

Электротехника, №12-2018, стр. 2-4.

К 75-летию Алтайского государственного технического университета им. И.И.

Ползунова

НИКОЛЬСКИЙ О.К.

Электротехника, №12-2018, стр. 5-9.

Экспертная система оценки техногенных рисков электроустановок с использованием темпоральной логики

КАЧЕСОВА Л. Ю., НИКОЛЬСКИЙ О.К.

Рассмотрена экспертная система, в которой базы знаний формализуют техногенные риски в электроустановках предприятий агропромышленного комплекса. Базы знаний содержат правила влияния факторов риска на значение техногенного риска электроустановки. Правила описываются в виде совокупности нечетких лингвистических высказываний, которые могут быть темпоральными. Простые темпоральные высказывания формируются применением к простому лингвистическому высказыванию одной из унарных операций прошлого времени «всегда в прошлом» или «когда-либо в прошлом» темпоральной логики. Составные темпоральные высказывания образуются из простых высказываний с использованием в качестве связок бинарных нечетких логических операций «И», «ИЛИ» и «приоритетное И». С использованием созданной экспертной системы была проведена оценка риска аварии электроустановок на объекте АО «Сетевая компания Алтайкрайэнерго», как без использования темпоральных операторов, так и с их использованием. В первом случае значение риска аварии (базовое) $R_B = 2,3 \cdot 10^{-4}$, что оценивается как допустимое. Во втором случае – ($R_T = 1,4 \cdot 10^{-3}$) был получен неприемлемый (высокий) риск. Несоответствие нормативным требованиям техногенной безопасности подтверждается анализом электрохозяйства рассматриваемого производственного объекта. Результаты исследований показали, что предлагаемая экспертная система оценки техногенных рисков электроустановок с использованием темпоральной логики дает более адекватную оценку техногенной безопасности рассматриваемого производственного объекта.

Ключевые слова: экспертная система, техногенный риск, электроустановка, темпоральная логика, нечеткий логический вывод.

The article presents an expert system which knowledge base formalize technogenic risks of electrical facilities of agricultural enterprises. Knowledge bases contain rules for the influence of risk factors on the value of the technogenic risk of the electrical facilities. The rules are described as a set of fuzzy linguistic statements. Fuzzy linguistic statements can be temporal. Simple temporal statements are formed by application to a simple linguistic statement by one of the unary operations the past time "always in the past" or "sometime in the past" temporal logic. Temporal composite statements are formed of simple statements with using as ligaments of the binary fuzzy logical operations "AND", "OR" and "priority And". Using the developed expert system was carried out to estimate the risk of an accident power system production facility of the network company Altaykrayenergo, both without the use of temporal operators and with their use. In the first case, the magnitude of the risk of a crash (base) $R_B = 2,3 \cdot 10^{-4}$, which is evaluated as valid. In the second case, $[R_T = 1,4 \cdot 10^{-3}]$ obtained unacceptable (high) risk. Analysis of electrical facilities of the considered production facility also confirmed inadequacy to requirements of electrical safety. Our research shows proposed expert system evaluating the technogenics risks of the electrical facilities with using temporal logic gives a more adequate assessment of technogenic safety of the considered production facility.

Keywords: expert system, technogenic risk, electrical facilities, temporal logic, fuzzy logical inference.

Электротехника, №12-2018, стр. 10-14.

Мобильная система интегрированной оценки опасности электромагнитных излучений

СОШНИКОВ А.А., МИГАЛЁВ И.Е., ТИТОВ Е.В.

Для мониторинга электромагнитной обстановки в различных сферах производства и быту при неопределенности частотных диапазонов и характера распределения электромагнитного поля в пространстве предложен подход, основанный на формировании картин опасности в виде карты допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства, полученной по результатам ограниченного числа измерений и моделирования электромагнитного поля с учётом возможности одновременного влияния и усиления результирующего действия нескольких источников электромагнитного излучения. Рассмотрены принципы формирования точечной и цилиндрической картин опасности электромагнитных излучений путем преобразования картин распределения параметров электрических, магнитных полей и плотности потока

энергии на основе проведённой систематизации методов определения допустимого времени пребывания в различных зонах исследуемого пространства. Представлены структура и техническая характеристика базовой модификации системы интегрированной оценки опасности электромагнитных излучений (технологического модуля). Приведена методика, реализующая предложенный подход к оценке состояния электромагнитной обстановки с использованием технологического модуля, учитывающая возможность совместного действия различных составляющих ЭМП.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка, электромагнитные излучения, картина опасности, моделирование электромагнитного поля.

To monitor the electromagnetic environment of various industrial and domestic objects while taking into account the indeterminacy of the used frequency ranges and spatial distribution of electromagnetic field, we recommend an approach based on the so-called danger pictures in the form of an allowed stay time for human in various zones of the space under study. The map is based on the results of limited number of measurements and of the electromagnetic field modeling while taking into account the possibility of simultaneous influence and amplification of multiple electromagnetic radiation sources' fields. The article reviews the build principles for point and cylindrical danger pictures. Pictures are built by transforming the electric field (or magnetic field, or energy flux density) distribution maps. The transformation is based on the systematization of allowed stay time determination methods in various zones of the space under study. The article provides the structure and the technical characteristics of the basic modification for the integrated system of the electromagnetic radiation danger level evaluation (i.e. the technological module). The article provides the methodic implementing that approach to the electromagnetic environment state evaluation using the technological module while taking into account the possibility of simultaneous influence of various electromagnetic field components.

Key words: electromagnetic environment, electromagnetic radiation, danger picture, electromagnetic field modeling.

Электротехника, №12-2018, стр. 14-20.

Оптимизационные алгоритмы для решения задач комплексной электрификации на основе возобновляемых источников энергии

КУЛИКОВА Л.В., ЕВМЕНЧИК А.С., ДЕЛЯГИН В.Н.

В статье обоснована перспектива оптимального использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для сельскохозяйственных потребителей, представлены методы формирования оптимизационных алгоритмов, позволяющие решать вопросы комплексной электрификации агропромышленных районов с учетом множества факторов.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, оптимизационные алгоритмы.

This article gives the justification of prospects of optimal use non-conventional and renewable sources of energy for agricultural consumers, presents methods of forming optimization algorithms that allow to solve problems of the complex electrification of agroindustrial areas taking into account many factors.

Key words: energy conservation, energy efficiency, alternative and renewable sources of energy, optimization algorithms.

Электротехника, №12-2018, стр. 21-29.

Системы обогрева на основе наноструктурных многоэлектродных композиционных электрообогревателей

ХАЛИНА Т.М., ХАЛИН М.В., ДОРОШ А.Б., ВОСТРИКОВ Е.И., ВЕДМАНКИН А.В.

Представлен обзор и анализ существующих систем и технических средств локального обогрева объектов энергетики, агропромышленного и жилищно-коммунального комплексов, в том числе на основе наноструктурных многоэлектродных композиционных электрообогревателей. Получены электрофизические и физико-механические параметры изоляции, которые позволяют использовать электрообогреватели в агрессивных и влажных средах. Приведена методика расчета антиобледенительных систем с использованием наноструктурных многоэлектродных композиционных электрообогревателей на примере обогрева вертикальных водостоков. Установлены весовые коэффициенты ингредиентов электропроводящего композиционного материала для реализации условий саморегулирования электрообогревателя с целью обеспечения его энергоэффективного функционирования.

Ключевые слова: энергоэффективные системы обогрева, поверхностно-распределенный

обогрев, композиционный электрообогреватель, саморегулирование, электрическая проводимость, обогрев водостоков.

A review and analysis of existing systems and technical means of local heating of objects of power industry, agro-industrial and housing-communal complexes, including those on the basis of nanostructural multielectrode compositional electric heaters is represented. There were obtained electrophysical and physical and mechanical isolation parameters, which allow using electric heaters in aggressive and humid environments. A method of calculation of anti-freezing systems with the use of nanostructural multielectrode compositional electric heaters as exemplified by heating of vertical gutters is shown. Weight coefficients of ingredients of the compositional material for realization of conditions of self-regulation of electric heater with the purpose of providing its energy-efficient functioning are determined.

Key words: energy-efficient heating systems, surface-distributing heating, compositional electric heater, self-regulation, electric conductivity, heating of gutters.

Электротехника, №12-2018, стр. 29-33.

Оценка динамических свойств вентильного электропривода центробежного расходомера-дозатора сыпучих материалов

БАГАЕВ А.А.

Получены уравнения переходного процесса, связывающие расход сыпучего материала с угловой скоростью и током вентильного двигателя. На примере вентильного двигателя ДВУ2М165S показана невозможность естественной организации колебательного затухающего процесса с меньшим временем переходного процесса в силу превышения как минимум на два порядка численного значения электромеханической постоянной времени относительно электромагнитной. При указанном соотношении постоянных времени вентильного электропривода возможна реализация исключительно аperiodического экспоненциального переходного процесса по току и скорости. Установлено, что для вентильного двигателя ДВУ2М165S при приложении единичной нагрузки угловая скорость по отношению к начальному значению изменяется в пределах 10%. Для уменьшения времени переходного процесса и придания ему колебательного характера требуется управляемое кратковременное форсирование напряжения. Использование вентильного двигателя ДВУ2М165S в качестве датчика расхода сыпучих материалов

позволяет увеличить диапазон измерения с 5,4 до 21,3 т/ч при радиусе рабочего органа-крыльчатки 0,09 м в диапазоне изменения угловой скорости от 26,16 с⁻¹ до 104,7 с⁻¹.

Ключевые слова: центробежный расходомер, вентильный двигатель, переходный процесс.

The equations of the transition process are derived to relate the flow of bulk material with the rate of phase change and current of the brushless direct current motor (BLDC). The example of the ДВУ2М165S brushless direct current motor shows the impossibility of natural organization of oscillatory damped process with a shorter transition process due to a two-fold excess of the electromechanical time constant over the electromagnetic one. Under the above mentioned ratio of the time constants of the BLDC, it is possible to realizing an exclusively aperiodic exponential transient process with respect to the current and speed. In case of the ДВУ2М165S brushless direct current motor, when a single load is applied, the rate of phase change varies within 10%. To reduce the time of the transition process and give oscillating pattern, a controlled short-time voltage boost is required. The use of the ДВУ2М165S brushless direct current motor as a sensor of a centrifugal flow meter of loose materials allows extending the measuring range from 5.4 to 21.3 t per hour; the actuator impeller radius being 0.9 m within the rate of phase change from 26.16 s⁻¹ до 104.7 s⁻¹.

Key words: centrifugal flow meter, brushless direct current motor (BLDC), transition process.

Электротехника, №12-2018, стр. 34-36.

Обоснование класса энергоэффективности энергоемкой бытовой техники для Российской Федерации

КУЛИКОВА Л.В., ГРИГОРЬЕВ А.В.

В статье выполнен критический анализ существующей нормативно-правовой базы по определению классов энергоэффективности энергоемкой бытовой техники (стиральные и посудомоечные машины), обоснована необходимость при определении класса энергоэффективности учитывать не только электропотребление, но и затраты на водоснабжение и водоотведение. Только с учетом всех потребляемых энергоресурсов и воды можно определить реальный класс энергоэффективности этих бытовых приборов.

Ключевые слова: стиральные и посудомоечные машины, энергосбережение, класс энергоэффективности, водопотребление бытовой техники.

This article gives a critical analysis of the existing legal framework on the definition of energy efficiency classes of energy-intensive household appliances (washing machines and dishwashers), the necessity to determine the energy efficiency class not only including power consumption, but also the costs of water supply and sewerage. Only with all consumed energy and water, you can determine the actual energy efficiency class of these appliances.

Key words: washing machines and dishwashers, energy conservation, energy efficiency class, water consumption of household appliances.

Электротехника, №12-2018, стр. 37-44.

Моделирование техногенных рисков электроустановок производственных объектов на основе анализа человеко-машинных систем

НИКОЛЬСКИЙ О.К., ШЛИОНСКАЯ Ю.Д., ШАНЫГИН И.А.

Изложены основы диагностики технического состояния электроустановок в реальном масштабе времени. Сформулированы основные положения теории техногенных рисков, вызванных опасным воздействием электрического тока на человека и материальные объекты в виде аварий, электропоражений и пожаров. Введено понятие интегрального риска, разработана его математическая модель, приведена классификация рисков.

Предложено оценивать интегральный риск как произведение вероятности наступления опасной техногенной ситуации на её последствие (исход). Высказано предположение о том, что управление техногенной безопасностью и эффективностью электроустановок объекта может быть достигнуто путём установления взаимодействия компонентов человеко-машинной системы – «человек» (Ч), «электроустановка» (ЭУ) и «среда» (С).

Рассмотрены основы метода идентификации и прогнозирования риска в условиях неопределённости информации и дана его программная реализация с помощью логико-лингвистического моделирования и аппарата нечёткой логики. Сформулирован системный подход к оптимизации интегрального риска функционирования человеко-машинной системы «Ч–ЭУ–С».

Ключевые слова: техногенный риск, электроустановка, человеко-машинная система, прогнозирование и оптимизация риска.

The real time scale diagnostics report of technical conditions of electrical plants are stated. The main provisions of the theory of man-caused risks caused by the dangerous effect of electric current on humans and material objects in the form of accidents, electrical impacts and fires are

formulated. The concept of integral risk and its mathematical model, the classification of risks are introduced. It is proposed to consider the integral risk as a product of the probability of the onset of a dangerous technogenic situation on its consequence (result). It is suggested that the management of technogenic security and efficiency of electrical plants of an object can be achieved by establishing the interaction of the components of the HEPE – «Human» (H), «Electrical plant» (EP) и «Environment» (E). The principles of the method of risk identification and forecasting in the conditions of information uncertainty are considered and its software implementation is provided with the help of logical-linguistic modeling and fuzzy logic apparatus. A systemic approach to optimizing the integral risk of the operation of the HEPE «H–EP–E».

Key words: technogenic risk, electrical plant, man-machine system, forecasting and optimization of risk.

Электротехника, №12-2018, стр. 44-47.

**Анализатор низкочастотных электромагнитных излучений для оценки
рискообразующих факторов электромагнитной обстановки**

ТИТОВ Е.В., СОШНИКОВ А.А., ДРОБЯЗКО О.Н.

Для оценки эффективности экранирования неионизирующих электромагнитных излучений предложено устройство, позволяющее исследовать электромагнитные поля на отдельных частотах с высокой чувствительностью и с помощью ЭВМ представлять результаты измерений в виде картин спектрального распределения. Приведены результаты измерений в ограниченном частотном диапазоне электромагнитного поля от источника излучения, экранированного различными материалами. Представлен вариант картины спектрального распределения электромагнитного сигнала. Построены зависимости коэффициентов экранирования от расстояния между источником электромагнитного излучения и измерительным блоком для различных экранирующих материалов и частотных диапазонов. Показана возможность использования разработанного устройства в качестве анализатора низкочастотных электромагнитных сигналов не только в стационарных условиях, но и на коммунально-бытовых и производственных объектах с неагрессивной средой.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, анализатор низкочастотных электромагнитных излучений, спектральная картина, эффективность экранирования.

To assess the effectiveness of shielding of non-ionizing electromagnetic radiation, an inexpensive device has been developed that allows measuring electromagnetic fields at separate frequencies (with high sensitivity) and presenting the results of measurements in the form of spectral distribution pictures. The results of measurements of electromagnetic fields levels in a limited frequency range from the radiation source, which is shielded by various materials, are presented. A variant of the image of the spectral distribution of the electromagnetic signal is shown. Graphical dependences of the shielding coefficients on the distance between the EMR source and the measuring module for different shielding materials and frequency ranges are constructed. The possibility of using the developed device as an analyzer of low-frequency electromagnetic signals not only in stationary conditions, but also at municipal-household and industrial objects with non-aggressive environment is shown.

Key words: electromagnetic radiation, low-frequency electromagnetic radiation analyzer, spectral image, shielding effectiveness.

Электротехника, №12-2018, стр. 48-52.

Исследование характеристик электропривода с преобразователем векторно-алгоритмического типа

ХАЛИНА Т.М., СТАЛЬНАЯ М.И., ЕРЕМОЧКИН С.Ю.

Использование асинхронного электродвигателя с частотным преобразователем позволяет обеспечить требуемые показатели работы электропривода. В то же время, применение известных типов частотных преобразователей отечественного и импортного производства для электроприводов малой мощности в большинстве случаев нецелесообразно из-за их высокой стоимости и сложной системы управления, так как используется ШИМ (широтно-импульсная модуляция). В подобных случаях можно использовать преобразователи векторно-алгоритмического типа, которые отличаются малой стоимостью вследствие упрощенной системы управления и особого способа организации силовой части и системы управления устройства. При разработке и испытаниях таких преобразователей остро встает проблема снижения затрат на изготовление опытных образцов. По этой причине на начальном этапе разработки возникает необходимость в моделировании с использованием компьютерных имитационных средств. В статье рассмотрена оригинальная схема преобразователя векторно-алгоритмического типа и

приведены результаты моделирования характеристик разработанного электропривода в среде Matlab Simulink. Приведены общие выводы и рекомендации по использованию разработанного преобразователя векторно-алгоритмического типа.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, преобразователь частоты, частотное регулирование, векторно-алгоритмическое управление, Matlab, Simulink.

The use of an asynchronous motor with a frequency converter allows ensuring the required performance of the drive. At the same time, the use of known types of frequency converters of domestic and imported production for low-power electric drives in most cases is not expedient due to their high cost. In such cases, it is possible to use vector-algorithmic type converters, which have the low cost, due to a simplified control system and a special way of organizing the power part and the control system of the device. When developing and testing these converters, there is an acute problem of reducing the cost of manufacturing laboratory samples. For this reason, at the initial stage of development, it is necessary to carry out simulation using computer simulation tools. This article deals with the original scheme of a vector-algorithmic type converter and gives the results of simulation of the characteristics of the developed electric drive in Matlab Simulink. In addition, the article gives general conclusions and recommendations on the use of the developed vector-algorithmic type converter.

Key words: electric drive, asynchronous motor, frequency converter, frequency control, Matlab, Simulink.

Электротехника, №12-2018, стр. 59-64.

Основы теории электробезопасности: состояние и перспективы развития

ДРОБЯЗКО О.Н.

В статье рассмотрены состояние и перспективы развития основ теории электробезопасности. Уточнено понятие «электробезопасность». Установлено, что в соответствии с системой стандартов безопасности труда оно совпадает по содержанию с понятием «система обеспечения электробезопасности». Отмечено, что имеются альтернативные варианты определения этого понятия, описывающие «электробезопасность» как определенное состояние взаимодействия человека со сферами его жизнедеятельности. Сформулирован перечень основных задач, решаемых в рамках теории электробезопасности. Выделено десять задач, в некоторых из которых выделены

подзадачи. По каждой задаче указана достигнутая степень ее решения. Современное состояние теории электробезопасности позволяет формировать оптимальные технические системы обеспечения электробезопасности на отдельных объектах, и обеспечивать при заданных затратах наивысший уровень электробезопасности.

Ключевые слова: электробезопасность, системный подход, электротравматизм, вероятностный подход, математическое моделирование электробезопасности, оптимизация систем обеспечения электробезопасности.

The article discusses the state and prospects of development of the basics of the theory of electrical safety. The definition of «electrical safety is made. It is established that in accordance with the system of occupational safety standards it coincides with the content of the concept of «electrical safety system». It is noted that there are alternative options for the definition of this concept, describing «electrical safety» as a certain state of human interaction with the spheres of his life. The list of the main problems solved within the framework of the theory of electrical safety is formulated. The article highlights ten tasks, some of which are highlighted subtasks. For each task, the degree of its solution is indicated. To date, it has been possible to create the foundations of the theory of electrical safety, allowing to form optimal technical systems for electrical safety at individual sites and achieve at a given cost the highest level of electrical safety.

Key words: electrical safety, system approach, electric shock injuries, a probabilistic approach, mathematical modeling of electrical safety, optimization, and systems ensure electrical safety.

Электротехника, №12-2018, стр. 66-72.

Анализ данных измерений в системе тягового электроснабжения постоянного тока с неуправляемыми выпрямителями

ГАТЕЛЮК О.В., НЕЗЕВАК В.Л., ЭРБЕС В.В.

Рассматриваются данные измерений тяговой нагрузки и напряжения неуправляемых выпрямителей 3,3 кВ тяговых подстанций, выбор теоретических законов распределения тяговой нагрузки и напряжения, однородности рядов наблюдаемых значений.

Рассмотрены тяговые подстанции, расположенные на участках с различным профилем пути в условиях организации движения с тяжеловесными и длинносоставными поездами. Представлены результаты измерений графиков тяговой нагрузки и напряжения на шинах

3,3 кВ тяговых подстанций постоянного тока холдинга РЖД. Показано, что гауссовские распределения не подходят для описания наблюдаемых значений. Рассмотрены распределения Джонсона, наиболее подходящие для описания наблюдаемых электрических величин. Сравнение наблюдаемых частот напряжения и тяговой нагрузки выполнено по распределениям кумулятивных частот. Показано различие изменения кумулятивных частот для тяговых подстанций, расположенных на участках с различным профилем пути. Для подтверждения различия экспериментальных данных тяговых подстанций по суткам использован критерий Колмогорова.

Ключевые слова: система тягового электроснабжения, тяговые подстанции постоянного тока, данные измерений, функции распределения Джонсона, критерий Пирсона, критерий Колмогорова.

In the article considers the data of measurements of traction load and voltage of uncontrolled rectifiers of 3.3 kV traction substations, the choice of theoretical laws the distribution for of tractive loads and voltage, homogeneity of series of observed values. Traction substations located on sections with different type of track profile under conditions of traffic organization with heavy and long-distance trains are considers. The results of measurements of traction and voltage curves on 3,3 kV tires of DC traction substations of the holding company RZD are presented. It is shown that Gaussian distributions are not suitable for describing the observed values. Johnson distributions, most suitable for describing the observed electric quantities, are considered. A comparison of the observed voltage and traction frequencies is made from the cumulative frequency distributions. A comparison of the observed frequencies voltage and traction is made from the cumulative frequency distributions. The difference in the change in cumulative frequencies for traction substations located on sections with different path profiles is shown. To confirm the difference in the experimental data of the traction substations, the Kolmogorov test was used for each day.

Key words: the traction power supply system, traction substations of direct current, data of measurements, Johnson distribution functions, criterion Pearson, criterion Kolmogorov.

Электротехника, №12-2018, стр. 73-78.

Выбор оптимальных параметров для модели магнитного гистерезиса Джилса-Атертона

ПОДБЕРЕЗНАЯ И.Б., МЕДВЕДЕВ В.В., ПАВЛЕНКО А.В., БОЛЬШЕНКО И.А.

Предложена реализация наиболее популярной среди моделей гистерезиса модели Джилса-

Атертона, имеющей ряд преимуществ. Приведена методика оптимизации параметров гистерезисной модели, основанная на реальном кодированном генетическом алгоритме, состоящая из двух этапов. Первый включает предварительную оценку параметров модели и диапазона их изменения, второй – непосредственную реализацию генетического алгоритма. Критерий сближения основан на достижении заданного значения среднеквадратического отклонения и максимально допустимого количества поколений. Генетический алгоритм реализован с 50 индивидами. Каждый индивид связан с четырьмя переменными, соответствующими параметрам модели гистерезиса. Максимальное количество поколений установлено равным 50 и 100. Начальные вероятности кроссовера и мутации приняты равными 90 и 5%. Специфика предложенной реализации генетического алгоритма включает внутреннюю оптимизацию пятого параметра для каждого индивидуума популяции. Компьютерный код был разработан с использованием среды *Delphi*. Сравнение экспериментальных и полученных на моделях кривых показало их хорошее согласование. Методика с предварительной оценкой параметров и дальнейшим применением генетического алгоритма позволяет получить результаты с достаточной точностью, проста в реализации и имеет высокую скорость обработки данных.

Ключевые слова: моделирование магнитного гистерезиса, магнитные материалы, параметры идентификации, генетический алгоритм.

The most popular model among hysteresis models is the Jiles-Atherton model, which has a number of advantages in comparison with other models. The article presents a technique for optimizing the parameters of this hysteresis model, based on a real coded genetic algorithm, consisting of two stages. The first includes a preliminary assessment of the model parameters and their range of variation. The second is the implementation of the genetic algorithm. The criterion of convergence is based on the achievement of an acceptable (fixed) value of the standard deviation and the maximum number of generations. The genetic algorithm is implemented with 50 individuals. Each individual is associated with four variables corresponding to the hysteresis model parameters. The maximum number of generations was set to 50 and 100. The initial probabilities of the crossover and the mutation are set respectively at 90% and 5%. The specificity of this implementation of the genetic algorithm includes internal optimization of the fifth parameter for each individual of the population. The computer code was developed using the Delphi environment. Comparison of the experimental and simulated curves showed good agreement. The technique with preliminary parameter estimation and further application of the genetic algorithm used in this work allows to obtain results with good

accuracy, is easy to implement and has a high speed of data processing.

Key words: modeling of magnetic hysteresis, magnetic materials, identification parameters, genetic algorithm.

Электротехника, №12-2018, стр. 79-86.

Система автоматизированного проектирования молниезащиты подстанций и воздушных линий

БОРИСОВ Р.К., ЖУЛИКОВ С.С., КОШЕЛЕВ М.А., МАКСИМОВ Б.К., МИРЗАБЕКЯН Г.З., ТУРЧАНИНОВА Ю.С., ХРЕНОВ С.И.

Разработана система автоматизированного проектирования (САПР) молниезащиты типовых электрических подстанций и воздушных линий. Составлен программный комплекс, содержащий модули расчёта зон защиты от прямого удара молнии, обратных перекрытий изоляции первичных и вторичных цепей, наведенных импульсных напряжений во вторичных цепях, молниезащиты воздушных линий, защиты подстанции от грозовых перенапряжений совместно с воздушными линиями. Создана база данных типовых решений по молниезащите, которая представляет собой структурированную коллекцию файлов, содержащих планы расположения зданий и оборудования на подстанции и схему расстановки молниеотводов с учетом требований электромагнитной совместимости. База данных по заземляющим устройствам молниеотводов представляет собой структурированный набор типовых схем заземления молниеотводов. Для поиска требуемого типового решения пользователь при помощи стандартных средств для работы с файлами Windows выполняет выбор нужной папки по параметрам. На основе нормативных документов по системной и программной инженерии разработана методика верификации компьютерных программ для применения в составе разрабатываемой САПР молниезащиты подстанций и воздушных линий. В основу методики верификации положено тестирование компьютерных программ в составе разрабатываемой системы с помощью наборов тестов, составленных из контрольных примеров. Разработаны контрольные примеры и наборы тестов для проведения тестирования компьютерных программ. САПР позволяет существенно снизить затраты на проектирование молниезащиты и повысить качество проектов.

Ключевые слова: подстанции, воздушные линии, молниезащита, автоматизированное проектирование, программный комплекс, верификация программ.

Algorithms for computer-aided design of lightning protection of typical power substations and power lines have been compiled. A software package has been developed that contains calculation modules for: protection zones against direct lightning strike; reverse overlap insulation primary and secondary circuits; induced impulse voltages in secondary circuits; lightning protection of power lines, protection of power substations from lightning surges together with power lines. A database of typical solutions for lightning protection has been created, which is a structured collection of files containing plans for the location of buildings and equipment at a power substation and a circuit for the distribution of lightning arresters taking into account the requirements of electromagnetic compatibility. The data base for grounding devices of lightning conductors is a structured set of typical grounding schemes for lightning conductors. To find the required typical solution, the user, using standard tools for working with files, Windows selects the desired folder by parameters. On the basis of regulatory documents on system and software engineering, a technique for verifying computer programs has been developed for use as part of the computer-aided design of lightning protection for power substations and power lines. The verification methodology is based on testing computer programs as part of a computer-aided design system under development using test sets made up of test cases. Test cases and test suites for testing computer programs have been developed. The computer-aided design system can significantly reduce the cost of designing lightning protection and improve the quality of projects.

Key words: substations, air lines, lightning protection, computer-aided design algorithm, software, computer software verification.

Электротехника, №12-2018, стр. 87-92.

Список статей, опубликованных в 2018 г.