

Электричество, 2015, №4

**Применение модели нейронной сети для оценки текущего значения предела устойчивости электрической системы по напряжению**

РАХМАНОВ Н.Р, ГУЛИЕВ Г.Б.

В многогранной проблеме оценивания общей устойчивости электрической системы (ЭС) одной из важных является устойчивость по напряжению. На основе применения нейросетевой модели рассматривается новый подход для оценки и коррекции в реальном времени предела устойчивости ЭС по напряжению. Предложен метод оценивания предела устойчивости электрической системы по изменчивости профиля напряжения, описываемого моделью искусственной нейронной сети. Обучение нейронной сети, оценивающей узловые напряжения, проводится на основе повторяющихся расчетов установившегося режима системы для различных состояний ее схемы, значений мощностей генерации и нагрузки. Результаты тестирования метода на примере 14-узловой схемы IEEE и реальной схемы системы Азербайджана подтвердили возможность быстрого непосредственного определения текущего значения предела напряжения и значений возможной загруженности сети по передаваемой мощности при достижении значения предела напряжения в одном из узлов ЭС.

*Ключевые слова:* энергосистема, напряжение, предел устойчивости, искусственные нейронные сети

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

**Applying a Neural Network Model for Estimating the Current Value of Electric System Voltage Stability Limit**

N.R. RAKHMANOV and G.B. GULIYEV

Voltage stability is among the important aspects in the multifaceted problem of estimating general stability. A new approach for real time evaluation and correction of the power system voltage stability limit on the basis of applying a neural network model is considered. A method for estimating the power system stability limit from variation of the voltage profile described by the model of an artificial neural network is proposed. The neural network estimating the nodal voltages is trained on the basis of repeating power system load flow calculations for different states of its configuration and for different values of generated power and load. The results of testing the method on the 14-node IEEE power system circuit and real scheme of the Azerbaijan power system confirmed the possibility of prompt and direct determination of the current voltage limit value and possible network loading in terms of transmitted power when the voltage stability limit is reached at one of the power system nodes.

*Key words :* power system, voltage, stability limit, artificial neural networks

Электричество, 2015, №4

**Влияние числа проводов в фазе на потери электроэнергии от короны в воздушных линиях переменного тока**

ТАМАЗОВ А.И., КОЧЕНКОВ П.С.

Рассмотрен вопрос о влиянии числа проводов в фазе линий электропередачи на уровень потерь от короны. С использованием методики расчета потерь на корону по индексу погоды Энергетического института им. Г.М.Кржижановского (ЭНИН) показано, что при увеличении числа проводов в фазе эффект уменьшения потерь на корону снижается. Отмечено, что оценка влияния числа проводов в фазе на потери от короны по методике ЭНИН совпадает с теоретическими и экспериментальными данными США и Франции и расходится с результатами расчета по кривым

«Руководящих указаний по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330—750 кВ и постоянного тока 800—1500 кВ» (РУ-75). Использование РУ-75 при проектировании ВЛ СВН уже привело к повышению потерь на корону в ВЛ 750 кВ с пятью проводами в фазе в 2,5 раза, а ранее – к невозможности эксплуатации ВЛ 1150 кВ при номинальном напряжении из-за мощной короны на проводах ВЛ и шинах ОРУ. В связи с этим предложено отказаться при проектировании ВЛ и ОРУ от применения давно устаревших и дающих ошибочные результаты РУ-75 с заменой их вероятностной методикой расчета потерь на корону ЭНИН.

*Ключевые слова:* линии электропередачи, фаза, число проводов, потери на корону

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

### **The Effect the Number of Wires in the Phase Has on Electric Power Losses due to Corona in Overhead AC Power Lines**

A.I. TAMAZOV AND P.S. KOCHENKOV

The question about the effect the number of wires in the power line phase has on the level of losses due to corona is considered. It is shown, using the procedure for calculating the corona losses with respect to weather index developed at the Krzhizhanovskii Power Engineering Institute (ENIN), that the effect of reducing the corona losses tends to weaken with increasing the number of wires in the phase. It is pointed out that the effect the number of wires in the phase on the corona losses estimated according to the ENIN procedure is in close agreement with the theoretical and experimental data of the United States and France, but is in discordance with the results of calculations carried out using the curves presented in the Guidelines issued in 1975 (GL-75). The use of GL-75 in designing extra-high voltage overhead power lines has already resulted in that the corona losses in the 750 kV overhead power lines with five wires in the phase increased by a factor of 2.5. Earlier, it has also resulted in the impossibility to operate the 1150 kV overhead power line at the nominal voltage due to strong corona on the power line wires and on the bus bars of outdoor switchyards. In view of these circumstances, it is proposed to do away with using the «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»№4/2015 Влияние числа проводов в фазе на потери электроэнергии от короны 19 long-outdated document GL-75 that yields erroneous results and replace it by the probabilistic corona loss calculation procedure developed at ENIN.

*Key words :* overhead power lines, corona losses, number of wires in the phase, calculation

Электричество, 2015, №4

### **Предельные размеры зоны защиты активной части стержневых молниеотводов**

КУПРИЕНКО В.М.

Защита зданий и сооружений стержневыми молниеотводами, в том числе многократными, с различным уровнем надежности  $R_n$ , до настоящего времени не имеет достаточного научного обоснования. Приведены результаты исследований по определению предельного расстояния  $L_{max}$  между молниеотводами (в том числе многократными) при защите объекта произвольной формы. Для анализа вероятности поражения объекта при его защите стержневыми молниеотводами использован угол защиты  $\alpha$ , который определяется отношением радиуса защиты  $r_x$  к высоте активной части молниеотводов  $h_a$ , возвышающейся над объектом высотой  $h_o$ .

Показано, что предельное расстояние между молниеотводами зависит от формы объекта, уровня защиты  $R_n$  и взаимного влияния активной части молниеотводов, возвышающейся над объектом.

Неучет указанных факторов при защите объекта с заданным уровнем надежности приводит к

значительному (иногда более чем в 2 раза) завышению предельного расстояния в нормативных документах по молниезащите.

*Ключевые слова* : молния, молниезащита, стержневые молниеотводы, зона защиты, угол защиты, вероятность поражения объекта, надежность молниезащиты

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

#### **Limiting Sizes of the Zone Protected by the Active Part of Lightning Rods**

V.M. KUPRIENKO

Protection of buildings and structures by means of lightning rods, including multiple ones, with different reliability levels  $P_r$  has not been scientifically substantiated to a sufficient extent as yet. The results of investigations aimed at determining the limiting distance  $L_{max}$  between the lightning rods (including multiple ones) in protecting an arbitrarily shaped facility are presented. For analyzing the probability of hitting a facility protected by lightning rods, the protection angle  $\alpha$  is used, which is determined by the ratio of protection radius  $r_x$  to the height of lightning rod active part arising above the facility of height  $h_f$ . It is shown that the limiting distance between the lightning rods depends on the facility shape, protection level  $P_r$ , and mutual influence of the lightning rods active part rising above the facility. Failure to consider the above-mentioned factors in protecting the facility with the specified reliability level results in that the limiting distance specified in the regulatory documents is considerably (sometimes by more than a factor of 2) larger than the actually required one.

*Key words* : lightning, lightning protection, lightning rods, protected zone, protection angle, facility hitting probability, lightning protection reliability

Электричество, 2015, №4

#### **Оценка влияния полярности мгновенного фазного напряжения ВЛ 110–220 кВ без молниезащитных тросов на вероятность поражения молнией**

ПОДПОРКИН Г.В.

Приведены результаты расчётов вероятности поражения фаз бестросовых воздушных линий (ВЛ) 110–220 кВ в зависимости от полярности мгновенного значения напряжения. В качестве критерия поражения той или иной фазы принят критерий устойчивого развития с провода встречного лидера. Показано, что при отрицательной полярности молнии более вероятно поражение фазы линии с положительной полярностью. Для ВЛ 220 кВ вероятность попадания молнии в положительную полуволну напряжения промышленной частоты составляет примерно 70%. Результаты расчётной оценки хорошо согласуются с данными регистрации на опытно-промышленной ВЛ 220 кВ.

*Ключевые слова* : воздушные линии электропередачи, молниезащита, встречный лидер, полярность напряжения, поражаемость

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

#### **Estimating the Effect the Polarity of Instantaneous Phase Voltage of 110–220 kV Overhead Power Lines without Overhead Ground Wires Has on the Lightning Strike Probability**

G.V. PODPORKIN

The results of calculations one valuating the probability of striking the phases of 110–220 kV overhead power lines without ground wires by lightning depending on the polarity of instantaneous voltage value are represented. Sustained development of opposite leader from the wire is adopted as a phase striking criterion. It is shown that in case of negative polarity lightning, striking of the power line phase with the positive polarity of instantaneous voltage is more probable. For 220 kV overhead power lines the

probability of coinciding the lightning stroke with the positive half-cycle of power frequency voltage is around 70%. The results of the calculated assessment are in good agreement with the data recorded on an experimental commercial 220 kV overhead power line.

*Key words* : overhead power lines, lightning protection, opposite leader, voltage polarity, vulnerability to lightning strokes

Электричество, 2015, №4

**Безэлектродный газоразрядный источник света с полупроводниковым генератором накачки**  
ЩЕРБАКОВ А.В., ИРХИН И.В., ЕФАНОВ М.М.

Квазисолнечный спектр излучения осветителя является наиболее комфортным. Излучение получается с помощью безэлектродной газоразрядной серной лампы. Осветительное устройство состоит из источника света и источника УВЧ или СВЧ возбуждения. В области источников света с безэлектродными серными лампами широко исследована только область больших мощностей на разрешенной для технологических целей частоте. Это связано с широкой доступностью магнетронов, используемых в качестве источников СВЧ мощности, которые и определяют рабочую частоту и мощность источника света в целом. Источник света должен быть установлен в спиральном резонаторе, а в качестве источника возбуждения используется генератор УВЧ или СВЧ колебаний на основе полупроводникового генератора. Рассматриваются создание и оптимизация компактного резонатора и электрической схемы УВЧ генератора на частоте 915 МГц, мощностью более 30 Вт с узлами управления, защиты. Проведены расчёты и измерение параметров возбуждающих систем-резонаторов в УВЧ диапазоне с возможностью перестройки частоты 810\_920 МГц, выходной мощностью 37 Вт, микропроцессорным блоком измерения коэффициента стоячей волны.

*Ключевые слова* : безэлектродная лампа, спиральный УВЧ резонатор, УВЧ источник питания, моделирование

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

**An Electrodeless Gas-Discharge Light Source with a Semiconductor Pump Oscillator**

A.V. SHCHERBAKOV, I.V. IRKHIN, and M.M. EFANOV

A quasi solar radiation spectrum of an illuminator is the most comfortable one. Radiation is obtained by means of an electrodeless gas discharge sulfur lamp. The illuminating device consists of a light source and a source of UHF or VHF excitation. In the field of light sources equipped with electrodeless sulfur lamps, only the region of high capacities at the frequency permitted for process needs has widely been studied. This situation is due to the fact that the magnetrons used as sources of VHF power, which just determine the working frequency and capacity of the light source as a whole, are widely accessible devices. The light source must be installed in a helical resonator, and a generator of UHF or VHF oscillations made on the basis of a superconductor generator is used as the excitation source. The development and optimization of a compact resonator and the electrical circuit of the VHF generator at a frequency of 915 MHz and capacity of more than 30 W with control and protection units are considered. The parameters of exciting resonator 38 systems in the VHF band with the possibility of adjusting the frequency in the range of 810–920 MHz, with an output capacity of 37 W were calculated and measured by means of a microprocessor unit for measuring the standing wave coefficient.

*Key words* : electrodeless lamp, helical VHF resonator, VHF power source, modeling

Электричество, 2015, №4

**Активный фильтр для подавления неактивных составляющих сетевого тока выпрямителей с емкостным фильтром**

ЧАПЛЫГИНЕ.Е.

Рассмотрены способы повышения коэффициента мощности выпрямителей (или группы выпрямителей) с емкостным фильтром при применении активного параллельного фильтра на базе инвертора напряжения. Определена связь перечня корректируемых неактивных гармонических составляющих и коэффициента мощности системы «выпрямитель – активный фильтр». Рассмотрен гармонический состав напряжения инвертора на стороне переменного тока при формировании полигармонической широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Приведен способ выбора индуктивности реактора активного фильтра, рассмотрена форма сетевого тока и его спектр в системе «выпрямитель – активный фильтр». Определены особенности формирования однополярной и двухполярной ШИМ и выбора частоты коммутации ключей активного фильтра.

*Ключевые слова* : выпрямитель, коэффициент мощности, активный фильтр, широтно-импульсная модуляция

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

**An Active Filter for Suppressing Nonactive Components in the Network Current of Rectifiers with a Capacitive Filter**

E.E. CHAPLYGIN

Methods for improving the power factor of rectifiers (or a group of rectifiers) with a capacitive filter through the use of an active parallel filter constructed on the basis of a voltage inverter are considered. The correlation between the list of corrected inactive harmonic components and the power factor of the «rectifier- active filter» system is determined. The harmonic composition of the inverter voltage on the AC side is considered for the case of setting up polyharmonic pulse width modulation (PWM). A method for selecting the active filter reactor's inductance is presented, and the network current waveform and spectrum in the «rectifier- active filter» system are considered. The specific features of shaping unipolar and bipolar PWM and selecting the commutation frequency of active filter switches are determined.

*Key words* : rectifier, power factor, active filter, pulse-width modulation

Электричество, 2015, №4

**Энергосберегающие электрические машины (обзор зарубежных разработок)**

ШУМОВ Ю.Н., САФОНОВ А.С.

Приведен обзор зарубежных публикаций по проблеме энергосбережения и энергоэффективности электрических машин для разных сфер применения: общепромышленный привод, частотно-регулируемый привод, сверхскоростные генераторы и электроприводы, специальный электропривод, электромобили и гибридные автомобили. Рассмотрены особенности, тенденции развития, методы снижения потерь для следующих видов бесконтактных (бесщеточных) машин: синхронных с постоянными магнитами, асинхронных, синхронных реактивных, вентильно-индукторных реактивных.

*Ключевые слова* : электрические машины, энергоэффективность, энергосбережение, методы уменьшения потерь, обзор зарубежных публикаций

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

**Energysaving Electrical Machines (a Review of Foreign Developments)**

Yu.N. SHUMOV and A.S. SAFONOV

The article presents a review of foreign publications on the problem of energy conservation and energy efficiency of electrical machines intended for different applications: general-industry drives, variable-frequency drives, superhigh-speed generators and electric drives, special electric drives, electric vehicles, and hybrid vehicles. The specific features, development trends, and loss reduction methods for the following contactless (brushless) machines are considered: synchronous with permanent magnets, induction, synchronous reluctance, and converter-fed induction reluctance ones.

*Key words:* electrical machines, energy efficiency, energy conservation, loss reduction methods, review of foreign publications

Электричество, 2015, №4

#### **К описанию процессов в однофазном трансформаторе**

ДИЕВСКИЙ В.А.

Авторы работ по трансформаторам (например [1–4]) исходят из условия неизменности его магнитного потока при замыкании вторичной обмотки (переходе от холостого хода к работе под нагрузкой). Однако какой-либо оценки возникающей при этом погрешности не приводится. В статье представлен способ, позволяющий оценить изменение магнитного потока в сердечнике трансформатора при таком переходе. Погрешность оценивается в предположении постоянства возникающего тока.

*Ключевые слова :* трансформатор, изменение магнитного потока в сердечнике, оценка погрешности

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

#### **On Description of the Processes in a Single-Phase Transformer**

V.A. DIYEVSKII

The authors of works on transformers (e.g., [1–4]) proceed from the assumption that the transformer magnetic flux remains unchanged in closing the circuit of the transformer secondary winding (in shifting from idle operation to operation on a load). However, no assessment is given to the error that results when such a shift is made. A method is presented using which the change of magnetic flux occurring in the magnetic core in making such a shift can be evaluated. The error is estimated on the assumption that the current arising in closing the transformer secondary winding remains constant.

*Key words :* transformer, change of magnetic flux in the core, error estimation

Электричество, 2015, №4

#### **Локализация потока энергии в трансформаторе**

(по поводу статьи М.А. Шакирова, «Электричество», 2014, № 9 и 10)

МАЛЫГИН В.М.

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 4

#### **Location of the Energy Flux in the Transformer**

(by M.A. Shakirov article, «Electricity», 2014, Nos 9, 10)

V.M. MALYGIN

Электричество, 2015, №4

ГРИГОРЬЕВ Н.Д.

**Петр Николаевич Рыбкин**

(К 150-летию со дня рождения)