

РЕЗЮМЕТА

НА НАУЧНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ ОТ ГРУПА В, РАВНОСТОЙНИ НА ХАБИЛИТАЦИОНЕН ТРУД

на доц. д-р инж. Маргрета Парашкеванова Василева
представени за участие в конкурс за „професор“
в област на висше образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, по
специалност „Високоволтова техника“ публикуван в ДВ брой 7/ 23.01.2024 г.

Научни публикации, равностойни на хабилитационен труд на ТЕМА: „Моделни изследвания на процеси на възникване и ограничаване на пренапрежения в електрическите мрежи“

За участие в конкурса и покриване на минималните наукометрични показатели в
Група В са подбрани **10** научни **рецензирани** публикации на **Английски език**,
реферирани в международната база данни **SCOPUS** с общ брой **195** точки.

№	Научни публикации, Група В	Брой точки
B4-01	Yordanova, M., Hamza, M., <u>M. Vasileva</u> , Analysis of the residual current devices operation in TN system. XVIth International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2009, Proceedings, 1, pp. 338-343	20
B4-02	Hamza, M., <u>M. Vasileva</u> , Yordanova, M., Co-ordination of the operation of the relay protection and surge protective devices in electrical power networks medium voltage 20 kV, (2009) Journal of Electrical Engineering, 60 (3), pp. 170-172	20
B4-03	<u>M. Vassileva</u> , M. Yordanova, Y. Rangelov, and N. Nikolaev, "Simulation of the process of arising and limitation of lightning surges in medium voltage power grids," 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2013, pp. 180–185.	15
B4-04	<u>M. Vasileva</u> , N. Velikova, and N. Nikolaev, "Model study of lightning protection of 110 kV substation," in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 113–115 https://www.researchgate.net/publication/266021359_Model_Study_of_Lightning_Protection_of_110_kV_Substation	20
B4-05	R. Dimitrova, <u>M. Vasileva</u> , and K. Kardjilova, Influence of frequency on resistivity and dielectric permittivity of multilayer soil, 18th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2014 - Proceedings, 2014	20
B4-06	<u>M. Vasileva</u> , N. Velikova, and T. Dimitrov, "Research of atmospheric overvoltages with a reverse discharge," 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2016, 2016, pp. 364–367	20

B4-07	N. Nikolov, N. Dimitrova, A. Georgiev, and <u>M. Vasileva</u> , "Reliability estimation of electricity distribution substation surge protection system composed by surge arresters with different operational parameters," in Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, vol. 680, pp. 201–209	15
B4-08	M. Mehmed-Hamza, <u>M. Vasileva</u> , and P. Stanchev, Increasing the education quality by means of computer-aided visualization of the processes in electric power systems, vol. 680. Springer Verlag, (2018) Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 386-395	20
B4-09	<u>M. Vasileva</u> .and Stanchev D., Switching transients in overhead transmission line 220 kV, 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, art. no. 9279055 https://ieeexplore.ieee.org/document/9279055	30
B4-10	Stanchev, D., Stanchev, P., Hamza, M., <u>Vasileva, M.</u> , Overvoltages under single-phase fault conditions in the high voltage grids, 12th Electrical Engineering Faculty Conference, Bulef 2020. pp.1-4, https://ieeexplore.ieee.org/document/9326074	15

B4-01. Yordanova, M., Hamza, M., **M Vasileva**, **Analysis of the residual current devices operation in TN system.** XVIth International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2009, Proceedings, 1, pp. 338-343

Анализ на работата на дефектнотокови защиты в TN система

Защитното изключване е предпазна мярка, прилагана обикновено със защитно заземяване в системи с ниско напрежение IT, TT или с автоматично изключване на захранването в TN-S, като се използват специални защитни устройства.

Напоследък системата TN-C се заменя със системата TN-S или TN-C-S и дефектнотоковите устройства (RCD), превключващи от токове с нулева последователност, все повече се използват. Те осигуряват и защита срещу директен контакт в системата за ниско напрежение, но като допълнителна защита.

Авторите на статията са разработили имитационни модели на еднофазна дефектнотокова защита и са разгледани различните ситуации на директен и непряк контакт на човек в електрическа мрежа ниско напрежение TNC-S при нормални режими и режими на повреда. Използват се собствени моделни схеми на авторите за мрежи ниско напрежение. Моделните схеми и симулациите са направени в Matlab Simulink. Изследваните случаи са:

- Директен контакт с части под различни потенциали в TN-C-S, а именно между фаза и неутрален проводник.
- Директен контакт с тоководеща част (фаза) в TN-C-S. Има повреда към земята (към корпуса на електрическото оборудване).
- Индиректен контакт с корпуса на товара в TN-C-S със случайно прекъсване на проводника PEN преди потребителското разпределително табло. Разгледани са два случая – при наличие на заземяване на защитния проводник от 10 ома и при липса на заземяване.
- Индиректен контакт със захранващия корпус на товара в TN-C-S при късо съединение между една фаза — PEN проводник в частта TN-C на мрежата.

Резултатите от изследването са:

- RCD не задействат и през човека протича опасен фибрилационен ток за Случаи 1 и 3 (при липса на заземителен електрод на защитния проводник PE в потребителското разпределително табло RU);
- RCD не се задействат, но токът, протичащ през човека, не е опасен за случай 4;
- Изключване на RCD за случай 2 и стойността на тока на изключване практически не зависи от стойността на RU;
- Токовете на повреда не могат да задействат устройства за защита срещу късо съединение, монтирани преди RCD, тъй като техните стойности за изследваните случаи са по-малки от необходимите.

Разработените симулационни модели на електрически мрежи ниско напрежение и на еднофазни RCDs дават възможност за извършване на по-прецизен анализ на електрическата безопасност. Електробезопасността е комплексна и трябва да включва и други изисквания, като: - да изпълнява стриктно организационните мерки за безопасност при работа; Да изпълнява стриктно техническите мерки за безопасност при работа; Да поддържа непрекъсваемостта на защитните контури (фаза-защитен проводник PE, защитно заземяване) и да извършва периодични контролни измервания за тях; Наличие и съответствие с нормативните стойности на заземителния електрод на защитния проводник PE в потребителското разпределително табло.

Analysis of the residual current devices operation in TN system

The protective disconnection is a precaution applied commonly with protective earthing in systems low voltage IT, TT or with automatic disconnection of supply in TN-S, using special protective devices.

Latterly the system TN-C is replaced with the system TN-S or TN- C-S and due to the residual current devices (RCDs), switching from currents with zero sequence, are increasingly used. It provides also protection against direct contact in the low voltage system, but as an additional protection. The protective disconnection is generally the best and the most reliable protective measure developed to provide protection against electrical shock in the presence of technically good working protective apparatus and the proper installation in the low voltage system.

The authors of the paper have developed imitation models of one- phase residual current device and the different situations of direct and indirect contact of a person in an electrical grid low voltage TNC-S under normal and fault regimes are considered. Authors' own model schemes for grids low voltage are used. The model schemes and simulations are made in Matlab Simulink. Researched cases are:

- Direct contact with parts under different potentials in TN-C-S, namely between a phase and the neutral conductor. The person, contacting with these parts.
- Direct contact with a live part (phase) in TN-C-S. There is a faulting- to- ground (to electrical equipment's enclosure) neutral.
- Indirect contact with the enclosure of the load in TN-C-S with an accidental interruption of the conductor PEN before User Distribution Board. The research is done at the presence of an earthing electrode of the protective conductor PE in the User Distribution Board RU Two cases are considered— at the presence and at the absence of RU 10 oms.
- Indirect contact with the energized enclosure of the load in TN-C-S under a short circuit between one phase — PEN conductor in the part TN-C of the grid.

The fulfilled research presented:

- RCDs do not trip and a dangerous fibrillation current flows via the person for Cases 1 and 3 (in the case of absence of an earthing electrode of the protective conductor PE in the User Distribution Board RU);
- RCDs do not trip, but the current flowing via the person is not dangerous for case 4;
- RCDs trip for Case 2 and the value of tripping current does not practically depend on the value of the RU',
 - The fault currents can not activate Short Circuit Protective Devices, installed before RCD, as their values for the investigated cases are less than needed.

The developed simulation models of electrical grids low voltage and of one phase RCDs give a possibility to fulfill more precise analysis of the electrical safety. The electrical safety is a complex and must include and other requirements, as:

- To fulfil strictly the organizational measures for safety at work;
- To fulfil strictly the technical measures for safety at work;
- To keep the uninterruptedness of the protective loops (phase- protective conductor PE, protective earthing installation) and to do periodical control measurements for them;
- Presence and accordance with the normative values of the earthing electrode of the protective conductor PE in the User Distribution Board Rtf,
- Personal protective means to ensure good insulation of the person from the ground.

B4-02. Hamza, M., M.Vasileva, Yordanova, M., **Co-ordination of the operation of the relay protection and surge protective devices in electrical power networks medium voltage 20 kV**, (2009) Journal of Electrical Engineering, 60 (3), pp. 170-172

Координиране работата на устройствата за релейна защита и защита от пренапрежение в електрически мрежи средно напрежение 20 kV

Най-разпространената електроразпределителна мрежа средно напрежение в България е с напрежението 20 kV. По-голямата част от тях е от въздушни електропроводи. Надеждността на въздушните електропроводи е най-важната характеристика за непрекъснатост на доставките на потребителите.

Осигуряването на непрекъснатост на доставките е много важна задача за електроенергийните компании.

Един от методите за постигане на надеждност на доставките на електрическа енергия е правилната работа на релейната защита и избора на устройства за защита от пренапрежения.

Целите на статията са:

- да се координира работата на бързодействащата релейна защита (QORP) и устройствата за защита от пренапрежение (SPD) под влияние на атмосферни пренапрежения.

- да се предложат препоръки за настройка на бързодействащи релейни защиты и избор на енергийна способност на металоксидни вентилни отводи, за да не се активират неправилно QORP поради пренапрежения от мълния.

Разглежданата електрическа система се състои от захранваща мрежа 110 kV, силов трансформатор 110/20 kV, въздушен електропровод 20 kV и напреженови измервателни трансформатори. Като защитни устройства за ограничаване на пренапрежения се използват металоксидни вентилни отводи (MOSA), а релейната защита срещу къси съединения е максималнотокова отсечка.

Моделът на изследваната система е изграден в MATLAB SIMULINK.

След проведените симулационни изследвания са направени следните изводи:

1) При настройки на времето за изключване до 20 ms и OPL с дължина над 15 km, IOPR започват да работят под влияние на изследваните атмосферни пренапрежения.

2) При двукратна мълния върху фазовия проводник в разстоянието между последните два полюса на OPL енергията, разсейвана в MOSA, надвишава граничната му енергийна способност по каталожни данни.

3) Изследвани MOSA с $U_c=20$ kV ограничават пренапреженията за всички изследвани варианти. Препоръчително е настройката за изключване по време на IOPR в OPL с дължина над 15 km да бъде повече от 20 ms.

Относно избора на MOSA: необходимо е да се спазват стриктно препоръки на производителите и нормативните изисквания. MOSA с висока енергийна способност трябва да се предпочитат в райони с интензивна мълниеносна дейност.

Co-ordination of the operation of the relay protection and surge protective devices in electrical power networks medium voltage 20 kV

The most widespread electrical distribution network medium voltage in Bulgaria is this with the voltage of 20 kV. There are different kinds of erection of the grids 20 kV — the overhead power line or the cable. The bigger part of them is an overhead power line. Reliability of the overhead power lines is the most important feature for the continuity of the supply of the consumers.

One of the methods to achieve the reliability of the electric power utilities is the correct operation of the relay protection and the advisable choice of the surge protective devices.

The aims of the paper are:

- To coordinate the operation of the quick operating relay protection (QORP) and the surge protective devices (SPD) under an influence of the lightning overvoltages due to strokes of lightning over the electrical power networks 20 kV;
- To suggest recommendations about setting up of quick operating relay protections and energy capability of metal oxide surge arresters in order not to activate wrongly QORP due to lightning overvoltages.

The electrical system under consideration consists of a supply system 110 kV, a power transformer 110/20 kV, an overhead power line 20 kV (OPL) and voltage measuring transformers. As protective devices against overvoltages MOSA are used and as a protective relays against short circuits IOPR are used.

The model of the researched system is built in MATLAB SIMULINK.

After the simulation studies, the following conclusions were drawn:

- 1) At the tripping time settings up to 20 ms and OPL's length over 15 km the IOPR start working under influences of the researched lightning overvoltages.
- 2) In case of a repeated lightning over the phase conductor in the distance between the last two poles of the OPL the energy, dissipated in MOSA, exceeds the limit energy capability according to the catalog data.
- 3) Researched MOSA with $U_c = 20$ kV limit influencing overvoltages for all researched variants. It is recommended the time tripping setting of the IOPR in the OPL with a length over 15 km to be more than 20 ms.

About the choice of MOSA: it is necessary to be kept strictly recommendations of the producers and normative requirements. MOSA with high energy capability should be preferred in the areas with intensive lightning activity

B4-03. M. Vassileva, M. Yordanova, Y. Rangelov, and N. Nikolaev, **Simulation of the process of arising and limitation of lightning surges in medium voltage power grids**, 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2013, pp. 180–185.

Симулиране на процес на възникване и ограничаване на мълниевии удари в електрически мрежи средно напрежение

Атмосферните пренапрежения във въздушните линии възникват при директен удар на мълния на линията или близо до линията (индукирани пренапрежения). Прякото попадение на мълния над линията е основната причина за разрушаване на междуфазната изолация и нарушаване на нормалната работа на електрическите мрежи. Атмосферните пренапрежения са доминиращи в електрическите мрежи средно напрежение . Около 80 % от повредите във въздушните електропроводи със средно напрежение (MV) се дължат на мълнии. Следователно те определят избора на устройства за защита от пренапрежение (SPD). За симулиране на процеса на ограничаване на атмосферните пренапрежения са създадени симулационни модели на електрически мрежи средно напрежение, засегнати от пренапрежения. Целта на статията е да се симулират възможни пренапрежения в електрическа мрежа 20 kV при различни схеми за тяхното ограничаване и по този начин да се осигури ниво на защита и енергийна способност на устройствата за защита от пренапрежения, както и координация на изолацията. След такъв анализ може да се направи подходящ избор на устройства за защита от пренапрежение. Изследваните фактори на въздействие са: място на монтаж на SPD; брой излизащи въздушни електропроводи от подстанция 20 kV; вид на въздействащите вълните. Симулациите се извършват с Matlab.

В доклада са представени модели на елементите на изследваната електрическа мрежа (модел на силов трансформатор за изследване на електромагнитни преходни процеси, модел на металооксиден вентилен отвод (MOSA) за изследване на преходни процеси със стръмна вълна) и модели на въздействащите вълни на пренапрежение – от пряк удар и индукирани.

Изследвано е защитното действие и енергийна способност на MOSA при въздействие на мълнията върху една от фазите на въздушен електропровод (OHPL). Проведени са вариантни изследвания в зависимост от конфигурацията на мрежата и мястото на монтаж на MOSA.

Документът предлага симулационни модели на силови трансформатори и устройства за защита от пренапрежение, подходящи за изследване на електромагнитни преходни процеси. Разработени са модели на смущения, имитиращи директен удар на мълния, както и индуцирано пренапрежение на мълния. Резултатите от симулацията оценяват необходимостта от инсталиране на устройства за защита от пренапрежение в двата края на кабелната линия. Получените резултати са обосноваващи прецизния избор на параметрите на металооксидните отводители с отчитане на мрежовата конфигурация и приложените смущения. Това ще осигури по-добра координация на изолацията.

Simulation of the process of arising and limitation of lightning surges in medium voltage power grids

Lightning surges in the overhead lines can be received due to either direct lightning stroke over the line or near the line (induced surges). The direct lightning stroke over the line is the main reason for breakdown of the phase-to-phase insulation and disturbance of the normal operation of the electric grids. Lightning surges are dominant in the electric power grids medium voltage [1]. About 80 % of the faults in medium voltage (MV) overhead power lines are due to lightning surges. Therefore they determine the choice of surge protective devices (SPDs). To simulate the process of limitation of the atmospheric surges, simulation models of MV electric grids as affected by surges are created. The aim of the paper is to simulate possible overvoltages in an electric power grid 20 kV at different schemes for their limitation and thus ensuring protective level and energy capability of the surge protective devices, as well as coordination of the insulation. After such analysis an appropriate choice of devices for surge protection can be made. The investigated impact factors are: installation place of SPDs; number of outgoing overhead power lines from substation 20 kV; kind of influencing surges. The simulations are performed with Matlab.

The report presents models of the elements of the investigated electrical network (a model of a power transformer for the study of electromagnetic transients, a model of a metal oxide surge arresters (MOSA) for the study of transients with a steep wave) and models of the impact waves of overvoltage - from direct impact and induced.

The protective action and energy capability of MOSA during a lightning strike on one of the phases of an overhead power line (OHPL) was investigated. Variant studies were conducted depending on the network configuration and MOSA installation location.

The paper proposes simulation models of power transformers and surge protection devices appropriate for electromagnetic transients study. Disturbance models are developed imitating direct lightning stroke as well as induced lightning overvoltage. The simulation results assess the necessity of installation of surge protection devices on both ends of the cable line. The obtained results are ground for precise choice of the parameters of the metal-oxide surge arresters accounting the network configuration and the applied disturbance. This will ensure better insulation coordination.

B4-04. M. Vasileva, N. Velikova, and N. Nikolaev, **Model study of lightning protection of 110 kV substation**, in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 113–115,
https://www.researchgate.net/publication/266021359_Model_Study_of_Lightning_Protection_of_110_kV_Substation

Моделно изследване на мълниезащита на подстанция 110 kV

Електрическото оборудване в разпределителните уредби за средно и високо напрежение, които имат свързани въздушни линии, е защитено от пренапрежение от мълния с металоксидни вентилни отводи (MOSA). Електрическите и механични свойства на MOSA трябва да отговарят на експлоатационните условия на подстанцията. Вентилните отводи обикновено се свързват възможно най-близо до клемите на силовия трансформатор и в тази връзка са необходими допълнителни изчисления.

Този документ представя моделно изследване на удар от мълния върху въздушна линия и неговото въздействие върху оборудването на разпределителна уредба 110 kV, включително MOSA.

Simulink® се използва като симулационна среда за създаване на модел на високоволтова комутационна апаратура, включително MOSA и за изследване на процесите, свързани със защитата от мълнии. MOSA трябва да гарантират надеждността на оборудването и електроенергийната система като цяло. За да се гарантира надеждността, трябва да се направи правилен избор на параметрите на MOSA и точката на свързване.

СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА РУ 110 KV - L1 и L2 са въздушните електропроводи, Тр – силов трансформатор, ТН – трансформатор на напрежение; П1 – линейни прекъсвач и П2 е секционен прекъсвач.

Изследвана е еквивалентната електрическа схема. Всички елементи на схемата са представени от кондензатори с определен капацитет. Моделират се ВЛ с разпределени параметри. Нивото на защита на MOSA е 256 kV. Ударът на мълнията е моделиран като управляван източник на ток с амплитуда 80 kA и форма 1/10 μ s.

РЕЗУЛТАТИ ОТ СИМУЛАЦИЯТА

III.1. Случай на удар от мълния върху ВЛ и ПС без MOSA защита

Трифазните напрежения в точката на удара на мълнията и клемите на силовия трансформатор се наблюдават в следващите подраздели.

A. Удар от мълния върху фазов проводник на линия L1

Разгледан е случай на удар на мълния върху фазов проводник В на линия L1. Точката на удара е на 100 м от трафопоста. Краят на L2 е заземен. Резултатите са представени.

B. Удар от мълния върху фазов проводник на линия L2

Изследван е и случай на удар от мълния във фаза В на линия L2. Точката на удара е на 100 м от трафопоста. Краят на L1 е заземен.

III.2. Случай на удар от мълния върху ВЛ и ПС, защитена с MOSA

Моделът за симулация на разпределителна уредба за високо напрежение, представен в статията, може успешно да се използва за изследване на въздействието на пътуващи електромагнитни вълни, причинени от удари на мълния.

Разработеният модел може да се използва за изследване на защитните характеристики на металоксидните вентилни отводи в електрически подстанции. Може да се използва и за прецизен избор на параметър на MOSA, като се вземе предвид оборудването, инсталирано в разпределителната централа.

Model study of lightning protection of 110 kV substation

The electrical equipment in the MV and HV switchgears which have overhead lines connected, is protected from lightning overvoltage by metal-oxide surge arresters (MOSA). The MOSA's electrical and mechanical properties must comply with the operational conditions of the switchyard. The surge arresters are usually connected as close as possible to the power transformer terminals and in this regard additional calculations are necessary.

This paper presents a model study of lightning stroke on overhead line and its impact on the equipment of a 110 kV switchgear including the MOSA.

Simulink® is used as a simulation environment to create a model of HV switchgear including MOSA and to study the processes related to lightning protection. The MOSA have to ensure the reliability of the equipment and the electric power system in general. To guarantee the reliability, a correct choice of the MOSA's parameters and connection point has to be made.

SIMULATION MODEL OF 110 KV SWITCHGEAR - L1 and L2 are the overhead power lines, Tp – power transformer, TH – voltage transformer; П1 – line circuit-breaker and П2 is the sectioning circuit-breaker.

The equivalent electrical circuit has been investigated. All elements of the circuit are represented by capacitors with certain capacity. The overhead lines are modelled with distributed parameters and their characteristic impedance is specified. MOSA's protection level is 256 kV. The lightning stroke is modelled as a controlled current source with amplitude of 80 kA and shape 1/10 μ s.

SIMULATION RESULTS

III.1. Case of lightning stroke on the overhead lines and switchgear without MOSA protection

The three phase voltages in the point of the lightning stroke and the power transformer terminals are observed in the following subsections.

A. Lightning stroke on a phase conductor of line L1

A case of lightning stroke on phase conductor B of line L1 is considered. The stroke point is 100 m away from the substation. The end of L2 is grounded. The results are presented.

B. Lightning stroke on a phase conductor of line L2

A case of lightning stroke on phase B of line L2 is also studied. The stroke point is 100 m away from the substation. The end of L1 is grounded.

III.2. Case of lightning stroke on the overhead lines and switchgear protected by MOSA

The HV switchgear simulation model, presented in the paper, can successfully be used to study the impact of travelling electromagnetic waves caused by lightning strokes.

The developed model can be used to study the protection characteristics of the metal-oxide surge arresters in electrical substations. It can also be used to make precise parameter choice of MOSA taking into account the equipment installed in the switchyard.

B4-05 Influence of Frequency on Resistivity and Dielectric Permittivity of Multilayer Soil

Dimitrova R., **M. Vasileva**, K. Kardjilova

18th international symposium on electrical apparatus and technologies, siela 2014 - proceedings, 2014, pp. 37-40.

[tps://www.researchgate.net/publication/269270200_Influence_of_frequency_on_resistivity_and_dielectric_permittivity_of_multilayer_soil](https://www.researchgate.net/publication/269270200_Influence_of_frequency_on_resistivity_and_dielectric_permittivity_of_multilayer_soil)

**Влияние на честотата върху съпротивлението и диелектричната
проницаемост на многослойна почва**

В литературата няма съществуващи данни за съпротивлението на почвата и диелектричната проницаемост на почвата за различни честоти на електромагнитното поле. Предимно има данни за честота 50 Hz. Съпротивлението на почвата влияе върху големината на съпротивлението на заземителя. Това съпротивление на почвата трябва да бъде точно определено в зависимост от честотата на тока през заземителя и почвата. При удар на мълния върху заземен обект протича импулсен ток. Възникват високочестотни процеси, поради което параметрите на почвата трябва да бъдат прецизно определени за съответната честота. Това е необходимо за съставяне на правилен модел на заземителната инсталация за изследване на вълнови процеси. Целта на настоящия доклад е да се намери математическото уравнение, описващо зависимостта от съпротивлението и диелектричната проницаемост на честотата за многослойна почва. Проведени са експерименти за изследваните зависимости за конкретното поле на бъдеща подстанция. Вzeti са проби от терен, избран за бъдеща подстанция. Пробите се вземат от 0.4m и 0.8m дълбочина и от повърхността на почвата. Извършени са експериментални изследвания на почвените параметри за влажна и суха и рохкава и пресована почва. Типът устройство, използвано за изследването, е Precision LCR Meter. За измерване на диелектричната проницаемост на почвата се използва диелектричният метод за измерване. След това се изчисляват съпротивлението и диелектричната проницаемост. Изчислените данни се обработват от софтуера Grafer. Използваният диелектричен метод за измерване на диелектричните характеристики на почвата може да се използва за изследване на многослойни почви. Определената математическа функция за зависимост от съпротивлението на почвата на честотата може да се използва за изчисляване на съпротивлението на заземителя за определена честотна величина. Получените математически изрази за зависимостта на диелектричната проницаемост от честотата ще бъдат използвани при изчисляване на капацитета на заземителната система. Този капацитет е необходим за изграждане на моделната схема на инсталацията за изследване на вълновите процеси в нея.

Influence of Frequency on Resistivity and Dielectric Permittivity of Multilayer Soil

There are no existing data in the literature for Soil resistivity and soil dielectric permittivity for different electromagnetic field frequencies. Mostly there are data for frequency 50 Hz. The soil resistivity influence on the magnitude of the ground rod resistance. This soil resistivity needs to be sharp determined on dependence of the frequency of the current through the ground rod and soil. If the lightning stroke on the grounded object an impulse current flows. High frequency processes emerge, so the parameters of the soil must be precisely determined for the corresponding frequency. This is necessary to compose correct model of the grounding installation for investigation of wave processes. The aim of the current report is to find the mathematical equation describing the dependence on resistivity and dielectric permittivity of frequency for multilayer soil. Experiments have been taken for the researched dependencies for the particular field of future substation.

Samples have been taken from a field chosen for a future substation. The samples are taken from 0.4m and 0.8m deep and from the soil surface. Experimental researches have been made for the soil parameters for wet and dry and loose and pressed soil. The device type used for the research is Precision LCR Meter .

For measuring of the soil`s dielectric permittivity the dielectric method for measuring is used. After that resistivity and dielectric permittivity are calculated. The computed data are processed by the Grafer software. The used dielectrical method for measuring the soil dielectric characteristics can be used for multilayer soil research. The determined mathematical function for dependence on soil resistivity of the frequency can be used for calculating the grounding rod resistance for particular frequency magnitude. The resulting mathematical expressions for the dependence of the dielectric permittivity of the frequency will be used when the capacity of the earthing system is calculated. This capacity is needed on construction of the model scheme of the installation for the study of wave processes in it.

B4-06. M. Vasileva, N. Velikova, and T. Dimitrov, "Research of atmospheric overvoltages with a reverse discharge," 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2016, 2016, pp. 364–367

Изследване на атмосферни пренапрежения при обратен разряд

При електропроводите за високи напрежения преобладават обратните разряди – от мълнии, паднали върху стълбовете или по мълниезащитните въжета, близо до стълбовете. При пробива напрежението на засегнатия фазов проводник отведнъж ще нарастне от нула до разрядното напрежение на изолацията. По проводника от мястото, където мълнията е ударила, към подстанцията се разпространява вълна с отвесно чело и полегат тил. Амплитудата на достигналата до подстанцията вълна може да има по-малка амплитуда, в зависимост от дължината на линията. Проучванията показват, че най-застрашени са съоръженията на входа на подстанцията от изводното поле на електропровода, по който е постъпила вълната, а също и силовите трансформатори, които са инсталирани в нея. Показателят за мълниезащита на въздушната линия (ВЛ) се определя по броя на изключванията на ВЛ за една година в резултат на въздействия от мълнии, а мълниеустойчивостта на подстанцията се определя от броя на годините без аварии, причинени от мълниееносна активност. В показателя за мълниезащита участват както напреженията при директно попадение на мълния върху електропровода, така и индуктирани пренапрежения от обратни разряди.

За да онагледим влиянието на обратните разряди, които се получават при удар на мълния в стълб от ВЛ, който е в близост до изследвана подстанция е направен имитационен модел на реална реална подстанция. Моделът е съставен в Matlab Simulink. Разработеният модел на електрическа подстанция намира приложение за изследване на защитното действие на металоксидни вентилни отводи. С негова помощ може да се направи по-прецизен избор на МОВО, като се отчита конфигурацията на схемата и участващите в нея елементи при въздействие на атмосферни пренапрежения.

В доклада са разгледани следните случаи: когато мълнията поразява най-близкия до подстанцията стълб (той се намира на разстояние 20 m от нея) и възникналите обратни разряди постъпват в подстанцията по единия от електропроводите. При нормален режим на работа, когато е защитавана с МОВО и същия случай, но без осигурена защита на съоръженията.

След проведените моделни изследвания са направени следните изводи:

Вентилният отвод монтиран на входа на подстанцията на електропровода, който е под въздействието на мълния заработва и отрязва постъпилата вълна на пренапрежение до защитното си ниво.

Поставените вентилни отводи (на входа на подстанцията и непосредствено преди силовите трансформатори на другите два електропровода имат по-високо защитно ниво от получените пренапрежения и те не заработват.

Постъпващите пренапрежения в подстанцията, ако тя не е защитавана от МОВО, имат високи стойности, които налагат монтирането на мълниезащитни апарати. Получените пренапрежения на входа на силовите трансформатори не превишават изолационното им ниво, въпреки това имат високи стойност и е добре да се вземат мерки за тяхното снижаване, за да се осигури по-дълъг живот на безаварийна експлоатация на инсталираните силови трансформатори.

Research of atmospheric overvoltages whit a reverse discharge

In the case of high-voltage power lines, reverse discharges prevail - from lightning strikes on the poles or on the lightning protection cables near the poles. During a breakdown, the voltage on the affected phase conductor will suddenly rise from zero to the insulation discharge voltage. Along the wire from the place where the lightning struck to the substation, a wave with a vertical front and a receding tail propagates. The amplitude of the wave reaching the substation may have a smaller amplitude, depending on the length of the line. The studies show that the facilities at the entrance of the substation from the output field of the power line, along which the wave arrived, are most at risk, as well as the power transformers that are installed in it. The lightning protection index of the overhead line (OL) is determined by the number of shutdowns of the overhead line in one year as a result of lightning effects, and the lightning resistance of the substation is determined by the number of years without accidents caused by lightning activity. The lightning protection indicator includes both the voltages during a direct lightning strike on the power line and induced overvoltages from reverse discharges.

In order to illustrate the influence of reverse discharges that occur when a lightning strike occurs in an overhead line pole that is close to a studied substation, a simulation model of a real real substation was made. The model is compiled in Matlab Simulink. The developed model of an electrical substation is used to study the protective action of metal oxide valve taps. With its help, a more precise selection of MOVO can be made, taking into account the configuration of the circuit and the elements involved in it under the influence of atmospheric overvoltages.

The following cases are considered in the report: when lightning strikes the pole closest to the substation (it is located at a distance of 20 m from it) and the resulting back discharges enter the substation along one of the power lines. In normal mode of operation, when it is protected with MOVO and the same case, but without ensured protection of the facilities.

After the conducted model studies, the following conclusions were drawn:

The valve outlet installed at the entrance of the substation of the power plant, which is under the influence of lightning, operates and cuts the incoming surge wave to its protective level.

The installed valve taps (at the entrance of the substation and immediately before the power transformers of the other two power lines) have a higher protection level from the received overvoltages and they do not work.

The incoming overvoltages in the substation, if it is not protected by MOVO, have high values that require the installation of lightning protection devices.

The resulting overvoltages at the input of the power transformers do not exceed their insulation level, however, they have a high value and it is good to take measures to reduce them in order to ensure a longer life of trouble-free operation of the installed power transformers.

B4-07. N. Nikolov, N. Dimitrova, A. Georgiev, and **M. Vasileva**, “Reliability estimation of electricity distribution substation surge protection system composed by surge arresters with different operational parameters,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 680, pp. 201–209

Оценка на надеждността на системата за защита от пренапрежение на електроразпределителна подстанция, съставена от вентилни отводи с различни работни параметри

Много важна част от електроразпределителните системи средно напрежение и високо напрежение са системите за защита от пренапрежение (SPS). Те са предназначени за защита на оборудването на подстанцията срещу пренапрежения, произтичащи от удари на мълния в зоната на подстанцията и по-специално на входящите/изходящите въздушни линии (OHL). Целта на тази статия е да предложи подход за получаване на оценъчни стойности по отношение на надеждността на системата за защита от пренапрежение на електроразпределителната подстанция в случаите, когато тя се състои от отводители на пренапрежение, характеризиращи се с различни експлоатационни параметри. Извършва се сравнителен анализ, за да се избере комплект отводители за пренапрежение, осигуряващи системата за защита от пренапрежение с висока надеждност. Въз основа на това са дадени някои практически препоръки, които да бъдат разгледани при прилагане на предложения подход по отношение на системата за защита от пренапрежение в експлоатация. Цитираният модел за надеждност на SPS е получен въз основа на допускания по отношение на системните елементи, както следва:

- неуспехите им са случайни и независими събития;
- техният процент на отказ не зависи от времето, следователно разпределението на времето на работа може да се опише чрез експоненциалното разпределение на случайни променливи;
- характеризират се с номинални стойности на параметрите си и работят в рамките на режима на работа, определен в техническата документация.

Данните, получени в резултат на това проучване, представени по-горе, не могат да се използват като високо точни оценки на надеждността на SPS. Тяхната стойност е, че позволяват да се извърши сравнителен анализ на всички възможни варианти на състава на SPS от SA с различни характеристики. Резултатите показват, че има варианти на състава на SPS, които осигуряват на системата по-висока надеждност от други. По време на този процес е препоръчително да се следват следните стъпки:

1. Изготвяне на списък на всички общопригодни металооксидни SA на склад и/или налични при поискване. Преглед на референтните им характеристики;
2. Определяне на стойностите на коефициентите и стойностите на показателите за надеждност за всеки тип СА на всяка възможна позиция, при всеки от двата режима на работа на СФС, като се вземат предвид референтните и експлоатационните характеристики на СА;
3. Оценки на надеждността на всички варианти на състава на SPS, произтичащи от всички възможни вариации в позиционирането на SA на различните вече изброени типове. Бенчмаркинг на всички варианти, базиран на получени оценки. Текущата стъпка се изпълнява два пъти, т.е. веднъж за всеки от SPS режимите, анализирани по-горе. Избор на варианти на състав на SPS, осигуряващи най-висока надеждност на системата;
4. Окончателен избор на SPS състава на металооксидния SA въз основа на допълнителни съображения, като финансови, оперативни и т.н. Препоръчително е също така да се вземе предвид опитът на персонала в поддръжката.

Reliability estimation of electricity distribution substation surge protection system composed by surge arresters with different operational parameters

A very important part of the electricity distribution middle voltage and high voltage systems are the surge protection systems (SPS). These are intended to protect the substation equipment against overvoltages resulting from lightning strokes on the substation area and particularly on the incoming/outgoing overhead lines (OHL).

The aim of this article is to suggest an approach to obtaining estimation values regarding reliability of electricity distribution substation surge protection system in cases when it is composed by surge arresters characterized by different operational parameters. A benchmarking is performed in order to select a set of surge arresters providing the surge protection system with a high reliability. Based on it some practical recommendations are given to be considered applying the approach suggested regarding surge protection system in operation.

The SPS reliability model cited is derived based on assumptions in regard to the system elements as follows:

- their failures are random and independent events;
- their failure rate does not depend on time, hence the uptime distribution can be described by the exponential random variables distribution;
- they are characterized by rated values of their parameters and operate within the limits of their operational mode, specified in the technical documentation.

The data resulting from this study, presented above, cannot be used as highly accurate SPS reliability estimations. Their value is that they allow to be performed a benchmarking of all possible variants of SPS composition by SA with different characteristics. The results display that there are variants of SPS composition which provide the system with higher reliability than others.

During this process it is advisable the next steps to be followed:

1. Preparation of a list of all generally suitable metal-oxide SA on stock and/or available by request. Review of their referent characteristics;
2. Determination of the coefficients values and reliability indices values regarding each type of SA at each possible position, at each of the two operational regimes of SPS, considering SA referent and operational characteristics;
3. Reliability estimations of all variants of the SPS composition resulting from all possible variations in positioning of the SA of different types already listed. Benchmarking of all variants, based on estimations obtained. The current step is executed twice, i.e. once per each of the SPS regimes analyzed above. Selection of the SPS composition variants, providing the system with highest reliability;
4. Final choice of the SPS composition of metal-oxide SA on the basis of additional considerations, such as financial, operational etc. It is also advisable to be taken into consideration the maintenance experience of the personnel.

B4-08. M. Mehmed-Hamza, M. Vasileva, and P. Stanchev, **Increasing the education quality by means of computer-aided visualization of the processes in electric power systems**, vol. 680. Springer Verlag, (2018) Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 386-395

Повишаване качеството на обучението чрез компютърно визуализиране на процесите в електроенергийните системи

Целта на тази статия е да се разработят симулационни модели на релейни защиты с Auto Reclose и металооксидни вентилни отводи за ограничаване на пренапрежение (MOSA), използвани в електрически системи със средно напрежение. Цифровите релейни защиты са широко разпространени за защита на съоръжения в електрически мрежи. За да се повиши квалификацията и обучението на отговорния персонал и да се провери коректността на избраните настройки е целесъобразно да се използват симулационни модели. В статията са представени разработените модели на най-често използваните токови защиты в електрически мрежи средно напрежение- максималнотокова защита, токова отсечка, земна защита и автоматично повторно включване. Симулационният модел е разработен в среда за програмиране Matlab Simulink, като се използват предимствата на продукта, позволяващи визуализация на параметрите на режима чрез отворена и лесна за работа система с бързо и ефективно разширяване на моделите, снабдени с наличните библиотеки, модели и програми по този начин изключвайки необходимостта от разработване на други допълнителни програмни инструменти.

Компютърното моделиране и визуализация на работата на релейните защиты и защитни устройства дава възможност на специалистите да анализират по подходящ начин избраните настройки и работата на посочените устройства.

Представеният тук симулационен модел използва стандартни блокове на софтуерния продукт като трансформатор, линия, реле, но също и модели, разработени от авторите за блок с алгоритъм за релейна защита на електрически мрежи средно напрежение със защитни функции и автоматично повторно включване, което показва сигнализация за неговата експлоатация.

Предимствата на разработените модели са следните:

- Лесно въвеждане на параметри за настройка на цифровите релейни защиты с Auto Reclose за разширена защита на енергийни системи чрез разработения блок за данни вход;
- Разработена лампова сигнализация за действието на отделните функционални защиты и Auto Reclose визуализира работата на симулационния модел на цифровото реле и състоянието на прекъсвача на защитаваните съоръжения;
- Визуализация на изменението на режимните параметри (ток и напрежение) в нормален и аварийен режим на работа на защитаваното съоръжение.
- Да се осигури възможност за въвеждане и извеждане на отделните блокове съгласно моментни стойности на цифровите релейни защиты и Auto-Reclose, както и възможност за настройка на работните параметри на Auto Reclose;
- Симулационен модел на електрическа мрежа 20 kV с цифрова релейна защита може да се използва за обучение и повишаване на квалификацията на електроинженери, както и за анализ и проверка на избрани настройки на цифровите релейни защиты.

Разработените модели за изследване на MOSA в електрическите мрежи могат да се използват за техния по-прецизен избор, като се разглежда конфигурацията на схемата и елементите в нея при въздействието на пренапрежения с различна форма и продължителност.

Increasing the Education Quality by Means of Computer-Aided Visualization of the Processes in Electric Power Systems

The purpose of this paper is to develop simulation models of relay protections with Auto Reclose and metal-oxide surge arresters (MOSA), used in medium voltage electric power systems. Numerical relay protections are in widespread use for protection of facilities in electric power grids. To enhance the qualification and training of the staff in charge and to check the correctness of the selected settings using simulation models is appropriate. This paper presents one of the developed simulation models for numerical relay protection encompassing time overcurrent relay, instantaneous overcurrent relay, Neutral Time Overcurrent and Auto Reclose. The simulation model is developed in Matlab Simulink programming environment using the advantages of the product enabling visualization of the mode parameters by means of an open and easy to operate system with quick and effective expansion of the models provided with the available libraries, models and programs thus excluding the necessity to develop any other further program tools.

Computer-aided modeling and visualization of the operation of the relay protections and protective devices enables specialists to appropriately analyze the selected settings and operation of the specified devices.

The simulation model presented herein uses standard blocks of the software product such as transformer, line, relay, but also models developed by the authors for block with an algorithm for relay protection of medium voltage electric power grids with protective functionalities and Auto Reclosing that displays signaling for its operation.

The Matlab Simulink programming environment described in this study is used to develop simulation models of numerical relay protections and Auto Reclose, used in medium voltage electric power grids.

The advantages of the developed models are as follows:

- Easy input of set-up parameters for the numerical relay protections with Auto Reclose for advanced protection of power systems by means of the developed block for data input;
- The developed lamp signaling for the operation of the separate functional protections and Auto Reclose visualizes the work of the simulation model of the numerical relay protection and the state of the circuit-breaker of the protected facilities;
- Visualization of the variation of the mode parameters in the values when the relay protection and the operation of the Auto Reclose trip the short circuit;
- To provide an option for input and output of the separate blocks according to the instantaneous values of the numerical relay protections and Auto-Reclose, as well as an option to set the operation parameters of the Auto Reclose;
- The simulation model of a 20 kV electric power grid with a numerical relay protection can be used for training and advanced qualification of electrical engineers as well as for analysis and verification of selected settings of the numerical relay protections.

The developed models for investigation of MOSA in electric power grids can be used for their more precise choice as the configuration of the scheme and the elements in it under the impact of overvoltage with different shape and duration are considered. when the focus switches from grating/system design and set up to the generation of GB-PCI images for an established system.

B4-09. M. Vasileva.and Stanchev D., **Switching transients in overhead transmission line 220 kV**, 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, art. no. 9279055
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9279055>

Комутационни пренапрежения във въздушни електропроводи 220 kV

Енергийната система е изложена на пренапрежения поради различни причини. Комутационните пренапрежения са една от честите причини за прекъсвания и повреди в системата. Те се причиняват от операции на прекъсвача. Тези операции се класифицират като включване и повторно включване. Захранването и изключване на въздушната линия причинява пренапрежения при превключване.

Тези пренапрежения при определени условия могат да бъдат опасни за съоръженията в подстанциите. Следователно познаването на нивата на пренапрежение и факторите, които ги влияят, е важно за надеждността на електроенергийната система. В тази статия комутационните пренапрежения, дължащи се на операции на включване и повторно включване на въздушен електропровод 220 kV, са изследвани чрез моделно изследване. Софтуерът ATP-EMTP се използва за моделиране на електроенергийната система. В статията са разгледани казуси без използване на вентилни отводи и с вентилни отводи. Показани са пренапрежения в различни места на въздушната линия.

Моделното проучване разглежда следните казуси:

- Захранване на ненатоварена линия с отворен край на другата подстанция без монтирани разрядници;
- Захранване на ненатоварена линия с отворен край на другата подстанция с монтирани разрядници;
- Еднополюсно АПВ на ВЛ 220 kV.

Използват се най-лошите условия за превключване, за да се определят най-високите възможни стойности на пренапреженията на входа на подстанцията. Определят се и се анализират нивата на пренапрежения. При нормални експлоатационни условия тези стойности на комутационните пренапрежения може да не са опасни, но при определени атмосферни условия могат да окажат опасно въздействие върху оборудването в подстанцията. Определянето и анализът на комутационните пренапрежения чрез проучване на модела може да предостави важни данни за бъдещи подобрения, изследвания на координацията на изолацията, разследване и други. Този тип моделни проучвания могат да подобрят надеждността на системата и да намалят разходите за поддръжка и управление. Също така, казуси за преходни процеси на превключване могат да бъдат полезни при студентски упражнения в областта на преходните процеси в електроенергийната система.

Switching transients in overhead transmission line 220 kV

Power system is exposed to overvoltages due to different reasons. Switching overvoltages are one of common causes of outages and damages in the system. Switching overvoltages are caused by circuit breaker operations. These operations are classified as closing and reclosing. Overhead line energization and de-energization causes switching surges.

These surges under certain conditions can be dangerous for the facilities in the power substations. Therefore the knowledge of overvoltage levels and the factors affecting them is important for power system reliability. In this paper switching overvoltages due to closing and re-closing operations of overhead power line 220 kV are investigated through model study. ATP-EMTP software is used for power system modeling. Case studies without using surge arresters and with surge arresters are reviewed in the paper. Overvoltages in different location on overhead line are shown.

This paper present model study of energization and reenergization of overhead line 220 kV through ATP/EMTP software. Case studies for closing and reclosing of the transmission line have been reviewed.

The model study reviewed the following case studies:

- Energization of unloaded line with open-end condition on the other substation without installed surge arresters;
- Energization of unloaded line with open-end condition on the other substation with installed surge arresters;
- Single pole auto-reclose of overhead line 220 kV with trapped charge of 1 per unit.

Switching overvoltages due to energization and reenergization of overhead transmission line 220 kV are presented in this paper. The worst conditions for switching are used to be defined highest possible values of the overvoltages at the substation entrance. Levels of overvoltages are determined and analyzed. In normal operational conditions these values of the switching overvoltages may not be dangerous but under certain atmospheric conditions they can have dangerous impact for the equipment in the substation. Determination and analysis of the switching overvoltages through model study can provide important data for future improvement, insulation coordination studies, investigation and other. This type of model studies can improve reliability of the system and reduce maintenance and management costs. Also, case studies for switching transients could be helpful in student exercises in the field of power system transients

B4-10. Stanchev, D., Stanchev, P., Hamza, M., Vasileva, M., **Overvoltages under single-phase fault conditions in the high voltage grids**, 12th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2020. pp.1-4
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9326074>

Пренапрежения при еднофазна повреда в мрежите за високо напрежение

Изискванията към съвременните енергийни системи са пряко свързани с необходимостта от непрекъснато захранване на потребителите при спазване на изискванията за качество на електроенергията. В системата възникват планирани и непланирани прекъсвания, които пряко засягат нормалната работа и поддръжка на оборудването в системата. Това обуславя необходимостта от изследване на процесите и режимните параметри при аварии в системата. Поради специфичните характеристики на електроенергийната система, моделното изследване в софтуерна среда е предпочитан начин за изследване на преходни процеси в електроенергийната система. В статията се акцентира върху изменението на параметрите при еднофазни повреди в електрическата мрежа 220 kV в зависимост от мястото на повредата и действието на релейната защита. Изследването е извършено в софтуерната среда ATP-EMTP. Пренапреженията, възникващи по време на отстраняването на повредата, се получават между контактите на прекъсвача и зависят от възстановяване на напрежението (TRV). При разглеждане на този тип пренапрежение е важна скоростта на нарастване на възстановяващото се напрежение между контактите на прекъсвача (RRRV), което е пряко свързано с възможното запалване на дъгата между контактите на прекъсвача и по този начин могат да се генерират значителни пренапрежения. Първото проучване на модела разглежда преходно възстановяване на напрежението през контактите на прекъсвача за високо напрежение в подстанция 220 kV по време на отстраняване на еднофазна повреда в близост до подстанцията. Вторият наблюдаван случай е еднофазна повреда при 85% от въздушната линия, последвана от автоматично повторно включване. Третият случай от проучването разглежда еднофазна повреда при 85% с автоматично повторно включване, последвано от прерастване на еднофазна повреда до трифазно късо съединение. От получените резултати от първото изследване може да се заключи, че преходното възстановително напрежение, което се появява върху контактите на прекъсвача, е по-малко от стойностите, дадени в стандартите. Също така може да се отбележи, че забавянето на защитата не води до опасни пренапрежения. От резултатите във втория и третия казус на еднофазни повреди при 85% с автоматично повторно включване може да се види, че генерираните пренапрежения се получават според очакванията. Вижда се, че пренапреженията с тези стойности не могат да повлияят на работата на релейната защита, но могат да повлияят на надеждността на оборудването в дългосрочен план поради забавянето на времето на релейната защита в тези зони. При това забавяне във времето оборудването може да бъде изложено на високи стойности на пренапрежения, които могат да повлияят на изолацията в дългосрочен план. Резултатите от този вид изследвания могат да бъдат полезни за оценка на надеждността на оборудването. С резултатите от изследването може да се анализира работата на защитата. Моделирането на преходни процеси ни дава поглед върху параметрите в преходен режим, които не могат да бъдат илюстрирани навсякъде чрез записване на събития от релейни защиты поради техните ограничения по отношение на времеви диапазон, който те разглеждат. Параметрите могат да се видят чрез преходни записващи устройства, но не е възможно да се инсталира записващо устройство във всяка подстанция. Моделирането в софтуера може да помогне за създаване на казуси за всяка конфигурация на системата и да получите по-добър анализ на ситуациите. По-нататъшни изследвания се планират за валидиране на резултатите чрез използване на масетомии и по-нататъшно усъвършенстване на алгоритмите за реконструкции с цел подобряване качеството на фазово-контрастните образи.

Overvoltages under single-phase fault conditions in the high voltage grids

The requirements for modern power systems are directly related to the need for continuous power supply to consumers while meeting the requirements for electricity quality. Planned and unplanned outages occur in the system, they directly affecting the normal operation and maintenance of the equipment in the system. This determines the need to study the processes and regime parameters in case of failures in the system. Due to the specific characteristics of the power system, model research in a software environment is preferred way for investigations for power system transients. The paper focus on parameters change in case of single-phase faults in the 220 kV electrical network depending on the place of failure and the operation of the relay protection. The investigation was performed through model study in the ATP-EMTP software environment.

Overvoltages occurring during the fault clearing are obtained between the contacts of the circuit breaker and depend on the transient recovery voltage (TRV). When considering this type of overvoltage, lies the rate of increase of the recovering voltage between circuit breaker contacts (RRRV), which is directly related to the possible ignition of the arc between the contacts of the circuit breaker, and thus significant overvoltages can be generated. First model study considered transient recovery voltage across the contacts of high voltage circuit breaker is substation 220 kV during the clearing of single-phase fault near the substation. The second observed case is single phase fault at 85% of the overhead line followed by automatic reclosing. Third case of the study consider single phase fault at 85% with automatic reclosing followed by single phase fault outgrowth to three phase short circuit.

From the obtained results of the first study can be concluded that transient recovery voltage that appear on circuit breaker contacts is less than the values given from. Also can be noted that the delay of the protection don't produce dangerous overvoltages. From the results in the second and third case study of single-phase faults at 85% with automatic reclosing can be seen that enenerated overvoltages are obtained as expected. It can be seen, that overvoltages with these values cannot affect operation of the relay protection but they can affect reliability of the equipment in long term because of the time delay of the relay protection in these zones. In this time delay the equipment can be exposed to high values of overvoltages that can affect insulation in long term. Results from this type of studies can be useful for assessment of equipment reliability. With the results from the study can be analyzed operation of the protection. The modeling of transients gives us a look at the parameters in transient mode, which cannot be illustrated everywhere by recording events from relay protections due to their limitations in terms of the time range they consider. Parameters can be seen through transient recorders but it's not possible to be install recorder in every substation. Modeling in software can help to create case studies for every configuration of the system and get better analysis of the situations.

Further investigations will be devoted to the validation of the presented findings by imaging ex vivo breast samples and elaboration of the current SAA and FBP algorithms to improve reconstructions of objects from phase-contrast images.

Дата:

Изготвил:

/доц. д-р инж. Маргрета Василева/

РЕЗЮМЕТА

НА НАУЧНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ ОТ ГРУПА Г, на доц. д-р инж. Маргрета Парашкеванова Василева

представени за участие в конкурс за „професор“
в област на висше образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
по специалност „Високоволтова техника“ публикуван в ДВ брой 7/ 23.01.2024 г.

За участие в конкурса и покриване на минималните наукометрични показатели в Група Г са подбрани общо 23 научни рецензирани публикации (18 на Английски език, 5 на Български език) общ брой 238 точки, от които 4 са реферирани в международната база данни SCOPUS.

№	Научни публикации, Група Г	Брой точки
Г7-01	Vasileva, M.and Stanchev, D. Lightning overvoltages in electrical substation 220 kv due to shielding failure of overhead transmission line, 10th Electrical Engineering Faculty Conference, BuIEF 2018, art. no. 8646957. https://ieeexplore.ieee.org/document/8646957	20
Г7-02	Vasileva, M.and Stanchev D, Statistical analysis of energization and re-energization overvoltages in overhead transmission line 220 kV, 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, art. no. 9279051 https://ieeexplore.ieee.org/document/9279051	20
Г7-03	M. Vasileva, "Use of simulation models in training on discipline "High Voltage Thehnics"", ICEST 2021 https://ieeexplore.ieee.org/document/9483505	40
Г7-04	Vasileva, M., I. Draganova-Zlateva, N. Zafiroska, Results of simulation modeling of an insulation system with the development of a partial discharge in the volume of a solid dielectric, 14 Electrical Engineering Faculty Conference, BuIEF 2022, INSPEC Accession Number: 22570497 https://ieeexplore.ieee.org/document/10021154	13,33
Г8-01	M. Vasileva, "Overvoltage Protection of a Cable Part in an Electrical Grid 20 kV," in ICEST 2010 - XLV International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2010, vol. 2, pp. 639–640	20
Г8-02	Йорданова, М; Василева, М; Мехмед-Хамза, М. Компютърна програма за оценка на риска от атмосферни електрически въздействия. Сборник доклади. Международна научно-техническа конференция. Електроенергетика 2010; Технически университет - Варна; България; 267-272. ISBN 978-954-20-0497-4	6,67
Г8-03	M. Vasileva and D. Dimitrov, "Model Research of Atmospheric Electric Effects in Electrical Low Voltage Network with Local Photovoltaic System," in ICEST 2011 - XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2011, vol. 3, pp. 985–986	10

Г8-04	M. Yordanova, M. Mehmed-Hamza, and M. Vasileva, "Risk Assessment of Lightning Damages," in ICEST 2011 - XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2011, vol. 3, pp. 987–988	6,67
Г8-05	Йорданова, М; Василева, М; Мехмед-Хамза, М. Оценка на ефективността на защитата срещу пряк удар на мълния на ветроенергийни паркове. Трети международен научен конгрес - 50 години, Технически университет - Варна; Технически университет - Варна; България; 201-203; 2012. ISBN 978-954-20-0552-0	6,67
Г8-06	Димитров, Д; Димитрова, Р; Иванова, М; Василева, М. Анализ и сравнителна оценка между енергийно ефективни драйвери за LED с автономно хранване. Трети международен научен конгрес - 50 години, Технически университет - Варна; Технически университет - Варна; България; 116-121; 2012. ISBN 978-954-20-0552-0	5
Г8-07	Димитров, Д; Димитрова, Р; Иванова, М; Василева, М. Изследване на някои влияния на собствените параметри на специализирани за LED интегрални схеми. Трети международен научен конгрес - 50 години, Технически университет - Варна; Технически университет - Варна; България; 110-115. 2012. ISBN 978-954-20-0552-0	5
Г8-08	M. Yordanova, M. Vasileva, and R. Dimitrova, "Analysis of the Mesh Voltage Calculation Method in the Presence of a Two-Layer Soil," in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 723–726	6,67
Г8-09	K. Gerasimov, M. Mehmed-Hamza, M. Vasileva, and A. Filipov, "Model study of the processes in current instrument transformers for the purposes of relay protection," in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 763–766.	5
Г8-10	M. Yordanova and M. Vasileva, "Energy Capability of Metal-Oxide Surge Arresters in Electric Power Lines 20 kV," in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 731–734	10
Г8-11	Димитрова, Р; Василева, М; Йорданова, М., Влияние на структурата на почвата при проектиране на заземителни мрежи в двуслойна почвена среда. Годишник на Техническия университет във Варна, Юбилейна научна международна конференция 50 години катедра ЕТЕТ; Технически университет - Варна; България; с. 85-88. 2013. ISSN 1311-896X	6,67
Г8-12	M. Vasileva and N. Velikova, "Model Study of Lightning Protection of 110/20 kV Substation," in Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014, 2014, vol. 1, pp. 158–160	10
Г8-13	M. Vasileva and R. Dimitrova, "Using a measuring instrument Z - METER III for determining of the soil resistivity for dimensioning of the grounding system of an electricity object," in EUREKA 2014, 2nd Conference and Working Session, Schedule Proceedings, 2014, vol. 1, pp. 82–86.	10
Г8-14	M. Vasileva, N. Velikova, Y. Ivanov, and D. Stanchev, "Limiting of lightning overvoltages in the electrical Substations 110 kV," in ICEST 2015 - L International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2015, vol. 1, pp. 296–299	5

Г8-15	R. Dimitrova, M. Vasileva, and M. Yordanova, "Experimental Investigation of the Electrical Parameters of the Soil for the Purpose of the Grounding System Design," in ICEST 2015 - L International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2015, vol. 1, pp. 288–291.	6,67
Г8-16	M. Vasileva, R. Dimitrova, M. Yordanova, and M. Ivanova, "Model Scheme of the Earthing System of Electrical Power Substations for Wave Processes Study," in 2015 Fourteenth International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2015 - Proceedings, 2015, pp. 114–117	5
Г8-17	N. Velikova, R. Dimitrova, M. Vasileva, and M. Yordanova, "Model Research of the Protection against Arriving Atmospheric Surges in the Substation 110kV," in PROCEEDINGS - International Scientific Symposium - Electrical Power Engineering, 2016, vol. 1, pp. 78–82	5
Г8-18	M. Yordanova, R. Dimitrova, M. Vasileva, and M. Ivanova, "Regression Analysis of Experimental Data for the Soil Electrical Parameters considering Humidity and Frequency," in Proceedings of the 1st International Conference "Applied Computer Technologies" ACT 2018, 2018, vol. 1, pp. 79–82.	5
Г8-19	M. Vasileva and D. Stanchev, "Determination of dangerous lightning current levels for power substations 220kV," in Proceedings of the 1st International Conference "Applied Computer Technologies" ACT 2018, 2018, vol. 1, pp. 83–85.	10

G7-01. Vasileva, M. and Stanchev, D. Lightning overvoltages in electrical substation 220 kV due to shielding failure of overhead transmission line, 10th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2018, art. no. 8646957. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8646957>

Атмосферни пренапрежения в електрическа подстанция 220 kV при повреда на мълниезащитното въже на въздушна електропроводна линия

Удари от мълния върху въздушни преносни линии причиняват пренапрежения, които се разпространяват по електропровода под формата на пътуващи вълни. Тези пренапрежения застрашават надеждността на въздушните преносни линии и оборудването на подстанциите. Пренапреженията от мълния са един от най-важните фактори при проектирането на изолацията на подстанции и въздушни линии.

Тази статия представя различни атмосферни пренапрежения в реална електрическа подстанция 220 kV при повреда на мълниезащитното въже на въздушна преносна линия въз основа на моделно изследване със софтуер ATP-EMTP.

Изследваният обект е електрическа подстанция 220 kV. Свързва се с двойна шина със схема с един прекъсвач с 3 въздушни електропровода, 3 автотрансформатора, 2 измервателни полета и 1 прекъсвач. За еквивалентната схема на подстанцията всеки елемент е даден с неговия капацитет. Симулациите се изпълняват с различни разстояния от случаите на удар на мълния, за да се изследва работата на вентилния отвод в подстанцията и да се покажат незащитени зони. Анализирани са два различни случая:

- 1) Няма инсталиран MOSA;
- 2) MOSA, инсталиран на входа на подстанцията. Където: MOSA - металоксиден вентилен отвод.

Напреженията се измерват на входа на подстанцията, при измервателния трансформатор на засегнатата въздушна линия, на шината, на MOSA в присъединяването на измервателната шина и на MOSA до автотрансформатора. Нивото на пренапреженията се определя и в двата случая. В случай 1 поради близкото разстояние на удара и нивото на тока на мълния може да се види, че напреженията са много по-високи от основното ниво на изолация на оборудването от този клас напрежение. Този тип пренапрежения могат да бъдат изключително опасни за високоволтовото оборудване в подстанцията и могат да повлияят на системи, съдържащи електронни елементи във вторичните вериги на подстанцията. За да се намалят пренапреженията в подстанцията е изпълнен случай 2. MOSA със същите характеристики е монтиран на входа на подстанцията.

Чрез инсталиране на MOSA на входа на подстанцията, пренапреженията са значително намалени, но някои от напреженията са по-високи от BIL на този клас напрежение поради отражение и пречупване на пътуващите вълни. За да се оптимизират резултатите от MOSA в подстанцията, е необходимо да се сведе до минимум разстоянието между защитеното устройство и MOSA или да се добавят няколко степени на защита чрез инсталиране на повече MOSA.

Разработеният модел може да се използва за анализ на ефективността на мълниезащитата и прецизно проектиране на изолацията на подстанция.

Lightning overvoltages in electrical substation 220 kv due to shielding failure of overhead transmission line

Lightning strokes on overhead transmission lines cause overvoltage surges, which propagate along the power line in the form of traveling waves. These overvoltages endangered the reliability of overhead transmission line and substation equipment. Lightning overvoltages are one of the most important factors in designing of substation and overhead lines insulation.

This paper presents various lightning overvoltages in real electrical substation 220 kV due to shielding failure of overhead transmission line based on model study with ATP-EMTP software.

The investigated object is electrical air insulated outdoor power substation 220 kV. It is connected by double bus bar with single breaker scheme with 3 overhead transmission lines, 3 autotransformers, 2 measurement joints and 1 tie breaker. For the equivalent scheme of the substation every element is given with their capacitance. The simulations are executed with various distances from the impact of lightning cases to probe the work of surge arrester in the substation and to show unprotected zones. Two different overvoltage protection cases are analyzed:

1) No MOSA installed;

2) MOSA installed at substation entrance. Where: MOSA- metal-oxide surge arrester. Voltages are measured at the substation entrance, instrument transformer of the impacted overhead line, at the busbar, at surge arresters in measurement busbar accession and at surge arrester next to autotransformer. The level of overvoltages is defined in both cases. In case 1 due to close distance of impact and the lightning current level it can be seen that voltages are much higher than basic insulation level of the equipment of this class voltage. This type of overvoltages can be extremely dangerous for the high voltage equipment in the substation and can influence systems containing electronic elements in the substation secondary circuits [10]. In order to reduce the overvoltages in substation has been performed case 2. MOSA with same characteristics has been installed at substation entrance.

By installing surge arresters at substation entrance lightning performance is significantly

improved, but some of the voltages are higher than BIL of this class voltage due to reflection and refraction of the traveling waves. To optimize the results of MOSA in substation it's necessary to minimize the distance between protected device and MOSA or to add several degrees of protection by installing more MOSA. Various shielding failures of overhead transmission line 220 kV connected to substation has been performed in ATP-EMTP software environment. Two cases of lightning protection scheme has been modelled. The developed model can be used for lightning performance analysis and precise insulation design of power substation.

G7-02. Vasileva, M. and Stanchev D, **Statistical analysis of energization and re-energization overvoltages in overhead transmission line 220 kV**, 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, art. no. 9279051
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9279051>

Статистически анализ на пренапрежения при включване и повторно включване на въздушна електропроводна линия 220 kV

Работата с прекъсвачи и превключватели в електрическата система причинява комутационни пренапрежения. Пренапреженията при превключване, дължащи се на операции на включване и повторно включване с прекъсвачи, могат да бъдат опасни за оборудването в подстанциите. Определянето на нивото на пренапрежение за оборудването е важно за надеждността на електроенергийната система. Поради естеството на пренапреженията е необходимо да се определи статистическо разпределение на пренапреженията за повече от една операция на превключване.

В статията е представен статистически анализ на пренапреженията, възникващи при захранването и повторното захранване на въздушна електропроводна линия 220 kV. Статистическият анализ е направен за 200 случая за всеки вариант. Изследването на модела се извършва със софтуер ATP/EMTP. Получените резултати и симулационните модели могат да бъдат полезни за изследвания на координацията на изолацията, бъдещи подобрения и обучение на студенти.

Документът се фокусира върху операциите по включване и повторно включване на прекъсвач на въздушна линия 220 kV и възникващите пренапрежения по линията и в подстанцията 220 kV.

Статистически анализ на получените вълни се прави за следните случаи:

- Подаване на напрежение на ВЛ 220 kV без вентилни отводи на входа на подстанцията;
- Захранване на ВЛ 220 kV с монтирани вентилни отводи на входа на подстанцията;
- Еднополюсно автоматично повторно включване на ВЛ 220 kV.

Преходните процеси на превключване, дължащи се на операции на затваряне и повторно включване с прекъсвачи, в някои случаи могат да застрашат оборудването и изолацията в енергийната система. Следователно изолацията в подстанциите трябва да се защитава и да се поддържа правилно, за да се избегнат прекъсвания и повреди. Получените резултати показват, че с използването на защитни устройства като металоксидни вентилни отводи, нивото на пренапреженията може да бъде ограничено и също така да се намали вероятността от високи пренапрежения. Статистическото разпределение на пренапреженията може да се използва за изследвания на координацията на изолацията и също може да бъде полезно за бъдещи подобрения и обучение на студенти. За пълна информация относно нивата на пренапреженията трябва да се изследват всички възможни конфигурации.

Statistical analysis of energization and re-energization overvoltages in an overhead transmission line 220 kV

Operations with circuit breakers and switches in power system causes switching surges. Switching surges due to closing and reclosing operations with breakers could be dangerous for equipment in substations. Determining overvoltage level for the equipment is important for power system reliability. These representative overvoltages are useful for insulation coordination procedure. Due to the nature of the overvoltages statistical distribution of overvoltages for more than one switching operation is needed.

The paper presents statistical analysis of the overvoltages which occurs during the energization and re-energization of the overhead transmission line 220 kV. The statistical analysis is made with 200 cases for every variant. Standard deviations of 2ms and 5ms are used [8]. The model study is performed with ATP/EMTP software. The obtained results and the simulation models can be useful for insulation coordination studies, future improvements and student training.

The paper focuses on closing and reclosing operations of circuit breaker of overhead line 220 kV and produced overvoltages along the line and in the substation 220 kV.

Statistical analysis of the obtained surges is made for the following cases:

- Energization of overhead line 220 kV without surge arresters at substation M1 entrance;
- Energization of overhead line 220 kV with installed surge arresters at substation M1 entrance;
- Single pole automatic reclosing of overhead line 220 kV.

Switching transients due to closing and reclosing operations with circuit breakers in some cases can endanger equipment and insulation in power system. Thus insulation in the substations should be observed and maintained properly in order to avoid flashovers and outages. Statistical distribution of overvoltages due to energization and single pole reclosing of overhead line 220 kV was presented in the paper through model study in the environment of ATP-EMTP. Obtained results show that with using of protective devices like surge arresters level of the overvoltages can be limited and also to be reduced the probability for high overvoltages. Statistical distribution of the overvoltages can be used for insulation coordination studies and also can be useful for future improvements and students education. For complete information about the levels of the overvoltages all possible configuration must be counted.

G7-03. M. Vasileva, "Use of simulation models in training on discipline "High Voltage Thehnics"", ICEST 2021,
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9483505>

Пренапреженията в електрическите мрежи са резултат от мълния, повреди или изключване и те са неизбежни. Те застрашават оборудването, което по икономически причини не може да бъде проектирано с достатъчно електрическа якост. По-икономична и надеждна работа на мрежата изисква многостранна защита срещу неприемливи пренапрежения. Подробно изчисляване на пренапреженията в електрически мрежи е възможно само с помощта на компютърно оборудване с подходящ софтуер.

Тази статия представя един от симулационните модели на електрически мрежи, които са разработени за обучение на студенти по дисциплина "Техника на високите напрежения"; опциите за провеждане на изследвания и резултатите от симулационното моделно изследване.

Въвеждане на характеристиките на изследваните системи се извършва в диалогов режим, чрез графичен набор от схеми на елементарни стандартни единици. Резултатът е модел на системата или изследваното устройство. Възможностите на SIMULINK в това отношение са безспорни. Параметрите на елементарните единици, които трябва да бъдат въведени при изграждането на изследователския модел често не отговарят на каталожните данни. Това изисква предварителни изчисления, което е известен недостатък. Симулират се процесите на възникване и ограничаване на Пренапрежения. Моделите на електрическите мрежи и ефектите на смущение са създадени в софтуерна среда Matlab Simulink.

Многовариантността на задачата включва следните влияещи фактори: броят на изходящите електропроводи (PL) от разпределителната система (DS); вида и мястото на монтаж на устройства за защита от пренапрежение (SPD); импулсно съпротивление на заземителя на стълба; вид смущение; параметри на кабелните електропроводи (CPL)– вида на кабела, сечението на кабела, начина на полагане на еднофазния кабел, дължината.

Спецификата на експлоатацията на електрическите мрежи, в много случаи, не позволяват практическо изследване на процесите в него.

Това е причината моделните симулации на електромагнитни преходни процеси с компютърни програми да се превърне в един от най-предпочитаните методи за изследване, анализ на работата на мрежата и обучение.

Визуалното програмиране отваря възможности за използване на най-съвременните математически методи за решаване на задачи в ситуационно моделиране на сложни системи, като електрически мрежи.

Using simulation modeling to study overvoltages in the electrical networks

Overvoltages in electrical networks are the result of lightning, damages or switching off and they are unavoidable. They endanger equipment that for economic reasons cannot be designed with sufficient electrical strength. More economical and reliable network operation requires multilateral protection against unacceptable overvoltages. A detailed calculation of overvoltages in the electrical networks is possible only by using computer equipment with an appropriate software.

This paper presents one of the simulation models of the electrical networks, which are developed for training of students in the discipline "High Voltage Technics"; the options for conducting research and the results of the simulation model research. The introduction of the characteristics of the studied systems is done in a dialog mode, through a graphical set of schemes of elementary standard units. The result is a model of the system or the device under study. SIMULINK's capabilities in this regard are indisputable. The parameters of the elementary units that must be entered when building the research model most often do not correspond to catalog data. This requires preliminary calculations, which is a certain drawback.

To simulate the processes of occurrence and limitation of overvoltages, models of the electrical networks and interference effects have been created in the Matlab Simulink software environment. The multivariate nature of the task includes the following influencing factors: the number of the outgoing power lines (PL) from the distribution system (DS); the type and the place of installation of the surge protection devices (SPD); the impulse resistance of the grounding conductor on the pole; the type of disturbance; parameters of the cable power lines (CPL) – the cable type, the cable section, the way of laying the singlephase cables, the length.

The specifics of the operation of the electrical networks, in many cases, do not allow practical study of the processes in it. This is the reason that the model simulations of the electromagnetic transients with computer programs have become one of the most preferred methods for research, analysis of the network operation and training. The visual programming opens up opportunities for using the most modern mathematical methods for solving problems in situational modeling of complex systems, such as electrical networks.

G7-04. Vasileva, M., I. Draganova-Zlateva, N. Zafiroska, Results of simulation modeling of an insulation system with the development of a partial discharge in the volume of a solid dielectric, 14 Electrical Engineering Faculty Conference, Bulef 2022, INSPEC Accession Number: 22570497
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10021154>

Резултати от симулационно моделиране на изолационна система с развитие на частичен разряд в обема на твърд диелектрик

Развитието на частични разряди (PD) в обема на твърдите диелектрици е една от основните причини за увреждане на изолацията на електрическото оборудване.

Измерването на параметрите на частичните разряди е една от основните диагностични дейности при оценка на състоянието на електрическата изолация. За да се проучи в детайли процеса на развитие на PD, е необходимо да се използват симулационни модели на конкретна изолационна система.

На базата на разработен симулационен модел докладът представя вариантното изследване на частичен разряд в различни диелектрични среди, при различни големина на приложеното напрежение и различни размери на въздушното включване. Симулационният модел е разработен в програмната среда Matlab Simulink.

Вариантните изследвания са: Изследване развитието на частичен разряд при различни приложени напрежения за различни твърди диелектрици; Изследване на развитието на частични разряди в зависимост от размера на въздушното включване в диелектрик (епоксидна смола).

На базата на направените изследвания са направени следните изводи:

С увеличаването на приложеното напрежение интензитетът на частичните разряди се увеличава, което е в съответствие с докладваното в литературата. Развитието на частични разряди е нестабилно при по-ниско захранващо напрежение.

Най-интензивни частични разряди при равни други условия се наблюдават в епоксидната смола.

При диелектрици с по-голяма диелектрична проникваемост интензивността на частичните разряди се увеличава.

Results of simulation modeling of an insulation system with the development of a partial discharge in the volume of a solid dielectric

The development of partial discharges (PD) in the volume of solid dielectrics is one of the main causes of damage to the insulation of electrical equipment.

Measuring the parameters of partial discharges is one of the main diagnostic activities in assessing the state of electrical insulation.

In order to study in detail, the development process of PD, it is necessary to use simulation models of a specific insulation system.

On the basis of a developed simulation model, the report presents a variant study of partial discharge in different dielectric media, at different sizes of the applied voltage and different sizes of air inclusion. The simulation model is developed in the Matlab Simulink programming environment.

Variant studies are: Investigation of the development of partial discharge at different applied voltages for different solid dielectrics; Study of the development of partial discharges depending on the size of the air inclusion in a dielectric (epoxy resin).

As the applied voltage increases, the intensity of the partial discharges increases, which is consistent with what has been reported in the literature.

The development of partial discharges is unstable at lower supply voltage.

The most intense partial discharges, other things being equal, were observed in the epoxy resin.

For dielectrics with greater dielectric permittivity, the intensity of partial discharges increases.

Г8-01 M. Vasileva, "Overvoltage Protection of a Cable Part in an Electrical Grid 20 kV," in ICEST 2010 - XLV International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2010, vol. 2, pp. 639–640

Защита от пренапрежение на кабелен участък в електрическа мрежа 20 kV

Въпросът, свързан с правилния избор на вида на устройствата за защита от пренапрежение и мястото на тяхното инсталиране има пряко отношение към съгласуването на изолацията на устройствата.

Нивата на изолация характеризират специфичните изисквания към изолационните системи на устройствата според тяхната функция и клас на напрежение. Отводителите от метален оксид (MOSA) намаляват пренапрежението по-рано от искровите отводители.

Задачата на това изследване е да се определи дължината на захранващите кабели, когато изолационното ниво при срязана вълна (CWWL) не е превишено в незащитения край на кабелната линия (CL), в зависимост от вида на използвания MOSA и от начина на полагане на кабела. Нивото на изолация няма да бъде превишено, ако избраното MOSA между CL и електропровода (PL) е осигурило необходимата защита в незащитения край или вълната е затихнала достатъчно и не е опасна в края на захранващия кабел (PC).

Резултатите за дължината на силови кабели в зависимост от MOSA - тип MWK 19 и монофазни силови кабели със сечение 95, 120, 150, 185 mm са обобщени в табл. Резултатите показват, че LKEP зависи до голяма степен от начина на полагане на захранващите кабели и не зависи съществено от тяхното напречно сечение. Захранващите кабели са с полимерна изолация. Фиг. показва напреженията в края на кабела в зависимост от дължината му за MOSA - тип MWK 18 и различни начини на полагане на PC. Резултатите за LKEP в зависимост от вида на MOSA и начина на полагане на PC са обобщени в таблица.

Друг проучен случай е електрическа мрежа 20 kV с кабелна линия между два въздушни електропровода.

За определяне на максималната дължина на кабелна линия с едностранна защита се разглежда случай, при който пренапрежение навлиза от PL, свързан с незащитен край на кабела.

Резултатите за различните опции са обобщени в таблица.

Когато дължините на кабела са в границите, посочени в таблица 1 и таблица 2, се изисква MOSA защита в двата края на кабела.

Препоръчва се двустранна защита с MOSA, когато дължините на CL надвишават стойностите в таблица 3.

Overvoltage Protection of a Cable Part in an Electrical Grid 20 kV

The question connected with the right choice of the surge protective devices' type and their installing place has a direct attitude with the devices insulation coordination.

The insulation levels characterize the specific requirements for insulation systems of devices according to their function and voltage class. The Metal Oxide Surge Arresters (MOSA) reduce the overvoltage sooner as the spark-gap arresters.

The task of this study is to determine the length of power cables when the Chopped Wave Withstand Level (CWWL) is not exceeded in the unprotected edge of the cable line (CL), depending on the type of used MOSA and of the type laying of the CL. The insulation level will not be exceeded if the selected MOSA between the CL and power line (PL) to provide the necessary protection in the unprotected edge or wave surge has abated sufficiently and it is not dangerous at the end of the power cable (PC).

The results for the length of power cables dependent on MOSA - type MWK 19 and the single-phase power cables with cross-section 95, 120, 150, 185 mm are summarized in Table. The results show that L_{KEP} depends largely on the way of laying the power cables and not depend substantially on their cross-section. The power cables are with polymeric insulation. Fig. shows the voltages at the cable end depending of its length for MOSA - type MWK 18 and different ways of laying the PC. Results on L_{KEP} , depending on the type of MOSA and way of laying of PC are summarized in a Table.

Another study case is a power grid 20 kV with cable line between two power lines. To determine the maximum length of cable line with unilateral protection seen case where surge wave enters from the PL associated with unprotected edge of the cable. The results for the various options are summarized in Table. When the lengths of PC are within the range specified in Table 1 and Table 2 is required MOSA protection at both ends of the PC.

Bilateral protection with MOSA is recommended when the CL lengths exceed the values in Table 3.

Г8-02 Йорданова, М; **Василева, М**; Мехмед-Хамза, М. **Компютърна програма за оценка на риска от атмосферни електрически въздействия.**

Сборник доклади. Международна научно-техническа конференция. Електроенергетика 2010; Технически университет - Варна; България; 267-272. ISBN 978-954-20-0497-4

Необходимостта и икономическата изгода от въвеждането на мълниезащита и изборът на мерки за защита са свързани с оценяване и управление на риска. Статията описва разработена компютърна програма за опростена оценка на риска от мълниеносна дейност. Програмата е основана на Европейските стандарти за мълниезащита от системата EN 62305. Оценяването и управлението на риска е обект на EN 62305-2 и цели избор на подходящо защитно ниво, осигуряващо намаляване на риска до стойност по-малка или равна на допустима стойност.

Компютърната програма за определяне на риска от мълнии облекчава изчислителната процедура при проектиране на мълниезащита. Като краен резултат програмата предлага подходящото ниво на мълниезащита, осигуряващо за разглеждащия обект допустима стойност на риска

Използвана е известна опростена процедура за оценка на риска при попадения на мълнии върху сгради и външни съоръжения, както и мрежи за обществено обслужване (електрозахранване, телефонни, комуникационни, информационни, тръбопроводни и подобни мрежи) свързани със сгради и външни съоръжения. Процедурата е приложима, когато рискът от пожар е нисък или нормален, или - висок, но рискът от паника е нисък. За оценка на риска за обекти, които съдържат експлозивна среда или представляват опасност за околната среда, процедурата изисква допълнителна информация. Компютърната програма позволява включване на нови блокове, за оценка на такива допълнителни елементи на риск.

Програмата оценява следните рискове: R_1 - от загуба на човешки живот или нанасяне на трайни увреждания; R_2 - от загуба на мрежи за обществено обслужване; R_3 - от загуба на културно наследство.

Всеки риск R е сума от компонентите на риска R_D и R_I . R_D е компонент на риска, отнасящ се до физическите повреди в резултат на опасно искрене в сгради и външни съоръжения, водещо до пожар или пълно или частично разрушаване на сградите и външните съоръжения. R_I е компонент на риска отнасящ се до физически повреди (пожар или пълно или частично разрушаване в резултат на опасно искрене между вътрешната инсталация и металните части, които обикновено са разположени при входната точка на линията в сгради и външни съоръжения) възникващи от токовете от мълнии пренасяни през или по входящите в сградите и външните съоръжения мрежи за обществено обслужване. В програмата са вградени всички необходими таблични данни за определяне на елементите на риска, с които потребителят оперира в диалогов режим с диалогови екрани. Програмата предлага подходящото ниво на мълниезащита за всеки риск поотделно.

Computer Program for Atmospheric Electrical Risk Assessment

The need and economic benefit of introducing lightning protection and the choice of protection measures are related to risk assessment and management. The paper describes a developed computer program for simplified risk assessment of lightning activity. The program is based on the European standards for lightning protection by the EN 62305 system. Risk assessment and management is subject to EN 62305-2 and aims to select an appropriate protective level to ensure risk reduction to a value less than or equal to a tolerable value.

The computer program for the determination of the risk of lightning activities the calculation procedure in lightning protection design. As a final result, the program offers the appropriate level of lightning protection, providing for the site a permissible risk value.

A known simplified procedure has been used to assess the risk of lightning strikes on buildings and external facilities, as well as public service networks (power supply, telephone, communication, information, pipeline and similar networks) connected to buildings and external facilities. The procedure is applicable when the fire risk is low or normal, or - high, but the risk of panic is low. For risk assessment for sites which contain an explosive environment or present an environmental hazard, the procedure requires additional information. The computer program allows the inclusion of new blocks, to assess such additional elements of risk.

The program evaluates the following risks: R1 - from loss of life or permanent damage; R2 - from loss of public service networks; R3 - from loss of cultural heritage.

Each risk R is the sum of the risk components RD and RI. RD is a component of risk pertaining to physical damage resulting from hazardous arcing in buildings and external facilities resulting in fire or total or partial demolition of buildings and outdoor facilities. RI is a component of risk relating to physical damage (fire or total or partial destruction resulting from hazardous arcing between the internal installation and the metal parts normally located at the entry point of the line into buildings and outdoor facilities) arising from lightning currents transmitted through or through public service networks entering buildings and external facilities, with which the user operates in dialog mode with dialog screens. The program offers the appropriate level of lightning protection for each risk individually.

- Г8-03** M. Vasileva and D. Dimitrov, "Model Research of Atmospheric Electric Effects in Electrical Low Voltage Network with Local Photovoltaic System," in ICEST 2011 - XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2011, vol. 3, pp. 985–986

Моделно изследване на атмосферните електрически ефекти в електрическа мрежа ниско напрежение с локална фотоволтаична система

Задачата на настоящото изследване е да се проведат вариантни изследвания за възникване и ограничаване на атмосферните пренапрежения в електрически мрежи ниско напрежение с локална фотоволтаична система. Необходимо е да се намери технически и икономически изгодно решение за инсталиране на устройства за защита от пренапрежение. Защитните устройства трябва да отговарят на изискванията на стандарт IEC 61643-11. Те са монтирани между всяка мълниева защитна зона и трябва да имат подходящо защитно ниво. Съгласно стандарт IEC 60364-4-44, нивата на издръжливост на пренапрежения на оборудването се класифицират в четири категории. Защитните устройства трябва да ограничават пренапреженията под тези нива.

Моделът интегрира следните структурни елементи: електроенергийна система (S); електропроводи 0,4 kV - въздушен и кабелен, главно разпределително табло (GRT); устройства за ограничаване на пренапрежения - тип металоксидни (MOSA), инсталация за ниско напрежение, консуматори с различна мощност (C1, C2, C3). Подсистемата на DC се състои от източник на постоянно напрежение (PV), който се състои от фотоволтаични панели, инвертор, заземителни резистори. Изследван е случай на директно попадение на мълния във фазов проводник на електропровода в системата S. Наблюдава се въздействието на мълния с параметри 40 kA и 1 /10 μ s. Напрежението на входящата вълна и остатъчните напрежения на защитните устройства се контролират. Направени са проучвания за следните случаи:

- 1) Наличие на MOSA в главното разпределително табло, в AC и DC частите на инвертора и пред консуматорите;
- 2) Наличие на MOVO в главното разпределително табло, в AC и DC частите на инвертора, без защитни устройства към консуматорите;
- 3) Наличие на MOVO само в главното разпределително табло;
- 4) Защитните устройства не са включени.
- 5) Различна дължина на кабела (10, 20, 50 м) между инверторни и фотоволтаични панели за случай 1.

За случай всички MOSA започват да работят, ограничавайки пренапреженията до зададените. От аналитичните изследвания могат да се направят следните основни изводи:

- 1) Наличието на MOSA само в главното разпределително табло не може да осигури защита от пренапрежения на оборудването в по-ниска категория на монтаж.
- 2) Наличието на DC верига в схемата и по-специално инверторът води до допълнителни смущения в работата на защитните устройства.
- 3) Необходимо е да се включат защитни устройства за всички видове съоръжения, за да се осигури тяхната защита.

Model Research of Atmospheric Electric Effects in Electrical Low Voltage Network with Local Photovoltaic System

The task of this study is to conduct variant research on the occurrence and limit atmospheric overvoltages in low voltage electrical networks with local photovoltaic system. It is necessary find technically and economically viable solution to install surge protective devices. Protective devices must meet the requirements of standard IEC 61643-11. They are mounted between each lightning protection zones and must have an appropriate protective level. According to standard IEC 60364-4-44, endurance levels of overvoltages of the equipment are classified into four categories. Protective devices must limit overvoltages under these levels.

The model integrate the following structural elements: power system (S); power lines 0,4 kV - air and cable, main switchboard (GRT); surge arresters - type metaloxide (MOSA), low voltage installation, consumers with different power (C1, C2, C3). Subsystem of DC consists of a source of direct voltage (PV), which are modeled by photovoltaic panels, inverter, grounding resistors. Examined a case of direct hit of lightning in phase conductor of the power line in the system S. Observe the effects of lightning with parameters 40 kA and 1 /10 μ s. The voltage of the incoming wave and residual voltages of protective devices are controlled. Studies have been made for the following cases:

- 1) Presence of MOSA in main switchboard, in the AC and DC parts of inverter and before consumers (fig. 1);
- 2) Presence of MOVO in main switchboard, in the AC and DC parts of inverter, without protective devices to consumers;
- 3) Presence of MOVO only in main switchboard;
- 4) Protective devices is not included.
- 5) Different cable length (10, 20, 50 m) between inverter and photovoltaic panels for case 1.

For case 1 common pattern in the resulting time dependencies of voltages is that they develop as harmony fading fluctuations, which in steady pass to form the working voltages. All MOSA begin to work, limiting overvoltages to the corresponding. From analytical studies can be made the following major conclusions:

- 1) The presence of MOSA only in main switchboard can not provide protection from overvoltages of equipment in lower installation category.
- 2) The presence of a DC circuit in the scheme and in particular the inverter brings additional disturbances of the operation of the protective devices.
- 3) It is necessary to include protective devices for all types of facilities to ensure their protection.

Г8-04 M. Yordanova, M. Mehmed-Hamza, and **M. Vasileva**, “**Risk Assessment of Lightning Damages**,” in ICEST 2011 - XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2011, vol. 3, pp. 987–988

Оценка на риска при поражения от мълнии

Европейските стандарти за мълниезащитна система EN 62305 въвеждат риска, свързан с мълниеносните влияния, необходимостта и икономическата целесъобразност за мълниезащита и избора на мерки за защита. Цялостната и комплексна оценка на риска отчита структурата, която трябва да бъде защитена, и услугите, с които е свързана структурата. Оценката и управлението на риска са предмет на EN 62305-2 и цели избора на подходящо ниво на защита, осигуряващо намаляване на риска до стойност, по-малка или равна на граничната. Допустимият риск RT е максималната приемлива стойност, която варира от 10^{-5} при риск от загуба на живот до 10^{-3} при риск от загуба на мрежи за обществени услуги или културно наследство.

Авторите са разработили компютърна програма за определяне на риска от мълния. Като краен резултат програмата осигурява подходящо ниво на мълниезащита. Програмата използва опростена процедура за оценка на следните рискове: $R1$ - загуба на човешки живот или причиняване на трайни увреждания; $R2$ - загуба на мрежи за обществени услуги; $R3$ - загуба на културно наследство.

Авторите предлагат да се вземат предвид допълнителния риск от загуба на икономическа стойност $R4$ и допълнителни компоненти от всякакъв вид, рискове от $R1$ до $R4$ - нараняване на живи същества, дължащи се на допирни и крачни напрежения, както и компонент, свързан с физически щети, причинени от опасни искри вътре в конструкцията, предизвикващи пожар или експлозия.

Тези елементи се оценяват за следните случаи: мълния към конструкцията или мълния в близост до конструкцията; мълния към входяща услуга или мълния в близост до услугата. Потребителят може да зададе изчислението на всеки риск поотделно - $R1$ до $R4$. Програмата включва всички таблични данни за определяне на риска, така че потребителят работи в интерактивен режим, както е показано в примерните диалогови екрани. Програмата предлага подходящо ниво на мълниезащита за всеки риск поотделно

Risk Assessment of Lightning Damages

European standards for lightning protection system EN 62305 introduces the risk associated with the lightning influences, need and economic convenience for lightning protection and the choice of protection measures. The comprehensive and complex risk assessment takes into account the structure to be protected and the services to which the structure is connected.

Assessment and risk management is subject to EN 62305-2 and purposes the choice of appropriate protection level, providing risk reduction to a value less than or equal to the limit.

Tolerable risk R_T is the maximum acceptable value, which varies from 10^{-5} to risk loss of life to 10^{-3} on the risk of loss of public service networks or cultural heritage.

The authors have developed a computer program to determine the risk of lightning. As a final result the program provides the appropriate lightning protection level. The program uses simplified assessment procedure for the following risks: R1 - loss of human life or cause permanent damage; R2 - loss of public service networks; R3 - loss of cultural heritage.

In the present paper the authors offer a developed new computer program taking into account additional risk of loss of economic value R4 and additional components of all types risks R1 to R4- injury to living beings due to touch and step voltages as well as component related to physical damage caused by dangerous sparking inside the structure triggering fire or explosion.

Those elements are assessed for following cases: lightning flash to a structure or lightning flash near the structure; lightning flash to an incoming service or lightning flash near the service. The user can set the calculation of each risk separately - R1 to R4. The program incorporated all the tabular data for determining the risk that the consumer operates in interactive mode, as shown in the sample dialog screens. The program offers the appropriate level of lightning protection for each risk separately.

Г8-05 Йорданова, М; **Василева, М**; Мехмед-Хамза, М.

Оценка на ефективността на защитата срещу пряк удар на мълния на ветроенергийни паркове. Трети международен научен конгрес - 50 години, Технически университет - Варна; Технически университет - Варна; България; 201-203; 2012. ISBN 978-954-20-0552-0

Целта на статията е да се анализира оценката на ефективността на мълниезащитата срещу пряк удар на мълния за цялата територия на ветроенергиен парк при използване на мълниеотводната система на единичните ветрогенератори съгласно действащите български, европейски и международни норми.

Роторните перки на вятърните турбини имат вградена мълниеприемна система, най-често с няколко рецептора във вътрешността им, свързани със заземителната уредба. Допълнителни мачтови мълниеприемници защитават авиационните светлини и сензорите за измерване на посоката и скоростта на вятъра, разположени на гондолата. Интерес за практиката представлява определянето на мълниезащитната зона на ветроенергийни паркове от няколко вятърни турбини.

За оценката на риска авторите са използвали разработена от тях компютърна програма, която е допълнена с два модула.

Единият модул (по IEC 61662) анализира загубите от атмосферна електрическа дейност за роторните перки. Критерият е икономическа изгода-монтирането на МЗ система с определено ниво ще определи евентуални загуби, по-големи в сравнение с тези за изграждане и поддържане на МЗ система. Анализът има за цел да определи нивото на мълниезащита.

Другият модул реализира оценката на ефективността по IEC 61024-1-1.

С избраното ниво могат да се определят критичните разстояния d между съседни ветрогенератори и непокритите зони от МЗС на роторните перки. Необходимо е да се вземе решение за необходимостта от допълнителна МЗ система за тези участъци.

Анализът от проведените изследвания за оценка на риска и ефективността на мълниезащитна система за района на България показва: като цяло ветроенергийните паркове у нас изискват първо ниво на мълниезащита. За съоръженията, попадащи в зоните, непокрити от МЗС на отделните турбини е задължително отделно да се оцени риска.

Evaluation of the effectiveness of protection against direct lightning strike of wind park

The aim of the article is to analyze the assessment of the effectiveness of the lightning protection against direct lightning strike for the entire territory of the wind park when using the lightning protect system of single wind turbines according to the Bulgarian, European and international norms.

The rotor blades of wind turbines have a built-in lightning system, most often with several receptors inside them, connected to the grounding system. Additional mast lightning receivers protect the aviation lights and sensors for measuring wind direction and speed located on the nacelle. Of interest to the practice is the determination of the lightning protection zone of wind farms by several wind turbines.

For the risk assessment, the authors used a computer program developed by them, which was supplemented with two modules.

One module (according to IEC 61662) analyses the losses from atmospheric electrical activity for the rotor blades. The criterion is economic benefit - the installation of a lightning protect system with a certain level will determine possible losses greater than those for the construction and maintenance of the system. The analysis aims to determine the level of lightning protection.

The other module implements the performance assessment according to IEC 61024-1-1.

With the chosen level the critical distances between adjacent wind turbines and the uncovered areas of the lightning protection zone of the rotor blades can be determined. It is necessary to decide on the need for an additional lightning protection system for these sections.

The analysis of the conducted studies to assess the risk and effectiveness of the lightning protection system for the region of Bulgaria showed: in general, wind farms in Bulgaria require the first level of lightning protection. For equipment falling within the areas not covered by the lightning protection zones of individual turbines, it is mandatory to separately assess the risk.

Г8-6 Димитров, Д; Димитрова, Р; Иванова, М; **Василева, М.** **Анализ и сравнителна оценка между енергийно ефективни драйвери за LED с автономно захранване.** Трети международен научен конгрес - 50 години, Технически университет - Варна; Технически университет - Варна; България; 116-121; 2012. ISBN 978-954-20-0552-0

Автономно захранване е случай на захранване от акумулатор, зареден от PV модул.

Все по - широкото приложение на LED се определя от високата им ефективност.

Целта на разработката е да се направи сравнителен анализ на схемите на драйвери, сравнение между характеристиките, работоспособността им и загубите на мощност в участващите в тях елементи при различни начини на свързване на LED в матрица. Резултатът от изследването се отнася до избор на решение за драйвер с висок КПД, респективно светлинен добив и най-благоприятно топлинно натоварване на елементите. За тях се осигурява изисквана стабилност на тока при изменение на захранващото напрежение и товара в определени граници.

Проведено е моделно изследване на типове схеми на драйвери, като е оценена функционалната им работоспособност и КПД при различен начин на свързване на LED.

Въз основа на сравнителната оценка е определена:

- топология на драйвер с най – висок КПД;
- брой на стрингове и брой на LED в тях, при които загубите на елементите са минимални;
- топология на драйвер и начини на свързване на LED в матрица, при които разпределението на загубите в отделните елементи е по-равномерно;
- зависимости на характерни величини: коефициент на запълване на импулса, индукция в магнитопровода на изходния трансформатор, загубите в елементите и КПД на драйвер при изменение на захранващото напрежение.

Analysis and comparative evaluation between energy effective drivers for leds with autonomous power supply

Autonomous power supply is the case of power supply from a battery charged by a PV module.

The increasingly wide application of LEDs is determined by their high efficiency.

The purpose of the development is to make a comparative analysis of the driver schemes, a comparison between their characteristics, performance and power losses in the elements involved in them in different ways of connecting LEDs in a matrix. The result of the research refers to the selection of a driver solution with high efficiency, respectively light output and the most favorable heat load of the elements. For them, the required stability of the current is ensured when the supply voltage and the load change within certain limits.

A model study of types of driver schemes was carried out, and their functional performance and efficiency were evaluated with different LED connection methods.

Based on the comparative assessment, it was determined:

- driver topology with nai - high efficiency;
- number of strings and number of LEDs in them, where element losses are minimal;
- driver topology and ways of connecting LEDs in a matrix, where the distribution of losses in the individual elements is more uniform;
- dependences of characteristic values: pulse filling factor, induction in the magnetic line of the output transformer, losses in the elements and efficiency of a driver when the supply voltage changes.

Г8-7 Димитров, Д; Димитрова, Р; Иванова, М; **Василева, М.** Изследване на някои влияния на собствените параметри на специализирани за LED интегрални схеми. Трети международен научен конгрес - 50 години, Технически университет - Варна; Технически университет - Варна; България; 110-115. 2012. ISBN 978-954-20-0552-0

Все по-широкото приложение на LED определя редица производители на полупроводникови елементи да създават специализирани интегрални схеми, предназначени за LED. Специализирането им е в това, че при работата си те изпълняват изискванията на LED като товар: стабилност на тока, ограничаване на пулсациите му, модулно изпълнение на LED, малък брой външно присъединени елементи и др.

Целта на изследването е да се анализират функционалните възможности на интегрална схема специализирана за LED, да се представи специфичността ѝ от вътрешните параметри, както и да се представят влиянията им върху характерни величини на драйверите за LED.

При изследването е целесъобразно да се използва метод на средните стойности и заместващи схеми на импулсни преобразуватели, както и метод на променливи на състоянието през интервалите на работен режим и пауза.

Изследването е проведено за NCL30100, с външно присъединени елементи и свързване на LED в матрица, като се изменят броят на LED в стринг и броят на стринговете.

От проведените изследвания могат да се направят следните изводи.

Получени са потвърдителни резултати за работоспособността на последователен преобразувател, неизолиран при многовариантно свързване на LED в матрица.

Доказан е вариант на изпълнение (3 стринга x 2 LED в стринг) с най-висок КПД – 89 %, осигуряващ стабилност и допустими пулсации на тока. Определени са електрическите величини на LED и драйвера при различни товари, при отчитане собствените параметри на специализирана интегрална схема.

Research on some influences of integrated circuits parameters, specialized for leds

The increasingly widespread use of LEDs has determined a number of semiconductor manufacturers to create specialized integrated circuits designed for LEDs. Their specialization is that during their work they fulfill the requirements of LED as a load: stability of the current, limitation of its ripples, modular implementation of the LED, a small number of externally connected elements, etc.

The purpose of the study is to analyze the functional capabilities of an integrated circuit specialized for LED, to present its specificity from the internal parameters, as well as to present their influences on characteristic values of the LED drivers.

In the study, it is appropriate to use the method of average values and substitute circuits of pulse converters, as well as the method of state variables during the intervals of the operating mode and pause.

The study was carried out for the NCL30100, with externally connected elements and matrix connection of LEDs, varying the number of LEDs in a string and the number of strings.

The following conclusions can be drawn from the conducted research.

Confirmatory results have been obtained for the operability of a non-isolated series converter in the multivariate connection of an LED in a matrix.

An execution variant (3 strings x 2 LEDs in a string) with the highest efficiency – 89%, ensuring stability and permissible current ripples, has been proven. The electrical values of the LED and the driver at different loads are determined, taking into account the own parameters of a specialized integrated circuit.

Г8-8 M. Yordanova, **M. Vasileva**, and R. Dimitrova, "Analysis of the Mesh Voltage Calculation Method in the Presence of a Two-Layer Soil," in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 723–726

Анализ на метода за изчисляване на допирно напрежение при наличие на двуслойна почва

Статията предлага опростен метод за отчитане на двуслойна структура на почвата въз основа на стойността на допирното напрежение в крайна ъглова клетка E_m при прилагане на изчислителната процедура на стандарта IEEE Std 80-2000. За многослоести почви може да се използва формула за еквивалентно съпротивление.

E_m е определен за заземителни мрежи с квадратна или правоъгълна форма. Стандарт IEEE Std 80-2000, като ръководство за проектиране на заземителна система на електрически подстанции, използва допустимото крачно и допирно напрежение в зависимост от продължителността на мълниевия ток като критерий за оценка на ефективността на заземяването. В стандарта "Mesh voltage E_m " е максималното напрежение на допир в мрежата. Това напрежение трябва да бъде по-малко от допустимото допирно напрежение E_{touch} , определено съгласно стандарта. Стандартът въвежда коефициент K , който отчита двуслойната структура на почвата и коефициент K_G , V/A , с който и с тока през земя I_G се пресмята E_m .

Целта на статията е да се получат стойности за коефициента K_G , V/A за изследваните случаи, с който лесно да се определи E_m за двуслойната почва

Изводи:

1. Методът и компютърната програма на статията се потвърждават с помощта на дискусията в F на стандарт IEEE Std 80-2000 за стойностите на съпротивлението на решетката за отрицателно и положително K .

2. Резултатите, получени при отрицателно K , показват, че стойността на K_G за случаите, използващи ρ_{ekv} , може да бъде до 20 пъти по-ниска от случая на изчисление с ρ_1 . Това води до преоразмеряване и по-високи разходи.

3. За положително K стойността на K_G може да бъде до 2 пъти по-голяма от случая на изчисление с ρ_1 . Това означава, че стойностите, получени за E_m , ще бъдат по-ниски от реалните, което се отразява на електрическата безопасност.

4. Ако решетката е или в първия слой, или във втория слой при отрицателно K , диапазонът на изменение на K_G , изчислен без ρ_{ekv} (с ρ_1), е по-малък от този при положителен K .

Analysis of the Mesh Voltage Calculation Method in the Presence of a Two-Layer Soil

This paper proposes a simplified method of accounting for a two-layer soil structure based on the value of the mesh voltage E_m in applying the computational procedure of the standard IEEE Std 80-2000. The approximation of the horizontally stratified medium with homogeneous earth is accomplished using a formula for equivalent resistivity. E_m has been determined for grounding grids with a square or rectangular shape.

Standard IEEE Std 80-2000, being a guide for the design of grounding system of electrical substations, uses the tolerable step and touch voltage depending on the duration of shock current as a criterion for assessment of the efficiency of safe grounding. In the standard, "Mesh voltage E_m " is the maximum touch voltage within a mesh of a ground grid. That voltage E_m must be less than the tolerable touch voltage E_{touch} , defined according to the standard. The standard introduces a coefficient K that takes into account the two-layer structure of the soil and coefficient K_G that is used together with current via ground I_G to calculate mesh voltage. K_G , V/A, has been determined for grounding grids with a square or rectangular shape. Studied case are given in the following table:

Conclusions:

1. The method and the computer program of the paper are confirmed using the discussion in F of Standard IEEE Std 80-2000 about the values of the resistance of the grid for negative and positive K .
2. The results obtained at negative K showed that the value of K_G for the cases using ρ_{ekv} can be up to 20 times lower than the case of calculation with ρ_1 . It leads to resizing and higher costs.
3. For positive K the value of K_G can be up to 2 times larger than the case of calculation with ρ_1 . It means that the values obtained for E_m will be lower than the real ones, which affects electrical safety.
4. If the grid is either in the first layer or in the second layer at negative K , the range of change of K_G calculated without ρ_{ekv} (with ρ_1) is less than the one at positive K .
5. For the two-layer soil it is convenient to use the suggested simple way to calculate the equivalent resistivity and E_m .

- G8-09** K. Gerasimov, M. Mehmed-Hamza, **M. Vasileva**, and A. Filipov, “**Model study of the processes in current instrument transformers for the purposes of relay protection**,” in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 763–766

Моделно изследване на процесите в токови измерителни трансформатори за целите на релейната защита

Нормалната работа на оборудването в енергийните системи зависи от правилното функциониране на управляващите вериги и защитата. От съществено значение е измерването на режимните параметри за релейна защита, автоматика, търговско измерване и др. Съществуват различни технически решения за измерване на режимни параметри. Най-разпространени в България са токовите измерителни трансформатори (ТИТ). Те са устройства с нелинейни характеристики и за осигуряване на необходимата точност на измерванията има строги правила за избора им. От работата на измервателните трансформатори зависи не само точността на измерванията, но и надеждността и правилната работа на релейната защита и автоматика. Моделът на токов измервателен трансформатор трябва точно да отразява връзката между първичния и вторичния ток. Моделно изследване на процесите в токовите измервателни трансформатори е представено в различни литературни източници. Моделът на токовите измервателни трансформатори е разработен в MATLAB. Проблемът при използването на този модел е, че в каталозите на СИТ липсват необходимите параметри. Целта на тази статия е да се определят параметрите, необходими за моделиране на ТИТ в MATLAB въз основа на известните каталожни параметри и направени измервания. Докладът е оформен в две части. Първият раздел се отнася до подготовката на информация за модела въз основа на известните каталожни параметри и измервания. Вторият раздел представя резултатите от моделното изследване на конкретен ТИТ. Изследват се следните случаи: нормална работа; превключване на прекъсвача Q1 на 0,02 секунди от началото на симулацията (наличие на апериодичен компонент); трифазно късо съединение (токът е показан за една от дефектните фази); отворена вторична намотка. За изследваните случаи е показано изменение на режимните параметри: първичен и вторичен ток; магнитен поток, намагнитващ ток; коефициент на трансформация и напрежение на вторичната намотка. Тези резултати потвърждават адекватността на модела. Вторият раздел представя резултатите от моделното изследване на конкретен СИТ. Въз основа на изследването на модела могат да се направят следните заключения:

- 1) С наличната информация от каталози и измервания може да се получи подробен модел на СИТ.
- 2) Потвърдена е адекватността на създадения модел за параметрите на режима на изследване.
- 3) Поради наличието на апериодичен компонент не може да се получи точна трансформация на тока.

Разработеният модел на ТИТ позволява извършването на редица изследвания, свързани с работата им при различни видове късо съединение за целите на релейната защита.

Model study of the processes in current instrument transformers for the purposes of relay protection

Normal operation of the equipment in power systems depends on the proper functioning of the control circuits and protection. It is essential to measure the regime parameters for relay protection, automation, commercial metering and others. There are different technical solutions for measuring of regime parameters. The most widespread are Current Instrument Transformers (CIT) in Bulgaria.

They are devices with nonlinear characteristics and to provide the required accuracy of the measurements has strict rules for their selection. From the work of instrument transformers depends not only the accuracy of measurements, but also the reliability and proper operation of relay protection and automation. The model of Current Instrument Transformer must accurately reflects the relationship between the primary and secondary current Model Study of the Processes In Current Instrument Transformers is presented in various literary sources. Model of the Current Instrument Transformers is developed in MATLAB. Problem in using of this model is that there are not the required parameters in the catalogs of CIT.

The purpose of this paper is to determine the parameters needed for modeling of CIT in MATLAB based on the known catalog parameters and made measurements.

The paper is designed in two sections. The first section relates to the preparation of the information for the model based on the known catalog parameters and measurements. The second section presents the results of the model study of a particular CIT.

The following cases are investigated: normal operation; switching the breaker Q1 at 0.02 seconds from the beginning of the simulation (the presence of the aperiodic component); three phase short-circuit (current is shown for one of the faulty phase); open secondary winding. Change of the regime parameters is shown for the investigated cases: primary and secondary current; magnetic flux, magnetizing current; coefficient of transformation and voltage of the secondary winding. FIG. 2 shows the results obtained for normal operation. These results confirm the adequacy of the model. second section presents the results of the model study of a particular CIT. Based on the Model Investigation can be the following conclusions:

- 1) With the information available from catalogs and measurements can be obtained detailed model of CIT.
- 2) The adequacy of the created model are confirmed for the study regime parameters.
- 3) Due to the presence of the aperiodic component can not obtain an accurate transformation of the current.

The developed CIT model allows making a number of researches related to their work in different types of shortcircuit for the purpose of relay protection.

- Г8-10** M. Yordanova and **M. Vasileva**, “Energy Capability of Metal-Oxide Surge Arresters in Electric Power Lines 20 kV,” in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 731–734

Енергийна способност на металоксидни вентилни отводи в електропроводи 20 kV

Енергийната способност е свързана с термичното натоварване в момента, когато металоксидните вентилни отводи (MOSA) работят. Работата на MOSA е изследвана

под въздействието на атмосферни пренапрежения. Разгледан е адиабатен топлинен процес. Абсорбционната енергия от MOSA е получена чрез математически модел в Matlab.

Статията представя резултати от изследване на защитната работа и енергийната способност на MOSA под въздействието на различни мълниеви удари и термично натоварване на MOSA.

Изследваните проблеми са решени чрез електротермична аналогия. Получените резултати се основават на заместващата схема с топлинни капацитети, съпротивления и топлинни потоци. Диференциалните уравнения са решени по метода на потенциалните възли.

Извършено е изследване на влиянието на амплитудата на тока на мълнията върху поведението на MOSA и на работата на MOSA под въздействието на удар от мълния с два последователни разряда и индуцирани пренапрежения.

Анализът на резултатите показва, че MOSA ограничават пренапреженията до тяхното ниво на защита и запазват енергийната си устойчивост. Разработените модели за изследване на поведението на MOVO в мрежата може да се използва за техен избор, като се вземе предвид конфигурацията на системата и участващите в нея елементи при различна форма и продължителност на пренапреженията. Те се използват и за следващото изследване – термично натоварване на MOSA. Моделите дават отделяната в MOSA енергия, необходима за определяне на тяхното топлинно поле.

Заместващата топлинна схема използва електрическо-термична аналогия за теоретични изследвания върху топлинното натоварване. Разгледан е адиабатен топлинен процес. Енергията на поглъщане от MOSA е получена чрез математически модел в програмата Matlab.

Анализът на резултатите показва, че MOSA ограничават пренапреженията до тяхното ниво на защита и запазват енергийната си устойчивост. Прегряването на блоковете от метален оксид при нормална работа на електропровода 20 kV е около 5 K, което показва благоприятни условия на термично натоварване.

Необходими са до 60-90 минути, за да се получи охлаждане на MOSA под работно напрежение за най-тежкия случай на термично натоварване. Ако по време на охлаждането има нов удар от мълния ще се случи разрушаването на MOSA. Правилният избор на MOSA според енергийното натоварване осигурява благоприятни топлинни условия. Най-тежките топлинни режими са с най-малка вероятност, но вероятността от разрушаване е много висока.

Energy Capability of Metal-Oxide Surge Arresters in Electric Power Lines 20 kV

The energy capability has been connected with the thermal load in the moment, when metal-oxide surge arresters (MOSA) work. The operation of MOSA has been investigated

under the influence of atmospheric excess voltages. An adiabatic thermal process has been considered. The absorption energy from MOSA has been received by mathematical model in Matlab. The paper presents research results about protective operation and energy capability of metal-oxide surge arresters (MOSA) under influences of different lightning strokes and thermal loading of MOSA.

The researched problems have been resolved by electrical- thermal analogy. The received results are based on the substitute scheme with thermal capacitances, thermal

strengths and thermal fluxes. The differential equations have been resolved by the method of the potential knots.

Investigation of the influence of the lightning current amplitude on the behavior of MOSA and of the operation of MOSA under influence of the lightning stroke with two consecutive discharges and induced overvoltages has been done.

The analysis of the results shows that MOSAs limit overvoltages up to their protection level and retain energy sustainability. Developed models for studying the behavior of MOVO in

the grid can be used for their choice, taking into account the configuration of the system and its participating elements at different shape and duration of surges. They are also used for the next research – thermal loading of MOSA. The models give the emitted in MOSA energy needed to receive the heat field of MOSA.

Investigation of the thermal loading of the mosa at the operation mode has been done. The thermal replace scheme used electrical-thermal analogy for theoretical research over the heat loading. An adiabatic thermal process has been considered. The absorption energy from MOSA has been received by mathematical model in program Matlab.

The analysis of the results shows that MOSAs limit overvoltages up to their protection level and retain energy sustainability. Metal oxide blocks overheating during normal operation of the power line 20 kV is about 5 K, which indicates favorable thermal load conditions.

It is necessary up to 60-90 minutes to receive cooling of MOSAs under rate voltage for the most severe case of thermal loading. If there is another lightning stroke during the cooling

process the destruction of MOSAs will happen The proper choice of MOSAs according to energy loading ensures favorable thermal conditions. The most severe thermal modes are with the least probability, but destruction probability is very high.

Г8-11 Димитрова, Р; **Василева, М**; Йорданова, М., **Влияние на структурата на почвата при проектиране на заземителни мрежи в двуслойна почвена среда**. Годишник на Техническият университет във Варна, Юбилейна научна международна конференция 50 години катедра ЕТЕТ; Технически университет - Варна; България; с. 85-88. 2013. ISSN 1311-896X

Заземителните устройства на електрическите уредби с напрежение над 1000 V в мрежи с ефективно заземена неутрала се изпълняват в съответствие с изискванията за: 1. допустимо съпротивление или допустимо допирно напрежение;

2. конструктивно изпълнение и ограничаване на напрежението на заземителното устройство.

За да се определят нормираните стойности на допустимо допирно напрежение е добре да се използва стандарт IEEE Std 80-2000 [2], който е основно ръководство за проектиране на заземителни инсталации в електрически подстанции. В настоящата статия са представени резултати от изследване на влиянието на двуслойна структура на почвата върху максималното допирно напрежение за изпълнение на условието за допустимо допирно напрежение при проектиране на заземителни мрежи.

Определени са стойностите на допустимите допирни и крачни напрежения за времена на изключване на повредата в уредби 110 kV и 400 kV.

Резултатите са получени при спазване на изискванията на Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии– наличие на покритие от чакъл с $\rho_s = 2000 \Omega m$ и дебелина на покритие h_s от 10 до 20 cm, тегло 70 kg.

При проектиране на заземителни устройства за уредби високо напрежение съгласно IEEE Std 80- 2000, IEEE Guide for safety in AC Substation Grounding, максималното допирно напрежение в рамките на заземителната мрежа

E_m трябва да бъде по-малко от допустимото допирно напрежение E_{touch} . Авторите са разработили опростен метод за отчитане на двуслойна структура на почвата на базата на стойността на максималното допирно напрежение E_m , с прилагане на изчислителната процедура на стандарта IEEE Std 80- 2000 и отчитане на еквивалентното специфично съпротивление на почвата.

За определяне на влиянието на структурата на почвата върху максималното допирно напрежение при двуслойна среда са изследвани случаи, които обхващат над 300 ситуации на заземителни мрежи, без вертикални електроди и различни съотношения между ρ_1 и ρ_2 .

От проведените изследвания могат да се направят следните изводи:

1. Максималното допирно напрежение не зависи от дебелината на горния слой при дълбочина на полагане $h = 0,7 = \text{const}$ за случаите, когато $\rho_1 > \rho_2$.

2. За останалите случаи резултатите в тази статия потвърдиха необходимостта да се използва опростения метод за отчитане на двуслойния характер на почвата при изчисляване на еквивалентно специфично съпротивление за намаляване на грешката при определяне на и максималното допирно напрежение E_m .

Earthing grid design in the two soil structure

The grounding devices of electrical equipment with a voltage over 1000 V in networks with an effectively grounded neutral are performed in accordance with the requirements for: 1. permissible resistance or permissible contact voltage;

2. constructive execution and limitation of the voltage of the earthing device.

To determine the normalized values of allowable contact voltage it is good to use the standard IEEE Std 80-2000 [2], which is a basic guide for the design of earthing installations in electrical substations. The present article presents the results of a study of the influence of a two-layer soil structure on the maximum contact voltage to fulfill the condition for permissible contact voltage in the design of grounding networks.

The values of the permissible touch and leg voltages for fault tripping times in 110 kV and 400 kV systems have been determined.

The results were obtained in compliance with the requirements of Ordinance No. 3 for the device of electrical equipment and power lines – presence of gravel coating with $\rho_s = 2000 \Omega\text{m}$ and coating thickness h_s from 10 to 20 cm, weight 70 kg.

When designing grounding devices for high voltage equipment according to IEEE Std 80- 2000, IEEE Guide for safety in AC Substation Grounding, the maximum contact voltage within the grounding network E_m must be less than the permissible touch voltage E_{touch} . The authors have developed a simplified method for considering a two-layer soil structure based on the value of the maximum contact stress E_m , applying the calculation procedure of the IEEE Std 80-2000 standard and considering the equivalent specific resistance of the soil.

In order to determine the influence of the soil structure on the maximum contact voltage in a two-layer environment, cases covering over 300 situations of earthing networks, without vertical electrodes and different ratios between ρ_1 and ρ_2 , were studied.

The following conclusions can be drawn from the conducted research:

1. The maximum contact voltage does not depend on the thickness of the top layer at laying depth $h = 0.7 = \text{const}$ for cases where $\rho_1 > \rho_2$.
2. For the remaining cases, the results in this paper confirmed the need to use the simplified method to account for the two-layer nature of the soil when calculating the equivalent specific resistance to reduce the error in determining and the maximum contact voltage E_m .

Г8-12 M. Vasileva and N. Velikova, “**Model Study of Lightning Protection of 110/20 kV Substation,**” in Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014, 2014, vol. 1, pp. 158–160

Моделно изследване на мълниезащита на подстанция 110/20 kV

Електрообзавеждането в електрическите подстанции за средно и високо напрежение, които са свързани към въздушната мрежа електропроводи, са защитени от удари на мълния чрез металоксидни вентилни отводи (MOSA). Видът и мястото на връзката на защитните средства за пренапрежения са в непосредствена връзка с координатията на изолацията на оборудване и тяхната стабилна работа.

В статията е представен симулационен модел на силов трансформатор 110/20 kV, подходящ за изследване на вълнови процеси.

Входните данни за модела на силовия трансформатор в MATLAB SIMULINK трябва да бъде в относителни единици по отношение на номиналните данни на оборудването. Трябва да се въвеждат следните данни: активното съпротивление R_1 [о.е.] и R_2 [о.е.] и самоиндукцията на намотките L_1 [о.е.] и L_2 [о.е.]; активното

съпротивлението R_m [о.е.] и собствената индуктивност L_m [о.е.] в магнетизиращия клон на заместващата верига. Стандартният блок за моделиране на силовия трансформатор се използва за изследване на стационарните режими на работа.

За изследване на вълновите процеси е необходимо да се разглежда влиянието на надлъжния капацитет K_t и на напречните капацитети C_t на бобините. Съставя се моделна схема на силовия трансформатор в SIMULINK, която може да се използва при изследване на вълновите процеси.

ВАРИАНТНИ ПРОУЧВАНИЯ

1. Изследване на въздействието на мълнии, възникващи в електрическите разпределителни линии, върху електрическите съоръжения в подстанция 110 kV без MOSA.
2. Изследване на защитния ефект на MOSA при въздействие на мълнии, възникнали в електропроводите, върху електрическите съоръжения в подстанция 110 kV.

Симулационният модел на силов трансформатор, представен в доклада, може да се използва за изследване на вълнови процеси в електрическите подстанции. Разработеният модел предоставя точни данни за изследване на защитния ефект на металоксидните ограничители на пренапрежение.

Model Study of Lightning Protection of 110/20 kV Substation

The electrical equipment in the electrical substations for middle and high voltage, which are connected to the overhead power lines, are protected of lightning strokes through metaloxide surge arresters. The type and place of the connection of the protective means for surges are in immediate connection with the coordination of the isolation of the equipment and their stable work.

The input data for the model of the power transformer in MATLAB SIMULINK must be in relative units in relation to the nominal data of the equipment. The following data should

be entered: active resistance $R1$ [o.e.] and $R2$ [o.e.] and the selfinduction of the coils $L1$ [o.e.] and $L2$ [o.e.]; the active resistance Rm [o.e.] and the self-inductance Lm [o.e.] in the

magnetizing branch of the substitute circuit. The standard block for modeling of the power transformer is being used for the research of the stationary modes of work.

By the examination of the wave processes is necessary to be considered the influence of the longitudinal K_T and the transversal capacitances C_T of the coils. Therefore is formed a model scheme of the power transformer in SIMULINK, which could be used in the examination of the wave processes.

OPTION STUDIES

1. Investigation of the impact of lightning strikes occurring in electrical distribution lines on electrical equipment in a 110 kV substation without MOSA.
2. Investigation of the protective effect of MOSA in the event of lightning strikes occurring in power lines on electrical equipment in a 110 kV substation.

The simulation model of a power transformer, given in the report, can be used for a research of wave processes in the electrical substations. The developed model provides precise data for research of the protective effect of the metal-oxide surge arresters.

Г8-13 **M. Vasileva** and R. Dimitrova, “Using a measuring instrument Z - METER III for determining of the soil resistivity for dimensioning of the grounding system of an electricity object,” in EUREKA 2014, 2nd Conference and Working Session, Schedule Proceedings, 2014, vol. 1, pp. 82–86

Използване на измервателен уред Z - METER III за определяне на съпротивлението на почвата за оразмеряване на заземителната система на електрообект

В литературата няма конкретни данни за съпротивлението на почвата при различни честоти на електромагнитното поле. Най-често има данни за честота 50Hz. Съпротивлението трябва да се определи в зависимост от честотата на тока, протичащ в заземителната система и в земята, тъй като влияе върху съпротивлението на заземяване на електрическите обекти.

При удар на мълния върху заземен обект протича импулсен ток и се развиват високочестотни процеси. Поради това трябва да се определи точно съпротивлението на почвата за съответната честота, за да се създаде правилен модел на заземителната система за изследване на вълнови процеси.

Обемното съпротивление и повърхностното съпротивление (R_v и R_s) са характеристики на конкретната електроизолационна конструкция – те зависят от геометрията на електродите и изолатора и от материала и условията на околната среда – температура, влажност и др. За характеризиране на веществото (в този случай земята) по отношение на неговата електрическа проводимост се въвеждат величини специфично обемно съпротивление ρ_v и повърхностно съпротивление ρ_s .

С уреда Z - meter III могат да се измерват стойности на активната и реактивната съставка на импеданса Z на почвата. Могат да се правят измервания за честоти от 2 kHz до 20 kHz. В различните модификации на устройството честотният диапазон е различен.

За изчисляване на ρ_v се вземат предвид токовете, протичащи в обема на почвата само между двата електрода, което може да доведе до известна неточност на резултатите. От представените на фигурите резултати се вижда, че с увеличаване на честотата стойността на съпротивлението на почвата намалява. Стойностите варират в широк диапазон за различни дълбочини и при двете честоти на измерване.

Резултатите показват необходимостта от прецизно определяне на съпротивлението на площадката за изграждане на електроенергийни обекти. Така определеното съпротивление ще допринесе за по-прецизно оразмеряване на заземителната система на обекта и ще се използва за създаване на по-точни симулационни модели за изследване на вълнови процеси.

Using a measuring instrument Z - METER III for determining of the soil resistivity for dimensioning of the grounding system of an electricity object

In the literature there are no specific data on the resistivity of the soil at various frequencies of the electromagnetic field. There are data for frequency of 50Hz the most frequent. The resistivity must be determined depending on the frequency of the current flowing in the grounding system and in the ground because affects on the grounding resistance of the electricity objects.

When lightning strikes to a grounded object pulse current flows and highfrequency processes are developed. Therefor the resistivity of the soil should be accurately determined for the respective frequency for to establish a correct model of the grounding system for the study of wave processes.

The volume resistance and surface resistance (R_v and R_s) are characteristics of the specific electric insulation construction – they depend on the geometry of the electrodes and insulator and of the material and environmental conditions - temperature, humidity, etc. For characterization of the substance (in this case ground) with respect to its electrical conductivity is introduced magnitudes specific volume resistivity ρ_v and surface resistivity ρ_s .

With the device Z - meter III can be measured values of active and reactive component of the impedance Z of the soil. Measurements can be made for frequencies from 2 kHz to 20 kHz. In various modifications of the device the frequency range is different.

For the calculation of ρ_v are considered the currents flowing in the volume of the soil only between the two electrodes, which could lead to certain inaccuracy of the results. From the results presented in the figures it is seen that with increase of the frequency, the value of the resistivity of the soil decreased. Values vary a wide range for different depths in both measuring frequencies.

The results show the need for a precise determination of the resistivity of the site for building of electricity objects. The resistivity determined in this way will contribute to a more precise dimensioning of the grounding system of the site and will be used to establish of more accurate simulation models for the study of wave processes.

G8-14 M. Vasileva, N. Velikova, Y. Ivanov, and D. Stanchev, “**Limiting of lightning overvoltages in the electrical Substations 110 kV**,” in ICEST 2015 - L International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2015, vol. 1, pp. 296–299

Ограничаване на мълниевии пренапрежения в ПС 110 kV

Вентилни отводи (MOSA) се монтират на входа на всеки електропровод, на всяка шинна система на ПС, както и пред силовите трансформатори от страната на захранването. Също така е необходимо да се избере мястото за монтаж на ограничителите за пренапрежение, за да се направят допълнителни изчисления, свързани с избора им.

Целта на доклада е да представи резултатите от моделното изследване на удара на мълния върху въздушна линия и въздействието му върху оборудването на разпределителна уредба на подстанция 110 kV и защитното действие на MOSA.

В системата MATLAB е създаден симулационен модел на електрическа система с шест въздушни присъединения, който използва реални данни на подстанция 110 kV. Чрез модела се разглежда влиянието на мълниевите пренапрежения върху електрическото оборудване в подстанцията. Разглеждат се случаите, когато атмосферните пренапрежения навлизат в подстанцията през най-дългия електропровод при нормална експлоатация, когато са защитени с MOSA и същия случай, но без защитно оборудване. Разглежда се случай на аварийна работа на подстанцията, при която са изключени три нейни електропровода.

Разглежда се подстанция с шест въздушни присъединения. Подстанцията е с едносекционна шинна система и разполага с два силови трансформатора 110/20 kV с мощност 25 MVA. Защитата на съоръженията се осъществява от два комплекта MOSA, които се закрепват към шинната система.

Създадена е трифазна моделна схема на подстанция 110 kV в програмата MATLAB, в която оборудването е представено като кондензатори със специфичен капацитет, а електропроводите и шините на подстанцията са моделирани чрез еквивалентна електрическа схема на линия с разпределени параметри.

Проучване на въздействието на мълния, възникнала в електропровода, върху електрическото оборудване в подстанция 110 kV без MOSA и изследване на защитния ефект на MOSA при въздействие на мълния, възникнала в електропровода, върху електрическото оборудване в подстанция 110 kV с MOSA са проучваните случаи.

При работа на подстанцията с шест присъединения получените пренапрежения на съоръженията са под изоляционното им ниво.

Риск от повреда на оборудването в подстанцията при въздействие на атмосферни пренапрежения е налице в случаите на по-малък брой присъединявания, свързани към шинната система.

Представеният в доклада симулационен модел на електрическата система може да се използва за изследване на вълнови процеси в електрически подстанции.

Разработеният модел на изследване на защитния ефект на металооксидни отводители в електрическа подстанция може да се използва за по-прецизен избор, като се вземе предвид конфигурацията на схемата и участващите елементи върху ефекта на атмосферното пренапрежение.

Limiting of lightning overvoltages in the electrical Substations 110 kV

Surge arresters are placed at the inlet of each power line; each bus system of PS, as well as in front of the power transformers on the supply side. It is also necessary to choose the place of mounting of the surge arresters to make additional calculations related to their selection.

The aim of the report is to present the results of the model study of lightning stroke on overhead line and its impact on the equipment of a 110 kV substation switchgear and the protective action of MOSA.

In the MATLAB system a simulation model is created of an electric system with six air accessions, which uses real data of substation 110 kV. Through the model is being reviewed the influence of lightning overvoltages on the electrical equipment in the substation. The cases are considered when atmospheric surges enter the substation through the longest power line in normal operation when protected with MOSA and the same case, but without protection equipment. A case of emergency operation of the substation is considered, in which three of its power lines are dropped out.

A substation is being viewed with six air accessions. The substation is with a single section bus system and has two 110/20 kV power transformers with power 25 MVA. The protection of the facilities is carried out by two metal oxide surge arresters, which are being attached to the bus system.

Established three-phase model scheme of 110 kV substation in the program MATLAB, in which the equipment is being presented as capacitors with a specific capacitance [3], and power lines and substation buses are modelled by equivalent electrical circuit of line with distributed parameters.

Study on impact of a lightning stroke arising in power lines, on the electrical equipment in the substation 110 kV without MOSA and study on the protective effect of MOSA in case of impact of lightning stroke arising in power lines on the electrical equipment in the substation 110 kV with MOSA are the study cases.

In operation of the substation with six accessions the received surges on the facilities are under their insulation level.

Risk of damage to the equipment in the substation on impact of an atmospheric surge is present in the cases of a smaller number of accessions connected to the bus bar system.

The simulation model of the electric system, presented in the report can be used to study wave processes in electrical substations.

The developed model of the study on the protective effect of metal oxide surge arresters in electrical substation can be used for a more precise choice, taking into account the configuration of the scheme and the participating elements on the effect of the atmospheric overvoltage.

G8-15 R. Dimitrova, **M. Vasileva**, M. Yordanova, “**Experimental Investigation of the Electrical Parameters of the Soil for the Purpose of the Grounding System Design,**” in ICEST 2015 - L International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2015, vol. 1, pp. 288–291

Експериментално изследване на електрическите параметри на почвата за целите на проектирането на заземителната система

При директен удар на мълния върху обект през заземяващите елементи протича импулсен ток и в почвената зона около тях се развиват високочестотни процеси. От тези процеси зависи специфичното обемно съпротивление и относителната диелектрична проникваемост на почвата. Прецизното определяне на електрическите характеристики на почвата ρ_v и ϵ_r е необходимо за създаване на точен модел на заземителната система за изследване на вълновите процеси. В раздел II е описано експерименталното оборудване и са дадени математическите уравнения за обработка на данните. В раздел III са представени експерименталните резултати и анализите. Заключителните бележки са дадени в Раздел IV.

Взети са проби от почвата от района, където ще бъде изграден трафопост. Пробите са взети от дълбочина 0,4 m и 0,8 m, както и от повърхността на почвата. Измерени са стойностите на специфичното обемно съпротивление и диелектричната проникваемост за влажни и сухи почви, както и за рохкави и пресовани почви.

Измерванията на електрическите характеристики R , C , C_0 за всяка от пробите с различно съдържание на влага се извършват с уреда Precision Impedance Analyzers 6500B Series. Анализаторът може да измерва директно стойностите на съпротивлението. Капацитетът на пробите и след това специфичното обемно съпротивление ρ_v и относителната диелектрична проникваемост ϵ_r могат да бъдат изчислени с помощта на формули.

Получените от измерванията резултати се обработват от компютърната програма Grafer. Това е математическа програма за обработка на експериментални резултати.

Извършени са измервания за изследване на зависимостта на специфичното обемно съпротивление и диелектричната проникваемост от честотата в диапазона 1 kHz до 1000 kHz при различна влажност и плътност на пробите.

Диелектричният метод за измерване на електрическите характеристики на почвата и получените експериментални резултати, които са потвърдени и в други изследвания, дават основание да се продължат изследванията и за други проби – многослойни почви. Полученият математически израз на зависимостта на специфичното обемно съпротивление от честотата може да се използва при изчисляването на съпротивлението на заземителната система за конкретна стойност на честотата. Получените математически изрази на зависимостта на диелектричната проникваемост от честотата могат да бъдат използвани при изчисляване на капацитета на заземителната система, което е необходимо за създаване на моделна схема на инсталацията за изследване на вълновите процеси в нея.

Experimental Investigation of the Electrical Parameters of the Soil for the Purpose of the Grounding System Design

A direct lightning stroke over an object leads an impulse current to flow through the grounding elements and high frequency processes develop in the soil area around them. The specific volume resistivity and the relative dielectric permittivity of the soil depend on those processes. The precise determination of the electrical characteristics of the soil ρ_v and ϵ_r is necessary to establish a correct model of the grounding system for the study of the wave processes. In Section II the experiment equipment is described and the mathematical equations for data processing are given. In Section III, the experimental results and the analyses are presented. The concluding remarks are given in Section IV. Samples of the soil from the area where an electrical power substation will be constructed have been taken. The samples were taken from depths 0.4 m and 0.8 m, as well as from the soil surface. The values of the specific volume resistivity and the dielectric permittivity have been measured for wet and dry soils, as well as for the loose and the pressed soils.

The measurements of the electrical characteristics R , C , C_0 for each of the samples, having different moisture contents, are made with the device Precision Impedance Analyzers 6500B Series. The analyzer can measure directly the values of the resistance. The obtained from measurements results are processed by the computer program Grafer and the capacitance of the samples and after that the specific volume resistivity ρ_v and the relative dielectric permittivity ϵ_r can be calculated using formulas. This is a mathematical program for processing of the experimental results.

Measurements for investigation of the dependence of the specific volume resistivity and the dielectric permittivity from the frequency in the range 1 kHz to 1000 kHz at different humidity and density of the samples were made.

The dielectric method for measuring the electrical characteristics of the soil and the received experimental results, which are confirmed in other studies, give reason to continue the investigation for other samples - multilayer soils. The resultant mathematical expression of the dependence of the specific volume resistivity from the frequency can be used in the calculation of the resistance of the grounding system for a specific frequency value. The resulting mathematical expressions of the dependence of the dielectric permittivity from the frequency can be used in calculating the capacitance of the grounding system, which is necessary to create a model scheme of the installation for the study of the wave processes in it.

G8-16 M. Vasileva, R. Dimitrova, M. Yordanova, and M. Ivanova, “**Model Scheme of the Earthing System of Electrical Power Substations for Wave Processes Study**,” in 2015 Fourteenth International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2015 - Proceedings, 2015, pp. 114–117

Моделна схема на заземителната система на електрически подстанции за изследване на вълнови процеси

Изграждането на заземителна система в електротехническите обекти е задължително за осигуряване на нормалната работа на оборудването и безопасността на персонала на територията на обектите. Заземителната система също е важен елемент от мълниезащитата на електрическата подстанция. Импулсни токове протичат през заземителната система в случай на директен удар на мълния. Това определя различен подход при моделирането и изследването на процесите в него. Практическият интерес е насочен към определяне на потенциалите в зоната на заземителната система, както и възможните допирни и крачни напрежения.

Вълновите процеси в земята при протичане на импулсни токове през заземителни системи с различни конфигурации (хоризонтални, вертикални, решетъчни, комбинирани и др.) са изследвани в много литературни източници. За практически инженерни изследвания е интересно да се проучи възможността за тяхното моделиране в софтуерна среда като Matlab, Matlab Simulink.

Целта на настоящата статия е да се създаде симулационен модел на заземителна решетка с и без вертикални заземители за определяне на максималните възможни потенциали в зоната на мрежата при директен удар на мълния.

На базата на заместваща схема е създаден модел в MATLAB SIMULINK за хоризонтална заземителна решетка с дължина 1m. Предложеният модул е основа за създаване на модел на заземителна система на електрическа подстанция с размер на площадката 30x30m и размер на клетката - 10m.

Разглеждат се три случая на удар от мълния в зависимост от мястото на удара. Потенциалите в ъгловите точки на заземителя се определят за три случая на мълниев удар при: 1. хоризонтална решетка без вертикални заземители; 2. хоризонтална решетка с четири вертикални заземителя в ъглите; 3. хоризонтална решетка с 12 вертикални заземителни пръта, разположени по целия периметър на мрежата.

Моделната схема на заземителната уредба е подходяща за изследване на процесите в нея и в почвата при пряк удар на мълния в гръмоотводите на електрическата подстанция. Схемата може да се използва за изследване на надеждната и безопасна работа на оборудването и за изследване на електробезопасността на персонала. Използването на вертикални заземителни пръти във възлите на заземителната решетка значително намалява потенциалите – намалението е до десетки пъти. Интерес за практиката са възможните максимални напрежения на допир, които се появяват в центъра на ъгловата клетка. В момента авторите работят върху моделна схема за получаване на тези напрежения.

Model Scheme of the Earthing System of Electrical Power Substations for Wave Processes Study

The construction of earthing system in electrical power engineering objects is obligatory to ensure the normal operation of the equipment and the safety of the staff on the territory of the objects. The earthing system is also an important element of the lightning protection of the electrical power substation. Pulse currents flow through the earthing system in case of direct lightning stroke. This defines a different approach in the modeling and study of the processes in it. The practical interest is aimed at determining the potentials in the area of the earthing system as well as the possible touch and foot voltages.

Wave processes in the earth at flowing of pulse currents through earthing systems with different configurations (horizontal, vertical, grid-type, combined, etc.) have been studied in many literature sources. For practical engineering researches it is interesting to investigate the possibility for their modeling in software environment such as Matlab, Matlab Simulink.

The purpose of the present paper is to create a simulation model of an earthing grid with and without vertical earthing rods for defining the maximum possible potentials in the area of the grid at direct lightning stroke.

On the basis of the replacement scheme a model in MATLAB SIMULINK is created for horizontal earthing grid with length 1m. The proposed module is a base for creation of an earthing system model of an electrical power substation with size of the site 30x30m and the cell size - 10m.

Three cases of lightning stroke are considered depending on the place of the stroke. The potentials in the corner points of the earthing system are defined for the three cases of lightning stroke for: 1. horizontal grid without vertical earthing rods; 2. horizontal grid with four vertical earthing rods in the corners; 3. horizontal grid with 12 vertical earthing rods placed on the whole grid perimeter.

The model scheme of the earthing system is suitable for study of the processes in it and in the soil at direct lightning stroke in the lightning rods of the electrical power substation. The scheme could be used for study of the reliable and safe work of the equipment and for investigation of the electrical safety of the staff. The usage of vertical earthing rods in nodes of the earthing grid significantly decreases the potentials - the reduction is up to tens of times. Interest for the practice is the possible maximum touch voltages that appear at the center of the corner cell. The authors are currently working on a model scheme for obtaining these voltages.

G8-17 N. Velikova, R. Dimitrova, **M. Vasileva**, and M. Yordanova, “**Model Research of the Protection against Arriving Atmospheric Surges in the Substation 110kV,**” in PROCEEDINGS - International Scientific Symposium - Electrical Power Engineering, 2016, vol. 1, pp. 78–82

Моделно изследване на защитата от постъпващи атмосферни пренапрежения в подстанция 110kV

За симулиране на процесите в електрическите подстанции, които възникват под въздействието на атмосферни пренапрежения, е необходимо да се създадат симулационни модели на подстанция 110 kV, включително на заземителната мрежа. В статията е изследвано влиянието на съпротивлението на заземителната система на електрическата подстанция (ПС) чрез използване на симулационни модели на две реални подстанции 110 kV. Работата на инсталираните на територията на подстанцията металоксидни вентилни отводи (MOSA) се изследва в два случая - когато MOSA са заземени чрез нулево съпротивление и когато се отчита съпротивлението на заземителната защитна мрежа R_g на подстанцията (т.е. MOSA са заземени през R_{gi}).

Целта на статията е да се оцени значението на използването на реален модел на заземителната система при изследване на възникването и ограничаването на атмосферните пренапрежения.

Симулационните модели на подстанцията и заземителната система са създадени в програмата Matlab Simulink.

Разглежда се ПС с три въздушни електропровода. Подстанцията е с едносекционна шинна система и разполага с два силови трансформатора (СТ) 110/20 kV с мощност 25 MVA. Мълният се моделира като източник на ток с големина 80kA и форма 1/10 μ s. Изследването е направено при удар на мълнията в една от фазите на един от електропроводите. Контролирани са напреженията на изходите на MOSA, монтирани в подстанцията. Измерени са и напреженията на силовите трансформатори.

MOSA и силовите трансформатори в симулационния модел са свързани към реалния модел на заземителната система. Заземителната система е изпълнена като хоризонтална решетка с размери 30x30 m и с четири вертикални електрода в ъглите.

В случай, че оборудването е свързано към заземителната система, напреженията в точката на измерване от M1 до M4 се повишават. Колкото по-голямо е съпротивлението на заземителната система, толкова по-голямо е защитното ниво на MOSA.

Стойностите на максималните напрежения на допир за ъгловите клетки на заземителната решетка при постъпване на импулсни пренапрежения от въздушния електропровод са около 50 пъти по-ниски от тези, когато мълнията попадне директно в точката на заземителната система.

Използването на реален модел на заземителната система при изследване на защитата от постъпващи импулсни пренапрежения в подстанции 110 kV води до по-прецизна оценка на въздействащите върху оборудването атмосферни пренапрежения.

Model Research of the Protection against Arriving Atmospheric Surges in the Substation 110kV

To simulate the processes in electrical substations that arise under the influence of atmospheric surge it is necessary to create simulation models of 110 kV substation including the grounding grid. The subversive effects on it in results of the surges can be investigated by the simulation models.

In the paper the influence of the grounding system's resistance of the power substation is investigated by using simulation models of two real substations 110 kV. The installed on the territory of the substation metal-oxide surge arresters (MOSA) operation is investigated at two cases: when MOSA are grounded through zero resistance and when the resistance of the grounding protection grid R_g of the substation is taking into account (i.e. MOSA are grounded through R_g).

The aim of the paper is to evaluate the importance of using real model of the grounding system in the research of arising and limitation of the atmospheric overvoltages.

The simulation models of the substation and the grounding system are created in the program Matlab Simulink.

A substation is being viewed with three overhead power lines. The substation is with a single section bus system and has two 110/20 kV power transformers (PT) with power 25 MVA. The lightning is modeled as a current source with magnitude of 80kA and shape $1/10 \mu s$. It strikes one of the phases of one power lines. The voltages on the outputs of the metal oxide surge arresters, installed in the substation, have been controlled. The voltages of the power transformers have been measured too.

The metal oxide surge arresters and the power transformers in the simulation model are connected to the real model of the grounding system. The grounding system is realized as a horizontal grid with sizes 30x30 m and with four vertical electrodes in the corners.

In the case when the equipment is connected to the grounding system the voltages in the measuring point M1 to M4 increase. The bigger is the resistance of grounding system the bigger is the protective level of MOSA.

The values of the maximum touch voltages for the corner cells of the grounding grid when the impulse surges arrive by the overhead power line are about 50 times lower than those when the lightning strikes directly in the point of the grounding system.

Use of real model of the grounding system in study of the protection against arriving impulse surges in substations 110 kV leads to more precise evaluation of the impacting over the equipment atmospheric overvoltages.

Г8-18 M. Yordanova, R. Dimitrova, M. Vasileva, and M. Ivanova, “Regression Analysis of Experimental Data for the Soil Electrical Parameters considering Humidity and Frequency,” in Proceedings of the 1st International Conference “Applied Computer Technologies” ACT 2018, 2018, vol. 1, pp. 79–82.

Регресионен анализ на експериментални данни за електрическите параметри на почвата в зависимост от влажността и честотата

Документът представя резултати от непланиран факторен анализ на експериментални изследвания, относно електрическите характеристики на почвите

с различна влажност, определена при различни честоти, проведено от авторите. Програма, разработена в Технически университет – Варна е използвана за обработка на експерименталните данни – регресионен анализ с две променливи. Изведени са уравнения за определяне на съпротивлението на почвата и диелектрична проникваемост в зависимост от техните стойности при 50Hz, различна влажност и плътност на почвата за честоти от 100kHz до 1MHz.

Използвани са следните експериментални методи: Метод за измерване на влажността на почвата – гравиметричен метод и метод за определяне на относителната диелектрическа проникваемост на почвата.

Измерването на електрическите характеристики R, C, C0 за всяка проба с различно съдържание на влага е извършено с прецизните импедансни анализатори 6500B Series.

Прилага се регресионен анализ с две променливи за получаване на уравнения за определяне на съпротивлението на почвата и диелектричната проникваемост в зависимост от стойността им при 50Hz, влажността и плътността на почвата, както и за честоти от 100 kHz до 1 MHz.

1. Експерименталните резултати показаха, че огромното разнообразие от стойности на ρ и ϵ_r задължително определя необходимост от предварително вземане на проби преди започване на проектирането на система за заземяване и последващо използване на регресионни уравнения, предложени в статията, за намиране на техните стойности при произволна честота.
2. Документът предлага подход за получаване на данни за ρ и ϵ_r , където е необходим прецизен анализ на почвените процеси при въздействие на мълниевии импулси.

Regression Analysis of Experimental Data for the Soil Electrical Parameters considering Humidity and Frequency

The paper presents the results of an unplanned factorial analysis of experimental studies on the electrical characteristics of soils

with different humidity determined at different frequencies, conducted by the authors.

A program developed at the Technical University - Varna was used to process the experimental data - regression analysis with two variables.

Equations are derived to determine soil resistivity and permittivity depending on their values at 50Hz, varying soil moisture and density for frequencies from 100kHz to 1MHz.

The following experimental methods were used: Method for measuring soil moisture - gravimetric method and method for determining the relative dielectric permittivity of the soil.

The measurement of the electrical characteristics R , C , C_0 for each sample with different moisture content was performed with the 6500B Series precision impedance analyzers.

Bivariate regression analysis was applied to obtain equations for determination of soil resistance and dielectric permittivity depending on their value at 50Hz, humidity and soil density, as well as for frequencies from 100 kHz to 1 MHz.

1. Experimental results showed that the huge variety of values of ρ and ϵ_r necessarily determines the need for preliminary sampling before starting the design of a grounding system and the subsequent use of regression equations proposed in the article to find their values at any frequency .
2. The paper proposes an approach for obtaining data on ρ and ϵ_r , where a precise analysis of soil processes under the influence of lightning impulses is required.

G8-19 M. Vasileva and D. Stanchev, “**Determination of dangerous lightning current levels for power substations 220kV,**” in Proceedings of the 1st International Conference “Applied Computer Technologies” ACT 2018, 2018, vol. 1, pp. 83–85.

Определяне на опасните нива на ток на мълния за електрически подстанции 220 kV

Мълниите са уникално явление в природата. При възникването им може да се генерира голямо количество енергия, което може да бъде изключително разрушително. Поради прякото и непряко въздействие на мълнията върху въздушните линии се получават пренапрежения, които могат да бъдат значително по-високи от така нареченото ниво на изолация на оборудването в електроенергийната система (BIL). Електрически подстанции 220 kV с въздушни електропроводи са защитени от атмосферни пренапрежения с металоксидни вентилни отводи (MOSA). Те трябва да бъдат избрани така, че електрическите и механичните характеристики да отговарят на условията, при които се експлоатират.

Целта на доклада е чрез симулационен модел да се изследват нивата на атмосферно пренапрежение и да се определят опасните амплитуди на тока на мълния за подстанции с ниво на напрежение 220 kV. Симулационен модел на реална подстанция 220 kV е разработен в MATLAB Simulink за моделиране на директен удар на мълния от фазов проводник във всяка въздушна линия 220 kV, свързана към изследваната подстанция. Разгледани са случаи на т. нар. "срязана" вълна с параметри от 10kA до 100kA и различни разстояния до точката на удара. Измерванията на напрежение се извършват на входа на електропровода към подстанцията. Изследваният модел е на електрическа подстанция 220kV. Свързва се с двойна шина със схема с един прекъсвач с 3 въздушни електропровода, 3 автотрансформатора, 2 измервателни съединения и 1 прекъсвач. За еквивалентната схема на подстанцията всеки елемент е даден с неговия капацитет. Проводниците в подстанцията са дадени чрез линия с разпределени параметри с реални разстояния, изчислени за преобладаваща преходна честота.

Еквивалентната схема на подстанцията е реализирана в Matlab Simulink. Резултатът от симулацията от проучването на модела представя измерените пренапрежения на входа на подстанцията породени от мълния в сравнение с BIL на системата.

Резултатите, показват, че мълнията причинява пренапрежения, които са опасни за оборудването. За всеки случай от моделното изследване се определя точно нивото на тока на опасна мълния чрез пресечна точка на кривите. Това може да бъде полезно за прецизна координация на изолацията и бъдещо развитие на изследванията.

Determination of dangerous lightning current levels for power substations

220 kV

Lightning is a unique phenomenon in nature. In its operation, a large amount of energy can be generated, which can be extremely destructive. Due to the direct and indirect impact of lightning on the overhead lines, overvoltages are produced which can be significantly higher than the so-called insulation level of the equipment in the power system. Electrical power substations 220 kV with overhead power lines are protected from atmospheric overvoltages with metal-oxide surge arresters (MOSA). They must be selected so that electrical and mechanical characteristics comply with the conditions under which they are operated.

The aim of the report is to investigate the atmospheric overvoltage levels and to determine the dangerous amplitudes of the lightning current for substations with a voltage level of 220kV through a simulation model. Simulation model of a real 220kV substation was developed in MATLAB Simulink to model a direct lightning strike by phase conductor at any 220kV air line connected to the substation under study. We have seen cases of so-called, a "cut" wave with parameters ranging from 10kA to 100kA and different distances to the point of impact. Surge voltage measurements are made at the inlet of the power line to the substation. The investigated model is electrical air insulated outdoor power substation 220kV. It is connected by double bus bar with single breaker scheme with 3 overhead transmission lines, 3 autotransformers, 2 measurement joints and 1 tie breaker. For the equivalent scheme of the substation every element is given with their capacitance. Conductors in the substation are given by distributed parameters line with real distances calculated for dominant transient frequency.

The equivalent scheme of the substation is implemented in Matlab Simulink. The simulation result from the model study present the measured overvoltages at substation entrance due to lightning current compared with the BIL of the system.

Following the results it can be seen that lightning current cause overvoltages that are dangerous for the equipment. In the each case of the model study is defined exactly the dangerous lightning current level by intersection point of the curves. This can be useful for precise insulation coordination and future development of researches.

The developed model can be used for wave processes in power substations.

Дата:

Изготвил:

/доц. д-р инж. Маргрета Василева/