

Алгоритм бесконтактного цифрового индикатора трехфазного напряжения

КОЧУРОВ О.М., КОВАЛЕВ Д.И., БОРИСОВ Р.К., ЖУЛИКОВ С.С., ЧЕРНОКОЗ А.Я.

Системы оперативных блокировок предназначены для предотвращения аварийных и травмоопасных ситуаций на электрических подстанциях. Для организации оперативных блокировок в ячейках комплектных распределительных устройств (КРУ) необходимо иметь технические средства контроля наличия и отсутствия напряжения на токоведущих шинах. Для снижения трудоемкости монтажа большой выигрыш дает применение бесконтактных датчиков напряжения емкостного типа. Большой интерес представляет разработка бесконтактного устройства, способного сигнализировать о наличии и отсутствии напряжения на каждой из токоведущих шин в отдельности и индцировать чередование фаз. В разработанном индикаторе напряжения применена система из трех емкостных датчиков электрического поля, устанавливаемых в КРУ напротив соответствующих шин. Каждый датчик испытывает воздействие полей, создаваемых всеми шинами под напряжением. Таким образом, выходной сигнал каждого датчика представляет собой сумму частичных сигналов, обусловленных напряжением каждой фазы в отдельности. С помощью цифровой обработки сигналов решена задача обнаружения в их составе каждой из трех частичных составляющих. Для моделирования работы датчиков в условиях неопределенности был применен метод статистических испытаний, а в качестве компьютерной среды моделирования – среда MATLAB. Результатом каждого имитационного эксперимента со случайным набором параметров являются реакции датчиков, представленные в векторной форме. На основании этих результатов построены диаграммы на комплексной плоскости для полнофазного и неполнофазного режимов. Показано, что попадание векторов сигналов в ту или иную область позволяет однозначно идентифицировать наличие или отсутствие напряжений на каждой токоведущей шине в отдельности.

Ключевые слова: оперативная блокировка безопасности, распределительное устройство, бесконтактный цифровой индикатор трехфазного напряжения, датчик электрического поля, метод статистических испытаний.

The operational locks are designed to prevent emergency and traumatic situations at electrical substations. For the organization of operational locks of enclosed switchgear it is necessary to have technical means of monitoring the presence and absence of voltage on current-carrying buses. From the point of view of reducing the complexity of installation, a large advantage comes from the use of contactless voltage sensors of capacitive type. Of great interest is the

development of a non-contact device capable of signaling the presence and absence of voltage on each of the live buses individually and indicating the phase alternation. In the developed voltage indicator, a system of three capacitive electric field sensors installed in the switchgear assembly opposite the corresponding buses is applied. Each sensor is affected by the fields created by all live busses. Thus, the output of each sensor is the sum of the partial signals due to the voltage of each phase separately. With the help of digital signal processing, the problem of detecting in their composition the presence or absence of each of the three partial components has been solved. To simulate the operation of sensors under uncertainty conditions, the method of statistical tests was applied, and the computer simulation environment was MATLAB. The result of each simulation experiment with a random set of parameters are the sensor responses presented in vector form. On the basis of these results, diagrams on the complex plane for the full-phase and incomplete-phase regimes are constructed. It is shown that the entry of signal vectors into one or another region allows one to uniquely identify the presence or absence of voltages on each current bus separately.

Key words: operational safety interlocks, switchgear, three-phase voltage non-contact digital indicator, electric field sensor, statistical simulation method.

Электротехника, 2018, № 5, стр.7 – 11

Допустимые напряженности электрического поля в литой эпоксидной изоляции КРУ 6–110кВ

ВАРИВодов В.Н., КОВАЛЕВ Д.И., КРУПЕНИН Н.В., ХРЕНОВ С.И.

Рассмотрена методика выбора рабочей напряженности электрического поля в литой эпоксидной изоляции комплектно-распределительных устройств 6–110кВ с учетом ее размеров, структуры и основных эксплуатационных факторов. Выполнен анализ вольтвременных характеристик электрической прочности литой эпоксидной изоляцией, соответствующим малым вероятностям пробоя при различной интенсивности частичных разрядов. Показано, что распределение электрической прочности литой изоляции при кратковременном и длительном воздействии напряжения промышленной частоты хорошо описывается законом Вейбулла, а влияние размеров на электрическую прочность обусловлено «активным» объемом диэлектрика – области, где напряженность электрического поля составляет не менее 85% от максимальной в промежутке. Дана оценка допустимых напряженностей поля в литой изоляции КРУ 10–35кВ при различной степени неоднородности поля и разной интенсивности частичных разрядов.

Ключевые слова: комплектные распределительные устройства, литая эпоксидная изоляция, электрическая прочность, старение изоляции.

The method of choice of the working electric field in cast epoxy insulation of switchgears 6–110 kV subject to its size, structure and basic performance factors is considered. The analysis of volt-temporal characteristics of the electrical strength of the cast epoxy insulation corresponding to the low probability of breakdown at different intensity of partial discharges is done. It is shown that the distribution of the electrical strength of cast insulation under short- and long-term effects of industrial frequency voltage is well described by the Weibull law, and the influence of dimensions on the electrical strength is due to the «active» volume of the dielectric – an area where the electric field strength is not less than 85% of the maximum in the insulation gap. The estimation of permissible field stresses in cast isolation of switchgears 10–35 kV is given at different degree of inhomogeneity of the field and different intensity of partial discharges.

Key words: switchgear, cast epoxy insulation, electrical strength, aging of insulation.

Электротехника, 2018, № 5, стр.11 – 17

Шинопроводы для распределительных устройств и внутренних связей электрических станций и подстанций 6–750кВ

ВАРИВодов В.Н., КОВАЛЕВ Д.И., КРУПЕНИН Н.В., ХРЕНОВ С.И.

Применение жестких некоронирующих шин с воздушной изоляцией, газонаполненных токопроводов и токопроводов с полимерной изоляцией для соединения различных высоковольтных объектов на станциях и подстанциях позволяет обеспечить уменьшение потерь электроэнергии, повышение надежности и безопасности эксплуатации, а также улучшить экологическую обстановку на станциях и подстанциях. Компактность шинопроводов обеспечивается благодаря применению новых изоляционных сред (в первую очередь – высокопрочных в электрическом отношении газов и полимерных диэлектриков), а также совершенствованию технологии производства и применения этих материалов. В настоящее время используются различные разновидности высоковольтных шинопроводов: экранированные воздушные шинопроводы; шинопроводы с литой полимерной изоляцией; герметизированные экранированные шинопроводы с основной изоляцией высокопрочными газами. Для снижения потерь в шинопроводах применяются технические решения, где используются изоляционные среды с малой диэлектрической

проницаемостью, а шины выполнены некоронирующими при рабочем номинальном напряжении.

Ключевые слова: распределительное устройство, шинопровод, литая полимерная изоляция, воздушная изоляция, экранирование, высокопрочные газы.

The connection of various high-voltage objects at stations and substations with the help of flexible wires is a thing of the past, and they are replaced by rigid non-corona current conductors with air insulation, gas-filled current conductors and polymer-insulated current conductors, since this, first of all, allows to obtain reduction of power losses, increase of reliability and operational safety, improving the ecology of high-voltage equipment. The compactness of busbar trunking systems is mainly provided by the use of new insulating media (first of all high-strength gases and polymer dielectrics), as well as the improvement of production technology and application of these materials. Currently, various types of high-voltage busbar trunking are used: shielded air busbars; busbars with cast polymer insulation; sealed shielded busbars with basic insulation with high-strength gases. In order to reduce losses in busbar can be used technical solutions where insulating agents with low dielectric permittivity are used, and the busbars are made non-corona at the operating rated voltage.

Key words: switchgear, busbars, molded polymer insulation, air insulation, shielding, high-strength gases.

Электротехника, 2018, № 5, стр.18 – 22

Иницирование искровых разрядов между искусственными грозowymi ячейками при помощи гидрометеоров

ТЕМНИКОВ А.Г., ЧЕРНЕНСКИЙ Л.Л., ОРЛОВ А.В., ЛЫСОВ Н.Ю., БЕЛОВА О.С., ЖУРАВКОВА Д.С., КИВШАР Т.К.

Представлены результаты экспериментального исследования влияния массивов модельных гидрометеоров на иницирование и распространение искровых разрядов между искусственными грозowymi ячейками отрицательной и положительной полярности. Установлено, что введение в промежуток между искусственными грозowymi ячейками отрицательной и положительной полярности модельных гидрометеоров различного вида, объединенных в массив различными способами, приводит к существенному росту вероятности иницирования искровых разрядов между ячейками и общей длины формирующейся разрядной системы. Установлено, что наиболее

эффективными для этих целей являются модельные гидрометеоры цилиндрической формы, объединенные в группу диэлектрической леской или лентой. Построена физическая картина формирования группами гидрометеоров искровых разрядов между искусственными грозowymi ячейками разной полярности, учитывающая возможность формирования мощных стримерных и объемных лидерных разрядов.

Ключевые слова: искусственные грозовые ячейки, искровой разряд, внутриоблачная молния, модельные гидрометеоры

Results of the experimental investigation of the influence of the model hydrometeor arrays on the initiation and propagation of the spark discharges between the artificial thunderstorm cells of the negative and positive polarity have presented in the paper. It was established that introduction into the gap between the artificial thunderstorm cells of negative and positive polarity of the model hydrometeors of the different type connected with the various methods leads to the significant increasing of the initiation probability of the spark discharges between the cells and of the common length of the forming discharge system. It was established that the model hydrometeors of the cylinder form connected into the group by the dielectric string or tape will be the most effective for these aims. The physical picture of the formation by the hydrometeor groups of the spark discharges between the artificial thunderstorm cells of the different polarity has been created considering the possibility of the development of the powerful streamer and volume leader discharges.

Key words: artificial thunderstorm cell, spark discharge, intracloud lightning, model hydrometeors.

Электротехника, 2018, № 5, стр.22 – 26

Исследование импульсных перенапряжений в обмотках трансформатора отбора мощности

ЖУЙКОВ А.В., КУБАТКИН М.А., МАТВЕЕВ Д.А., ХРЕНОВ С.И., ЛАРИН В.С., НИКУЛОВ И.И.

Одним из ключевых факторов, определяющих технические характеристики трансформаторов отбора мощности (ТОМ) 110–500 кВ, является компактная структура изоляции, обеспечивающая минимальные размеры обмоток. Поскольку ТОМ – новое оборудование, сочетающее в себе функциональные характеристики силового и конструктивные особенности измерительного трансформаторов, для проектирования его

изоляция необходимы исследования характерных закономерностей переходных процессов, возникающих при импульсных испытаниях и эксплуатационных воздействиях грозовых и коммутационных перенапряжений. В статье приведены результаты экспериментальных измерений импульсных переходных процессов в обмотках полномасштабного макета активной части ТОМ мощностью 20 кВА на номинальное напряжение 110 кВ. Выявлено влияние заземления линейных выводов обмоток низшего напряжения на максимальные значения и длительности импульсных воздействий на продольную изоляцию обмотки высшего напряжения. Показано, что в отличие от силовых трансформаторов с катушечными обмотками, более тяжелые воздействия на изоляцию возникают при отсутствии нагрузки на обмотках НН.

Ключевые слова: трансформатор отбора мощности, импульсные перенапряжения, высокочастотные перенапряжения, импульсный обмер.

One of the key factors determining the performance of the Station Service Voltage Transformers (SSVT) is a compact insulation design that ensures minimum winding sizes. Since SSVT is a new equipment that combines the operational features of the power transformer and the design features of the measuring voltage transformer, it is necessary to study the transient phenomena under the impact of lightning impulse test voltages and of lightning and switching overvoltages in operation in order to design its insulation properly. The article presents the results of experimental investigation of impulse transients in windings of a full-scale mock-up of an active part of a 20 kVA SSVT with a rated voltage of 110 kV. The influence of earthing of low voltage winding terminals on the maximum values and duration of impulse stresses on the longitudinal insulation of the high voltage winding is revealed. It is shown that, unlike power transformers with disc windings, more severe effects on insulation occur when there is no load on the low voltage windings.

Key words: station service voltage transformer, impulse overvoltages, high frequency overvoltages, impulse measurement.

Электротехника, 2018, № 5, стр.27 – 32

Исследование наведенных перенапряжений на вторичных обмотках трансформатора отбора мощности

ЛАРИН В.С., МАТВЕЕВ Д.А., ЖУЙКОВ А.В.

Трансформаторы отбора мощности (ТОМ) находят все большее применение в мировой практике. Одним из ключевых вопросов обеспечения надежной работы ТОМ является координация их изоляции и защита от высокочастотных перенапряжений, в том числе, наведенных на вторичных обмотках. В статье представлены результаты измерений передаточных функций и осциллографирования напряжений на вторичных обмотках трансформатора. Выполнены оценки кратности наведенных перенапряжений для ненагруженных и нагруженных вторичных обмоток трансформатора. Представлены результаты оценки скорости нарастания выходного напряжения при резонансных частотах. Оценены кратности наведенных перенапряжений при воздействии на первичные обмотки затухающего колебательного напряжения.

Ключевые слова: трансформаторы отбора мощности, обмотки трансформаторов, наведенные перенапряжения, резонансные частоты обмоток, защита от перенапряжений.

Station service voltage transformers (SSVT) are increasingly used in world practice. One of the key issues in ensuring reliable operation of SSVT is insulation coordination and protection from very fast transient overvoltages, including those induced on secondary windings. The paper presents the results of measurements of transfer functions and transferred voltage traces in the secondary windings of SSVT. Estimates of maximum values of transferred overvoltages for the cases of unloaded and loaded secondary windings are made. Estimated rates of rise of the output voltages at resonant frequencies are presented. The transferred overvoltage ratios under the impact of the damped oscillatory voltages at the primary winding of SSVT are estimated and discussed.

Key words: station service voltage transformers, transformer windings, transferred overvoltages, winding resonant frequencies, overvoltage protection.

Электротехника, 2018, № 5, стр.34 – 38

Выбор экспертных оценок диагностических испытаний электрической изоляции высоковольтных электрических машин

АНДРЕЕВ А.М., АНДРЕЕВ И.А., ЛЯХОВСКИЙ Ю.З.

Приведены результаты исследования влияния частоты испытательного напряжения на диэлектрические параметры (диэлектрические потери и характеристики частичных разрядов) слюдосодержащей изоляции статорной обмотки высоковольтных электрических

машин. Испытания проводились с использованием макетных образцов статорной изоляции с искусственным дефектом в лобовой области. Установлено, что воздействие испытательного напряжения низкой частоты (0,1 Гц) приводит к увеличению величины тангенса угла диэлектрических потерь и одновременно к снижению максимального кажущегося заряда внешних частичных разрядов по сравнению с испытаниями на промышленной частоте. Установленные соотношения необходимо учитывать для выбора экспертных диагностических оценок при испытаниях высоковольтных электрических машин.

Ключевые слова: изоляция, статорная обмотка, диагностика, частичный разряд, диэлектрические потери, частота, испытательное напряжение

The results influence of the test voltage frequency on the dielectric parameters of the stator winding mica insulation (dielectric loss and partial discharge) of high-voltage electric machines are presented. Tests were carried out using prototypes stator insulation with artificial defect in the endwinding area. It is found that the effect of the low frequency test voltage (0.1 Hz) increases the value of dielectric loss tangent and at the same time to reduce maximum apparent charge of the outer partial discharges compared to tests at power frequency. The ratio should be considered for the selection of expert diagnostic assessments at the high-voltage electrical testing.

Key words: insulation, stator winding, diagnostics, partial discharge, dielectric loss, frequency, test voltage.

Электротехника, 2018, № 5, стр.38 – 44

Применение регулируемых электрических машин в гидроагрегатах малых ГЭС, работающих на энергосистему

МУСТАФАЕВ Р.И., ГАСАНОВА Л.Г., МУСАЕВ М.М.

Проведен сопоставительный анализ экономичности работы гидротурбин, применяемых в малой гидроэнергетике – турбин Френсиса, Пелтона, и осевой турбины Каплана с неподвижными лопастями (пропеллерной турбины) при изменении частоты вращения турбин. Выявлено, что регулирование частоты вращения пропеллерной турбины в зависимости от изменения расхода энергоносителя (воды) повышает КПД этих турбин на 8–10%, что, естественно, приводит к увеличению выработки мощности (энергии) в целом

всего гидроагрегата. Для этих гидротурбин получено выражение, описывающее значение мощности (момента) в функции от частоты вращения гидроагрегата. Это выражение синтезировано из пропеллерной характеристики турбин путем аппроксимации характеристики КПД турбины в функции от частоты вращения полиномом третьей степени. Поскольку это выполнено в относительных единицах, то синтезированное выражение описывает характеристики всех пропеллерных гидротурбин. Составлена математическая модель гидроагрегата, состоящего из модели осевой гидротурбины Каплана с закрепленными лопастями и сочлененного с ней частотно-управляемого синхронного генератора с постоянными магнитами. Проведенные на общей математической модели исследования статических и динамических режимов работы указанного гидроагрегата подтвердили работоспособность системы и заложенных в нее технических решений.

Ключевые слова: малые гидроэлектростанции, турбины Френсиса, турбины Пелтона, турбины Каплана, пропеллерные характеристики, частотно-управляемые синхронные машины с постоянными магнитами.

The comparative analysis of the economical operation of the hydro turbines, used in small hydropower – Francis, Pelton, semi-Kaplan (fixed blades adjustable gates) while changing the rotation frequency, has been carried out. It was found that the regulation of the turbine rotation speed depending on changes in water flow rate-energy carrier, improves efficiency of propeller turbines by 8-10%, which naturally leads to increased power production in the hydraulic unit with these turbines in total. Expression describing the power (torque) characteristics for these water turbines as a function of the speed of rotation of hydraulic unit were obtained. This expression is generated from a turbine propeller characteristics by fitting the characteristics of the turbine efficiency as a function of speed of rotation expressed by polynomial of degree three. Since the relative units were used, the generated expression describes the characteristics of all the types of propeller hydraulic turbines. The mathematical model of the hydraulic unit, consisting of a mathematical models of semi-Kaplan turbines with fixed blades and coupled with frequency-controlled permanent magnet synchronous generator was developed. The study of static and dynamic modes of operation of above mentioned hydraulic unit conducted on base of the final mathematical model, confirmed the operational integrity of the system and the related technical solutions.

Key words: small hydropower, Francis turbine, Pelton turbine, Kaplan turbine, propeller characteristics, frequency controlled permanent magnet synchronous machines.

Электротехника, 2018, № 5, стр.45 – 48

Физическое моделирование электромагнитных помех в электронных средствах при воздействии электромагнитных полей высоковольтных линий электропередачи

ГИЗАТУЛЛИН З.М., НУРИЕВ М.Г., ГИЗАТУЛЛИН Р.М.

Высоковольтные линии электропередачи являются мощными промышленными источниками электромагнитных помех для электронных средств. В статье предложены математические модели, описывающие электромагнитные поля и помехи для физического моделирования воздействия высоковольтных линий электропередач. Представленные математические модели, схема экспериментального стенда, оборудование и расчетные параметры физических моделей составляют основу практической методики физического моделирования электромагнитных помех в электронных средствах при воздействии высоковольтных линий электропередачи. Примеры реализации физического моделирования электромагнитных помех подтверждают практическую пригодность данного подхода и достаточную точность исследований (расхождение не более 30%).

Ключевые слова: физическое моделирование, электромагнитное поле, высоковольтная линия электропередачи, электромагнитная совместимость, электромагнитная помеха, электронное средство, математическая модель.

High-voltage power line are powerful industrial sources of electromagnetic interference for electronic means. This work provides mathematical models describing electromagnetic fields and interferences to implement physical modeling the influence of the high-voltage power lines. These mathematical models, experimental stand scheme, equipment and the calculated parameters of physical models make the foundation for the practical technique aimed to investigate electromagnetic interference in the electronic means the influence of high-voltage power lines on the basis of physical modeling. Successful examples of physical modeling of electromagnetic interference presented by the authors allow to assert that this approach has practical feasibility and it provides the research accuracy (the difference is not more than 30%).

Key words: physical modeling, electromagnetic field, high-voltage power line, electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, electronic means, mathematical model.

Оценка влияния слабоформализуемых факторов на показатели надежности энергообъектов

ЖУКОВ В.В., ШМЕЛЕВ А.В., МИХЕЕВ Д.В.

Эффективная работа интеллектуальных электронных устройств и оптоволоконных кабелей, которые используются при формировании современных энергетических объектов, так же как и их показатели надежности, зависят от изменяющихся внешних условий работы. В этой связи актуальной является проблема оценки влияния слабоформализуемых факторов на показатели надежности элементов энергообъектов, которые в традиционных методах расчета надежности не учитываются. В качестве объекта исследования принята цифровая подстанция (ЦПС). Разработана методика оценки надежности ЦПС с учетом влияния на нее слабоформализуемых факторов в виде температуры и влажности окружающей среды. Получены результаты по степени влияния слабоформализуемых факторов на показатели надежности элементов ЦПС с использованием функции принадлежности из нечеткой логики, основанной на количественном описании качественных (словесных) понятий, таких, как температура и влажность. Эти понятия описывают условия изменяющейся окружающей среды. В качестве параметра, характеризующего надежность ЦПС, рассматривается коэффициент готовности объекта, показывающий готовность ЦПС противостоять различным внешним воздействиям при сохранении электроснабжения потребителей. Разработанную методику рекомендуется также использовать при оценке надежности элементов интеллектуальных сетей (Smart Grids) различных энергосистем с учетом влияния на них слабоформализуемых факторов окружающей среды.

Ключевые слова: цифровая подстанция, Smart Grids, надежность, коэффициент готовности, слабоформализуемые факторы, теория множеств.

Efficient use of intelligent electronic devices and fiber optic cables, which are used in formation of modern energy objects, as well as their reliability indexes, depend from changing external working conditions. In this regard, the problem of assessing of the weakly formalized factors impact on energy objects elements reliability indexes, which are not considered in traditional methods of reliability calculation, is actual. Digital substation (DSP) was defined as the object of study. The method for evaluating the reliability of DSP with the influence of weakly formalized factors in the form of temperature and ambient humidity was developed. Results on the degree of influence of weakly formalized factors on DSP elements reliability indices with using the membership function from the fuzzy logic, based on a quantitative description of the qualitative

(verbal) concepts, such as temperature and humidity, were obtained. These terms describe the environmental conditions. The availability object coefficient, showing an availability of the DSP to confront to various external influences while retaining consumers' power supply, is considered as a parameter characterizing the reliability of the DSP. The developed method is also recommended to use in assessing of the reliability of Smart Grids elements of different energy systems taking into account influence of weakly formalized environmental factors on them.

Key words: digital substation, Smart Grids, reliability, availability coefficient, weakly formalized factors, cloud theory.

Электротехника, 2018, № 5, стр.57 – 60

Иницирование дугового разряда в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе

СИВКОВ А.А., ГЕРАСИМОВ Д.Ю.

Приведены результаты экспериментов по иницированию дугового разряда типа Z-пинч в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе различными способами. Установлено, что с увеличением сопротивления между электродами возрастает коммутационное напряжение и уменьшается время зажигания дугового разряда. Электрофизические параметры дуги, такие как напряжение, разрядный ток, длительность импульса, перенесенный заряд и подведенная энергия не зависят от способа иницирования дугового разряда.

Ключевые слова: магнитоплазменные ускорители, дуговой разряд, иницирование разряда.

The paper presents the results of experimental studies connected with searching the ways how to initiate the Z-pinch arc discharge in a coaxial magneto plasma accelerator. It is experimentally found that an increase in the resistance between the electrodes gives rise to increasing the switching voltage and decreasing the time of the arc discharge ignition. The electrophysical parameters of the arc such as voltage, discharge current, pulse duration, transferred charge and input energy do not depend on the method of the arc discharge ignition.

Key words: magnetoplasma accelerators, arc discharge, initiation of discharge.

Сравнительный анализ эффективности трех- и пятифазной вентильных синхронных машин

ТЕРЕШКИН В.М., ГРИШИН Д.А., МАКУЛОВ И.А.

Установлено, что при равенстве фазных токов трех- и пятифазной машин переменного тока, число витков в фазе пятифазной машины должно быть меньше в $5/3$ раза. При выполнении этого условия трех- и пяти фазная обмотка создают равновеликую намагничивающую силу при одинаковом количестве меди. Индуктивность коммутируемых фаз пятифазной машины уменьшается, что упрощает коммутацию ключей. Уменьшение числа витков в фазе пятифазной обмотки также приводит к ослаблению реакции якоря, диапазон регулирования пятифазной машины по сравнению с трехфазной машиной увеличивается. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие теоретические исследования.

Ключевые слова: пятифазная синхронная машина, пятифазный преобразователь, коммутация силовых ключей, реакция якоря, диапазон регулирования частоты вращения.

It is found that at equal values of the phase currents of three- and five-phase AC machines, the number of turns in the five-phase machine phase should be less than 3,5 times. Under these conditions, three- and five-phase winding, creating equal-magnetizing force for the same amount of copper. Inductance switched phase five-phase machine is reduced, which simplifies the switching keys. Reducing the number of turns in the five-phase winding phase also leads to weakening of the armature reaction. Five-phase control range is increased in comparison with the machines of three-phase machine. The results of experimental studies, confirming theoretical studies.

Key words: five-phase synchronous machine, five -phase inverter, switching power switches, anchor reaction, the range of regulation of frequency of rotation.

Развитие методов структурного синтеза однофазных выпрямителей с повышенным уровнем выпрямленного напряжения

МЯТЕЖ С.В., ЩУРОВ Н.И., ИВАНОВ В.В.

Статья посвящена решению задач структурного синтеза и схемотехнического анализа. В рамках метода структурного синтеза каждое результирующее выпрямляемое напряжение

следует рассматривать как максимальную разность потенциалов на топографической потенциальной плоскости. Простые положения метода структурного синтеза адаптированы и проиллюстрированы примерами для неуправляемых выпрямителей однофазного переменного тока с повышенным уровнем выпрямленного напряжения. Определено влияние топологических структур неуправляемых выпрямителей на основные параметры. Установлены пути развития схемотехнических решений и способы достижения требуемых свойств и параметров неуправляемых выпрямителей однофазного переменного тока. В сочетании с известными аналитическими методами и компьютерным моделированием это позволяет количественно оценить степень эффективности схемных решений для направленного поиска путей их дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: однофазный выпрямитель, структурный синтез, топология, моделирование.

The article is devoted to the solution of problems of structural synthesis and circuit analysis. From the point of view of the foundations of the method of structural synthesis of each of the resulting straighten voltage should be viewed as the maximum potential difference on the topographic potential plane. Easy method of structural synthesis adapted and illustrated by examples for uncontrolled rectifiers single-phase alternating current with a high level of the rectified voltage. In the article the influence of topological structures uncontrolled rectifiers for the main parameters. The ways of development of technical solutions and means of achieving the required properties and parameters uncontrolled rectifiers single-phase alternating current. Combined with known analytical methods and computer simulations gave quantitative assessment of the degree of efficiency circuit design for the implementation of the directed search of ways of their further improvement.

Key words: single-phase rectifier, structural synthesis, topology, simulation.

Электротехника, 2018, № 5, стр.73 – 76

Электротехнология плавки в электромагнитной печи с U-образным магнитопроводом
Левшин Г.Е.

Приведены результаты экспериментального и расчетного определения электротехнических и тепловых параметров новой электротехнологии плавки и лабораторной электромагнитной индукционной плавильной тигельной печи с U-образным

магнитопроводом. Печь с рабочим объемом 5,7 дм³ создает горизонтальный магнитный поток частотой 50 Гц между двумя полюсами этого магнитопровода, воздействующий на тигель с шихтой. Показаны возможность быстрой плавки силумина и латуни при питании печи от сети напряжением 220 или 380 В со средней скоростью нагрева до 15,5 и 25 °С/мин соответственно и необходимость жидкостного охлаждения многопроволочной электрической катушки при плотности тока более 5 А/мм². Предложены критерии оценки эффективности работы и конструкции таких печей. Эти результаты позволят создать методику проектирования и расчета основных электрических, магнитных и тепловых параметров электромагнитных печей различных типоразмеров.

Ключевые слова: электротехнология, индукционная электромагнитная печь, изогнутый магнитопровод, электрическая катушка.

The results of experimental and calculation determination of electrical and thermal parameters of the new electrotechnology laboratory melting and electromagnetic induction melting crucible furnace with a curved U-shaped magnetic core are given. The furnace with a working volume of 5,7 dm³ creates a horizontal magnetic flux frequency of 50 Hz between the two poles of the magnetic core, working on the crucible with the charge. Shows The possibility of rapid melting silumin and brass when powered furnace directly from the mains voltage of 220 or 380 V with an average heating rate of up to 15.5 and 25 °C/min, respectively, and the need for liquid-cooled multi-wire electrical coil at a current density of 5 A/mm². Proposed assessment criteria the efficiency and design of these ovens. These results will allow the establishment of methods of design and analysis of basic electrical, magnetic and thermal parameters of the electromagnetic ovens of different sizes.

Key words: electrotechnology, electromagnetic induction oven, a curved magnetic core, electrical coil.

Электротехника, 2018, № 5, стр.77 – 78

Григорий Бенционович Лазарев (к 80-летию со дня рождения)