

Исследование взаимодействия молнии, инициированной запуском ракет с тросом, с различными объектами и системами (Часть 1)

РАКОВ В.А.

Статья содержит обзор экспериментальных результатов по действию молниевых разрядов, инициированных запуском в грозовое облако ракеты с длинным проводящим шлейфом, на различные объекты и системы. В качестве объектов, находящихся под действием молниевых разрядов, рассматриваются воздушные распределительные сети, подземные кабели, ЛЭП, жилые здания и светосигнальные системы взлетно-посадочных полос аэропортов. Дополнительно дается краткий обзор использования инициированного молниевых разрядов для тестирования компонентов систем питания, различных типов молниеотводов и других объектов, а также для измерений шагового напряжения и исследований фульгуритов.

Ключевые слова: инициирование молнии, ракета, трос

A review of experiments based on using rocket-and-wire triggered lightning and aimed at studying lightning interaction with various objects and systems is given. The test systems included overhead power distribution lines, underground cables, power transmission lines, residential buildings, and an airport runway lighting system. Additionally, briefly reviewed is the use of triggered lightning for testing components of power systems, different types of lightning rods, and other objects, as well as for measuring step voltages and for making fulgurites.

Key words: triggered lightning, rocket-and-wire

Методика расчета распределения магнитных полей в активной зоне синхронных генераторов с электромагнитным возбуждением в автономных электроэнергетических установках

КОВАЛЕВ Л.К., КОВАЛЕВ К.Л., ИВАНОВ Н.С., ТУЛИНОВ Е.Е.

Представлена аналитическая методика расчета двухмерных магнитных полей в активной зоне неявнополюсного синхронного генератора с обмоткой возбуждения в индукторе на роторе. Получены аналитические зависимости для ЭДС и главного индуктивного сопротивления генератора. Обсуждаются перспективы использования обращенной конструкции синхронных машин в электроэнергетических установках. В сочетании с ранее разработанной аналитической методикой расчета синхронного генератора с постоянными магнитами, изложенной в [1], разработанный подход позволяет установить взаимосвязь магнитодвижущей силы (МДС) постоянного магнита (ПМ) и МДС обмотки возбуждения (ОВ), выполненной из меди или высокотемпературных сверхпроводников. Это позволяет оценить эффективность использования тех или иных типов машин (с ПМ или с электромагнитным возбуждением) и установить, при каких условиях охлаждения различные типы машин обладают наиболее высоким уровнем мощности единичного агрегата.

Ключевые слова: синхронный генератор, электромагнитное возбуждение, двухмерные магнитные поля, высокотемпературные сверхпроводниковые элементы, мощность единичного агрегата

An analytical procedure for calculating 2D magnetic fields in the active zone of a nonsalient-pole synchronous generator with the field winding installed in the inductor on the rotor is presented. Analytical dependences for the EMF and generator main inductive reactance are obtained. Prospects of using an inverted design of synchronous machines in electric power installations are discussed. When taken in combination with the previously developed analytical procedure for calculating a permanent-magnet synchronous generator described in [1], the developed approach makes it possible to establish a correlation between the magnetic motive force (MMF) of the permanent magnet and the MMF of the field winding made of copper or high-temperature superconductors. By applying this approach it is possible to estimate the effectiveness of using

some or other types of machines (with permanent magnets or with electromagnetic excitation) and determine under what cooling conditions different types of machines have the highest power capacity of a single set.

Key words: synchronous generator, electromagnetic excitation, 2D magnetic fields, high-temperature superconducting elements, capacity of a single set

Закономерности изменения параметров размерного ряда турбогенераторов для децентрализованной энергетики

АНТИПОВ В.Н., ГРОЗОВ А.Д., ИВАНОВА А.В.

Исследованы закономерности размерного ряда синхронных машин с постоянными магнитами, используемых как турбогенераторы в децентрализованной энергетике. Изучены различные соотношения между электромагнитными нагрузками, геометрическими размерами, параметрами статорной обмотки и постоянных магнитов. Выполнено сравнение с реальными проектами и установлены оптимальные закономерности для размерного ряда машин. Проведенные исследования будут полезны при проектировании турбогенераторов газотурбинных установок. Делается вывод о том, что размерный ряд турбогенераторов при одинаковой номинальной частоте вращения целесообразно выполнять с неизменными значениями индукции и плотности тока обмотки статора.

Ключевые слова: турбогенераторы, постоянные магниты, размерный ряд, изменение параметров, газотурбинные установки

Regularities pertinent to the size series of permanent-magnet synchronous machines used as turbine generators in decentralized power supply systems are investigated. Various correlations between electromagnetic loads, geometrical parameters, and parameters of the stator winding and permanent magnets are studied. A comparison with real projects is carried out and the optimal regularities for the machine size series are determined. The obtained investigations will be useful in designing the turbine generators of gas turbine units. A conclusion is drawn according to which it is advisable to design the size series of turbine generators having the same nominal rotation frequency with the same values of induction and stator winding current density.

Key words: turbine generators, permanent magnets, size series, variation of parameters, gas turbine units

Управление частотой возбуждения асинхронизированного вентильного двигателя как способ повышения его энергоэффективности

ТУТАЕВ Г.М.

Асинхронная и синхронная машины, а также двигатель двойного питания являются частично управляемыми объектами [1]. Основные требования к машине переменного тока могут быть в максимальной степени удовлетворены применением асинхронизированного вентильного двигателя (АВД). Он представляет собой вариант двойного питания со статическими преобразователями частоты на статоре и роторе. Это обеспечивает реализацию целого ряда энергетически эффективных алгоритмов [3–6]. Рассмотренные в статье алгоритмы возбуждения АВД постоянным током $w_2=0$ и регулирования частоты возбуждения в функции электромагнитного момента $w_2=f(M_{эм})$ позволяют получить высокие значения КПД и $\cos \varphi$ в широком диапазоне нагрузок. Ток, возбуждение АВД постоянным током обеспечивает $\cos \varphi = 0,955$ при номинальной нагрузке. Базовый же двигатель 4AK250SB4Y3 имеет $n=0,905$ и $\cos \varphi = 0,9$. Общим недостатком предложенных алгоритмов является возможность их применения только в синхронной зоне регулирования угловой скорости ротора вследствие ограничения ресурсов ПЧ статора и существенного возрастания потерь в стали с увеличением скорости.

Ключевые слова: асинхронизированный вентильный двигатель, многоканальное управление, статические преобразователи частоты, энергетическая эффективность

An asynchronous machine, a synchronous machine, and a double-fed motor are partially controlled components. The main requirements imposed on an AC machine can be met to the fullest extent through the use of an asynchronized converter-fed motor (ACFM). Such motor is a version of a double-fed machine fitted with static frequency converters in the stator and rotor. With this arrangement, a number of energy-efficient algorithms can be implemented. The considered algorithms for exciting an ACFM with direct current $\omega = 0$ and for adjusting the excitation frequency as a function of electromagnetic torque $\omega = f(M_{em})$ make it possible to obtain high values of efficiency and $\cos \varphi$ in a wide range of loads. Thus, with an ACFM excited by direct current, it is possible to obtain $\cos \varphi = 1 \rightarrow 0.955$ at the nominal load, whereas the basic Type 4A250SB403 motor has $\eta = 0.905$ and $\cos \varphi = 0.9$. The common drawback of the proposed algorithms is that they can be used only in the synchronous zone of controlling the rotor angular speed due to limited capacities of the stator frequency converter and due to an essential growth of iron losses with increasing the speed.

Key words: asynchronized converter-fed motor, multichannel control, static frequency converters, energy efficiency

Оценка гармоник электрической величины на фоне преобладающего гармонического спектра шума

АНТОНОВ В.И., НАУМОВ В.А., СОЛДАТОВ А.В., ЕГОРОВ Н.В.

В сетях с изолированной или компенсированной нейтралью для релейной защиты в качестве информационной составляющей используется гармоника, возникающая в схеме однофазного замыкания на землю. Уровень этой информационной составляющей уступает уровню составляющей основной гармоники сети, являющейся в этом случае гармонической помехой, поэтому информационная составляющая часто неразличима для тракта аналого-цифрового преобразования (АЦП) защиты. Предлагается схема построения тракта АЦП цифровой системы релейной защиты, предназначенного для распознавания слабой гармоники электрической величины на фоне преобладающего гармонического шума. Исследуется разрешающая способность тракта, приводится методика выбора элементов тракта, оптимальных с точки зрения достижения необходимой точности оценки информационной составляющей.

Ключевые слова: релейная защита, аналого-цифровое преобразование, гармонический шум, слабые гармоники, оценка

In networks with an insulated or a compensated neutral, the harmonic component arising in the single-phase ground fault circuit is used as an information component for relay protection. The level of this information component is well below the level of the fundamental network voltage harmonic component, which in this case behaves as harmonic noise. As a result, the information component is often undetectable for the protection analog-to-digital conversion (ADC) path. An ADC path arrangement for a digital protection system is proposed that is intended for recognizing the electrical machine weak harmonic component against the background of predominant harmonic noise. The path resolution capacity is investigated, and a procedure for selecting the path elements optimal from the viewpoint of achieving the required accuracy of estimating the information component is presented.

Key words: relay protection, analog-to-digital conversion, harmonic noise, weak harmonic components, estimation

Бесконтактные тахогенераторы постоянного тока с безынерционным фильтром выпрямленного напряжения

ГРИДИН В.М.

Рассмотрены бесконтактные тахогенераторы постоянного тока, содержащие синхронный генератор, выпрямитель его выходных напряжений, датчик положения ротора (ДПР), преобразователь его сигналов, перемножитель напряжений преобразователя и выпрямленного напряжения. Генератор выполнен с двух- или трёхсекционной якорной обмоткой, выпрямитель – по мостовой схеме. Предложены четыре зависимости выходного напряжения преобразователя от углового положения ротора, устройство ДПР и схемы преобразования его сигналов. У рассмотренных тахогенераторов пульсация выходного напряжения значительно меньше, чем у обычных тахогенераторов постоянного тока, не превышает 2% и не зависит от частоты вращения вала.

Ключевые слова: бесконтактный тахогенератор постоянного тока, синхронный генератор, датчик положения ротора, перемножитель напряжений, пульсация выходного напряжения

Contactless DC tachogenerator containing asynchronous generator, a rectifier of its output voltages, a rotor position sensor, (RPS), a converter of its signals, and a device for multiplying the converter voltage by the rectified voltage are considered. The generator is made with a two- or three-section armature winding, and the rectifier is made according to the bridge circuit arrangement.

Four dependences of the converter output voltage on the rotor angular position are proposed together with the RPS design and a circuit for converting its signals. The considered tachogenerators have the output voltage ripple considerably smaller than usual DC tachogenerators; it does not exceed 2% and does not depend on the shaft rotation frequency.

Key words: contact less DC tachogenerator, synchronous generator, rotor position sensor, multiplier of voltages, output voltage ripple

К описанию переходных процессов в электрических машинах постоянного тока

ДИЕВСКИЙ В.А.

До настоящего времени в теории электрических машин и электропривода не сформирован единый подход к описанию переходных (и установившихся) процессов. Это проявляется и в различном обозначении величин и в вопросе о переходе к безразмерным величинам при описании переходных процессов. В основу предлагаемого подхода к описанию переходных процессов электрических машин положен выбор в качестве базовых номинальных значений угловой скорости, тока и момента, а также переход к безразмерному времени.

Дифференциальные уравнения электродвигателя постоянного тока с независимым или параллельным возбуждением при принятых условиях содержат пять безразмерных параметров. Получены решения этих уравнений для режимов: пуска без нагрузки и под нагрузкой, при набросе или сбросе нагрузки. Найдены экстремальные значения тока и угловой скорости. Проведено сравнение с результатами в работах других авторов.

Ключевые слова: электрическая машина, постоянный ток, переходные процессы, параметры, режимы

Up to now, a unified approach to description of transient (as well as steady-state processes) has not been established in the theory of electrical machines and electric drives. This is manifested both in different notations of quantities and in the question of shifting to dimensionless quantities in describing transients. Selecting the nominal angular speed, current, and torque as the base values and making a shift to dimensionless time are laid at the heart of the proposed approach to description of transients in electrical machines. With the adopted conditions, the differential equations of a DC electric motor with independent or parallel excitation contain five dimensionless parameters. Solutions of these equations are obtained for the modes of startup without load and under load, and in load inrush and load rejection modes. The extreme values of current and angular

speed are found. The obtained data are compared with the results reported in the works of other researchers.

Key words: electrical machine, direct current, transients, parameters, operating modes

Прохождение плазмоида через диэлектрик

МИСКИНОВА Н.А., ШВИЛКИН Б.Н.

Предпринята попытка развития плазменной модели шаровой молнии, предложенной академиком П.Л. Капицей. Показана возможность получения оторванных от электродов светящихся в воздухе плазмоидов, подобных шаровым молниям, и их способность прохождения через диэлектрические пластины.

Ключевые слова: шаровая молния, плазменная модель, получение плазмоидов, диэлектрические пластины

An attempt is made to develop the ball lightning plasma model proposed by Academician P.L. Kapitsa. The possibility to obtain plasmoids glowing in air and separated from the electrodes similar to ball lightning, and their ability to pass through dielectric plates are shown.

Key words: ball lightning, plasma model, obtaining plasmoids, dielectric plates

Круговой виток с разрезом над тонкостенным листовым проводником в магнитно-импульсной обработке металлов

ГНАТОВ А.В.

Проведен анализ электромагнитных процессов в индукторной системе для магнитно-импульсной обработки металлов, состоящей из плоского «незамкнутого» кругового витка, расположенного над тонкостенной немагнитной проводящей листовой заготовкой. Получены основные зависимости для расчёта пространственно-временного распределения вихревых токов в рассматриваемой индукторной системе. По полученным аналитическим соотношениям даны численные оценки и построены объёмные эпюры амплитудно-пространственного распределения плотности индуцированного тока.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка металлов, индукторная система, электромагнитные процессы, тонкостенная листовая заготовка, вихревые токи

Identical solenoids are used as tools for magnetic-impulse processing of metals in studying the relevant electromagnetic processes, which are represented in an analysis by closed circular loops. The use of such assumption makes it possible to simplify the solution of the stated problem by introducing the axial symmetry condition [1—4]. In reality, a turn cannot be a closed circular loop; it is a circuit element connected in series with a power source. The turn has a cut, and the function describing the azimuthal distribution of exciting current undergoes a second-kind discontinuity [5]. Eddy currents in thin-walled metals are excited under the conditions in which the acting electromagnetic fields intensely penetrate in them. Investigation of these processes for magnetic-impulse processing of metals is a topical problem with essential significance for practical applications. Therefore, an analysis of the way in which eddy currents are excited in physically opposite idealizations will make it possible to estimate the natural differences to the fullest extent and to reveal the most interesting lines of further investigations of real designs of tools aimed at implementing magnetic-impulse technologies [6, 7].

The aim of this study is to calculate spatial and temporal distribution of eddy currents excited by the field induced by a flat «unclosed» circular turn placed above a thin-walled nonmagnetic metal sheet.

The calculation results allow a conclusion to be drawn that penetration of acting field through the metal of a thin-walled sheet leads in the final analysis to «spreading» of induced current in the transverse direction from the region lying immediately under the inductor turn. As the «cut» width

increases in the case of thin-walled sheet metal, the induced current amplitude immediately under the inductor turn becomes essentially smaller than in the case of an ideal conductor. The author of the article gives a physical explanation to this fact.

Key words: magnetic-impulse processing of metals, inductor system, electromagnetic processes, thin-walled sheet billet, eddy currents

Проблемы трансформаторостроения на совместном коллоквиуме комитетов А2 и С4 СИГРЭ в 2013 г.

ЛАРИН В.С.

В период с 8 по 14 сентября 2013 года в г. Цюрих, Швейцария на базе Швейцарской высшей технической школы (Swiss Federal Institute of Technology, ETH) прошел совместный коллоквиум Исследовательских комитетов А2 «Трансформаторы» и С4 «Технические характеристики энергосистем» Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ).*

В работе совместного коллоквиума комитетов А2 и С4 приняли участие представители компаний – производителей трансформаторного оборудования и комплектующих, систем диагностики и мониторинга, представители электроэнергетических компаний, научно-исследовательских и образовательных институтов. Всего было зарегистрировано около 250 участников из 38 стран мира.

В рамках совместного коллоквиума комитетов А2 и С4 состоялись:

открытая сессия (доклады приглашенных докладчиков и устные доклады) и постер-сессия;
практические семинары;
закрытые заседания комитетов А2 и С4 СИГРЭ и рабочих групп;
техническая выставка и технические экскурсии.

Николай Гаврилович Славянов (1854–1897)

ГРИГОРЬЕВ Н.Д.

Русский изобретатель, основоположник дуговой электрической сварки плавящимся электродом и уплотнения металлов Николай Гаврилович Славянов родился в многодетной семье штабс-капитана царской армии 5 мая (23 апреля по ст. ст.) 1854 г. в с. Никольское Задонского уезда Воронежской губернии (ныне Задонский муниципальный район Липецкой области)...

Юрий Борисович Казаков К 60-летию со дня рождения)