

Электричество, 2015, №10, с.4–12.

Технико-экономическое сравнение сверхдальних электропередач на переменном и постоянном токе в условиях Бразилии

ЗИЛЬБЕРМАН С.М., КАЦДАКОВ С.А., КРАСИЛЬНИКОВА Т.Г., САМОРОДОВ Г.И., ТАВЕРЕС М.К.

При современном уровне развития техники передачи электроэнергии проблема сверхдальнего транспорта может быть решена с помощью электропередач (ЭП) ультравысокого напряжения как постоянного, так и переменного тока. На переменном токе эта проблема имеет два принципиально различных решения. Первый вариант лежит на пути использования компенсированных ЭП, в состав которых входят концевые подстанции (ПС) и устройства реактивной мощности, расположенные в концевых и промежуточных пунктах линии. Второй вариант базируется на использовании полуволновых электропередач (ПЭП), которые отличаются простотой схемы, включающей в свой состав лишь концевые ПС и полуволновую ВЛ (ПВЛ). Приведено технико-экономическое сравнение ПЭП и ППТ, обеспечивающих передачу мощности 6000 МВт на расстояние 2500 км. Рассматриваемые схемы электропередач удовлетворяют критерию надежности N1 при наиболее вероятных однофазных или однополюсных отказах. Оценка технико-экономических показателей сверхдальних электропередач дана применительно к условиям Бразилии.

Ключевые слова: полуволновая электропередача, передача постоянного тока, ультравысокие напряжения, критерий надежности N1, технико-экономические показатели, инвестиции

With the modern level achieved in the development of electric power transmission techniques, the problem of extra long distance transport can be solved using both AC and DC ultrahigh voltage power transmission lines (PTLs). In case of using AC power transmission lines, this problem has two fundamentally different solutions. The first alternative implies the use of compensated PTLs, which include end substations and reactive power devices installed at the end and intermediate points of the line. The second alternative is based on using half wave power transmission lines (HWPTLs), which feature a simple configuration that includes only end substations and an HWPTL. A technical-economic comparison between an HWPTL and HVDC ensuring transmission of 6000 MW power flow to a distance of 2500 km is given. The considered power transmission configurations comply with the N1 reliability criterion in case of most probable single phase or single pole faults. An assessment of the technical-economic indicators of extralong distance power lines is given as applied to the conditions of Brazil.

Key words: half wave power line, DC power line, ultra high voltages, N1 reliability criterion, technical-economic indicators, investment, reduced costs

Электричество, 2015, №10, с.13–20.


Распознающая способность адаптивной дистанционной защиты линии электропередачи

ЛЯМЕЦ Ю.Я., ВОРОНОВ П.И., МАРТЫНОВ М.В.

Применительно к алгоритмам дистанционной защиты разграничиваются два вида адаптации – прямая и косвенная. Прямая заключается в модификации областей срабатывания в зависимости от режима, предшествовавшего короткому замыканию на защищаемом объекте. Косвенная адаптация сводится к формированию замера защиты с использованием аварийной составляющей наблюдаемого тока. Два адаптивных алгоритма сравниваются по распознающей способности между собой и с неадаптивным алгоритмом. Области срабатывания реле сопротивления определяются путем обучения

сигналами имитационной модели линии электропередачи. О распознающей способности реле говорят объектные характеристики – зависимости между переходным сопротивлением и координатой места замыкания, ограничивающие область определения распознаваемых режимов короткого замыкания. Анализ учитывает асинхронные режимы электропередачи и действие блокировки при качаниях, свидетельствует об информационном преимуществе прямой адаптации.

Ключевые слова: электропередача, асинхронный режим, дистанционная защита, адаптация, обучение

Distance protection algorithms are differentiated into two types of adaptation – direct and indirect. Direct algorithms modify tripping characteristics depending on the mode of operation that preceded a short circuit in the object under protection. Indirect adaptation is added up to the formation of the measurement using the emergency component of the observed current. Recognition ability of both adaptive algorithms and nonadaptive algorithm is compared. Tripping characteristics of resistance relay are determined by training signals of transmission line simulation model. Recognition ability of relay is presented by the object characteristics  the relationship between the transition resistance and the coordinates of the circuit, which limit the domain of definition of recognized short circuit mode. The analysis takes into account the asynchronous modes of action and power swing blocking, indicates informational advantage of direct adaptation.

Key words: electric power transmission, asynchronous mode, distance protection, adaptation, training

Электричество, 2015, №10, с.20–32.

Основные характеристики волнового распределения свободных электронов в тонком металлическом проводнике с импульсным током большой плотности

БАРАНОВ М.И.

Приведены результаты приближенного квантово-механического расчета продольного и радиального волнового распределения дрейфующих свободных электронов в круглом цилиндрическом металлическом проводнике с большой плотностью импульсного аксиального тока. Показано, что в исследуемом проводнике из-за волновых свойств свободных электронов возникает макроскопическая продольная периодическая структура, состоящая из квантованных волновых электронных пакетов (ВЭП). Определены основные геометрические и теплофизические характеристики чередующихся между собой «горячих» и «холодных» продольных участков проводника, формируемых ВЭП. Выполненные эксперименты с помощью мощного высоковольтного генератора аperiodических импульсов тока временной формы 9 мс/576 мс с амплитудой его плотности 0,37 кА/мм² в оцинкованном стальном проводе радиусом 0,8 мм и длиной 320 мм подтвердили данные расчетов по формированию в материале проводника квантованных макроскопических ВЭП, «горячих» и «холодных» продольных участков, вызывающих появление в проводнике неоднородного периодического продольного температурного поля.

Ключевые слова: металлический проводник, импульсный ток, свободные электроны, волновой электронный пакет, температурное поле

The article presents the results from an approximate quantum-mechanical calculation of longitudinal and radial wave distributions of free drifting electrons in a round cylindrical conductor carrying high density axial impulse current. It is shown that owing to the wave

properties of free electrons, a macroscopic periodic longitudinal structure consisting of quantized wave electron packets (WEPs) appears in the studied conductor. The main geometrical and thermophysical characteristics of alternating «hot» and «cold» longitudinal conductor segments generated by WEPs are determined. Experiments were carried out using a powerful high voltage generator producing aperiodic current impulses with a time shape of 9/576 ms and density amplitude equal to 0,37 kA/mm² on a 320 mm long galvanized steel conductor 0.8 mm in radius. The experimental results confirmed the data of calculations about the formation of quantized macroscopic WEPs and «hot» and «cold» longitudinal segments in the conductor material causing the occurrence of nonuniform periodic longitudinal temperature field in the conductor.

Key words: metal conductor, impulse current, free electrons, wave electron packet, temperature field

Электричество, 2015, № 10, с. 32–37.

Алгоритм определения размеров редкоземельных постоянных магнитов применительно к системам возбуждения синхронных электрических генераторов
СУГРОБОВ А.М., РУСАКОВ А.М., ОКУНЕЕВА Н.А., КАЗИМИРОВ Е.О.

Составлен алгоритм определения размеров постоянных магнитов, обеспечивающих реализацию электромагнитных нагрузок, принятых на стадии определения главных размеров синхронных генераторов. Алгоритм является более совершенным по сравнению с алгоритмами, на основе которых построены современные методики расчета синхронных электрических генераторов с возбуждением от постоянных магнитов. Для определения размеров магнитов получены их зависимости от электромагнитных нагрузок, принятых при определении главных размеров проектируемых генераторов, а также от параметров, характеризующих геометрию их полюсной системы и др. Приведен пример расчёта размеров постоянных магнитов конкретного генератора. Отличительной особенностью статьи является использование в ней взаимосвязей между электромагнитными параметрами электрических машин, которые не использовались при их проектировании ранее либо применялись в более сложном и неудобном для проектирования виде. Статью следует рассматривать как попытку создания унифицированной методики проектирования электрических машин с различными системами возбуждения.

Ключевые слова: синхронный генератор, постоянный магнит, система возбуждения, электромагнитные нагрузки, индуктивные сопротивления обмотки, диаграмма Blondеля

An algorithm for sizing the permanent magnets ensuring realization of electromagnetic loads adopted at the stage of determining the main sizes of synchronous generators is elaborated. The proposed algorithm is more advanced as compared with the algorithms used as a basis in modern procedures for calculating synchronous electric generators excited from permanent magnets. For determining the sizes of magnets, their dependences are obtained on the electromagnetic loads adopted in determining the main sizes of generators being designed, as well as on the parameters characterizing the geometry of their pole system, etc. An example of calculating the sizes of permanent magnets for a particular generator is given. A distinguishing feature of the article is that it uses interrelations between the electromagnetic parameters of electrical machines that were not used previously in designing them, or were used in a more intricate form inconvenient for designing. The article should be regarded as an attempt to develop a unified procedure for designing electrical machines equipped with different excitation systems.

Key words: synchronous generator, permanent magnet, excitation system, electromagnetic loads, winding inductive reactances, Blondel diagram

Электричество, 2015, №10, с.38–47.

Влияние стабилизатора на переход в нормальное состояние высокотемпературной сверхпроводящей токонесущей ленты

РАХМАНОВ А.Л., ИВАНОВ С.С.

Исследовано влияние стабилизирующей нормальной матрицы на переход высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП) в нормальное состояние. Показано, что максимально допустимый ток в таком проводнике зависит от универсального параметра, в который входит коэффициент теплоотвода, удельное сопротивление стабилизирующего покрытия, параметры вольт-амперной характеристики ВТСП и геометрические характеристики проводника. Найдены аналитические выражения для тока перехода в нормальное состояние, максимально допустимого превышения температуры и значения критического теплового импульса, которые применимы в широком диапазоне параметров. Показано, что стабилизирующее покрытие может приводить к некоторому увеличению тока перехода в нормальное состояние ВТСП, а также к весьма существенному повышению устойчивости по отношению к тепловым импульсам. Однако стабилизирующее покрытие не может устранить локальный характер перехода сверхпроводника в нормальное состояние, если только проводник не является полностью криостатически стабилизированным. Установлено, что для существующих ВТСП влияние стабилизирующего покрытия на критические параметры и динамику процесса перехода в нормальное состояние на начальной стадии весьма ограничено. Кардинального изменения устойчивости сверхпроводящего состояния с помощью стабилизатора можно достичь в режиме полной криостатической стабилизации.

Ключевые слова: высокотемпературный сверхпроводник, стабилизирующая матрица, вольт-амперная характеристика, критический тепловой импульс, устойчивость сверхпроводящего состояния

The influence of a stabilizing normal matrix on the transition of high temperature superconductor (HTSC) in normal state is investigated. It is shown that the maximum permissible current in such conductor depends on a universal parameter including the heat removal coefficient, the resistivity of stabilizing coating, the parameters of HTSC volt-ampere characteristic, and the conductor's geometrical characteristics. Analytic expressions are found for the current at which transition to normal state occurs, for the maximum permissible exceeding of temperature, and for the value of critical thermal impulse, which are applicable in a wide range of parameters. It is shown that the use of stabilizing coating can lead to some increase of the current at which the HTSC transfers into normal state, as well as to a very significant increase of stability with respect to thermal impulses. However, the stabilizing coating cannot remove the local pattern of superconductor's transition in normal state, unless the conductor is a fully cryostatically stabilized one. It is determined that for existing HTSCs the stabilizing coating has a very limited influence on the critical parameters and dynamics of the transition into normal state initially in the process. A cardinal change in the stability of superconducting state by means of stabilizer can be achieved in the full cryostatic stabilization mode.

Key words: high temperature superconductor, stabilizing matrix, volt-ampere characteristic, critical thermal impulse, superconducting state stability

Электричество, 2015, №10, с.48–54.

Коррекция динамических процессов в трехфазных инверторах, работающих на разветвленную нагрузку

ЧАПЛЫГИН Е.Е., МАТВЕЕВ А.Ю.

Рассмотрены процессы в трехфазных инверторах напряжения с разветвленной нагрузкой, возникающие при скачкообразном уменьшении тока нагрузки. Для снижения резкого увеличения (выбросов) выходного напряжения инвертор переводится в режим рекуперации энергии, продолжающийся до спада до нуля тока конденсатора.

Рассмотрены инверторы по схемам «Три однофазных полумоста» и «Инвертор с дополнительным полумостом». Показана высокая эффективность применения режима рекуперации. Получены зависимости значений выбросов напряжения от обобщенных параметров фильтра, позволяющие выбирать их в соответствии с заданным предельным уровнем выбросов выходного напряжения при минимальных токах инвертора, замыкающихся через фильтр, минуя нагрузку.

Ключевые слова: инвертор напряжения, LC-фильтр, динамические процессы, рекуперация энергии

Processes in three phase voltage inverters operating on branched load that occur during steplike decrease of load current are considered. To suppress a very rapid growth (spike) of output voltage, the inverter is switched to the energy recuperation mode, which continues until the capacitor current decreases to zero. The inverter circuit arrangements «Three single phase half bridges» and «Inverter with an additional half bridge» are considered. A high effect from using the recuperation mode is shown. Dependences of voltage spike values on the generalized filter parameters are obtained, using which the filter parameters can be selected in accordance with the preset limit voltage spike level at the minimal inverter currents closing through the filter in bypass of load.

Key words: voltage inverter, LC-filter, dynamic processes, energy recuperation

Электричество, 2015, №10, с.55–58.

О расчете дополнительных потерь мощности в трехфазных четырехпроводных сетях

АРУТЮНЯН А.Г.

Рассматривается вопрос потерь активной мощности в сетях 0,23–0,24 кВ при несимметричной нагрузке. Проблема является актуальной, так как даже в быту все большее число потребителей имеют нелинейную вольтамперную характеристику. Потери электроэнергии являются составляющей частью тарифа на передачу электроэнергии, и более точное их определение также является актуальным для распределительной сетевой компании. Предлагается методика определения дополнительных потерь активной мощности трехфазных четырехпроводных электрических сетей 0,4/0,23 кВ при искажении и несимметрии фазных токов и напряжений. В существующей методике определения потерь электрических сетей указанные потери определяются с помощью формулы, которая при искажении кривых фазных напряжений и токов не учитывает потери в фазных и нулевом проводах. Предлагаемый метод позволяет определить потери с достоверной точностью в любом режиме трехфазных электрических сетей 0,4/0,23 кВ. Это позволит повысить достоверность оценки дополнительных потерь активной мощности в городских электрических сетях.

Ключевые слова: низковольтные сети, потери мощности

The question of active power losses in 0.23–0.24 kV electric networks operating with unbalanced load is considered. The problem is quite topical because a constantly growing number of domestic consumers have loads with a nonlinear volt-ampere characteristic. Electric energy losses are a constituent part of the tariff for electric power transmission, and their more accurate determination is also an important matter for the distribution network company. A procedure for determining additional active power losses in 0.4/0.23 kV three phase four wire electric networks is proposed that takes into account distortion and imbalance of phase voltages and currents. According to the existing procedure for determining losses in electric networks, these losses are calculated using a formula that does not take into account the losses in the neutral and phase wires with distorted phase voltage and current waveforms. With the proposed method, the losses are determined with reliable accuracy in any operating mode of 0.4/0.23 kV three phase electric networks. Application of this method will make it possible to obtain more reliable assessment of additional active power losses in urban electric networks. Key words: low voltage networks, unbalanced load, active power losses

Электричество, 2015, №10, с. 59–62.

Исследование термограмм композиционного материала

ШЕМЕТОВ Л.А., ШЕМЕТОВА В.К.

Статья посвящена исследованию распределения частиц углерода в стеклопластике, в котором углерод является наполнителем. Используется методика, основанная на анализе проводимости поверхностных слоев материала с наполнителем. Рассматривалось влияние значения тока, времени его протекания, а также формы тока и формы электродов на распределение температуры по поверхности композита. Распределение температуры по поверхности материала, которая находилась в электрическом поле, изучалось с помощью тепловизора. Установлено, что имеющие малое значение токи поляризации не влияют на нагрев образцов, в то время как токи поверхностной утечки играют основную роль в нагреве поверхности композиционного материала. Предлагается использование термограмм для получения информации о распределении углеродного наполнителя в электротехническом композиционном материале.

Ключевые слова: композиционный материал, углеродный наполнитель, термограммы, плотность тока

The article is devoted to studying the distribution of carbon particles in fiberglass plastic that uses carbon as filler. A procedure based on analyzing the conductivity of surface layers in material with filler is used. The study involved consideration of the effect of current value, its duration, and waveform, as well as the shape of electrodes on the temperature distribution over the material surface that was placed in electric field (the latter was studied using an infrared imager). It was found that small amplitude polarization currents do not have an effect on the sample heating pattern, whereas the surface leakage currents play the main role in heating the composite material surface. It is proposed to use thermograms for obtaining information about the distribution of carbon filler in composite electrical material.

Key words: composite material, carbon filler, thermograms, current density

Электричество, 2015, №10, с. 63–66.

Выбор системы управления орбитальным электроприводом муфты пресса

БОГДАНОВ А.О., ЛИТВИНЕНКО А.М.

В современных кривошипных прессах широко применяется пневматический привод муфты и тормоза. Он имеет небольшой (примерно 5%) коэффициент полезного действия (КПД), поэтому использование приводит к дополнительным расходам. Авторами предлагается орбитальный электропривод муфты кривошипного пресса, исключающий использование пневматических цилиндров с низким КПД и тем самым повышающий эффективность работы системы. Проведено сравнение системы управления для орбитального электропривода муфты кривошипного пресса с помощью моделирования в среде Matlab и с проведением эксперимента на физической модели.

Ключевые слова: орбитальный электропривод, кривошипный пресс, муфта, КПД, частотное управление

Электричество, 2015, №10, с. 67–68.

Александр Львович Гершун (1868–1915)