

О. Г. ГРИБ, Н. С. ЗАХАРЕНКО, І. Т. КАРПАЛЮК, Н. В. РУДЕВИЧ, С. В. ШВЕЦЬ

МОНІТОРИНГ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ АКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ

У статті розглядаються питання якості електричної енергії. Підкреслено що вимоги до якості зростають у всьому світі і Україні приходиться також закріплювати високі вимоги до якості. І саме якість електричної енергії є ключовою для забезпечення як якості продукції так і досягнення мінімальних показників собівартості продукції. Для забезпечення якості електричної енергії все частіше використовуються елементи цифрових технологій в технологічних процесах і системах енергетичного комплексу. Тенденція енергетичних технологій – це використання цифрових технологій для управління і підтримання відповідних параметрів. Але в той же час виникають нові вимоги до систем діагностики і збору даних. Бо тепер це можливість обробляти безперервні потокові дані різними рівнями системи. Тому розвиток технологій діагностики вписується в вимоги розвитку сучасних енергосистем. В роботі виділено напрям дослідження параметрів що пов'язані із коронним розрядом. Проведено паралель коронний розряд і якість. Розглядаються тільки ті якісні параметри, які мають зв'язок із наслідками впливу коронного розряду. Тому були наведені методи по визначенню наявності коронного розряду на струмоведучих частинах обладнання. Зверталася увага на непрямі методи визначення коронного розряду. А це визначення по ультрафіолетовому випромінюванню, інфрачервоному випромінюванню. Наведені недоліки зазначених методів. Пропонується метод який розроблено на кафедрі Автоматизації та кібербезпеки енергосистем, метод побудовано на акустичних коливаннях які створює коронний розряд. Метод отримав назву спектроакустичного. Було виконано ряд експериментів в малому високовольтному електричному залі (лабораторія НТУ «ХПІ»). Експеримент дав позитивний результат. Експерименти виконувалися для різних напруг коронного розряду. Отримані акустичні файли оброблялися в математичному середовищі MATLAB. Акустичні файли розкладалися на спектр за допомогою методів швидкого перетворення Фур'є. Отримані частотні спектри дозволили виявити набір ліній що притаманні тільки коронному розряду. В роботі наведені графіки частотних спектрів акустичного сигналу що містить шум від коронного розряду. На яких простежена закономірність частотної маски для коронного розряду. Таким чином підтверджена гіпотеза, про визначеність акустичних спектрів для коронного розряду. Автори звертають увагу на перспективність запропонованого методу діагностики наявності коронного розряду.

Ключевые слова: цифрова енергетика; діагностика мережі; якість електричної енергії; коронний розряд в мережі; акустична діагностика; спектральний аналіз; спектральні лінії коронного розряду

О. Г. ГРИБ, Н. С. ЗАХАРЕНКО, И. Т. КАРПАЛЮК, Н. В. РУДЕВИЧ, С. В. ШВЕЦЬ

МОНІТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В статье рассматриваются вопросы качества электрической энергии. Подчеркнуто что требования к качеству растут во всем мире и Украине приходится также закреплять высокие требования к качеству. И именно качество электрической энергии является ключевым для обеспечения как качества продукции так и достижения минимальных показателей себестоимости продукции. Для обеспечения качества электрической энергии все чаще используются элементы цифровых технологий в технологических процессах и системах энергетического комплекса. Тенденция энергетических технологий – это использование цифровых технологий для управления и поддержания соответствующих параметров. Но в то же время возникают новые требования к системам диагностики и сбора данных. Ибо это возможность обрабатывать непрерывные потоковые данные различными уровнями системы. Поэтому развитие технологий диагностики вписывается в требования развития современных энергосистем. В работе выделено направление исследования параметров связанных с коронным разрядом. Проведена паралель коронный разряд и качество. Рассматриваются только те качественные параметры, которые имеют связь с последствиями воздействия коронного разряда. Поэтому были приведены методы по определению наличия коронного разряда на токоведущих частях оборудования. Обращалось внимание на косвенные методы определения коронного разряда. А это определение по ультрафиолетовому излучению, инфракрасному излучению. Приведены недостатки указанных методов. Предлагается метод разработанный на кафедре автоматизации и кибербезопасности энергосистем, метод построен на акустических колебаниях которые создает коронный разряд. Метод получил название спектроакустичного. Был выполнен ряд экспериментов в малом высоковольтном электрическом зале (лаборатория НТУ «ХПІ»). Эксперимент дал положительный результат. Эксперименты выполнялись для различных напряжений коронного разряда. Полученные акустические файлы обрабатывались в математической среде MATLAB. Акустические файлы раскладывались на спектр с помощью методов быстрого преобразования Фурье. Полученные частотные спектры позволили выявить набор линий присущих только коронному разряду. В работе приведены графики частотных спектров акустического сигнала содержащий шум от коронного разряда. На которых прослежена закономірность частотної маски для коронного разряда. Таким образом подтверждена гипотеза о определенных акустических спектрах для коронного разряда. Авторы обращают внимание на перспективность предложенного метода диагностики наличия коронного разряда.

Ключові слова: цифрова енергетика; діагностика мережі; якість електричної енергії; коронний розряд в мережі; акустична діагностика; спектральний аналіз; спектральні лінії коронного розряду

O. GRYB, N. ZAKHARENKO, I. KARPALIUK, N. RUDEVICH, S. SHVETS

MONITORING OF QUALITY INDICATORS BY ACOUSTIC METHOD

The article deals with the issues of electricity quality. It is emphasized that quality requirements are increasing all over the world and Ukraine also has to secure high quality requirements. And it is the quality of electricity that is key to ensuring both the quality of products and the achievement of minimum cost indicators. Elements of digital technologies in technological processes and systems of energy complex are increasingly used to ensure the quality of electricity. The trend of energy technologies is the use of digital technologies to manage and maintain appropriate parameters. But at the same time, there are new requirements for diagnostic and data collection systems. It is now an opportunity to process continuous streaming data at different levels of the system. Therefore, the development of diagnostic technologies fits into the requirements of the development of modern energy systems. In this work the direction of investigation of parameters related to the corona discharge is highlighted. Parallel discharge and quality are drawn. Only those qualitative parameters that are related to the effects of corona discharge are considered. Therefore, methods for determining the presence of a corona

© О. Г. Грив, Н. С. Захаренко, І. Т. Карпалюк, Н. В. Рудевич, С. В. Швець, 2019

discharge on the current-carrying parts of the equipment were presented. Attention was drawn to indirect methods of determining the corona discharge. And this is the definition of ultraviolet radiation, infrared radiation. The disadvantages of these methods are presented. The method developed at the Department of Automation and Cyber Security of Power Systems is proposed. The method was called spectroacoustic. A number of experiments were performed in a small high-voltage electrical room (NTU "KPI" laboratory). The experiment gave a positive result. The experiments were performed for different corona discharge voltages. The resulting acoustic files were processed in MATLAB. Acoustic files were decomposed into the spectrum by Fourier transform methods. Obtained frequency spectra revealed a set of lines that are specific only to the corona discharge. The work presents the graphs of the frequency spectra of the acoustic signal containing the noise from the corona discharge. On which the pattern of frequency mask for corona discharge is traced. Thus, the hypothesis of the determination of the acoustic spectra for the corona discharge is confirmed. The authors draw attention to the perspective of the proposed method for the diagnosis of coronary discharge.

Keywords: digital energy; network diagnostics; quality of electric energy; corona discharge in the network; acoustic diagnostics; spectral analysis; spectral lines of corona discharge

Вступ. Забезпечення належного рівня якості електричної енергії не тільки вимога часу а й основа розвитку сучасної економіки. Випуск якісних товарів базується на сучасних технологіях. Але всі технологічні процеси виконують роботу і керуються системами за допомогою і на основі електричної енергії. Тому якість електричної енергії є ключовою для забезпечення як якості продукції так і досягнення мінімальних показників собівартості продукції. Для забезпечення якості електричної енергії все частіше використовуються елементи цифрових технологій в технологічних процесах і системах енергетичного комплексу. Найпотужніші компанії енергетичної сфери розробляють цифрові системи, модулі і навіть пропонують повністю цифрові рішення в вигляді цифрових підстанцій. Відповідно і цифрові рішення вимагають нових підходів до оцінки таких систем. І без моніторингу енергосистеми такої мети не можливо досягти. Розвиток технологій діагностики вписується в вимоги розвитку сучасних енергосистем.

Мета роботи. Показати тенденції розвитку діагностичних методів в енергетиці в напрямку діагностики наявності коронного розряду спектрально акустичним методом.

Тобто наявність коронного розряду до цього часу пов'язували із різними прямими (заміри форма напруги) і непрямими наслідками (наявність ультрафіолетового і теплового випромінювання). Авторами пропонується використовувати метод фіксації акустичних коливань, що супроводжують коронний розряд [1-8].

Окреме питання вплив наявності коронного розряду на якісні показники електричної енергії. Більшість авторів пов'язують втрати в мережі саме із коронним розрядом і такий погляд на наявність коронного розряду є сталим. Але автори запропонували відокремити в погіршенні якості вплив від ефектів коронного розряду. І з такої позиції діагностика наявності коронного розряду набула нових вимог. Відповідно розробка нових діагностичних методів виявлення коронного розряду стає дуже актуальною.

Виклад основного матеріалу. Питаннями впливу якісних параметрів електричної енергії на роботу приладів споживача займалися видатні вчені України і світу, це такі вчені як: Гриб О.Г., Жаркін А.Ф., Шидловський А.К., Сендерович Г.А., Жежеленко І. В., Саєнко Ю. Л., Anderson P. M., Fouad A. A. і інші. Ціла низка досліджень пов'язана із економічними втратами від якості електричної енергії і відповідальною стороною погіршення електричної енергії [9, 10]. Таким

чином з'ясується юридичне питання відповідності за погіршення і розробляються заходи щодо винаходження «власника» погіршення. Відповідно до чого мають вже розроблятися заходи із недопущення погіршення, або зменшення його впливу. Юридична відповідальність за погіршення дає право на фінансову відповідальність, що призводить до розробки найдієвіших заходів. Виходячи з фінансової відповідальності розробляються і технічні заходи. Технічні заходи по підвищенню якості електричної енергії можна виділити напрям діагностика і моніторингу. Так на кафедрі Автоматизації та кібербезпеки енергосистем (НТУ «ХПІ») було розроблено прилад моніторингу якості [11].

Такими діагностичними системами займаються різні лабораторії [12, 13, 14]. Напрямок їх досліджень йде по шляху не електричної діагностики наявності коронного розряду на струмоведучих елементах. Наприклад, за основу взято побічне світлове випромінювання коронним розрядом. Були розроблені відповідні оптичні прилади і такі дослідження проводяться. Є одна проблема, потужність ультрафіолетового випромінювання коронного розряду незначна. Тому для оптичних приладів необхідно здолати не тільки фонове засвітлення, але й хибні джерела ультрафіолетового випромінювання яким може бути наприклад багаття. Діагностування коронного розряду по тепловому випромінюванню має також декілька недоліків, наприклад, нагрів елементів струмоведучих частин може бути здійснений не тільки коронним розрядом. А коронний розряд має невеликі потужності. Тому діагностика за тепловим випромінюванням може мати значну похибку.

Безпосередні електричні методи також мають декілька вад. Потужність коронного розряду не має великих значень, тому викривлення форми напруги фіксувати дуже важко.

Тому було прийнято рішення про продовження досліджень в напрямку розробки діагностичного обладнання для пошуку коронного розряду на струмоведучих елементах.

На кафедрі Автоматизації та кібербезпеки енергосистем було прийняте рішення про розробку методики, що має інший фізичний принцип. За досвідом експлуатації електричних систем, а особливо високовольтних ліній електропередач знаємо, що наявність коронного розряду можна почути. Людське вухо чує характерні звукові коливання притаманні коронному розряду. В малому високовольтному електричному залі (лабораторія НТУ «ХПІ») було поставлено експеримент (рис. 1). Коронний розряд отримували на струмоведучих частинах що під'єднані

до високовольтного ізолятора (межа пробою 35 кВ). Високовольтну напругу отримували від підвищувачого трансформатора (150000/100 В).



Рисунок 1 – Ізолятор (зліва), підвищувачи трансформатор (справа)

Заміри виконувалися групою приладів фіксуючих акустичні коливання. Основним приладом був моніторний мікрофон УМІК-1 із лінійною АЧХ (рис. 2), допоміжні були малогабаритні диктофони фірм Sony Walkman NWZ-B173F і Transcend і інші.



Рисунок 2 – Мікрофон УМІК-1 з лінійною АЧХ

Отримані файли оброблялися за допомогою програми написаної на MATLAB. Файли попередньо обрізалися до необхідного розміру, в деяких випадках нормалізувалися (збільшували амплітуду за максимумами до 0 дБ).

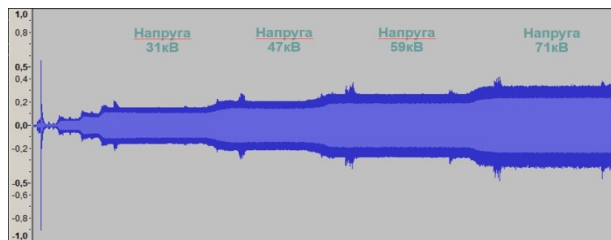


Рисунок 3 – Амплітудне представлення файлу експерименту з поступовим підвищенням напруги

Після попередньої обробки файли оброблялися бистрим Фур'є перетворенням.

Якщо подивитися на період акустичних коливань по кожному рівню напруги то отримаємо майже рівну криву, яка схожа на криву напруги, що може бути знята за допомогою осцилоскопа. На рисунках 4, 5, 6, 7 показані амплітудні криві акустичних коливань коронного розряду в залежності від напруги.

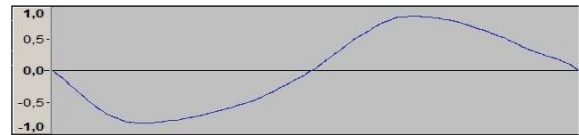


Рисунок 4 – Амплітудні криві акустичного сигналу від корони (31 кВ)

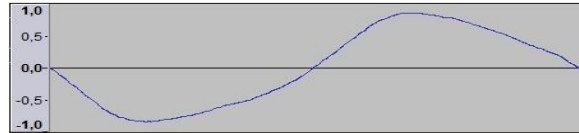


Рисунок 5 – Амплітудні криві акустичного сигналу від корони (47 кВ)

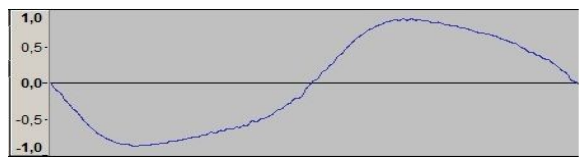


Рисунок 6 – Амплітудні криві акустичного сигналу від корони (59 кВ)

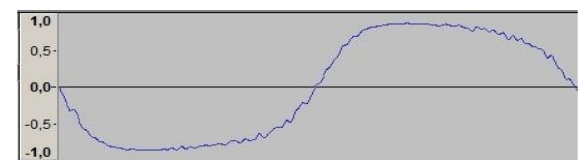


Рисунок 7 – Амплітудні криві акустичного сигналу від корони (71 кВ)

Результати обробки акустичних файлів представлено на рисунках 8-9.

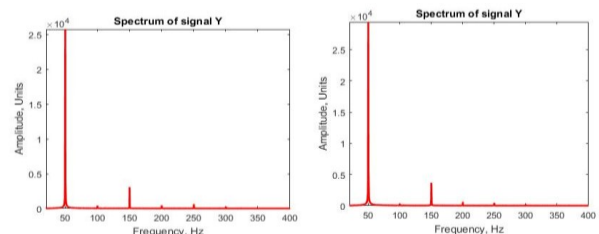


Рисунок 8 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони на різних напругах (зліва на право) 31 кВ, 47 кВ

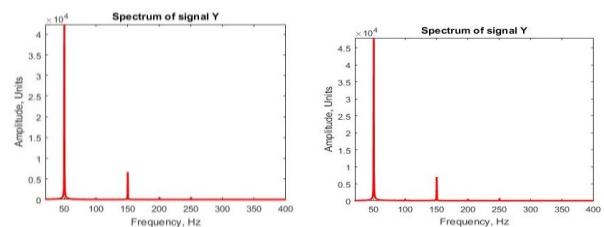


Рисунок 9 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони на різних напругах (зліва на право) 59 кВ, 71 кВ

На графіках амплітуди на частоті 50 Гц не приведені до однієї величини. Амплітуда відповідно до напруги на короні відрізняється. Тому наступні графіки наведено без частоти 50 Гц (Рисунки 10-13). На яких можна простежити закономірність частотної маски для коронного розряду. А саме це пікові значення на

частотах кратних 50 Гц. І зовсім малі значення на частотах не кратних 50 Гц. Маркер відповідності акустичного сигналу за частотою акустичного спектра вважаємо частоту 150 Гц.

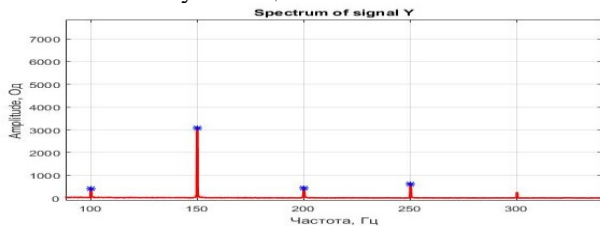


Рисунок 10 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони 31 кВ

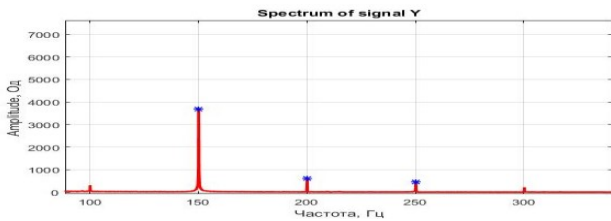


Рисунок 11 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони 47 кВ

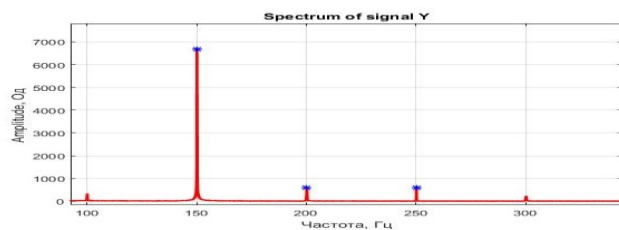


Рисунок 12 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони 59кВ

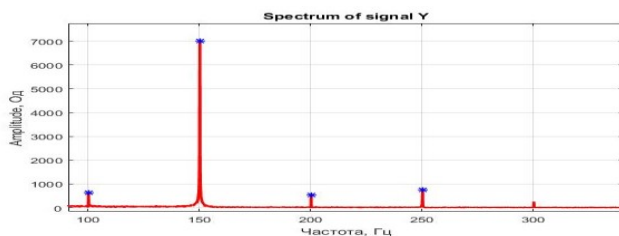


Рисунок 13 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони 71 кВ

Таким чином можна простежити, що для коронного розряду є чітко визначена частотна маска, що відповідає частотам кратним 50 Гц, а саме 100, 150, 200, 250, 300, 350 Гц. Маркером наявності коронного розряду можна визначити частоти 150, 250 350 Гц.

Обговорення результатів. Обробка акустичних файлів переведених в дані часових рядів широко відома задача, яка має теоретичні врівнення. І отримала широке практичне розповсюдження. Але в рамках електричних систем використання акустичних приладів не отримало широкого розповсюдження.

Метод новий для електроенергетики, тому його може спіткати багато перешкод при застосуванні. Наприклад, акустична волна в просторі ослаблюється за законом зворотнього кубу відстані. І відповідно мікрофон має бути розташовано як най ближче до

джерела звукових коливань. Це можна оцінити як незручність і перешкоду в розв'язку метода. Ситуацію може виправити наявність підсилювачів із значними коефіцієнтами підсилення. Але тоді виникає проблема із масштабуванням амплітудних значень акустичних коливань. Бо амплітудні значення мають використовуватися в розрахунках потужності коронного розряду.

Інша проблема це наявність для акустичної волни такого явища як реверберація. Перевидбиття акустичного сигналу від перешкод. Що призведе до похибки в визначенні місця розташування коронного розряду, при діагностуванні його місцезнаходження за акустичними сигналами.

Ще одне питання – це «перекриття» інформаційного сигналу про наявність корони іншим більш амплітудним акустичним сигналом. І інші акустичні питання, які поки що не використовувалися в задачах діагностики в електроенергетиці.

Привабливість цього підходу полягає в тому, що в не залежності від місця розташування можливо визначити наявність коронного розряду з високою достовірністю. Також метод не чутливий до часу доби, пори року. Значна перевага акустичного методу полягає в електро ізоляційності процесу вимірювання. Тоб-то можна використовувати метод на високовольтних лініях і метод не потребує фізичного контакту приладів із струмоведучими елементами системи.

В результаті використання запропонованого акустичного методу діагностики наявності коронного розряду на струмоведучих елементах енергосистеми можливо отримати дані про наявність коронного розряду в режимі реального часу.

Що дає змогу прийняти рішення по керуванню системою в найкоротші терміни. Що дозволить зменшити втрати в системі і підвищити якість електричної енергії.

Висновки. Запропонований метод акустичної діагностики наявності коронного розряду отримав підтвердження на проведених експериментах в лабораторіях НТУ «ХП». Використання непрямого методу діагностики дає обнадійливі результати для подальшої роботи і для залучення широкого переліку різноманітних приладів які можуть прийняти участь в діагностуванні передаварійних і аварійних станів в електричній мережі. Окремо зазначається можливість використання цього методу для дистанційного моніторингу електричних високовольтних мереж за допомогою БПЛА.

Список литературы

1. Ashmarin G.V., Lelevkin V.M, Niyazaliev I.A., Tokarev A.V. The estimation of steel rope quality by a corona discharge.// 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, p. 808–811.
2. Niedbalski, Jorge. High-voltage multichannel rail gap switch triggered by corona discharge // Review of scientific Instruments, 2003, Vol. 74, Issue 7, p. 3520–3524.
3. Puchkarev, Viktor; Gundersen, Martin. Energy efficient plasma processing of gaseous emission using a short pulse discharge. // Applied Physics Letters, 1997, Vol.71, Issue 23, p.3364–3367.

4. Flagan, R.C., and Seinfeld, J.H. Fundamental of Air Pollution Engineering. 1988, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

5. Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах. – М.: Л: Тех. теор. издат., 1950.

6. Пик Ф. Диэлектрические явления в технике высоких напряжений. – Л.: Госэнергоиздат, 1934.

7. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987

8. Мик Дж., Крэгс Дж. Электрический пробой в газах. – М.: ИЛ, 1969.

9. Качество электрической энергии. Том2. «Контроль качества электрической энергии» Под ред. Гриба О. Г. – Харьков: Монография ПП«Граф-Ікс», 2014. – 244 с.

10. Анализ и оценка экономических ущербов от низкого качества электрической энергии: Монография / [Онищенко В.А., Самойленко И.А., Гриб О.Г., Жаркин А.Ф., Васильченко В.И., Ушаповский К.В., Сендерович Г.А., Светелик А.Д., Кондратенко К.И., Довгалиук О.Н., Щербаква П.Г., Захаренко Н.С.] / Под ред. В.А. Онищенко. – Харьков: ПП «Граф-Ікс», 2013. – 329 с.

11. Гриб О. Г., Праховник А. В., Тесик Ю. Ф., Жаркин А. Ф., Новський В. О., Калінчик В. П., Красінський О. Л., Довгалиук О. М., Светелик О. Д. Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії/ під ред. Гриба О. Г. – Харків: ПП «Ранок-НТ», 2012. – 516 с.

12. Wallis, J. 2015. Making the invisible visible: UViRCO, an innovation success story. In: The 5th CSIR conference, CSIR ICC, Pretoria, South Africa, 8-9 October 2015

13. G. G. Karady, G. Besztercey and M. W. Tuominen, "Corona caused deterioration of ADSS fiber-optic cables on high voltage lines," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 14, no. 4, pp. 1438-1447, Oct. 1999.

14. Christo van der Walt "Corona discharge detection using an ultraviolet imaging camera", July 15th, 2016, Published in Articles: EE Publishers <https://www.ee.co.za/article/corona-discharge-detection-using-ultraviolet-imaging-camera.html> (Accessed 27 February 2019). (Eng)

15. Особенности излучения коронного разряда отрицательной полярности в воздухе в режиме импульсов Тричела/ В.И Карась и др. Физика плазмы, 2008, том. 34, №10, с. 1-8

16. Sokol E. I., Grib O. G., Shvets S. V. The structural and parametrical organization of elements of power supply system in the conditions of network centrism. Electrical engineering & electromechanics, 2016, no.2, pp 61-64. doi: 10/20998/2074-272X.2016.2.11

References (transliterated)

1. Ashmarin G.V., Lelevkin V.M, Niyazaliev I.A., Tokarev A.V. The estimation of steel rope quality by a corona discharge.// 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, p. 808–811.

2. Niedbalski, Jorge. High-voltage multichannel rail gap switch triggered by corona discharge // Review of scientific Instruments, 2003, Vol. 74, Issue 7, p. 3520–3524.

3. Puchkarev, Viktor; Gundersen, Martin. Energy efficient plasma processing of gaseous emission using a short pulse discharge. // Applied Physics Letters, 1997, Vol.71, Issue 23, p.3364–3367.

4. Flagan, R.C., and Seinfeld, J.H. Fundamental of Air Pollution Engineering. 1988, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

5. Leб L. Osnovny'e protsessy' e'lektricheskikh razriadov v gazakh. – М.; L: Tekh. teor. izdat., 1950.

6. Pik F. Die'lektricheskie iavleniia v tekhnike vy'sokikh napriazheni' . – L.: Gose'nergoizdat, 1934.

7. Rai'zer Iu.P. Fizika gazovogo razriada. – М.: Nauka, 1987

8. Mik Dzh., Kre'gs Dzh. E'lektricheski' proboi' v gazakh. – М.: IL, 1969.

9. Kachestvo e'lektricheskoi' e'nergii. Tom2. «Kontrol' kachestva e'lektricheskoi' e'nergii» Pod red. Griba O. G. – Har'kov: Monografiia PP«Graf-Iks», 2014. – 244 s.

10. Analiz i ochenka e'konomicheskikh usherbov ot nizkogo kachestva e'lektricheskoi' e'nergii: Monografiia / [Onishchenko V.A., Samoi'lenko I.A., Grib O.G., Zharkin A.F., Vasil'chenko V.I., Ushchapovskii' K.V., Senderovich G.A., Svetelik A.D., Kondratenko K.I., Dovgaliuk O.N., Shcherbakova P.G., Zaharenko N.S.] / Pod red. V.A. Onishchenko. – Har'kov: PP «Graf-Iks», 2013. – 329 s.

11. Grib O. G., Prahovnik A. V., Tesik Iu. F., Zharkin A. F., Novs'kii' V. O., Kalintcik V. P., Krasins'kii' O. L., Dovgaliuk O. M., Svetelik O. D. Avtomatizovani sistemi obliku ta iakosti elektrichnoi' energii/ pid red. Griba O. G. – Harkiv: PP «Ranok-NT», 2012. – 516 s.

12. Wallis, J. 2015. Making the invisible visible: UViRCO, an innovation success story. In: The 5th CSIR conference, CSIR ICC, Pretoria, South Africa, 8-9 October 2015

13. G. G. Karady, G. Besztercey and M. W. Tuominen, "Corona caused deterioration of ADSS fiber-optic cables on high voltage lines," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 14, no. 4, pp. 1438-1447, Oct. 1999.

14. Christo van der Walt "Corona discharge detection using an ultraviolet imaging camera", July 15th, 2016, Published in Articles: EE Publishers <https://www.ee.co.za/article/corona-discharge-detection-using-ultraviolet-imaging-camera.html> (Accessed 27 February 2019). (Eng)

15. Osobennosti izlucheniia koronnogo razriada otritcatel'noi' poliarnosti v vozdukhie v rezhime impul'sov Trichela/ V.I Karas' i dr. Fizika plazmy', 2008, tom. 34, №10, s. 1-8

16. Sokol E. I., Grib O. G., Shvets S. V. The structural and parametrical organization of elements of power supply system in the conditions of network centrism. Electrical engineering & electromechanics, 2016, no.2, pp 61-64. doi: 10/20998/2074-272X.2016.2.11

Поступила (received) 12.09.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гриб Олег Герасимович (Гриб Олег Герасимович, Gryb Oleg) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4758-8350>; e-mail: oleg47gryb@gmail.com.

Захаренко Наталія Сергіївна (Захарченко Наталья Сергеевна, Zakharenko Natalia) – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки підприємств, Державний вищий навчальний заклад "Приазовський державний технічний університет", м. Маріуполь, Україна ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7963-1080>; e-mail: zakharenko.natali@gmail.com.

Карпалюк Ігор Тимофійович (Карпалюк Игорь Тимофеевич, Karpaliuk Ihor) – кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизація та кібербезпека енергосистем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5634-6807>; e-mail: humpway@gmail.com.

Рудевич Наталія Валентинівна (Рудевич Наталья Валентиновна, Karpaliuk Ihor) – доктор педагогічних наук, професор кафедри автоматизація та кібербезпека енергосистем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2858-9836>; e-mail: n.rudevich@ukr.net.

Швец Сергій Вікторович (Швец Сергей Викторович, Shvets Sergiy) – кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизація та кібербезпека енергосистем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3716-141X>; e-mail: se55sh32@gmail.com.