

# Резюмета

на научно-изследователските трудове на

гл. ас. д-р инж. **Милена Димитрова Иванова**

за участие в конкурс за академична длъжност „Доцент“, в професионално направление 5.4 Енергетика по научна специалност „Електротехнически материали и кабелна техника“, към катедра „Електроенергетика“ при Електротехнически факултет на Технически университет-Варна, обявен в ДВ бр.4/ 13.01.2023г.

## Опис:

**Резюмета по показател В.4 - хабилитационен труд – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация.....4**

[1] Barudov, E., Ivanova, M. “Investigation of electric and magnetic fields generated by a system for formation of high voltage discharge process in liquid based on capacitive energy storage,” in 18<sup>th</sup> Annual General Assembly of the International Association of Maritime Universities - Global Perspectives in MET: Towards Sustainable, Green and Integrated Maritime Transport, IAMU 2017, 2017, vol. 1, pp. 293–300, ISBN 978-954899196-4 ..... 5

[2] Ivanova, M. “Regression analysis of experimental data for electrical parameters of water at a high voltage pulse discharge”, in 2019 16<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2019 – Proceedings, June 2019, pp.595-599, ISBN 978-172811413-2, DOI 10.1109/ELMA.2019.8771494..... 6

[3] Georgiev, G., Ivanova, M., Dimitrova, R., Rangelov, Y., “Polymeric composite insulators for overhead power lines. A review of in-service damages and diagnostic approaches”, in 2021 17<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 – Proceedings, pp.381-386 ISBN: 978-166543582-6, DOI: 10.1109/ELMA52514.2021.9503054..... 7

[4] Barudov, E., Ivanova, M. “Study of conductive textile fabrics for protection against high-frequency electromagnetic radiation”, in 2021 13<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference, ISBN 978-166544192-6, DOI 10.1109/BulEF53491.2021.9690835 ..... 8

[5] Dimitrova, R., Yordanova, M., Vasileva, M., Ivanova, M. “Experimental determination of soil electrical parameters for the creation of a computer model of a grounding system for lightning protection,” Int. J. Reason. Intell. Syst., vol. 9, no. 2, pp. 101–113, 2017, ISSN 17550556. DOI 10.1504/IJRS.2017.088652..... 9

[6] Ivanova, M., Dimitrova, R. “Measurement of electrical parameters of soils on the territory of the Republic of Bulgaria in reference to more precise dimensioning of earthing installations of electrical power objects”, in 2019 11<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2019, ISBN: 978-172812697-5. DOI: 10.1109/BulEF48056.2019.9030780 ..... 10

[7] Yordanova, M., Vasileva, M., Dimitrova, R., Ivanova, M. “A methodology for determining the maximum touch voltage in the grounding grids considering the impulse resistance,” in 2016 19<sup>th</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2016, 2016, pp. 376–379, ISBN 978-146739522-9. DOI 10.1109/SIELA.2016.7543067 ..... 11

[8] Dimitrova, R., Vasileva, M., Yordanova, M., Ivanova, M. “Simulation model of unsymmetrically - shaped grounding grids for investigation of the touch voltages during lightning stroke,” in 2018 20<sup>th</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 92-95, Electronic ISBN: 978-1-5386-3419-6 ..... 12

[9] Georgiev, D., Georgiev, G., Rangelov, Y., Ivanova, M., Dimitrova, R., Hadzhidimov, I. “A study on the correlation between soil thermal and electrical resistivity for HV cable road pre-design

purposes”, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, Conference Proceedings, ISBN 978-172819439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326077 ..... 13

[10] Rangelov, Y., Georgiev, D., Georgiev, G., Kamenov, Y., Ivanova, M. “Methodological issues of soil thermal properties survey during HV cable line predesign phase”, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, ISBN 978-172819439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326062 ..... 14

**Резюмета по показател Г.7 - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация.....15**

[1] Panov, E., Ivanova, M., Barudov, E. “Study of the electrical characteristics of autotransformer discrete alternating voltage regulators with R-L loads,” in 2019 16<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2019 – Proceedings, June 2019, pp.321-325, ISBN 978-172811413-2, DOI 10.1109/ELMA.2019.8771651 ..... 15

[2] Ivanova, M., Panov, E., Barudov, E. “Exploration of the efficiency of autotransformer discrete alternating voltage regulators”, in 2020 IEEE International Conference Automatics and Informatics (ICAI), 1-3 Oct. 2020, Varna, Bulgaria, Electronic ISBN:978-1-7281-9308-3. DOI: 10.1109/ICAI50593.2020.9311348..... 16

[3] Barudov, E. Ivanova, M. “Study of electromagnetic fields in buildings in the vicinity of a marine radar installation”, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, Electronic ISBN:978-1-7281-9439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326012 ..... 17

[4] Panov, E., Barudov, E., Dimitrov, D., Ivanova, M. “Protection regimes and electrical quantities in autotransformer alternating voltage regulators”, in 2020 21<sup>st</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2020 – Proceedings, June 2020, ISBN: 978-172814346-0, DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167144 ..... 18

[5] Panov, E., Ivanova, M., Barudov, E., “Study of the parameters of an autotransformer discrete alternating voltage regulators considered as a two-port”, in 2021 17<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 – Proceedings, pp.377-380, ISBN 978-166543582-6, DOI 10.1109/ELMA52514.2021.9503020 ..... 19

[6] Panov, E., Barudov, E., Ivanova, M. “Exploration of the electric processes in discrete alternating step-voltage regulators,” in 2018 20<sup>th</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 314–317., ISBN 978-153863419-6, DOI 10.1109/SIELA.2018.8447122 ..... 20

[7] Ivanova, M., Dimitrova, R., Filipov, A. „Analysis of power outages and human errors in the operation of equipment in power grids“, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, Conference Proceedings, ISBN 978-172819439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326058 ..... 21

[8] Ivanova, M., Yordanova M., Dimitrova, R. „Evaluation of the step voltages for grounding grids at lightning strikes“, in 2020 21<sup>st</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2020 – Proceedings, June 2020, ISBN: 978-172814346-0. DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167157..... 22

[9] Mehmed-Hamza, M., Filipov, A., Ivanova, M. “Research and analysis of faults in medium voltage distribution grids”, in 2021 56<sup>th</sup> International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST 2021 – Proceedings, pp. 227-230, ISBN 978-166542887-3, DOI 10.1109/ICEST52640.2021.9483457 ..... 23

**Резюмета по показател Г.8 - научни публикации в нереперирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни токове.....24**

[1] Дичева, М., Барудов, Е. „Експертна оценка на качеството на електрическата енергия и електроснабдяването“, Сборник доклади от годишната университетска конференция на НВУ "Васил Левски", В.Търново, 2009, т.6, с. 173-181, ISSN 954-753-035-6..... 25

[2] Барудов, С., Дичева, М. „Електронно обучение в Електротехническият факултет на Техническият Университет - Варна. Практика и проблеми.“, Трета национална конференция с

[3] Barudov, S., Ivanova, M. „Discharge element with transverse high-frequency excitation“, in XLVI Int. scientific conference on information, communication and energy systems and technologies ICEST 2011, 2011, Nis, vol.3, p.959-962, ISBN: 978-86-6125-033-0..... 27

[4] Barudov, S., Dimitrova, R., Ivanova, M. “Single-circuit and double-circuit regulating apparatus for gas discharge element”, in XLVII Int. scientific conference on information, communication and energy systems and technologies ICEST 2011, 2011, Nis, vol.3, p.956-958, ISBN: 978-86-6125-033-0. 28

[5] Barudov, S., Ivanova, M. Dimitrova, R. “Study of the commutation capabilities of a controllable air discharger in circuit of high-voltage pulse discharge”, Annual proceedings of the Technical University of Varna, 2011, Bulgaria, vol. I, p.15-20, ISSN: 1311-896X..... 29

[6] Dimitrov, D., Dimitrova, R., Ivanova, M., Vassileva, M. „Analysis and comparative evaluation of energy effective drivers for LED with autonomous power supply“, in 3<sup>rd</sup> International congress “50 years Technical university of Varna”, 2012, Varna, vol. III, p.110-115, ISBN 978-954-20-0552-0. 30

[7] Dimitrov, D., Dimitrova, R., Ivanova, M., Vassileva, M. “Study of some influences of the internal parameters of specialized integrated circuits for LEDs”, in 3<sup>rd</sup> International congress “50 years Technical university of Varna”, 2012, Varna, vol. III, p.116-121, ISBN 978-954-20-0552-0..... 31

[8] Иванова, М., Барудов, С. „Сравнителен анализ и моделиране на високоволтов периодично затихващ разряд в течност във верига с две разрядни междини“, Морски научен форум, 16-17 май, 2013 г., ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", с.110-117, ISSN 1310-9278..... 32

[9] Ivanova, M. „Study of the energy characteristics and the temperature influence on the liquid medium resistance during the formation of a high voltage discharge“, in L international scientific conference on information, communication and energy systems and technologies – ICEST, 2015, Sofia, p.292-295, ISBN 978-619-167-182-3. .... 33

[10] Vasileva, M., Dimitrova, R., Yordanova, M., Ivanova, M. “Model scheme of the earthing system of electrical power substations for wave processes study”, in 14<sup>th</sup> International conference on electrical machines, drives and power systems, Proceedings, 2015, Varna, p.114-117, ISSN 1313-4965. 34

[11] Yordanova M., Dimitrova R., Vasileva M., Ivanova M. „Regression analysis of experimental data for the soil electrical characteristics considering humidity and frequency“, in 1<sup>st</sup> International Conference “Applied Computer Technologies” ACT 2018, 21-23 June, Ohrid, Macedonia, Proceedings, pp.79-82, ISBN 978-608-66225-0-3..... 35

[12] Ivanova, M., Barudov E. „Study of the energy characteristics of a system for generation of high-voltage discharge pulses for water treatment with the usage of a discrete alternating voltage regulator“, in I<sup>ST</sup> International conference of marine engineering, 21-23 Nov. 2018, NVNA Varna, Bulgaria, pp.63-67, ISBN 978-619-7428-31-5 (pdf) ..... 36

**Резюмета по показател В.4 - хабилитационен труд – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация**

[1] Barudov, E., Ivanova, M. “Investigation of electric and magnetic fields generated by a system for formation of high voltage discharge process in liquid based on capacitive energy storage,” in 18<sup>th</sup> Annual General Assembly of the International Association of Maritime Universities - Global Perspectives in MET: Towards Sustainable, Green and Integrated Maritime Transport, IAMU 2017, 2017, vol. 1, pp. 293–300, ISBN 978-954899196-4

Различните технологични приложения изискват формиране на високоволтов разряден импулс в течна среда. Процесът е придружен от генериране на UV излъчване, производство на химически активни видове в средата, интензивно повишаване на температурата на разрядния канал, генериране на ударни вълни и др. Последните са причинени от отделянето на голямо количество енергия, особено при началото на разрядния процес.

Експерименталната система, използвана за генериране на импулсен разряд с високо напрежение, е базирана на капацитивно натрупване на енергия. Формирането на разрядния импулс в течността, отчитайки спецификата на процеса в такава среда, влияе и върху процесите в електрическите вериги на устройството - натоварване на елементите, създаване на електромагнитни смущения в електрозахранващата система, генериране на електромагнитно поле около устройството.

В доклада е изследвана система с капацитивно натрупване на енергия за генериране на периодично затихващ високоволтов разряден импулс. Целта е да се оцени безопасността при работа с устройството като бъдат измерени външните електрически и магнитни полета в близост до системата, генерирани по време на процесите на зареждане и разреждане на кондензаторната батерия и формирането на разрядните импулси.

Измерени са интензитетата на електричното поле  $E$  и магнитната индукция по време на зарядния и разрядния процеси в близост до елементите на устройството (трансформатори и разрядни междини. Оценено е съответствието на измерените стойности по отношение на нормираните стойности, определени от (Директива 2013/35 / ЕС, 2013). Осигурени са безопасните условия на работа при функциониране на устройството.

Получените стойности за плътността на магнитния поток  $B$  и за двата трансформатора са много по-високи (приблизително със 70% за най-високите стойности на напрежението  $U_c$ ) от стойностите, измерени в процеса на зареждане. Увеличаването на магнитното поле може да се обясни с генерирането на магнитен импулс в процеса на разреждане поради високата амплитуда на разрядния ток. Измерените стойности отново са под ниските допустими стойност ( $AL$ ) за електрически и магнитни полета. Направени са измервания в близост до металния контейнер за вода при възникване на разряден импулс. Въпреки високата честота на разрядния импулс, не са отчетени завишени стойности на генерираното електрическо или магнитно поле поради екраниране на полето от контейнера.

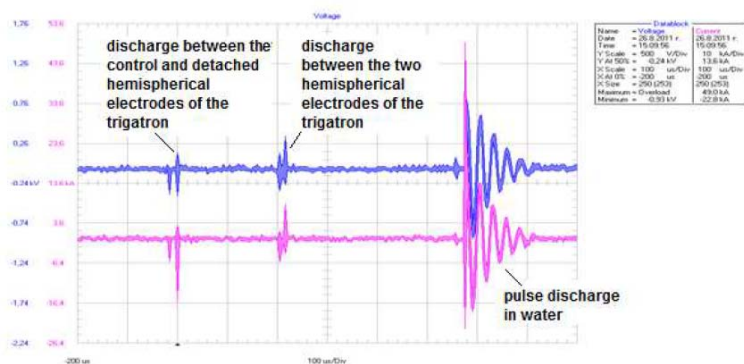


Fig. 4. Discharge process at  $C=2 \mu F$  and  $U_c=11kV$  (upper curve – discharge voltage, lower curve – discharge current).

[2] Ivanova, M. “Regression analysis of experimental data for electrical parameters of water at a high voltage pulse discharge”, in 2019 16<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2019 – Proceedings, June 2019, pp.595-599, ISBN 978-172811413-2, DOI 10.1109/ELMA.2019.8771494

Много физични и химични процеси се наблюдават във вода при генериране на високоволтови разряди, които зависят от характеристиките на системата за генериране на високоволтов разряден импулс (ВВРИ) и характеристиките на течната среда. Процесите, които се развиват в течната среда при възникване на ВВРИ, са силно динамични и зависят от различни фактори като рекомбинация на токоносители, дрейфово движение на токоносители, разсейване на токоносители извън плазмения канал за сметка на термична дифузия и други. Продължителността на различните процеси най-често зависи от структурата на средата, външни фактори (температура, параметри на електрическото поле, елементи на разрядната верига и пространствена геометрия на плазмения канал). Тяхното взаимно влияние е трудно за анализиране и поради това изисква експериментално изследване.

Предвид динамиката на тези процеси, определянето на електрическите параметри на водата е необходимо за практическото използване на електрическите разряди във водата за различни технологични приложения.

Целта на настоящата работа е да се анализират експериментални данни за изменението на съпротивлението при формиране на ВВРИ като се отчете влиянието на някои електрически параметри на системата, базирана на капацитивно съхранение на енергия, и температурата на водата. По време на периодично затихващ импулсен разряд във вода, основната част от енергията се освобождава в първата полувървна на процеса (> 80 %). Затова, изследването е фокусирано върху този интервал от време на разрядния процес.

Изследвано е влияние на трите параметъра  $U_c$  (напрежение, до което се зарежда кондензаторната батерия),  $C$  (капацитет на кондензаторната батерия) и  $T$  (температура на водата) по отделно върху изменението на съпротивлението на водата през първия полупериод на разрядния процес. с цел да се предложи по-точен математически модел за описание на сложната зависимост  $R = f(U_c, C, T)$ . Използвана е регресионен анализ за определяне на точността на модела и значимостта на членовете в уравнението. Постигната е добра корелация между реалните стойности на съпротивлението на водата и получените стойности в регресионното уравнение на основата на регресионния анализ (96,56 %).

Предложено е опростено математическо описание за определяне на съпротивлението на водата, което също показва добра корелация (94,9%) с резултатите от измерванията.

Предложеният модел за изчисляване на съпротивлението на водата може да се използва при разработването и оразмеряването на зарядни и разрядни вериги в такива системи за генериране на високоволтови разрядни импулси и изследване на процесите в тях.

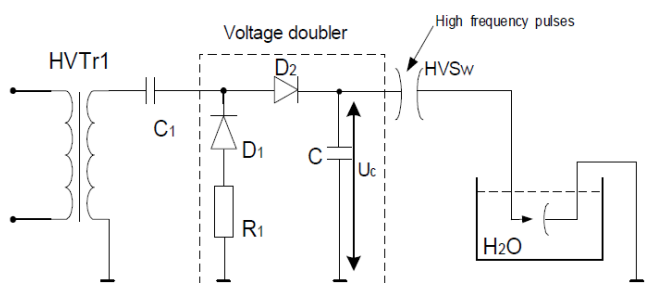


Fig. 1. Device for formation of high voltage pulse discharges in water with capacitive energy storage. [4]

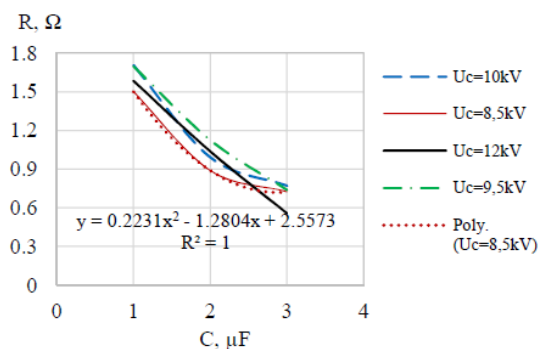


Fig. 6. Resistance of the liquid medium for the first half-period of the discharge process depending on the capacitance  $C$  at water temperature  $T = 16^\circ\text{C}$ .

**[3] Georgiev, G., Ivanova, M., Dimitrova, R., Rangelov, Y., “Polymeric composite insulators for overhead power lines. A review of in-service damages and diagnostic approaches”, in 2021 17<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 – Proceedings, pp.381-386 ISBN: 978-166543582-6, DOI: 10.1109/ELMA52514.2021.9503054**

Полимерните композитни изолатори се използват в цял свят от десетилетия. Различни случаи на откази привличат вниманието към недостатъците на конструкцията и към необходимостта от инструменти и методи за диагностика на тяхното състояние и оставащ експлоатационен живот. Към момента няма общоприета методика за наблюдение и навременно откриване на развиващи се дефекти на полимерни композитни изолатори. Това налага търсенето на методи за диагностика на развиващи се дефекти, приложими към групите за поддръжка на операторите на електропреносни мрежи.

Статията представя преглед на досегашния опит в поддръжката на полимерни композитни изолатори и има за цел да подчертае съществуващите диагностични методи, които са подходящи за проверка на място. Друга цел на публикацията е да очертае насоки за развитие в областта на диагностиката в експлоатация. Представени са видовете щети, причините и факторите, довели до тяхното възникване. Разглеждат се различни методи за диагностика и оценка на тяхната приложимост. Направени са съответните изводи. Представен е казус на остарял изолатор в експлоатация с използването на методи, които разчитат на измерване на съпротивлението на изолацията и диелектричните загуби. Направени са съответните изводи.

Известните методи за диагностика са класифицирани в статията от гледна точка на организацията на поддръжката. Практическата пригодност на диагностичните методи се определя от способността им да откриват своевременно дефекти, при които е недопустимо оставянето на изолатора в експлоатация до следващия планов преглед. Такова решение изисква както изброяване на видовете недопустими дефекти, така и количествени мерки за оценка на тежестта на всеки дефект, което не е нов вид оценка. Изводът, направен от прегледа на наличните източници на информация за полимерни композитни изолатори за въздушни електропроводи, очертава пътя за развитие на този тип изолатори от проектирането до края на техния експлоатационен живот. Авторите смятат, че е важно да се обърне специално внимание на следните аспекти: 1) Доколкото основните методи за първоначална диагностика са визуални, е необходимо създаването на илюстрирано ръководство, което да бъде разпространено на операторите на електропреносните мрежи. 2) Поради ограниченията на визуалните методи е необходимо да се използват рентабилни и надеждни методи, които са в състояние да открият дефекти под корпуса на изолатора. Такива методи трябва да са подходящи за полево приложение и да разчитат на преносимо оборудване. Обещаващи са добре проучените диагностични методи, прилагани досега при поддръжката на електрически машини, апарати и кабели и способни да откриват скрити повърхностни следи, кухини и влага – например методите, които разчитат на измерване на съпротивлението на изолацията или на измерване на ъгълът на диелектричните загуби ( $\tan(\delta)$ ). Резултатите, получени от авторите в изследването на експлоатационно остарели изолаторита са положително доказателство за способността на такива методи да откриват промени, които визуалните методи биха пропуснали. Диагностика чрез измерване на  $\tan(\delta)$  изглежда обещаваща, ако преди измерването изолаторът е намокрен.



Fig. 1. Damaged polymeric composite insulator:  
a) brittle fracture,  
b) wetted surface for assessment of the hydrophobicity



[4] Barudov, E., Ivanova, M. “Study of conductive textile fabrics for protection against high-frequency electromagnetic radiation”, in 2021 13<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference, ISBN 978-166544192-6, DOI 10.1109/BulEF53491.2021.9690835

Съществуват различни методи за екраниране на електромагнитното излъчване, но те понякога са неприложими поради конфигурацията на помещенията, разположението на предавателите и приемниците и изискванията на работещото оборудване. Съвременен метод за решаване на този проблем е използването на гъвкави екрани, изработени от тъкани, импрегнирани със специфични метали (проводими текстилни тъкани, метализирани текстилни тъкани), които осигуряват защита при различни конфигурации на източника, честота и сила на сигнала.

Целта на работата е сравнителен анализ на изменението в параметрите на електромагнитното поле при стандартни битови конфигурации (с различна честота) като източници на ЕМП и екранирани с използването на защитни фабрично произведени гъвкави екрани. Тествани са два вида проводими текстилни тъкани (със сребърни и медно-никелови влакна) с два радиочестотни източника. Направено е и сравнение на резултатите с валидните международни стандарти. Направени са съответните заключения относно екраниращата ефективност на двата изследвани образца.

Обект на изследване са два образца от проводими тъкани: мрежест плат със сребърно покритие (сребърни влакна 100 %) и медно-никелова композитна полиестерна тъкан. Избрани са два източника на ЕМП с радиочестота, които се използват ежедневно в бита: 1) Xiaomi MI Wi-Fi Range extender Pro, Модел: R03 –  $f = 2400 \div 2483.5$  MHz; 2) мобилен телефон Samsung Galaxy A52 4G 2021 (LTE-Advanced), превключен в режим на разговор за измерванията. Измерванията на параметрите на генерираното ЕМП поле с радиочестота на разширителя на Wi-Fi обхват са проведени за следните случаи: 1) работещ неекраниран източник; 2) екраниран източник с тъкан 1; 3) екраниран източник с тъкан 2. Измерванията на параметрите на генерираното ЕМП поле на мобилния телефон са проведени за следните случаи: 1) работещ неекраниран източник в режим на разговор; 2) работещ неекраниран източник в режим на разговор и екранирано измервателно устройство с плат 1; 3) работа на неекраниран източник в режим на разговор и екранирано измервателно устройство с плат 2. Ето защо екранирането се извършва върху измервателя на ЕМП. И двата изследвани образца от метализирана тъкан за защита от ЕМП могат да бъдат оценени до най-висок клас без заземяване, осигурявайки защита срещу ЕМП, генерирани от устройства с общо предназначение, работещи с радиочестота, съгласно таблица I ( $SE > 30$ dB в зоната до източника). За изследваните варианти образец 1 показва по-добра ефективност на екраниране (SE) поради специфичността на материала. При наличие на източници на ЕМП с по-високи параметри от нормите, със спецификата на излъчвателите, които не позволяват използването на класически защитни екрани, е препоръчително да се поставят гъвкави екрани върху или около зоната, която се защитава. Въз основа на извършените измервания и получените резултати може да се направи избор на защитния материал и да се определи безопасно разстояние от източника на ЕМП след неговото прилагане. При екраниращи приложения трябва да се има предвид, че метализираните тъкани трябва да бъдат заземени, за да се постигне по-добър екраниращ ефект. В противен случай те биха могли да действат като антена за радиочестотното ЕМП.

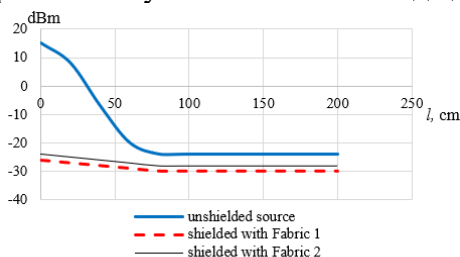


Fig. 10. Power of the EMF field, generated by source 2 for the three cases

TABLE V. CALCULATED SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR) FOR UNSHIELDED AND SHIELDED SOURCES 1 AND 2.

Distance to the source, cm	Source 1 SAR, W/kg dry / wet skin			Source 2 SAR, W/kg dry / wet skin		
	Unshielded (°10 <sup>3</sup> )	Shielded with fabric 1 (°10 <sup>3</sup> )	Shielded with fabric 2 (°10 <sup>3</sup> )	Unshielded (°10 <sup>3</sup> )	Shielded with fabric 1 (°10 <sup>3</sup> )	Shielded with fabric 2 (°10 <sup>3</sup> )
0	645/699	2.7/2.93	3.57/3.87	452/490	2.48/2.69	8/8.67
20	90.1/97.8	2.5/2.71	2.73/2.96	98.9/107.2	2.01/2.18	5.55/6.02
40	8.59/9.32	2.23/2.42	2.48/2.69	2/2.17	1.22/1.32	1.59/1.72
60	0.98/1.06	2.13/2.31	2.44/2.65	0.28/0.3	1.22/1.32	1.49/1.62
80	0.16/0.18	1.9/2.06	2.41/2.61	0.023/0.027	1.05/1.13	1.46/1.58
100	0.16/0.13	1.6/1.73	2.23/2.42	0.025/0.027	0.89/0.997	1.38/1.49



**[5]Dimitrova, R., Yordanova, M., Vasileva, M., Ivanova, M. “Experimental determination of soil electrical parameters for the creation of a computer model of a grounding system for lightning protection,” Int. J. Reason. Intell. Syst., vol. 9, no. 2, pp. 101–113, 2017, ISSN 17550556. DOI 10.1504/IJRIS.2017.088652**

В статията са представени многофакторни експериментални изследвания за определяне на специфичното обемно съпротивление  $\rho_v$  на почвата и диелектричната проникваемост  $\epsilon_r$  в зависимост от честотата на електромагнитното поле, многослойната структура, съдържанието на влага и плътността на почвата. Избран е гравиметричният метод за отчитане на влагата в почвата по време на експерименталните изследвания. Получените експериментални резултати са обработени статистически и е извършено математическо моделиране на контролираните параметри, отчитайки спецификата на изследваната почва. Аналитично получените резултати за зависимостите на  $\rho_v$  и  $\epsilon_r$  могат да се използват за по-точно оразмеряване на заземяващите инсталации и за създаване на точни симулационни модели за изследване на вълновите процеси в тях.

Прекият удар на мълния върху обект води до преминаване на импулсен ток през заземителните елементи. В района на почвата около тях се развиват високочестотни процеси. Специфичното съпротивление на почвата и относителната диелектрична проникваемост трябва да бъдат точно определени за съответната честота, за да се създаде коректен модел на заземителната инсталация за изследване на вълновите процеси в нея. В литературата има данни за съпротивлението на почвата и относителната диелектрическа проникваемост  $\epsilon_r$  при различни честоти на електромагнитното поле. Не се предлага обаче модел за дефиниране на тези параметри при произволна честота. Тъй като специфичното съпротивление на почвата влияе върху съпротивлението на заземяване, е необходимо да бъде точно определено в зависимост от честотата на тока, протичащ през заземителния електрод и почвата. Подобни изследвания са провеждани и публикувани от други автори, но за значително по-тесен честотен диапазон от 12 Hz до 100 kHz.

Взети са проби от почвата от жилищната зона около град Варна. Изследванията са направени с цел разработване на методология за предварително проучване при проектиране и изграждане на електроенергийни обекти. С помощта на компютърна програма Grapher са получени математически изрази на зависимостите на  $\rho_v$  и  $\epsilon_r$  от честотата на електрическото поле (от 1 kHz до 1 MHz) при различно съдържание на влага и плътност на пробите, които могат да се използват при изчисляването на  $\rho_v$  на почвата и стойността на заземяващото съпротивление за определена честота. Това позволява създаване на по-точни модели за оразмеряването на заземителните инсталации при отчитане на вълновите процеси в почвата при протичане на импулсен ток на мълния.

От проведените изследвания се забелязва, че при увеличаване на плътността на почвата  $\rho_v$  и  $\epsilon_r$  намаляват. При по-високо съдържание на влага в почвата  $\rho_v$  намалява, докато  $\epsilon_r$  се увеличава. При увеличаване на честотата на електромагнитното поле стойностите на двата изследвани параметъра намаляват. Това може да се обясни с промяната на електрическите параметри на почвата от честотата и сложния характер на изменение на диелектричната проникваемост на почвата при променливо електромагнитно поле. Голямото разнообразие от стойности на  $\rho_v$  и  $\epsilon_r$  определя необходимостта от предварително проучване чрез вземане на проби преди започване на проектирането на заземителна инсталация.

Математичното описание на  $\epsilon_r(f)$  се използва за изчисляване на капацитета на заземителната инсталация, което е необходимо за създаване на моделна схема на инсталацията за изследване на вълновите процеси в нея. Получените експериментални резултати за електрическите характеристики на почвата с използването на диелектричен метод потвърждават резултатите, публикувани в други изследвания. Това дава основание за допълнителни изследвания и изследване на проби на многослоеста почва.

[6] Ivanova, M., Dimitrova, R. “Measurement of electrical parameters of soils on the territory of the Republic of Bulgaria in reference to more precise dimensioning of earthing installations of electrical power objects”, in 2019 11<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2019, ISBN: 978-172812697-5. DOI: 10.1109/BulEF48056.2019.9030780

Изграждането на заземителни инсталации на електроенергийни обекти е задължително, за да се осигури нормална експлоатация на съоръженията и безопасна работа на персонала. За да се разработи правилен модел на заземителна инсталация за изследване на вълновите процеси и да се определят параметрите на ефективността на инсталацията, трябва правилно да се определят електрическите характеристики на почвата. Специфичното обемно съпротивление  $\rho_v$  и диелектричната проникваемост  $\epsilon_r$  на почвата влияят върху параметрите на мълниезащитните и заземителните инсталации при компютърно моделиране на протичащите в тях процеси при директни удари на мълния. Следователно, трябва да се отчита тяхната зависимост от честотата на електромагнитното поле.

Целта на настоящото изследване е измерване на електрически параметри на почви от различни региони на Република България. Получените данни се използват за подобряване на точността на оразмеряване на заземителни инсталации на електроенергийни обекти в случай на удар от мълния чрез използване на симулационни модели в Matlab. Предложено е математическо описание на честотните зависимости на специфичното обемно съпротивление и диелектричната проникваемост на изследваните почвени проби.

Проучването включва следните етапи: 1) Вземане на почвени проби от различни места на територията на Република България на определена дълбочина, която съответства на стандартната дълбочина на полагане на заземяване (0,4 m); 2) Измерване на електрическите параметри на различните почви с помощта на специализирана лабораторна апаратура; 3) Създаване на база данни за електрическите характеристики на почвите на територията на Република България, която да се използва при проектирането на заземителни инсталации от специалисти в областта. Извършени са лабораторни измервания за определяне на специфичното съпротивление на почвата  $\rho_v$  и диелектричната проникваемост  $\epsilon_r$  на изследваните почви в честотен диапазон от 1 kHz до 1MHz. Получените резултати като база данни за електрическите характеристики на почвите на територията на Република България могат да се използват в симулационен модел в Matlab за по-точно оразмеряване на заземителните и мълниезащитни инсталации на електроенергийни обекти. Специфичното обемно съпротивление  $\rho_v$  на измерените почвени проби намалява при увеличаване на честотата на електромагнитното поле в повечето случаи, което потвърждава надеждността на резултатите в сравнение с други литературни източници. Относителната проникваемост на почвата  $\epsilon_r$  варира в диапазона от 1,58 до 54,15 в зависимост от физичните характеристики на почвата (влажност, плътност, структура, температура).

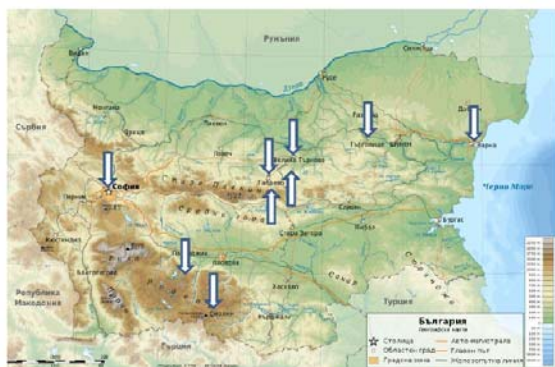


Fig.1. Locations of taking soil samples on the territory of the Republic of Bulgaria

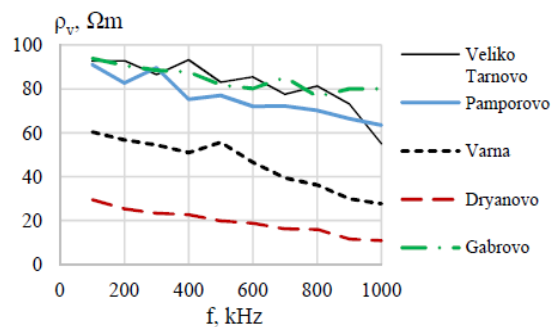


Fig.4. Results for the soil resistivity  $\rho_v = \rho_v(f)$  for different locations in Bulgaria

[7] Yordanova, M., Vasileva, M., Dimitrova, R., Ivanova, M. “A methodology for determining the maximum touch voltage in the grounding grids considering the impulse resistance,” in 2016 19<sup>th</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2016, 2016, pp. 376–379, ISBN 978-146739522-9. DOI 10.1109/SIELA.2016.7543067

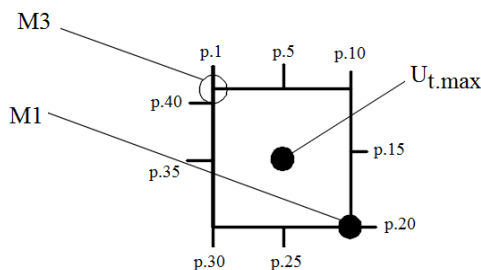
Протичането на ток на мълнията през заземителните инсталации на електрическите подстанции предизвиква възникването на импулсни процеси в почвата. Авторите са разработили симулационен модел на заземяване като се отчитат вълновите процеси. За да се разшири моделът е необходимо да се определи максималната възможна стойност на допирното напрежение при отчитане на тези процеси.

В доклада е предложен математически модел, описващ зависимостта на максималното допирно напрежение в центъра на ъгловата клетка (съгласно Std IEEE 80-2000 - „corner mesh“) на заземителна инсталация, състояща се от хоризонтални и вертикални заземителни пръти, под влиянието на импулсните процеси в почвата. Използван е симулационен модел на заземителната инсталация в Matlab Simulink, който е създаден от авторите в предишни изследвания.

Предложената методика за определяне на максималното допирно напрежение е оригинална и не е описана в други литературни източници. Прилага се:

- ако има данни за разпределението на потенциала по страните на клетките на заземителната инсталация;
- за произволна конструкция на заземителната мрежа - със или без допълнителни вертикални заземителни пръти;
- за всяка точка на пряко попадения на мълния.

С формулите, получени от авторите, се изчислява максималното допирно напрежение по периметъра на ъгловата клетка. Прекия удар на мълнията в първия случай е в точката М1, във втория - в М2 и третия - в М3 (Фиг.3). Стойността на максималното допирно напрежение зависи от точката на пряко попадение на мълния. Най-голямата стойност за  $U_{t,max}$  за изследваните случаи се получава от попадение на мълния в т.М3 - Фиг.3. Стойността на  $U_{t,max}$  зависи от специфичните обемни съпротивления  $\rho$  на почвата, но най-вече от стойността на  $\rho$  на площта в близост до прекия удар на мълнията.



Фиг.3. Точки за измерване на потенциала със симулационни волтметри – 1 to 40

**[8] Dimitrova, R., Vasileva, M., Yordanova, M., Ivanova, M. “Simulation model of unsymmetrically - shaped grounding grids for investigation of the touch voltages during lightning stroke,” in 2018 20<sup>th</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 92-95, Electronic ISBN: 978-1-5386-3419-6**

Защитата на оборудването и хората от мълниеносна дейност в електрическите системи зависи от ефективността на системите за заземяване и мълниезащита. Моделирането на заземителните инсталации на ел. подстанции е в обхвата на изследователската работа на авторите.

Целта на работата е да се получат възможните допирни напрежения в заземителните инсталации причинени от попадение на мълния. Моделът отчита специфичните процеси, които се развиват в почвата. Публикувани са стойностите за максималното допирно напрежение за заземителна мрежа с правилна форма на клетките и без вертикални заземителни пръти. Статията представя компютърен модел за изследване на максималното допирно напрежение в правоъгълна заземителна мрежа при удар на мълния в различни точки на мрежата. Изследвано е и влиянието на фронта на импулсната вълна на тока на мълнията.

Заземителната инсталация (ЗИ) на ел. подстанциите осигурява нормалната работа на оборудването и електрическата безопасност на персонала. Безопасността се определя от потенциала на ЗИ и възможните допирни и крачни напрежения. ЗИ се използва и като елемент от мълниезащитата. При директни удари на мълния върху мълниезащитата в ЗИ протичат импулсни токове. Това определя различен подход към процесите на моделиране и анализ в ЗИ. Максималната стойност на допирното напрежение може да бъде измерена в центъра на ъгловата клетка на мрежата. Това е вярно само ако мрежата е симетрично изградена с еднакви хоризонтални и вертикални части. Формулата за определяне на максималното допирно напрежение на заземителната мрежа (ЗМ)  $U_{tmax}$  е изведена от авторите в предишни изследвания. Резултатите от изчисленията са получени чрез използване на създаден компютърен модел в по-стари проучвания. Целта е да се получат стойности за максималното допирно напрежение  $U_{tmax}$  за правоъгълна ЗМ с размери 40x70 m в изследваната ъглова клетка при различни точки на директен удар на мълния. С предложения компютърен модел може да се симулира удар на мълния в произволна точка. При наличие на данни за разпределението на потенциалите по периметъра – по страните на изследваните клетки на ЗМ може да се определи допирното напрежение до централната точка на клетката. Това се доказва от проведените изследвания за правоъгълния ЗМ.

Новият аспект в предложената методология е използването на симулационен модел на еквивалентна заместваща верига на произволен вид ЗМ и възможността за работа с различни електрически параметри на почвата на всяка точка от мрежата.

Получените резултати за изследваната правоъгълна ЗМ потвърждават изводите, направени за ЗМ с квадратна форма. Заключениеята относно стръмността на фронта на вълната на тока на мълнията потвърждават, че колкото продължителността на вълновата форма е по-кратка, толкова по-голяма е стойността на  $U_{tmax}$ . Най-високата стойност на напрежението на мрежата се получава, когато ударът на мълния е в точка М3. Като обобщение и сравнение между резултатите за квадратна и правоъгълна форма може да се твърди, че получените резултати са много сходни. Стойността на максималното допирно напрежение на мрежата при същите размери на изследваната клетка, формата на вълната на тока на мълния и пиковата стойност не зависят от формата на ЗМ – квадратна или правоъгълна.

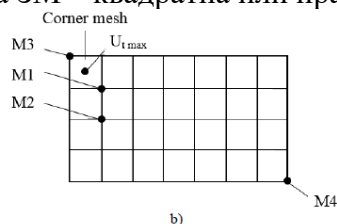


Fig. 3. a) Place of the simulation voltmeters positioning  
b) The investigated cells of the rectangular EG

**[9] Georgiev, D., Georgiev, G., Rangelov, Y., Ivanova, M., Dimitrova, R., Hadzhidimov, I. "A study on the correlation between soil thermal and electrical resistivity for HV cable road pre-design purposes", in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, Conference Proceedings, ISBN 978-172819439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326077**

Един от основните проблеми при проектирането на подземни кабелни линии е свързан с определянето на топлинното съпротивление на почвата за оразмеряване на кабела. Проучването на ново трасе на кабелна линия включва измерване на термичното съпротивление на почвата. Основното усложнение произтича от факта, че извършените моментни проучвания по принцип може да не показват реалните условия на работа. Редица случаи на аварии, причинени от прегряване на кабелните линии, които макар и сравнително редки, се дължат основно на подценени топлинни свойства на почвата, което показва необходимостта от по-точна оценка на термичните свойства на почвата, относими към изчисляването на топлинната мощност. Изследването на свойствата на почвата е важно не само по време на проектното оразмеряване на кабелните линии, но е необходимо наблюдение на термичното съпротивление на почвата през целия жизнен цикъл на линията поради възможни промени в параметрите на почвата, които налагат актуализиране на капацитета на кабела. Търсенето на авторите за възможни подходи за решаване на този проблем включва анализ на публикации, описващи съществуването на значителна корелация между електрическото и топлинното съпротивление на почвата. Идентифицирането на корелация между електрическото и термичното съпротивление би позволило да се получи топлинното съпротивление за оразмеряване на кабела, като се използват вече установените методи за преобразуване на измереното електрическо съпротивление към съответните условия на оразмеряване. Статията предлага преглед на други публикации, занимаващи се с проблема и представя експерименталните резултати, получени от авторите. Целта е да се провери тази корелация и да се проучи нейната приложна стойност.

За настоящото изследване са взети проби от почви с различни визуални характеристики. Такива проби отговарят на състоянието на почвите, ако се използват за естествено засипване. Разрушаването на естествената структура на почвата при изкопни работи води до увеличаване както на електрическото, така и на топлинното съпротивление поради повишената поръзност на материала. Уплътняването на почвата води до по-голяма контактна повърхност между частиците и по този начин по-ниско термично съпротивление. Следователно експериментите с такъв тип проба са актуални и показателни за реалните работни условия на кабелната линия. Всеки експеримент включва измерване на електрическото и термичното съпротивление на пробите, поставени в подходящи контейнери за изпитване при приблизително еднаква степен на уплътняване. Измерванията са извършени при еднаква температура и естествена влажност на пробите. Експериментите са проведени на различни дълбочини под повърхността, на едно и също място, но по различно време.

Всички експерименти показват пригодността на модел на линейна регресия на корелацията между измереното електрическо съпротивление и топлинното съпротивление. Високата степен на детерминация дава основание да се смята, че е възможно да се постигне практически достатъчна точност на определяне на термичното съпротивление на оразмеряването, ако е налично електрическото съпротивление. Проблемът изисква по-нататъшно изследване, тъй като обемът на проведените досега експерименти е недостатъчен, за да обоснове надеждно заключение. Разликата между получените зависимости в лабораторни условия и при теренни изследвания показва необходимостта от продължаване на изследванията върху различни типове почви, тъй като могат да се очакват различни коефициенти на модела. Разликата в стандартните отклонения, получени в лабораторни условия и при полеви изследвания, показва, че трябва да се вземат минимум 2-3 показания за всяка точка по време на полеви измервания.

- [10] Rangelov, Y., Georgiev, D., Georgiev, G., Kamenov, Y., Ivanova, M. **“Methodological issues of soil thermal properties survey during HV cable line predesign phase”**, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, ISBN 978-172819439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326062

Съвременното развитие на енергийните системи предполага увеличаване на дела на подземните кабели. Оразмеряването на кабели за високо напрежение изисква идентифициране на следните параметри: 1) желания капацитет на предаване или, еквивалентния максимален работен ток и максималния ток на късо съединение в точките на свързване на кабела; 2) екстремни параметри на околната среда, които характеризират околната среда термично, т.е. температура на околната среда и топлинно съпротивление на почвата при подземно полагане на кабела. Тези данни формират модел на факторите на околната среда, имащи отношение към оразмеряването на кабела и са обект на предпроектни проучвания, чието качество до голяма степен определя цената на проекта и възможността за скъпо струващи сериозни грешки в резултат на оразмеряването на кабела. Съществува риск както от значително подценяване на параметрите на оразмеряването, което да доведе до повреда поради прегряване на кабела, така и от тяхното неоправдано надценяване, което да доведе до прекомерна цена на проекта. Капацитетът на кабела е силно зависим от топлинното съпротивление на почвата.

Тази статия се фокусира върху планирането на предпроектните проучвания с оглед на несигурността на оценката на тези параметри. Изброени основните източници на неточности и се предлагат някои решения на свързаните проблеми. Идентифицира се значението на лабораторните изследвания на материалите за засипване на подземни кабели. Настоящото изследване дава основата за разглеждане на включването на анализа на корелацията между термичното съпротивление и степента на уплътняване на засипването в лабораторните тестове, илюстрирайки влиянието на ненадеждността върху оразмеряването.

Решенията на проблема с несигурността на данните могат да следват два подхода: предприемане на мерки при проектирането и предприемане на мерки по време на експлоатацията на кабелната мрежа. Адекватното планиране на изследването и определянето на необходимите проектни резерви изискват количествена оценка на температурната несигурност на проводника с вариация на входните данни. Това от своя страна включва наличието на температурни коефициенти на чувствителност на кабела към всеки параметър, предмет на предпроектни проучвания, и границите на несигурност на всеки параметър. Проучването на кабелното трасе включва вземане на проби от почвени основи за лабораторни изследвания и определяне на неговата пригодност като засипка. Проучванията, свързани с измервания по трасето на кабела, изискват прилагането на корекция на измерването, за да ги преобразуват до очакваните екстремни стойности. Трябва да се проучи възможността за получаване на помощ от специалисти, изучаващи характеристиките на почвата за селскостопански цели. Проучванията имат за цел да идентифицират пригодността за засипване на естествените разновидности на почвената основа, открити по трасето. Проучванията трябва да се комбинират с лабораторни изследвания с оглед нарушената структура на почвата при изкопни работи. Резултатите трябва да показват зависимостта на топлинното съпротивление от плътността на засипването и съдържанието на влага, както и възможността за изсъхване на почвата, причинено от топлината, отделяна от кабела. Необходими са лабораторни изследвания, за да се определи влиянието на степента на уплътняване на засипването. Плътността трябва да се контролира и по време на строителството. Избягването на грешки в дискретизацията изисква планиране на предпроектните проучвания като итеративен процес, което е особено важно за процедурите, свързани с измерванията и тестовете на дълбочините на заравяне на кабели. Това съображение е много важно при планиране на времето и финансовите ресурси, предназначени за процедурите за проектиране.



## Резюмета по показател Г.7 - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

[1] Panov, E., Ivanova, M., Barudov, E. “Study of the electrical characteristics of autotransformer discrete alternating voltage regulators with R-L loads,” in 2019 16<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2019 – Proceedings, June 2019, pp.321-325, ISBN 978-172811413-2, DOI 10.1109/ELMA.2019.8771651

Автотрансформаторните дискретни регулатори на променливо напрежение (АДРПН) се използват за ограничаване на изменението на захранващото напрежение и по този начин предотвратяват влошаването на качеството на електрическата енергия. В някои практически приложения такива регулатори понякога се натоварват с R-L или R-C товари в зависимост от вида на свързаните консуматори. Това налага провеждането на компютърни симулации на електрическите процеси в ADAVR на базата на разработени математически модели.

Статията е посветена на изследването на процесите в АДРПН с R-L товар. Изследването е проведено с помощта на автоматизирана компютърна програма в средата на MATLAB, позволяваща симулация на процесите в АДРПН при различни диапазони на превключване, съответстващи на различни захранващи напрежения. Извършени са компютърните симулации за АДРПН с R-L товар на базата на анализа на електрическите процеси в еквивалентната схема на АДРПН с четири тиристорни превключвателя, включващи параметрите на феромагнитното ядро на автотрансформатора, комутационните групи, изключването възли, параметрите на отделните секции на намотката. Взети са в предвид и съществуващите нелинейности. Спецификата на комутацията на последователно превключени съседни тиристорни превключватели е отчетена при създаването на математическия модел, тъй като процесът на комутация включва три отделни времеви интервала в предишно изследване. Извършени са симулации на процесите в ADAVR с R-L натоварване в стационарен AC режим за четири режима на работа, (когато е затворен само един от четирите полупроводникови тиристорни ключа). Промените на входния ток  $I_1$ , изходното напрежение  $U_2$ , изходния ток  $I_2$ , входната реална мощност  $P_{gen}$ , входната реактивна мощност  $Q_{gen}$ , изходната реална мощност  $P_2$ , изходната реактивна мощност  $Q_L$  и ефективността  $\eta$  като функции от съпротивлението на товара  $R_L$ . Резултатите от симулацията са експериментално проверени с прототип на АДРПН и е наблюдавано добро съответствие. Ефективността на АДРПН  $\eta$  варира от 99,831% до 98,256%, което показва много добро представяне на изследвания прототип. По отношение на качеството на електрическата мощност на изхода на регулатора, изменението на изходното напрежение  $U_2$  с изменението на съпротивлението на товара  $R_L$  напълно отговаря на изискванията на българския стандарт БДС EN50160, когато входното напрежение е не по-малко от  $E = 170V$ . По отношение на консумираната реактивна мощност  $Q_{gen}$  на входа на регулатора е очевидно, че когато входното напрежение  $E$  е по-малко от 180,1V и съпротивлението на натоварването  $R_L$  е по-малко от 5,5  $\Omega$ , входната реактивна мощност става фактор, който трябва да се вземат под внимание.

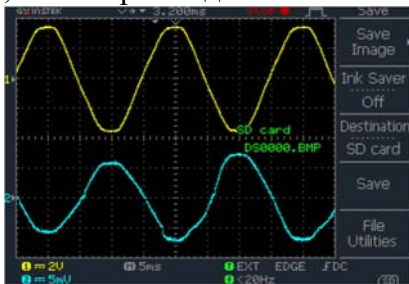


Fig. 10a. Oscillogram of the input current  $i_1(t)$  at  $R_L=61,8\Omega$ ,  $L=2,1712H$ ,  $E=160V$ .

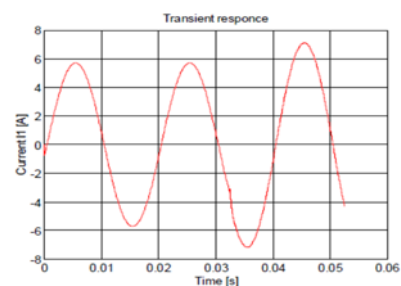


Fig. 10b. Simulation results for the input current  $i_1(t)$  at  $R_L=61,8\Omega$ ,  $L=2,1712H$ ,  $E=160V$ .



**[2] Ivanova, M., Panov, E., Barudov, E. “Exploration of the efficiency of autotransformer discrete alternating voltage regulators”, in 2020 IEEE International Conference Automatics and Informatics (ICAI), 1-3 Oct. 2020, Varna, Bulgaria, Electronic ISBN:978-1-7281-9308-3. DOI: 10.1109/ICAI50593.2020.9311348**

През последните години въпросите за енергийната ефективност стават все по-популярни. Това се дължи както на нарастването на потреблението на електроенергия, така и на цената на основните енергийни източници. Един от подходите за задоволяване на повишените изисквания към качеството на електрическата мощност е свързан с регулиране на амплитудата на входното напрежение, което се променя с времето. Ефективен метод за ограничаване на обхвата на захранващото напрежение може да бъде реализиран чрез използване на автотрансформаторни регулатори на променливо напрежение (АДРПН).

Статията е посветена на изследването на натоварването на такива регулатори при различни диапазони на комутация (различни входни напрежения) и промяната на коефициента на полезно действие. Основният принос е, че се прави анализ на АДРПН с подобна структура по отношение на ефективността при работа с активно натоварване. Симулационният модел на изследвания АДРПН позволява изследването на произволните комутации във времето на последователно превключването съседни полупроводникови комутиращи елементи (ПКЕ). Използването на тиристорни превключватели води до специфичен тип комутационен процес, който включва три отделни интервала. В първия интервал АДРПН работи в стационарен режим на променлив ток и се описва с контурни уравнения във фазорен вид. Тук само един ключ в АДРПН е затворен. По време на втория интервал, първият преходен процес в АДРПН се наблюдава, докато два от превключвателите са затворени. Анализът се извършва по метода на променливите на състоянието във времева област, където някои от променливите на състоянието са токове на контура, а останалите са напрежения през изключващите кондензатори. По време на третия интервал се наблюдава вторият преходен процес и там е затворен само един ключ. Анализът се извършва по метода на променливите на състоянието във времева област. Броят на променливите на състоянието вече е по-малък, отколкото в предишния интервал.

Създадена е компютърна програма AVTO за симулиране на процесите в АДРПН с четири ПКЕ в средата на MATLAB с оглед на способността ѝ за математически изчисления в матрична форма и възможността ѝ да визуализира получените числени резултати в графичен вид. Компютърната програма AVTO включва входен блок за въвеждане на параметрите на изчислителния процес и изследвания АДРПН. В този блок се записват продължителността на първия и третия интервал на комутационния процес, размерът на стъпката на изчисление, ефективната стойност на захранващото напрежение и параметрите на намотките, феромагнитното ядро, комутиращите елементи. Програмата изчислява и визуализира съпътстващите параметри на комутационния процес. Коефициентът на ефективност  $\eta$  по теория зависи от параметрите на елементите на регулатора и са нелинейни функции на захранващото напрежение  $E$ , входния ток  $I_1$ , тока в напречния клон  $I_0$  на регулатора и тока на натоварване  $I_2$ .

За АДРПН от изследвания тип коефициентът на полезно действие  $\eta$  варира от 98,3 % до 99,83 %, което е показател за високо качество на изследвания АДРПН и го прави много подходящ за масово използване в практиката поради добрата му производителност. Имайки предвид характеристиките на изходната електрическа мощност на регулатора и поведението на изходното напрежение  $U_2$  с изменението на изходния ток  $I_2$  може да се заключи, че изследваният АДРПН покрива изцяло изискванията на българския стандарт БДС EN 50160:2010. От резултатите от симулацията се вижда, че ако захранващото напрежение  $E$  е по-малко от 180,1 V, а изходният ток  $I_2$  е по-висок от 40 A, консумираната реактивна мощност  $Q_{gen}$  става фактор, който не може да бъде пренебрегнат.

**[3] Barudov, E. Ivanova, M. “Study of electromagnetic fields in buildings in the vicinity of a marine radar installation”, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, Electronic ISBN:978-1-7281-9439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326012**

Радиочестотните полета имат много приложения в съвременните комуникации. Въвеждането на нови безпилотни летателни апарати и адаптивни навигационни системи във всички видове транспорт налага рязко увеличаване на броя на използваните радарни инсталации с различна честота и интензитет. Радарите генерират ЕМП, които се наричат радиочестотни полета. Известно е, че тези полета с честота 300 MHz ÷ 15 GHz взаимодействат по различен начин с човешкото тяло. Сканиращите антени на морските радарни са опасни, защото излъчват високочестотни радиоимпулси, които могат да бъдат вредни, особено за очите. Мощността, излъчвана от радарните системи, варира от няколко миливата (за радарни за трафик) до стотици киловата (за космически радарни). Излагането на човека на ЕМП с радиочестоти, генерирани от радарни системи, е значително ограничено от някои фактори. Един от тях е, че радарните системи работят в импулсен режим, което означава, че средната излъчвана мощност е много по-ниска от пиковата импулсна мощност. Като цяло възникването на биологичен ефект зависи от много фактори, характеризиращи процеса на облъчване с нейонизиращи лъчения: а) особености на източника на лъчение; б) параметри на антената; в) разпространение на сигнала; г) особености на обекта на облъчване.

Настоящата работа е насочена към изследване на електромагнитните полета в сгради в близост до радарна инсталация (морска радиолокационна инсталация тип Дон (ЛА1.150.000) с прорезна вълноводна антена, с работна честота 9 GHz и изходна мощност 41 kW). Измерени са параметрите на електромагнитното поле в сградата под радарната инсталация и е оценен рискът за работещите в сградата. Проучени са параметрите на ЕМП в сградата при включване и изключване на радарната инсталация.

От проведените изследвания на генерираните ЕМП при работа на радиолокационна система тип ДОН може да се заключи, че измерените параметри на ЕМП на територията на изследваната сграда са под граничните стойности на експозиция. Получените стойности на SAR (специфична степен на поглъщане) надвишават границите на средните стойности за цяло тяло при професионална експозиция, но са по-ниски от стойностите за локализиран SAR за части от тялото. Получените стойности на SAR са по-високи от средните нива на SAR за общо обществено облъчване на цялото тяло във всички точки на измерване. В непосредствена близост до магнетрона (до 0,5 m), степента на специфично поглъщане надвишава и локализираното ниво на SAR за общо обществено облъчване на крайниците. Измерените стойности на електричния интензитет E и плътността на мощността при работещ магнетрон са по-ниски от средните нива за излагане на електрически и магнитни полета. Получените резултати предполагат прилагане на защитни мерки за ограничаване на влиянието на ЕМП на разстояние до 1 m от магнетрона върху работещите в тази зона. В статията са предложени възможни защитни мерки.

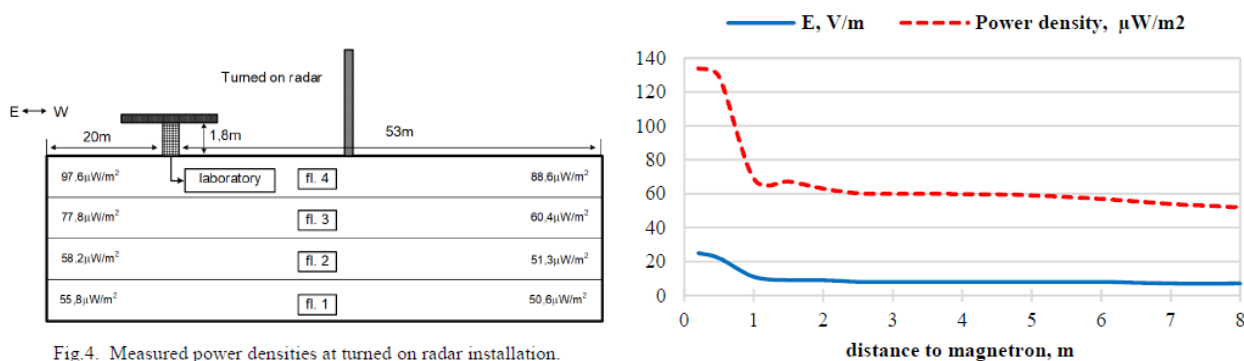
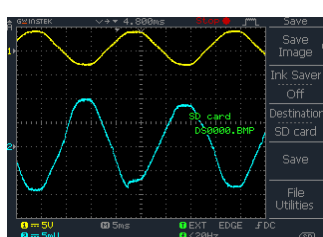


Fig. 4. Measured power densities at turned on radar installation.

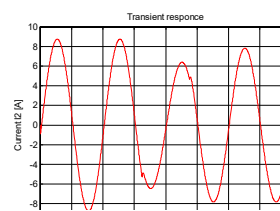
[4] Panov, E., Barudov, E., Dimitrov, D., Ivanova, M. “Protection regimes and electrical quantities in autotransformer alternating voltage regulators”, in 2020 21<sup>st</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2020 – Proceedings, June 2020, ISBN: 978-172814346-0, DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167144

В днешно време регулирането на напрежението е необходимо за защита на промишлените и битовите потребители от колебания на напрежението в захранването, тъй като те могат да причинят сериозни повреди на оборудването. Повечето електрически устройства могат да издържат на захранващото напрежение до определена граница. Основната цел на настоящото изследване е да се изследват процесите в автотрансформаторен дискретен регулатор на променливо напрежение (АДРПН) при аварийни режими, които са защитени от свръхтокове и пренапрежения. Конкретните процеси са изследвани с помощта на симулационен модел на Matlab, разработен преди това от авторите. Новостта на настоящата работа е комбинирането на модела на АДРПН с различни видове защиты и анализа на работата на защитеното устройство. Накрая е извършена експериментална проверка на резултатите от симулацията. Защитите за максимален ток (ОСР) се изпълняват на входа, на изхода и пред всеки от комутационните елементи на регулатора. Всеки комутационен елемент (полупроводников тиристорен превключвател) на АДРПН също е защитен от защита от пренапрежение (OVP). За текущия случай OVP се реализира от RC групи (тиристорна защита от пренапрежение на демпферна верига). Двата вида защиты, които се използват в модела, реагират на средноквадратичните стойности на електрическите величини (токове или напрежения). Предложен е симулационен модел на АДРПН със защиты за максимален ток и пренапрежение, включващ нелинейностите на всички елементи на веригата, който е използван за определяне на електрическите величини на защитните устройства. По този начин се получават токовете, протичащи през входа, изхода и през полупроводниковите комутационни елементи на изследвания АДРПН, както и преходните процеси в различните секции на регулатора (при различните комутационни нива). Резултатите от симулациите могат да се използват за по-прецизна настройка на различните устройства за защита на изследвания АДРПН.

Направено е сравнение с експериментални резултати от работата на устройството и е получена грешка на модела по 1%, което е добро потвърждение за валидността на получените данни.



a) Experiment oscillogram.



b) Computer simulation.

Fig.10 Output current  $i_2(t)$  ( $OCP_{out}$ ).

a) Current through OVP<sub>4</sub>.

b) voltage over OVP<sub>4</sub>.

Fig. 11. Current and voltage in the snubber circuit.

**[5] Panov, E., Ivanova, M., Barudov, E., “Study of the parameters of an autotransformer discrete alternating voltage regulators considered as a two-port”, in 2021 17<sup>th</sup> Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 – Proceedings, pp.377-380, ISBN 978-166543582-6, DOI 10.1109/ELMA52514.2021.9503020**

Представен е нов тип анализ на автотрансформаторен дискретен регулатор на променливо напрежение (АДРПН) като четириполусник. Разглежданият регулатор се състои от четири полупроводникови ключа (тиристорни превключватели), съответстващи на различните нива на входното захранващо напрежение. Целта е да се определят неговите хибридни параметри (Н-параметри) заедно със специфичните хибридни системи от уравнения (Н-уравнения), тъй като регулаторът се разглежда като четириполусник, чрез използване на симулационен модел в MATLAB Този тип параметри и уравнения са важни, тъй като разглежданите устройства са обекти на силовата електроника и е необходимо да се знаят или да могат бързо да се определят параметрите им като усилване на ток и напрежение и други. Тъй като Н-параметрите не предоставят пълния набор от параметри от практическа гледна точка, е удобно да се намерят и G-параметрите.

Разгледан е АДРПН, разглеждан като четириполусник с активен товар при право предаване. Чрез симулации в MATLAB са получени стойностите на входните и изходните напрежения и токове за 4 интервала на захранващото напрежение, които съответстват на различни затворени комутатори ( $S_1 \div S_4$ ). Резултати са потвърдени експериментално с помощта на серии от векторни измервания и е получено добро съответствие под 1,2%. Получените Н- и G - параметри са използвани за бързо изчисляване на фазорите на величините  $I_1$ ,  $U_2$  и  $I_2$  при съпротивление  $R_L = 35,552\Omega$ ;  $11\Omega$ ;  $5,5\Omega$ ;  $3,4921\Omega$  в диапазона на изменение на входното напрежение в диапазона  $E = U_1 = 220V \div 160V$  и по-специално при  $E = 220 V$ ;  $200 V$ ;  $180 V$ ;  $160 V$ .

В резултат на изследването могат да се направят следните изводи:

- При входно напрежение в интервала  $E = U_1 = 220 \div 200,1V$ , изследвания регулатор може да се разглежда като симетричен четириполусник, а за  $E = U_1 = 200V \div 150V$  трябва да се разглежда като несиметричен.

- За изследвания тип АДРПН е валиден принципът на реципрочност, т.е.  $H_{12} \approx H_{21}$  и  $G_{12} \approx G_{21}$ , въпреки това ADAVR е нелинейно устройство.

- Получените Н- и G - системи от уравнения позволяват бърз и прецизен анализ на параметрите на ADAVR, тока и усилването на напрежението. Това улеснява изчислителните процедури, свързани с проектирането и практическото приложение на ADAVR.

От инженерна гледна точка важни основни параметри на такова електронно устройство са усилването на тока и напрежението по време на работа под натоварване. Определянето на Н- и G-коэффициентите дава възможност да се определят тези два коефициента.

[6] Panov, E., Barudov, E., Ivanova, M. “Exploration of the electric processes in discrete alternating step-voltage regulators,” in 2018 20<sup>th</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 314–317., ISBN 978-153863419-6, DOI 10.1109/SIELA.2018.8447122

Важно изискване за качеството на електрическата енергия е диапазонът на промяна на амплитудата на входното захранващо напрежение. Един от начините за изпълнение на това изискване е чрез внедряване на автотрансформаторни дискретни регулатори на променливо напрежение (АДРПН) с полупроводникови комутационни елементи. Проектирането и конструирането на такива регулатори изискват съвременни подходи за компютърен анализ и симулация на сложните процеси, протичащи в тези устройства. Основен проблем е разработването на адекватен модел и алгоритми за анализ, които да дадат възможност за постигане на точни решения и верни симулации на реакциите на АДРПН в различни режими на работа и при аварийни ситуации.

Целта на изследването е разработването и прилагането на процедура за виртуално и практическо проектиране на АДРПН. Статията представя преглед на проблемите на анализа на автотрансформаторни дискретни регулатори на променливо напрежение. Анализът е направен основно чрез подхода на променливите на състоянието във времевата област, където е отчетена нелинейността на компонентите на регулатора.

Разработен е специален алгоритъм за решаване част по част на получените разредени матрични уравнения с клетъчна структура. Извършена е експериментална проверка с прототип, който показва добро съответствие с резултатите от симулацията. Предложен е математически модел за описание на комутационните процеси в АДРПН и подробен алгоритъм за решаване на системата от уравнения, описващи електрическото равновесие в регулатора на напрежението. Разработена е компютърна програма AVTO за симулиране на сложни процеси, протичащи в АДРПН по време на комутационните процеси, която дава възможност за пълен анализ на изследваните устройства. Проведените аналитични и експериментални изследвания с различни фази на комутация и видове натоварване показват много добро съответствие на получените резултати, което демонстрира адекватността на модела и дава възможност за виртуално проектиране на АДРПН.

**[7] Ivanova, M., Dimitrova, R., Filipov, A. „Analysis of power outages and human errors in the operation of equipment in power grids“, in 2020 IEEE 12<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 9-12 Sept. 2020, Conference Proceedings, ISBN 978-172819439-4. DOI: 10.1109/BulEF51036.2020.9326058**

Непрекъснатото развитие на електроенергийните системи чрез внедряване на нови технологии за управление и свързване на нови източници на електроенергия налагат подобряване на сигурността на електрозахранването и обуславят необходимостта от подробен анализ на причините за прекъсване на електрозахранването и мерки за подобряване сигурността на електропреносните мрежи, включително тяхната киберсигурност. Човешките дейности в световен мащаб зависят до голяма степен от електрозахранването. Спирането на електрозахранването оказва значително влияние върху компаниите, работещи в засегнатите райони. Фирмите (клиентите), които имат ръчно или автоматично резервиране на електрозахранване, също могат да загубят производствени часове при преминаване към него, което води до загуби в производството и приходите поради неспазване на сроковете, произведени и непродадени продукти и др. Спиране на тока за домакинствата клиентите могат да доведат до повреда на битовата техника и следователно до финансови загуби както за потребителите, така и за електрокомпаниите, като непродадена електроенергия и изплащане на обезщетения. Ето защо е изключително важно да се вземат предвид и анализирани прекъсвания на захранването и каскадни събития в електроенергийните системи.

Настоящата работа е посветена на анализа на причините за прекъсване на електрозахранването в електрическите мрежи средно и високо напрежение на територията на Република България.

Анализирани са основните видове и места на възникващи прекъсвания на електрозахранването в електропроводи, подстанции и силови трансформатори и са обобщени причините за тях.

Представени са показатели за оценка на прекъсванията на електрозахранването, свързани с електропроводи и трафопостове. Анализирани са причините за прекъсвания в подстанции и електропроводи, както и възможни повреди на силови трансформатори и оборудване. Изброените причини за прекъсвания в електрозахранването не изчерпват всички възможности, но могат да се използват за по-обобщени класификации на основните видове повреди.

Предложени са мерки за подобряване на техническото състояние на електропроводи високо напрежение, трафопостове и разпределителни уредби средно напрежение.

Разгледани са прекъсванията на електрозахранването поради човешки грешки на обслужващия персонал в електропреносните мрежи и са предложени мерки за предотвратяване на подобни аварии.

**[8] Ivanova, M., Yordanova M., Dimitrova, R. „Evaluation of the step voltages for grounding grids at lightning strikes“, in 2020 21<sup>st</sup> International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2020 – Proceedings, June 2020, ISBN: 978-172814346-0. DOI: 10.1109/SIELA49118.2020.9167157**

Проектирането на защитни инсталации (заземителни инсталации - ЗИ) на подстанции за високо напрежение е от голямо значение, свързано с техническата безопасност на цялото съоръжение. Стойностите на токове при повреда, които протичат в ЗИ на подстанцията (включително поради удари на мълния) могат да достигнат десетки kA, а нарастването на потенциала на земята може да се повиши до десетки kV независимо от съпротивлението на заземяване. Това може да причини сериозни щети на електрическото оборудване и човешки жертви. Като се отчита специфичното съпротивление на почвата е необходимо да се определят допирните и крачните напрежения и възможното разпространение на потенциала извън територията на заземителната инсталация в процеса ѝ на проектиране.

Настоящата статия предлага подход за определяне на допустимите стойности на крачните напрежения в заземителни инсталации под въздействието на импулсни мълниевии токове с определена форма. Стандартите за проектиране на ЗИ не дефинират норми за допустими крачни напрежения, така че практически метод за оценка на риска от електрически опасности от токове на мълния в заземителни инсталации е използването на допустимата енергия, поета от човешкото тяло, за определяне на тези напрежения. Приета е стойност на гранична енергия от 10 J като най-ниската определена стойност от изследователите в литературата. Тази енергия се използва за определяне на допустимия (поносим) ток през тялото и след това може да се използва известната зависимост от стандарта IEEE Std 80-2000. Сравнението на получените максимални крачни напрежения и стойностите на допустимо разрешените стойности за крачните напрежения, определени съгласно стандарта IEEE Std 80-2000, е извършено чрез използване на предварително разработен от авторите модел за симулация на процесите в заземителните мрежи при протичане на токове на мълния в тях. Изследвани са различни случаи на попадение на мълния в различни точки от разглежданата ЗИ – т. М1, М2, М3 от симулационния модел. Получените резултати демонстрират полезността на модела за оценка на електрическата безопасност на ЗИ.

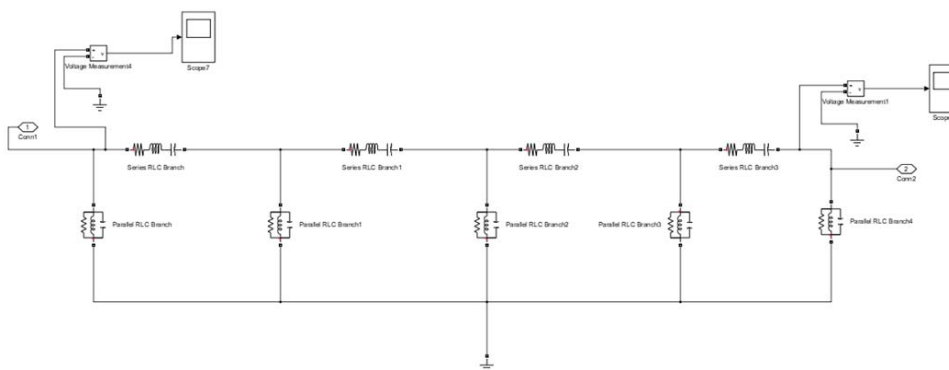


Fig.3. Simulation model in Matlab of a section of a grounding system with horizontal earthing elements.

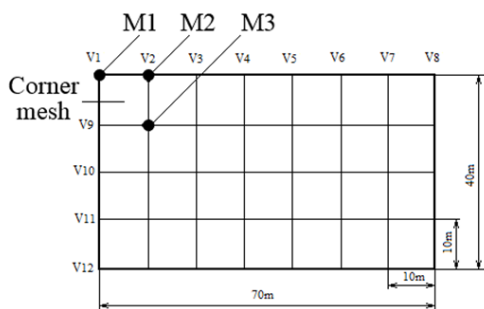


Fig. 1. The investigated rectangular-shaped grounding installation with dimensions 40 x 70 m., M1-M3 are the points of direct lightning strike.

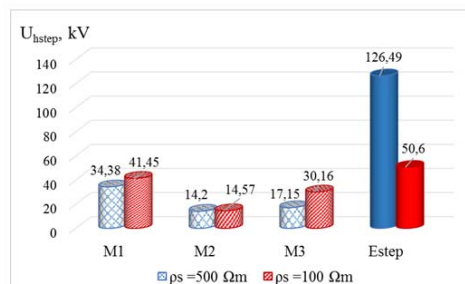


Fig.6. Comparison of the maximum step voltage in the GI depending on the point of direct lightning strike with the permissible value of  $E_{step}$ .



[9] Mehmed-Hamza, M., Filipov, A., Ivanova, M. “Research and analysis of faults in medium voltage distribution grids”, in 2021 56<sup>th</sup> International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST 2021 – Proceedings, pp. 227-230, ISBN 978-166542887-3, DOI 10.1109/ICEST52640.2021.9483457

Разпределителните мрежи средно напрежение в България са радиални и преди всичко с ниво на напрежение 20 kV. Аварийните изключения на електрозахранването са породени от повреди към земя и по-малко от междуфазни повреди.

В публикацията са представени данни от проведено изследване на възникнали повреди и изключения от релейни защиты за 2 години в подстанция 110/20 kV. Направено е изследване за автоматичните изключения от релейна защита в зависимост от вида на повредата, вида на линиите за цялата година и за всеки месец от годината. Направен е анализ относно повредите към земя и междуфазните повреди както за цялата мрежа, така и в зависимост от вида на линиите средно напрежение. Изследвано е разпределението на автоматичните изключения от релейна защита на линиите по месеците в годината. Направено е изследване за действието на АПВ по въздушните линии. Успешното АПВ за 2018 г. е 87%, а за 2019 г. е 85 %. Този висок процент на успешното АПВ по въздушните линии показва, че повредите имат преходен характер.

В разпределителните мрежи средно напрежение повредите към земя са преобладаващи и са преди всичко по въздушните електропроводи. Преобладаващи са изключенията през летните месеци, като повредите имат преди всичко преходен характер. Повреждаемостта на въздушните и смесените линии е по-голяма в сравнение с кабелните линии.

Електроразпределителните дружества, експлоатиращи електрическата мрежа е необходимо да извършват анализ на изключенията от релейни защиты, с което биха намалили аварийността. Извършването на анализ на изключенията от релейни защиты за всеки извод и вземането на мерки за намаляване на броя изключения ще доведе до подобряване на електроснабдяването на консуматорите и експлоатационната сигурност на съоръженията. Процесът на обработка на информацията от релейните защиты значително би се облекчил ако данните се събират автоматично.

Основният принос на статията е, че е предложен подход за анализ на повредите по линиите средно напрежение, който може да се използва от електроразпределителните дружества за повишаване на надеждността на електрозахранването.

TABLE I  
TYPES OF POWER LINES OF THE STUDIED MVDG

Line type	Overhead power line (OPL)	Underground cable line (CL)	Mixed overhead and underground cable lines (ML)
Number of lines	7	7	4

TABLE II  
DISTRIBUTION OF THE PHASE-TO-PHASE FAULTS DEPENDING ON THE LINE TYPE

Year	Overhead power lines	Cable lines	Mixed lines
2018	55.7 %	24.3 %	20 %
2019	60.9 %	29.7 %	9.4 %

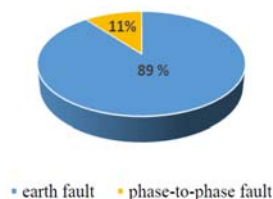


Fig. 1. Percentage distribution of the relay protections trips for the studied MVDG in 2018 depending on the fault type

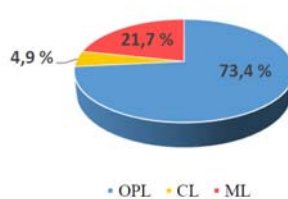


Fig. 3. Percentage distribution of the relay protections trips depending on the line type in 2018

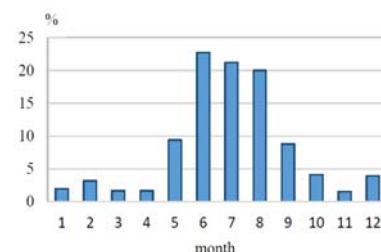


Fig. 8. Percentage distribution of the trips of all types of protections of the studied MVDG by months in 2019

**Резюмета по показател Г.8 - научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни тонове**

[1] Дичева, М., Барудов, Е. „Експертна оценка на качеството на електрическата енергия и електроснабдяването“, Сборник доклади от годишната университетска конференция на НВУ "Васил Левски", В.Търново, 2009, т.6, с. 173-181, ISSN 954-753-035-6.

Динамиката на изменение на присъединените консуматори и развитието на електропреносните и електроразпределителните мрежи се различават значително. Това все по настоячиво поставя въпроса за качеството на електрическата енергия, непрекъснатостта на електроснабдяването и качеството на търговските услуги и обслужването. Многообразието на процесите затруднява формулирането на коректни количествени оценки.

Цел на настоящата работа е разработване на система за експертна оценка качеството на електрическата енергия и електроснабдяването, базирана на съществуващата нормативна база, преодоляваща посочените слабости и въвеждаща достатъчен брой дискретни нива за оценка.

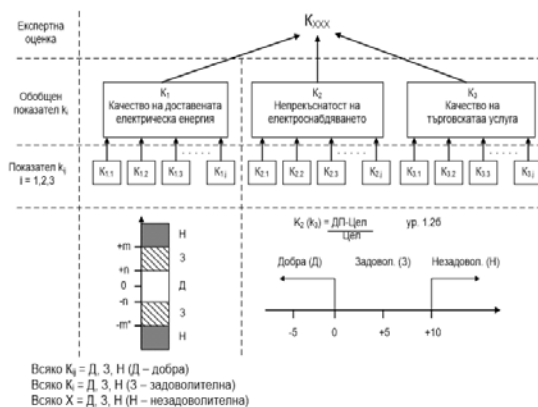
Една система за експертна оценка на качеството включва: статистическа оценка на показателите за качество на електрическата енергия (ПКЕ); методика за формиране на експертна оценка на качеството на електрическата енергия и електроснабдяването.

Основните причини за изменение ПКЕ са непрекъснатите изменения параметрите на електрическата мрежа, мощността и товара, които имат случаен характер. Ето защо и големините на ПКЕ са случайни величини, поради което тяхното измерване и информационно представяне трябва да се основава на вероятностно-статистическите методи. Това определя необходимостта в стандартите установени норми за ПКЕ да се има предвид, че големините им съответстват за 95% продължителност във времето (например за всяко денонощие).

Анализът на статистическите данни от експлоатацията показват, че най-точният закон за разпределение на големините на ПКЕ в електрическата мрежа е нормалният закон при денонощен, седмичен и по-продължителен цикъл на изменение. Особено типичен в този случай е показателят „отклонение на напрежението” –  $\delta_U$ , примерно за който се показва статистическата оценка.

Поради случайният характер на големините на ПКЕ, тяхното информационно представяне, оценка и измерване, се извършва с параметри на вероятно - статистическите методи: математическо очакване на случайната величина и разсейването около него.

Предложената система за експертна оценка на качеството на електрическата енергия и електроснабдяването ползва съществуващата нормативна база. Заменя не дотам добре дефинирания коефициент на относителна значимост (тежест) с процент резерв при удовлетворяване на изискванията. Осигурява достатъчен брой нива на дискретизация на оценката – 27. Прави видими добрите и слаби страни по отношение качеството на доставената електроенергия и качеството на обслужване. Може да се ползва от широк кръг специалисти в това число и тези, които се занимават с експлоатация и развитие на електрическите мрежи. Системата е гъвкава по отношение обхванат брой показатели, типове електрически мрежи (градски, селски....) и позволява развитие.



Фиг. 2 Структурата на методика за формиране на експертна оценка за качеството на електрическата енергия и електроснабдяването.

**[2] Барудов, С., Дичева, М. „Електронно обучение в Електротехническият факултет на Техническият Университет - Варна. Практика и проблеми.“, Трета национална конференция с международно участие по електронно обучение във висшето образование, Сборник резюмета, том 1, Стопанска академия - "Д.А.Ценов" – Свищов, 2009, с. 297-304, ISSN: 978-954-23-0427-2.**

Проведено е представително изследване в рамките на няколко години в Технически Университет – Варна по отношение на броя на работещите студенти в ОКС “Бакалавър”, което показва, че в различните години между 20% и 30% от студентите работят. Извадката обхваща над 10% от студентите, разпределени равномерно по курсове и специалности. Процентът на работещите студенти в ОКС “Магистър” е значително по-голям. Това предполага да се търсят гъвкави възможности за обучението на работещите студенти. За студентите от областта на Техническите науки проблема с придобиването на знания и практически умения при тези условия може да бъде решаван при използване на възможностите на електронното обучение.

В Електротехническият факултет на Технически Университет – Варна електронната форма на образование паралелно с класическите форми на редовно и задочно обучение започва да се използва през учебната 2005/2006 учебна година, обхващайки специалностите КСТ, КТТ, АИУТ, Електроника, ЕЕЕО и Електротехника за образователно-квалификационните степени Професионален бакалавър и Бакалавър, както и за нуждите на англоезичното обучение. Обхванати са дисциплините “Материали и компоненти в електрониката”, “Материалознание”, “Електротехнически материали” за студентите от първи курс, а към настоящия момент се използва за обучение на студенти от втори и трети курс по други дисциплини. Акцентът е изнесен върху ежеседмична контролирана самостоятелна работа, отчитайки че този тип работа предполага придобиване на по-задълбочени знания.

Използваната платформа – LCMS (Learning Content Management System) е базирана върху софтуерната платформа за дистанционно обучение на Университета в Мюнхен (Open source), която ежегодно се усъвършенства и новият вариант е достъпен. Този избор предполага да отпаднат значителни разходи за ежегодното развитие на софтуерната платформа.

При използването на електронните форми на обучение, учебната среда става видима, което поставя въпроса за характера на използваните материали, до толкова до колкото те, освен водещия преподавател, представят и университета. Тъй като този въпрос не е нормативно регулиран, един възможен подход е предоставяне на посочените по-горе учебни пособия и получаване на отзиви и препоръки. В конкретния случай цитираните пособия бяха предоставени в 24 университета от 12 страни.

Опитът от прилагането на тази форма на обучение през последните 3 учебни години показва подобряване на академичното и административно обслужване на студентите, документиране на резултатите от ежеседмичната им работа, което при необходимост дава възможност за своевременно подпомагане при усвояването на учебния материал. Натрупаните резултати сочат, че над 80% от обучаваните студенти (над 400 за учебна година) възприемат формата за електронно обучение и активно се включват. Като цяло успеваемостта с паралелното използване на традиционните форми и електронното обучение е по-висока.

Обобщени са проблемите от използването на такава платформа и са направени препоръки за подобряване на използването ѝ в процеса на обучение на студентите:

- ✓ Отсъства нормативно уреждане за тази форма на обучение и по отношение на товарването на преподавателите и по отношение на правата и задълженията на студентите.
- ✓ Проблеми с Интернет затрудняват провеждането на някои изпитни процедури.
- ✓ Могат да се намалят и съвместяват презентациите (фронталните часове) за сметка на развитие на учебното съдържание.
- ✓ Няма регламент за ползването на резултатите от изпълнението на седмичния график.
- ✓ Възможност за въвеждане на факултативни дисциплини и курсове препоръчани от потребителите без нарастване на часовете.

**[3] Barudov, S., Ivanova, M. „Discharge element with transverse high-frequency excitation“, in XLVI Int. scientific conference on information, communication and energy systems and technologies ICEST 2011, 2011, Nis, vol.3, p.959-962, ISBN: 978-86-6125-033-0.**

Използването на високочестотен напречен разряд в технологиите за третиране на течни флуиди представлява практически интерес, тъй като: разрядът се характеризира с по-висока стабилност; реактивните елементи могат да се използват като пасивен товар и коефициентът на ефективност се увеличава; има симетрично разсейване на енергията; могат да се използват електроди с диелектрично покритие, което решава проблемите с тяхното разпръскване.

Ефективността на възбуждането на разрядната среда силно зависи от съотношението между честотата на външното поле и честотата на взаимодействието между електроните и атомите и по-точно дали електроните ще успят да последват промяната на външното поле по време на периода на трептене. Между товара (разрядния елемент) и генератора са свързани два извода с реактивни елементи. Те осигуряват: преобразуване на изходното напрежение на генератора в постоянен ток през товара според неговите специфични свойства; трансформация на активната част на съпротивлението на товара в съпротивление на веригата. За изчисляване на връзката е необходимо да се намери зависимостта между анодното напрежение  $U_a$  и входното напрежение на преобразувателя  $U_L$  с товар (разрядния елемент).

Работата е посветена на изследване на възможностите за приложение на едноконтурни генератори с автоматичен преднапрежение и индуктивно-капацитивен съгласуващ преобразувател за възбуждане на напречен разряд и управление на неговите параметри според технологичното приложение. Целта на настоящата работа е изследване на възможностите за осигуряване на пускови и работни режими на напречния разряд, неговото управление и избор на преобразувател като съгласуваща се секция за трансформиране на изходното напрежение на резонансната верига в ток на разрядния елемент.

Предложен е вариант на лампов високочестотен генератор със съгласуваща секция – L-образен индуктивно-капацитивен преобразувател, който дава възможност, при генерирана честота от 2MHz, за осигуряване на пусков и работен режим за възбуждане на напречен разряд. Генераторът осигурява възможност за фина настройка на разрядния ток в диапазона 25÷100 mA при максимална изходна мощност 350 W. Изследванията на стабилността на разрядния ток като функция от промяната на параметрите на генератора и тези на разрядната плазма разкриват подходящ избор за съгласуваща се секция.

[4] Barudov, S., Dimitrova, R., Ivanova, M. “Single-circuit and double-circuit regulating apparatus for gas discharge element”, in XLVII Int. scientific conference on information, communication and energy systems and technologies ICEST 2011, 2011, Nis, vol.3, p.956-958, ISBN: 978-86-6125-033-0.

Целенасоченото използването на електрическия разряд е свързано с развитието му в специфична, изкуствено създадена среда – разряден елемент. Поради спецификата на разрядните елементи, те се свързват като товар към захранващата мрежа чрез регулиращи апарати. Работата е посветена на сравнително изследване между едноконтурни (SCRA) и двуконтурни регулиращи апарати (DCRA) за управление на разряда на постоянен ток по отношение на стабилността на разрядния ток (коефициент на стабилизиране на тока на товара) и мощностните параметри на регулиращите апарати (разсеяна мощност от регулиращия елемент и коефициент на ефективност).

SCRA се състои от неуправляем токоизправител (източник на постоянно напрежение с амплитуда  $U_{Dmax}^*$ ), който захранва регулиращ елемент (RE), свързан последователно с компенсационен стабилизатор (CS) и разряден елемент (DE).  $U = U_{Dmax}^* - U_d$  осигурява стабилизиране на разрядния ток при промяна на амплитудата на входното захранващо напрежение. DCRA се състои от управляем токоизправител, който контролира напрежението върху регулиращия елемент на компенсационния стабилизатор. Най-често, в режим на работа, управляващият токоизправител реализира закона  $U_{RE} = const$  или включва регулатор на входното захранващо напрежение, който ограничава колебанието на амплитудата на входното захранващо напрежение. DCRA за разрядни елементи в сравнение с SCRA осигурява повишен коефициент на стабилизация на разрядния ток само по отношение на промяната на входното захранващо напрежение. Този коефициент количествено зависи от характера на обратната връзка на управляемия токоизправител. DCRA може да реализира един от следните закони:  $\Delta U_{S0} = const$  (DC1RA) или  $\Delta U_{RE} = const$  (DC2RA) (Фиг.4). Изборът на закон е въпрос на компромис. DC1RA осигурява по-висок коефициент на стабилизация на разрядния ток, свързан с промяната на входното захранващо напрежение, но по-нисък коефициент на ефективност и по-висока разсеяна мощност на регулиращия елемент и обратно. Реализацията на втората управляваща верига с управляем токоизправител или стъпаловиден АС регулатор също е въпрос на компромис. Контролируемият токоизправител дава по-добър коефициент на ефективност и по-ниска разсеяна мощност на регулиращия елемент, но по-лош фактор на мощността и по-високо ниво на електромагнитни смущения и обратно.

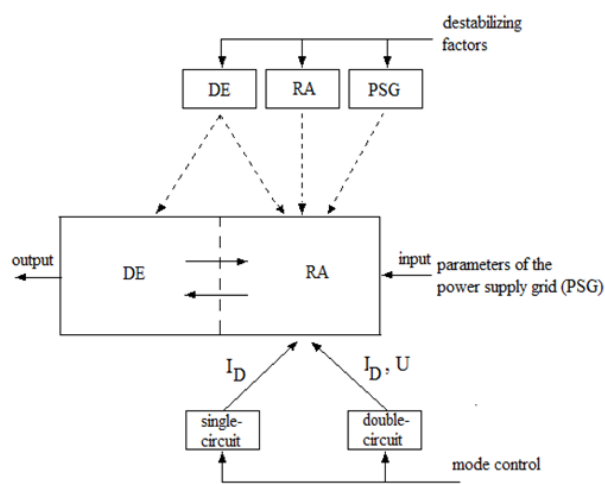


Fig.2. System “regulating apparatus (RA) - discharge element (DE)” – input/output parameters, destabilizing factors, control modes

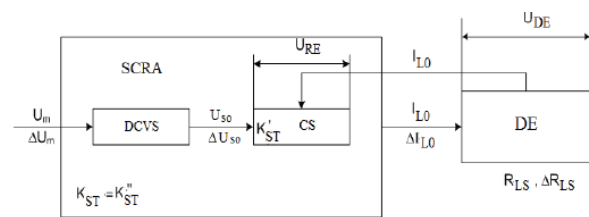


Fig.3 Block diagram of SCRA

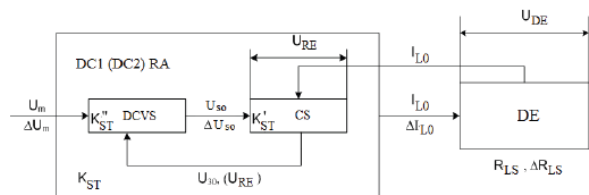


Fig.4 Block diagram of DCRA

**[5] Barudov, S., Ivanova, M. Dimitrova, R. “Study of the commutation capabilities of a controllable air discharger in circuit of high-voltage pulse discharge”, Annual proceedings of the Technical University of Varna, 2011, Bulgaria, vol. I, p.15-20, ISSN: 1311-896X.**

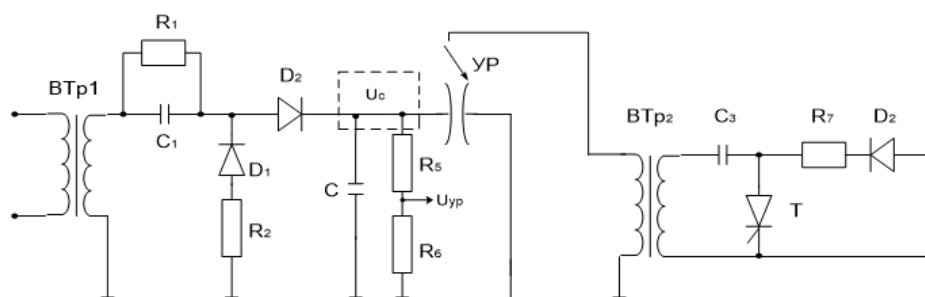
Генераторите за формиране на високоволтов разряден импулс включват зарядна верига за капацитивно натрупване на енергия и разрядна верига с ключов елемент, най-често управляем въздушен разрядник. Работата е посветена на изследване на комутационните възможности на триелектроден управляем въздушен разрядник с две различни в пространството газоразрядни междини, възникващи последователно във времето и относими към появата на разряд и последващо формиране на високоволтовия разряден импулс.

Веригата, включваща заредената кондензаторна батерия (КБ) – С (фиг.1), свързващите проводници и управляем разрядник (УР), може да се разглежда като RLC верига, за която:  $R=R(t)$  - нелинейното съпротивление на газоразрядната междина в УР; L – индуктивност на свързващите проводници и паразитните индуктивности на паралелно и/или последователно свързаните кондензатори от КБ; С – капацитет на КБ. Изследваният УР е триелектроден, с две обособени разрядни вериги и два пространствено различни газоразрядни канала, развиващи се последователно във времето. Единият обезпечава възникването на разряда, на базата на пакет високоволтови високочестотни импулси, а вторият формира високоволтов импулсен разряд, на базата на енергия, натрупана в кондензаторна батерия.

Целта на настоящата работа е, за конкретен УР, да се проведе експериментално изследване, относно: разрядния ток –  $i=i(t)$ ; напрежението върху УР –  $u_{ур} = u_{ур}(t)$ ; напрежението, до което остава заредена КБ – С – фиг.1 след разпадане на газоразрядния канал в УР (преустановяване на разрядния процес); енергията отдавана в газоразрядната междина – W; съпротивлението  $R=R(t)$  на газоразрядната междина на УР, при параметри капацитет на КБ и напрежение, до което е заредена преди формиране на разрядния импулс –  $U_c$ .

За конкретния УР и разрядни вериги е определен характерът на формирания импулс – периодично затихващ високоволтов импулс с честота от  $36\div 71$  kHz и продължителност около  $100 \mu s$  за кондензаторна батерия с капацитет –  $0,5\div 2 \mu F$ . Определено е времето на закъснение на формирания периодично затихващ импулс, след подаване на високоволтовите високочестотни импулси -  $160 \mu s$ . Определен е максималният разряден ток, при параметри капацитет на КБ  $C=0,5\div 2 \mu F$  и напрежение, до което е заредена -  $U_c = 9,5\div 11,5$  kV, изменящ се в диапазона от 0,6 до 2,8 kA. При същите горепосочени параметри е определено напрежението върху УР, при което се преустановява разряда –  $2,5\div 5,5$  kV. Определена е и енергията на формирания високоволтов разряден импулс –  $14\div 124$  J.

Получените зависимости и посочените параметри могат да се използват за оразмеряване на разрядни вериги с ключов елемент - изследваният триелектроден, управляем, въздушен разрядник, работещ при атмосферно налягане, а методиката на изследване може да се приложи и при други конструктивни параметри на управляеми разрядници.



Фиг.1 Принципна схема на зарядна и разрядна вериги



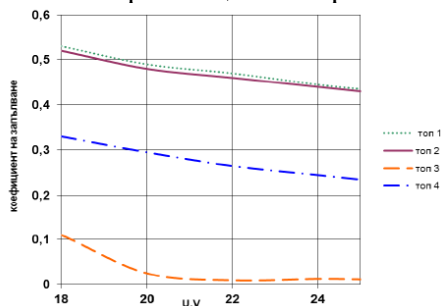
[6]Dimitrov, D., Dimitrova, R., Ivanova, M., Vassileva, M. „Analysis and comparative evaluation of energy effective drivers for LED with autonomous power supply“, in 3<sup>rd</sup> International congress “50 years Technical university of Varna”, 2012, Varna, vol. III, p.110-115, ISBN 978-954-20-0552-0.

Все по – широкото приложение на LED се определя от високата им ефективност: получаване висок светлинен добив; увеличаване срока на експлоатация и опростено автоматизиране на режима им на работа. За постигане на тази ефективност от съществено значение е схемата на драйверите за LED и режимът им на управление. Особеностите на драйверите за LED се определят от начина на свързване на LED (линейно или матрично). Затова е необходимо вариантно изследване на топологии, които определят по-малки загуби в елементите на драйвера.

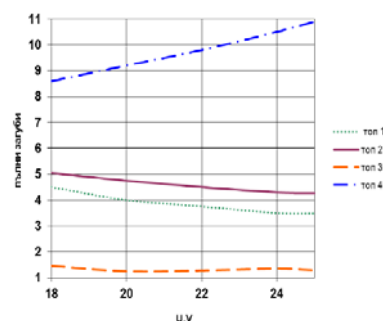
Целта на разработката е да се направи сравнителен анализ на схеми с различни топологии на драйвери за LED, сравнение между характеристиките, работоспособността им и загубите на мощност в участващите в тях елементи. На базата на проведените анализ са определени енергийно ефективните топологии на драйверите и начините на свързване на светодиодите в матрица.

При изследването се приемат различни програмни моделирания. Използваните градивни елементи на драйверите са от фирми INTRON, INFINEON, WENSON, IFcore, CREE, P.LEO, Power Integrations и др., чиито елементи са в база данни за използвана версия за моделиране - SMPS design software. Резултатът от изследването се отнася до избор на решение на драйвер с висок КПД, респективно светлинен добив и най - благоприятно топлинно натоварване на елементите. Проведено е изследване на пет типове схеми на драйвери – RCC – Flyback (1), RCC – Flyback – IC заменя транзистор (2), Boost (3), Resonant (4), топология спец. Драйвер за определен вид LED (5), като е оценена функционалната им работоспособност и КПД при различен начин на свързване на LED. За тях се осигурява изисквана стабилност на тока при изменение на захранващото напрежение и товара в определени граници.

От проведените изследвания, може да се заключи, че при регулиране токът на LED, коефициентът на запълване на импулсите се изменя в диапазон 8%, като придобива по-малки стойности в топологии 3 и 4. Индукцията в магнитопровода на трансформатора е почти независима от захранващото напрежение, като за топология 4 е сравнително ниска –  $B = 0,1T$ . Пълната ефективност е сравнително висока при топологии 1 и 2 и поддържа високи стойности в зависимост от захранващото напрежение. Въз основа на сравнителна оценка са определени: 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.



Фиг. 6а. Зависимост на коефициента на запълване на импулса от захранващото напрежение



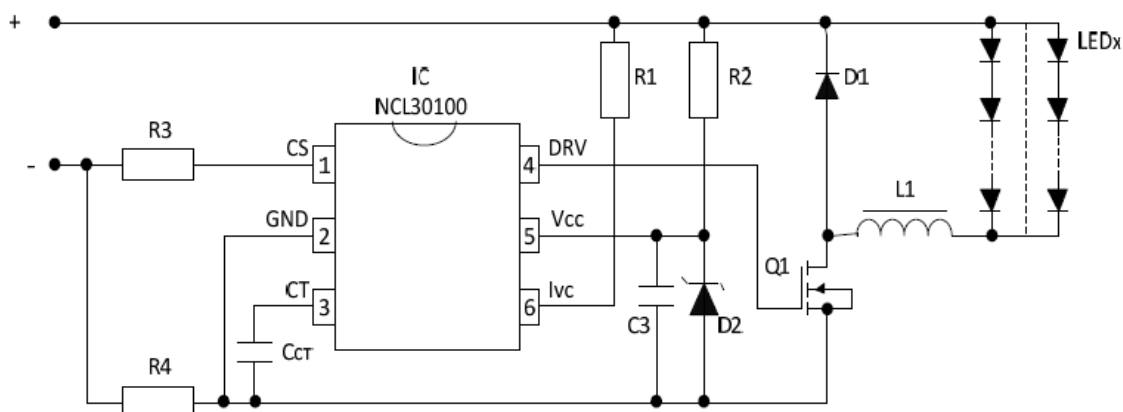
Фиг. 6в. Зависимост на пълните загуби от захранващото напрежение

[7] Dimitrov, D., Dimitrova, R., Ivanova, M., Vassileva, M. “Study of some influences of the internal parameters of specialized integrated circuits for LEDs”, in 3<sup>rd</sup> International congress “50 years Technical university of Varna”, 2012, Varna, vol. III, p.116-121, ISBN 978-954-20-0552-0.

Все по-широкото приложение на LED определя редица производители на полупроводникови елементи да създават специализирани интегрални схеми (IC), предназначени за LED. При работата си тези IC изпълняват изискванията за LED като товар: стабилност на тока, ограничаване на пулсациите му, модулно изпълнение на LED, малък брой външно присъединени елементи и др. Такива са IC от серията NCLxx., NCPxx... и др., предназначени за различни топологии на драйвери, за драйвери с безтрансформаторен изход, за драйвери с  $I_{LED} = 0,35 \div 1,5$  A, с мощност  $1 \div 50$  W. Добри качествени показатели има NCL 30100: опростена настройка и широка област на приложение на LED в матрица, поради което е обект на изследване.

Целта на изследването е да се анализират функционалните възможности на IC, 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. При вариантни решения на свързване на LED в матрица, както и вариране мощностите на LED, при изследването се използва специализирано компютърно моделиране „ON Semiconductor - EEES“ – (Enabling Energy Efficient Solutions). Решението е в интерактивен вид с компоненти от библиотеката на програмния продукт (или аналогични на него), отчита нелинейността на V-A характеристика на LED и представя времедиаграми на основните електрически величини на драйвера и електрическото натоварване на участващите полупроводникови елементи в драйвера.

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 IC.



Фиг. 1. Схема на свързване на NCL30100 за захранване на LED

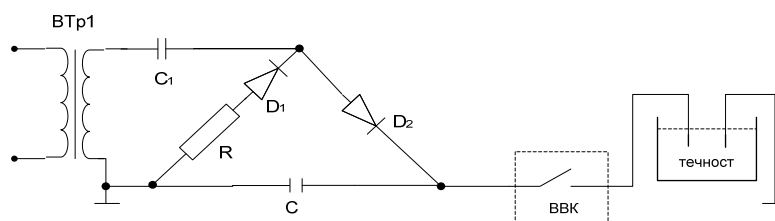
**[8] Иванова, М., Барудов, С. „Сравнителен анализ и моделиране на високоволтов периодично затихващ разряд в течност във верига с две разрядни междини“, Морски научен форум, 16-17 май, 2013 г., ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", с.110-117, ISSN 1310-9278.**

Целта на настоящата работа е експериментално определяне на изменението на съпротивлението на два вида високоволтови ключове (ВВК) – тригатрон и тиратрон при параметри капацитет на работната кондензаторна батерия  $C$  и напрежението, до което е заредена на система за генериране на високоволтови разрядни импулси в течна среда, базирана на капацитивно наптрूपване на енергия. Съставен е математичен модел на получените зависимости за изменението на съпротивлението на ВВК във времето за двата вида ВВК. Определен е и коефициента на използване на кондензаторната батерия.

Проведени са 4 експериментални изследвания за изменението на разрядния ток: 1) кондензаторната батерия се разрежда само през управляем ключ тригатрон; 2) кондензаторната батерия се разрежда през управляем ключ тригатрон и разрядна междина в течност; 3) кондензаторната батерия се разрежда само през управляем ключ тиратрон; 4) кондензаторната батерия се разрежда само през управляем ключ тиратрон. Получените резултати са относими за тригатрон с определени геометрични размери и тиратрон ТГИ1-1000/25 и равномерно поле, създавано от полусфери с разстояние между тях 5mm във водната среда.

При допускането, че съпротивленията на управляемите високоволтови ключове и на разрядната междина в течността на един полупериод на периодично затихващо колебание не се променят, може да се обобщи:

- Приблизително 80% от енергията, запасена в кондензаторната батерия се прехвърля в разряда в течността в рамките на първия период на затихващото периодично колебание;
- Посоченият процент слабо зависи от типа на високоволтовия ключ, но е по-висок при управляем високоволтов ключ тригатрон;
- Посоченият процент слабо нараства при нарастване на капацитета на кондензаторната батерия и напрежението, до което тя е заредена;
- При управляем високоволтов ключ-тригатрон, честотата на затихващото периодично колебание се променя в диапазона  $72 \div 36$  kHz, а при високоволтов ключ-тиратрон от 39.4 до 19.7 kHz при изменение на капацитета на кондензаторната батерия от  $0.5 \div 2$   $\mu$ F.



Фиг. 1 Принципна схема за формиране на високоволтов разряд в течна среда



а/ тригатрон



б/ тиратрон

Фиг. 5 Управляеми разрядници

[9] Ivanova, M. „Study of the energy characteristics and the temperature influence on the liquid medium resistance during the formation of a high voltage discharge“, in L international scientific conference on information, communication and energy systems and technologies – ICEST, 2015, Sofia, p.292-295, ISBN 978-619-167-182-3.

При формирането на високоволтови разряди в течна среда протичат редица физични и химични процеси, които зависят от много различни фактори (характеристика на електрическото поле, състав на течната среда, външни параметри като температура, налягане и др.). Съпротивлението на образувания плазмен канал при разряд с високо напрежение в течност зависи от промяната на концентрацията на свободните носители на ток в него. Някои от факторите, които влияят върху процеса са: рекомбинация на токови носители; дрейфово движение на токоносители; разсейване на токоносители извън плазмения канал за сметка на термична дифузия и поява на хидравлична вълна. Процесите се развиват с висока динамика и различни времеви константи, които най-често зависят от структурата на средата и външни фактори. Взаимното им влияние е трудно да бъдат обхванати аналитично и това изисква провеждане на параметрични експериментални изследвания.

Като се има предвид динамиката на тези процеси, целта на настоящата работа е експериментално изследване и анализ на влиянието на температурата и енергийните характеристики върху изменението на съпротивлението на течната среда при формиране на разряден импулс с високо напрежение.

Зарядната верига на изследваната система за генериране на високоволтови разрядни импулси в течност се състои от високоволтов трансформатор и удвоител на напрежението, който зарежда работен кондензаторен акумулатор. Разрядната верига включва високоволтов ключ (тригatron) и разрядната междина във водата. За всички стойности на описаните по-горе параметри са записани енергийните характеристики на разрядния импулс. Образуваният високоволтов разряден импулс има периодично затихващ характер. Експерименталните резултати са анализирани по следната методика: 1) Определяне на продължителността на процеса на разреждане; 2) Записване на стойностите на разрядния ток и разрядното напрежение за всички максимуми на положителната полувайна и момента на появата им от периодично затихващи трептения на високо напрежение; 3) Изчертаване на кривите на обвивката от амплитудните стойности на разрядния ток и напрежение; 4) Изчисляване на съпротивлението на течната среда  $R_L$  на базата на получените криви. При по-висок капацитет на работния кондензаторен акумулатор се наблюдава намаляване на съпротивлението и промяна на характера на кривата. Енергийните характеристики на периодично затихващия процес на разреждане (разряден ток и напрежение) се снемат при параметри: капацитет на работния кондензаторен акумулатор; напрежение, до което се зарежда и температурата на течната среда. Дефинира се промяната на съпротивлението на течността за различни температури на водата по време на процеса на заустване. Предлага се описание на промяната на съпротивлението на течността с математическа функция - полином от трети ред. Получените резултати и зависимости могат да се използват за оразмеряване на системи за генериране на високоволтови разрядни импулси за различни технологични приложения.

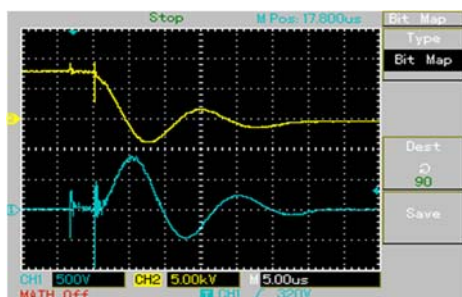


Fig.5 Discharge current and discharge voltage at  $C=1\mu\text{F}$ ,  $T=90^\circ\text{C}$ ,  $U_c=9,5\text{kV}$

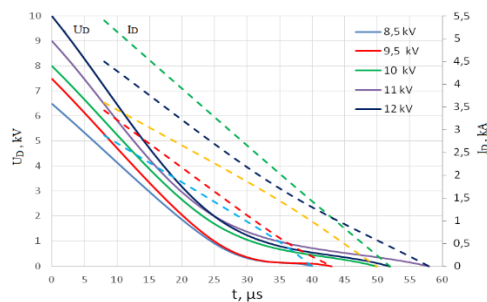


Fig.6 Wrap curves of the amplitude values of the discharge current and voltage at  $C=3\mu\text{F}$  and  $T=60^\circ\text{C}$ .

**[10] Vasileva, M., Dimitrova, R., Yordanova, M., Ivanova, M. “Model scheme of the earthing system of electrical power substations for wave processes study”, in 14<sup>th</sup> International conference on electrical machines, drives and power systems, Proceedings, 2015, Varna, p.114-117, ISSN 1313-4965.**

Изграждането на заземителни инсталации в електроенергийните обекти е задължително за осигуряване на нормална работа на оборудването и безопасността на персонала на територията на обектите. През заземителната инсталация протичат импулсни токове 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 областта на заземителната инсталация, както и възможните допирни и крачни напрежения.

Целта на настоящата работа е да се създаде симулационен модел на заземителна мрежа със или без вертикални заземители за определяне на максимално възможните потенциали в областта на мрежата при директно попадение на мълния. Създаден е модул в Matlab Simulink за хоризонтална заземителна мрежа с дължина 1m. Предложеният модул е база за създаване на модел на заземителна инсталация на ел. подстанция с размер на площадката 30x30m и размер на клетката – 10m. Напреженията при пробив в почвата не се вземат предвид, т.е. напречните размери в схемата за подмяна (C и g) са с постоянни стойности (не зависят от напрежението). Прието е, че активното съпротивление на заземиеля е  $r = 0,04 \Omega/m$ . Моделирана е мълния с амплитуда на тока 40 kA и форма 1/10  $\mu s$ . Разгледани са три случая на удар на мълния при гръмоотводи в разглежданата мрежа. Потенциалите в ъгловите точки на заземителната мрежа са определени за три случая на попадение на мълния за: 1) хоризонтална мрежа без вертикални заземителни пръти; 2) хоризонтална мрежа с четири вертикални заземителни пръта в ъглите; 3) хоризонтална мрежа с 12 вертикални заземителни пръта, разположени по целия периметър на мрежата. Получените резултати показват, че потенциалите в заземителната система достигат 140 kV в мястото на удар на мълния и варират между 3 kV и 70 kV в ъглите. От получените резултати се вижда, че процесът в заземителната инсталация затихва след 0,1 ms.

Моделната схема на заземителната система е подходяща за изследване на процесите в нея и в почвата при директен удар на мълния в гръмоотводите на ел. подстанцията. Схемата може да се използва за изследване на надеждната и безопасна работа на персонала и за изследване на електрическата безопасност на персонала. Използването на вертикални заземителни пръти във възли на заземителната мрежа значително намалява потенциалите - десетки пъти.

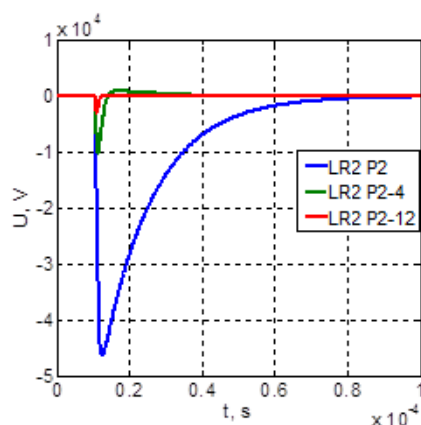


Figure 5. Potentials at point P2, in the case of lightning stroke at LR2, for horizontal grid without vertical earthing rods, with 4 and 12 vertical earthing rods.



- [11] Yordanova M., Dimitrova R., Vasileva M., Ivanova M. „Regression analysis of experimental data for the soil electrical characteristics considering humidity and frequency“, in 1<sup>st</sup> International Conference “Applied Computer Technologies” ACT 2018, 21-23 June, Ohrid, Macedonia, Proceedings, pp.79-82, ISBN 978-608-66225-0-3.

Специфичното съпротивление на почвата  $\rho$  и диелектричната проникваемост  $\epsilon_r$  пряко влияят върху параметрите на мълнезащитните и заземителни инсталации за компютърно моделиране на процесите в тях при директни удари на мълния. Необходимо е да се вземе предвид тяхната честотна зависимост.

Статията предоставя подход за получаване на данни за  $\rho$  и  $\epsilon_r$ , където е необходим прецизен анализ на почвените процеси при въздействие на мълниеви импулси.

Представени са резултати от непланиран факторен анализ на проведени от авторите експериментални изследвания на електрическите характеристики на почви с различна влажност, определени при различни честоти. Експерименталните резултати показват, че голямото разнообразие на стойностите на  $\rho$  и  $\epsilon_r$  непременно определя необходимостта от предварително вземане на проби преди започване на проектирането на заземителна инсталация и впоследствие използване на предложените в статията регресионни уравнения за намиране на техните стойности при произволна честота. За статистическа обработка на експерименталните данни е използвана програма, разработена в Технически университет – Варна (от други изследователи). Чрез прилагане на двупроменлив регресионен анализ са получени уравнения за определяне на съпротивлението на почвата и диелектричната проникваемост в зависимост от техните стойности при 50Hz, различна влажност и плътност на почвата за честоти от 100kHz до 1MHz. Регресионните уравнения са полезни за получаване на оценки на  $\rho$  и  $\epsilon_r$  само за района на Варна, откъдето са взети почвените проби. Получените регресионни уравнения за определяне на  $\rho$  и  $\epsilon_r$  от честотата и техните стойности при 50Hz са подходящи за оразмеряване на заземителни системи отчитайки импулсните процеси в почвата под въздействието на импулсен ток на мълния. Извършена е проверка на автентичността на резултатите между експерименталните и изчислителните резултати.



Figure 1. Precision Impedance Analyzers 6500B Series

**[12] Ivanova, M., Barudov E. „Study of the energy characteristics of a system for generation of high-voltage discharge pulses for water treatment with the usage of a discrete alternating voltage regulator“, in I<sup>ST</sup> International conference of marine engineering, 21-23 Nov. 2018, NVNA Varna, Bulgaria, pp.63-67, ISBN 978-619-7428-31-5 (pdf)**

Системите за генериране на високоволтови разрядни импулси (СГВВРИ) във вода, базирани на капацитивно натрупване на енергия, намират широко приложение в различни технологични приложения, включително на кораби. Използването им изисква контрол на честотата на разрядните импулси по отношение на промяната на капацитета на работния кондензаторен акумулатор и напрежението, до което се зарежда, което често се извършва от тиристорен ключ. Недостатъци на този тип управление са високото ниво на хармоници и ниските стойности на коефициента на мощност  $\cos \phi$ . Енергийните характеристики на СГВВРИ, базирани на натрупване на енергия, могат да бъдат подобрени чрез използването на дискретен регулатор на променливо напрежение (ДРПН) чрез намаляване на смущенията в захранващата мрежа по време на работа на устройството. ДРПН дава възможност за регулиране на амплитудата на входното напрежение с цел осигуряване на по-малко натоварване на елементите във веригата за капацитивно акумулиране на енергия в СГВВРИ и в корабната електрозахранваща мрежа (КЕМ). На специализирани кораби с електрически задвижващи системи допълнителното натоварване на КЕМ с хармоници от работата на СГВВРИ във вода би се отразило негативно на някои класове консуматори.

Тази работа е посветена на изследването на генерираните хармоници и промяната на амплитудата на захранващото напрежение на СГВВРИ за пречистване на вода, на базата на капацитивно акумулиране на енергия с използване на ДРПН за управление на честотата на разрядните импулси. За изследване на генерираните хармоници, параметърът THD се определя чрез използване на анализатор на качеството на мощността FLUKE 43В на входа и изхода на ДРПН по време на работа на СГВВРИ във вода. Резултатите от извършения анализ при комутация на ДРПН също показваха, че нивата на хармоници не надвишават определените стойности от IEC 60092-101. Експериментално изследване на ефективността на ДРПН е проведено в други изследвания, където е установено, че когато входното напрежение е под 180,1V и съпротивлението на натоварване на регулатора е по-ниско от 5,5Ω, консумираната реактивна мощност  $Q_{gen}$  от DAVR е по-висока от 2,4kW. В този случай  $Q_{gen}$  трябва да се има предвид при използване на системата ДРПН - СГВВРИ в КЕМ. Обикновено такива ниски стойности на захранващото напрежение и съпротивлението на натоварване не могат да бъдат достигнати при нормална работа на КЕМ, ако изискванията за параметри на качеството на електроенергията в корабната електрическа мрежа са изпълнени съгласно IEC 60092-101. В случай, че величината на изходното напрежение на ДРПН е по-малка от допустимата стойност за КЕМ ( $\pm 5\%$ ), в управлението на превключването на комутационния тиристорен блок може да се въведе система за контрол на броя и мощността на свързаните товари (ако има други товари освен СГВВРИ). Като обобщение, използването на ДРПН за управление на СГВВРИ за пречистване на водата подобрява енергийните му характеристики – намалява генерираните високочестотни хармоници и промяната на входното захранващо напрежение, подобрява  $\cos \phi$ .

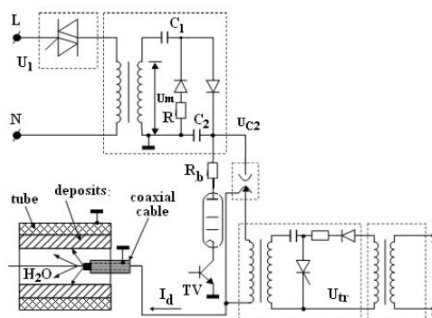


Fig. 1. Device for generation of high-voltage discharge pulses in liquid medium