистем с использованием векторного критерия качества

КОРОВКИН Н.В., ОДИНЦОВ М.В., ФРОЛОВ О.В.

Режимы функционирования электроэнергетических систем (ЭЭС) характеризуются большим числом возможных состояний, каждое из которых описывается набором независимых показателей, отражающих надежность, устойчивость, экономичность и т.д. Показатели интерпретируются как критерии качества режима. Для комплексной оценки качества режима вводится векторный критерий качества, соответственно для поиска множества наилучших режимов используется многокритериальная оптимизация, которая рассматривается также как метод принятия эффективных решений. Традиционно применяемые методы построения множеств наилучших решений (методы главного критерия, линейной свертки и т.д.) во многом субъективны и эффективны лишь в случаях, когда лицо, принимающее решения, обладает значительным опытом в соответствующей области. Оценка множества эффективных решений выполнена с использованием генетического алгоритма. Анализ распределения элементов этого множества в пространстве критериев позволяет выявлять зоны оптимального управления. Предлагаемое графическое представление множеств эффективных решений снижает субъективность решений и таким образом повышает их качество.

Ключевые слова: энергосистема, режимы, многокритериальная оптимизация, векторный критерий качества

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp. 13–19.

Control of Power System Steady-State Operating Modes Using a Vector Quality Criterion

N.V. KOROVKIN, M.V. ODINTSOV, and O.V. FROLOV

The operating modes of electric power systems are characterized by a large number of possible states, all of which are characterized by a set of independent indicators reflecting reliability, stability, economic efficiency, etc. These indicators are interpreted as operating mode quality criteria. For comprehensively estimating the operating mode quality, a vector quality criterion is introduced. Accordingly, for searching the set of best operating modes, multicriterion optimization is used, which is also regarded as a method for making efficient decisions. The traditionally used methods for constructing the sets of best solutions (such as the main criterion method, the linear convolution method, and so on) are in many respects subjective and are efficient only if the person who makes decisions has considerable experience in the relevant field. The set of efficient solutions is estimated using a genetic algorithm. An analysis of the pattern in which elements of this set are distributed in the space of criteria makes it possible to reveal the zones of optimal control. The proposed graphic approach to representing the sets of efficient solutions opens the possibility of adopting less subjective decisions, thus improving their quality.

Key words: power system, operating modes, multicriterion optimization, vector quality criterion

Электричество, 2015, №1, стр. 20-25

Об оценке моментов генераторов, работающих в сложной энергосистеме

ЧЕРНОМЗАВ И.З.

Обоснована целесообразность совершенствования управления мощностью электростанций для повышения устойчивости энергосистем в аварийных режимах. Предлагается существующую централизованную систему противоаварийной автоматики дополнить локальными системами, использующими информацию о взаимных и собственных моментах и взаимных углах генераторов. Разработан алгоритм расчета взаимных и собственных моментов и взаимных углов генераторов, работающих в сложной энергосистеме. Приводится оценка точности их определения применительно к двухмашинной энергосистеме. Определены измеряемые переменные на

электростанциях, которые должны быть переданы на центральный вычислитель для расчета моментов и углов генераторов. Результаты расчетов необходимо транслировать в локальные устройства электростанций, формирующие управляющие воздействия для разгрузки турбин с минимальной избыточностью и максимальным быстродействием. Результаты расчетов моментов и углов генераторов могут быть использованы для организации управления мощностью энергоблоков для поддержания запаса по устойчивости в доаварийных и послеаварийных режимах.

Ключевые слова: электрическая система, частота, мощность, линия электропередач, каналы связи, противоаварийная автоматика

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp. 20–25.

On Evaluating the Mutual and Self Torques of Generators Operating in a Complex Power System

I.Z. CHERNOMZAV

The advisability of improving the control of power plants output for achieving more stable operation of power systems in emergency modes of their operation is substantiated. It is proposed to supplement the existing centralized automatic emergency control system with local systems that use information about mutual and self torques and mutual generator angles. An algorithm for calculating mutual and self torques and mutual angles of generators operating in a complex power system is developed. The accuracy of determining these parameters in a two-machine power system is evaluated. The measured variables at power plants that must be transmitted to the central computer for calculating the torques and angles of the generators are determined. The calculation results should be transmitted to the power plants local devices producing the turbine unloading control outputs with the minimal extent of excessive action and maximal response speed. The results obtained from calculations of generator torques and angles can be used for setting up control of power units output to maintain the necessary steady-state stability margin of power systems in pre- and post-emergency modes of their operation.

Key words: power system, frequency, power, power line, communication channels, emergency control schemes

Электричество, 2015, №1, стр. 26-33

Алгоритмы синтеза наблюдаемости электроэнергетических систем на основе синхронизированных векторных измерений

ГОЛУБ И.И., ХОХЛОВ М.В.

Представлен подход к синтезу топологической наблюдаемости с использованием устройств синхронизированных измерений векторных величин (Phasor Measurement Unit – PMU) и показано, что алгоритм оценки топологической наблюдаемости является общим для традиционных и PMU измерений. Предлагаются алгоритмы выбора оптимальной расстановки PMU по критерию качества наблюдаемости, обусловленного инвариантными к режиму факторами. Предложенные модификации алгоритмов выбора минимального числа PMU, размещаемых в узлах и связях электрической сети, гарантируют наблюдаемость в нормальных условиях функционирования, при отключении отдельных связей и выпадении отдельных PMU. На примерах тестовых энергосистем дается сравнение алгоритмов синтеза наблюдаемости на основе PMU, размещаемых в узлах и связях.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, оценивание состояния, топологическая наблюдаемость, качество наблюдаемости, сенсоры

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp 26–33.

Electric Power System Observability Synthesis Algorithms Constructed on the Basis of Phasor

Measurements

I.I. GOLUB and M.V. KHOKHLOV

An approach to synthesizing topological observability with the use of phasor measurement units (PMUs) is presented, and it is shown that the topological observability estimation algorithm is common for traditional and PMU-based measurements. Algorithms are proposed for selecting the optimal placement of PMUs according to the observability quality criterion with reference to factors invariant to the power system operating conditions. The use of the proposed versions of algorithms for selecting the minimal number of PMUs placed in the electric network nodes and links guarantee observability of the power system during its normal operation, when some links are disconnected, and when some of the PMUs fail. Some examples of test power systems are considered for making comparison between the observability synthesis algorithms constructed on the basis of PMUs placed in power system nodes and links.

Key words: electric power system, state estimation, topological observability, observability quality, sensors

Электричество, 2015, №1, стр. 34-38

Эффективность управляемых дугогасящих реакторов в электрических сетях 6–35 кВ: теоретические аспекты

МАТВЕЕВ Д.А., ХРЕНОВ С.И.

Рассмотрены задачи, которые необходимо решить для преодоления недостатков режима заземления нейтрали сети через дугогасящие реакторы, отмечены преимущества реакторов, управляемых подмагничиванием. С помощью простой аналитической формулы и расчетной модели сети показано, что быстродействие реакторов, определяемое через время, необходимое для компенсации составляющей тока замыкания промышленной частоты, зависит от фазового угла напряжения в момент замыкания. Если замыкание происходит не в максимум напряжения, то в токе реактора появляется апериодическая составляющая, не позволяющая мгновенно компенсировать емкостный ток замыкания. Показана необходимость проведения экспериментальных исследований, имеющих своей целью определение быстродействия реакторов и разработку критерия оценки необходимого быстродействия при дуговых замыканиях на землю.

Ключевые слова: электрическая сеть, однофазные замыкания на землю, перенапряжения, компенсация емкостных токов, дугогасящие реакторы

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp 34–38.

Performance of the controlled arc suppression coils in electric networks of 6–35 kV: theoretical aspects

D.A. MATVEYEV, S.I. KHRENOV

The drawbacks of neutral grounding through reactors are discussed and the problems to be solved are raised. The benefits of reactors controlled by magnetic biasing are pointed out. It is shown with the help of simple formula and numerical network simulation that the reactor's response time (required to compensate the 50 Hz component of capacitive fault current) depends on the sinusoidal voltage phase angle at the moment of ground fault. If an instantaneous voltage value at this moment is not a peak value the aperiodic component occurs in the reactor's current which prevents the immediate complete compensation. The necessity of experimental investigations of the response speed of reactors (of all types) is revealed. One of the important goals of these investigations is a response speed criteria determination.

Key words: electrical network, one-phase earth faults, overvoltages, compensation of earth faults, arc suspension reactors

Электричество, 2015, №1, стр. 39-50

Континуальные схмотехнические модели в методе конечных элементов

БУЛАВИН В.Ф.

Математическим аппаратом для исследования служит формула Грина. В статье получено решение для элементных матриц жесткости линейного конечного элемента и показано, что число таких структур обладает мощностью континуум. Континуальная модель конечного элемента в виде электрической схемы дает возможность использовать известные алгоритмы анализа цепей для формирования глобальной матрицы жесткости. Схмотехническое решение позволяет снять любые ограничения на форму конечных элементов благодаря соответствующему выбору элементной матрицы жесткости и базисной функции.

Ключевые слова: формула Грина, метод конечных элементов, схмотехническая модель, матрица жесткости, аппроксимация

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp. 39–50.

Continuum Circuit Engineering Models in the Finite Element Method

V.F. BULAVIN

Matters concerned with interconnection between circuit engineering and the finite element method were elaborated to a logically completed result in [1] (as well as in earlier works of that author), in which equivalent electric circuits of a wide range of finite elements were constructed for elliptical equations. However, models presented as unique ones were obtained as the results of those works. A distinguishing feature of the present article is that a variety of circuit solutions is shown taking linear elements as an example, which opens the possibility to extend the practice of using «thin» fragments. Green's formula serves as the mathematical tool for investigation. A solution for the element stiffness matrices of a linear finite element is obtained, and it is shown that the number of such structures has a continuum power. A finite element continuum model in the form of electric circuit opens the possibility to use well-known circuit analysis algorithms for forming the global stiffness matrix. The use of the circuit engineering solution makes it possible to remove any limitations imposed on the shape of finite elements owing to the appropriate choice of element stiffness matrix and basic function.

Key words: Green's formula, finite element method, circuit engineering model, stiffness matrix, approximation

Электричество, 2015, №1, стр. 51-60

Вентильный генератор с кольцевой схемой соединения якорных обмоток и 18-пульсным выпрямленным напряжением

МЫЦЫК Г.С., ХЛАИНГ МИН У

При построении машинно-электронных генерирующих систем (МЭГС), основанных на преобразовании многофазного переменного тока в постоянный ток, используется так называемая «кольцевая» схема соединения якорных обмоток электрического генератора (ЭГ). Однако одной из причин, ограничивающих ее более широкое применение на практике, может быть отсутствие доказательств ее преимущества перед широко используемой «лучевой» схемой. В статье приводятся результаты исследования рабочих процессов в МЭГС типа вентильный генератор (ВГ) с 9-фазной якорной обмоткой ЭШ по «кольцевой» схеме в двух вариантах: в традиционном

исполнении (ВГ-9К) и в модификации, использующей многоканальный принцип преобразования (ВГ-9КМ). Показаны преимущества варианта ВГ-9КМ и приведено модельное описание, необходимое при проектировании. В качестве средства решения поставленных задач используется имитационное компьютерное моделирование.

Ключевые слова: 9-фазный электрический генератор, выпрямительный блок, «кольцевая» схема, трехканальное преобразование, трехфазный трансфильтр, модельное описание, компьютерное моделирование, сопоставительная оценка

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 1, pp. 51–60.

A Converter-Fed Generator with a Ring Connection Arrangement of the Armature Windings and an 18-Pulse Rectified Voltage

G.S. MYTSYK and HLAING MIN U

In constructing generating systems involving combined use of electrical machines and electronic devices, in which a multiphase AC voltage is converted into a DC voltage, a so called ring connection diagram of the electrical generator armature windings is used. However, lack of evidence that such an arrangement has advantages over the widely used “beam” connection diagram may be one of factors limiting its wider use for practical applications. The article presents the results from studying the working processes in a converter-fed generator with a 9-phase armature winding connected according to a “ring” circuit arrangement made in two versions: in the traditional makeup (CFG-9R) and in the version using the multichannel conversion principle (CFG-9RM). Advantages of the CFG-9RM version are shown, and the model description necessary in designing the system is presented. Computer-aided simulation is used as a tool for solving the stated problems.

Key words: 9-phase electrical generator, rectifying unit, “ring” connection diagram, three-channel conversion, three-phase conversion, three-phase transfilter, model description, computer modeling, comparative assessment

Электричество, 2015, №1, стр. 61-63

Техническая брошюра СИГРЭ «Параметры молнии для инженерных применений»

РАКОВ В.А.

CIGRE Technical Brochure on Lightning Parameters for Engineering Applications

V.A. RAKOV

Электричество, 2015, №1, стр. 64-66

Памяти академика Михаила Полиевктовича Костенко

(К 125-летию со дня рождения)

Электричество, 2015, №1, стр. 67-68

XV Международная конференция «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты»

(21–27 сентября 2014, г. Алушта)

Электричество, 2015, №1, стр. 68-69

Евгений Серафимович Иванов

(К 80-летию со дня рождения)