

## АКУСТИЧНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ КОРОННОГО РОЗРЯДУ В ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Гриб О. Г.<sup>1</sup>, Крапалюк І. Т.<sup>1</sup>, Швець С. В.<sup>1</sup>, Рудевич Н. В.<sup>1</sup>, Захаренко Н. С.<sup>2</sup><sup>1</sup>Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",  
<sup>2</sup>ДНВЗ "Приазовський державний технічний університет"

*Запропоновано методику контролю наявності коронного розряду на струмопровідних елементах електричної мережі засобами акустичного моніторингу.*

**Постановка проблеми.** Сучасний розвиток техніки призводить до того, що багато пристроїв критично залежать від якісної електроенергії. До таких пристроїв слід віднести зв'язок, включаючи інтернет, системи телеметричного керування, що відносяться до smart house і суто технологічні системи. Таким чином від енергетики вимагається поступове підвищення якості постачаної електричної енергії. Відповідно електроенергетичних систем стає розвиток Smart grid. Розумні системи в енергетиці в значній мірі змінюють технології управління і контролю якості електричної енергії. Але в той же час необхідно зазначити що потрібно розвивати і технології діагностики.

Причиною турботи в високовольтних мережах залишається наявність коронного розряду на струмопровідних елементах електричної системи. Зазвичай ставлення до коронного розряду таке – наявність коронного розряду це втрати в мережі. Тому діагностику коронуючих елементів проводять на всіх електричних мережах у світі. Але автори звернули увагу на викривлення кривої форми напруги під впливом коронного розряду, а саме зміну якості електричної енергії. Тому і пропонують ставлення до коронного розряду як до ще одного чинника погіршення якості електричної енергії. Тому на кафедрі Автоматизації та кібербезпеки енергосистем було розроблено метод діагностики наявності коронного розряду за не електричними параметрами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій:** 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., Жезленко 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 [1, 2]. 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 [3]. Який використовується по

теперішній час. Але такий контроль фіксує безпосередньо електричні параметри електричної мережі і прилад не призначений для пошуку втрат на коронних розрядах в електричній високовольтній мережі. Тому було прийнято рішення про продовження досліджень в напрямку розробки діагностичного обладнання для пошуку коронного розряду на струмопровідних елементах.

Такими діагностичними системами займаються різні лабораторії [4, 5, 6, 7]. Напрямок їх досліджень йде по шляху не електричної діагностики наявності коронного розряду на струмопровідних елементах. За основу взято побічне світлове випромінювання коронним розрядом. На рисунку 1 показано розташування спектру коронного розряду у співставленні із спектром Сонця. Тобто спектр Сонця перекриває майже весь спектр коронного розряду, тому такі дослідження краще проводити за відсутністю сонячного випромінювання.

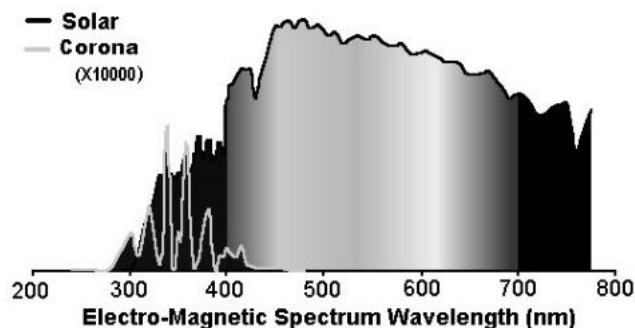


Рисунок 1 – Спектри випромінювання коронного розряду і Сонця [5]

Були розроблені відповідні оптичні прилади і такі дослідження проводяться. Наступним кроком в розвитку таких систем стало встановлення відповідних оптичних фільтрів і підняття чутливості приладів ультрафіолетового сканування для можливості проведення діагностики вдень. 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.

**Мета статті:** Пропонується акустичний метод діагностики наявності коронного розряду. Тобто наявність коронного розряду до цього часу пов'язували із різними прямими (заміри форма напруги) і непрямими наслідками (наявність ультрафіолетового і тепло-

вого випромінення). Авторами пропонується використувати метод фіксації акустичних коливань, що супроводжують коронний розряд

**Основні матеріали:** 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. Коронний розряд отримували на струмоведучих частинах що під'єднані до високовольтного ізолятора (межа пробою 35 кВ). Високовольтну напругу отримували від підвищуючого трансформатора (150000/100 В).

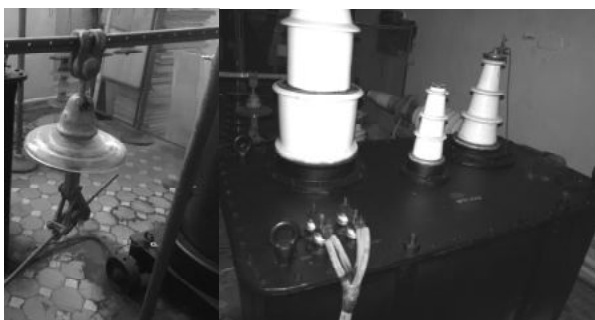


Рисунок 2 – Ізолятор (зліва), підвищуючи трансформатор (справа)

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



Рисунок 3 – Мікрофон UMİK-1

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).

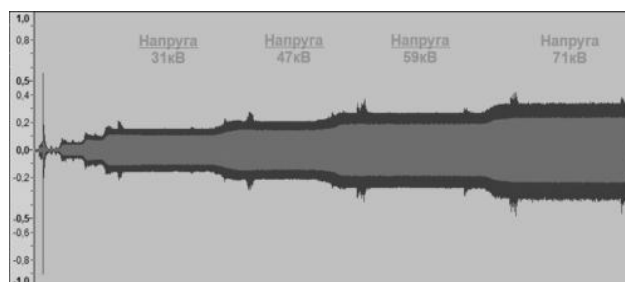


Рисунок 4 – Амплітудне представлення файлу експерименту з поступовим підвищенням напруги

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 рисунку 5 показані амплітудні криві акустичних коливань коронного розряду в залежності від напруги.

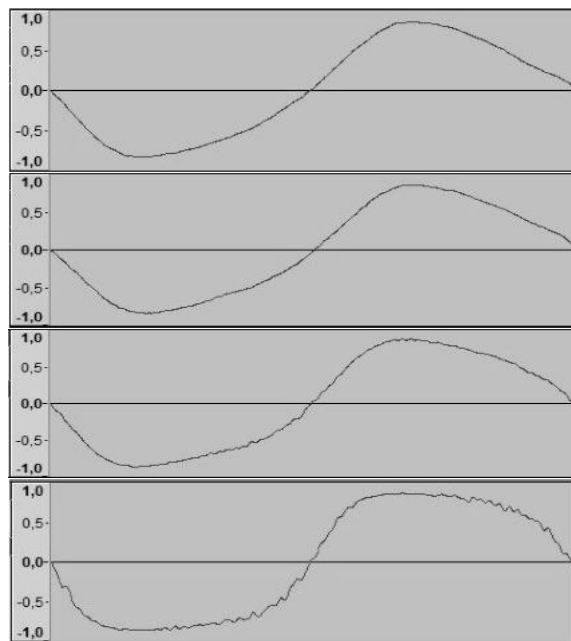


Рисунок 5 – Амплітудні криві акустичного сигналу від корони на різних напругах (зверху вниз) 31 кВ, 47 кВ, 59 кВ, 71 кВ (амплітуду нормовано)

Результати обробки акустичних файлів представлено на рис.6. 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 (рис. 7 – 10). 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.

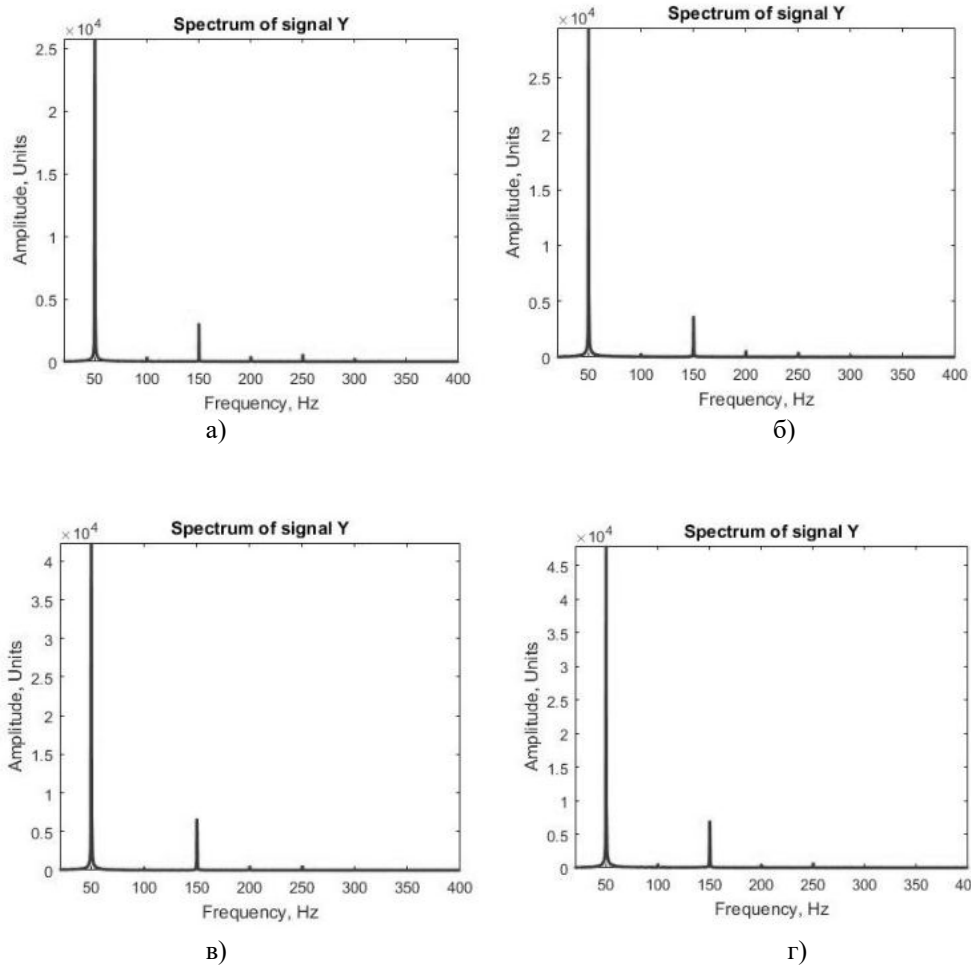


Рисунок 6 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони на напругах 31 кВ (а), 47 кВ (б), 59 кВ (в) та 71 кВ (г)

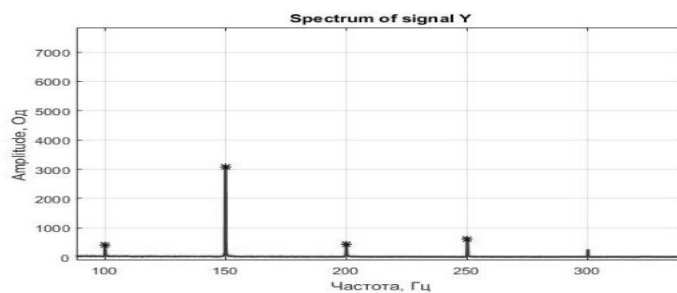


Рисунок 7 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони без частоти 50 Гц на напрузі 31 кВ

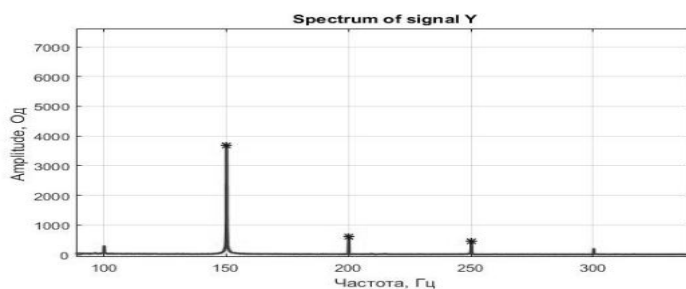


Рисунок 8 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони без частоти 50 Гц на напрузі 47 кВ

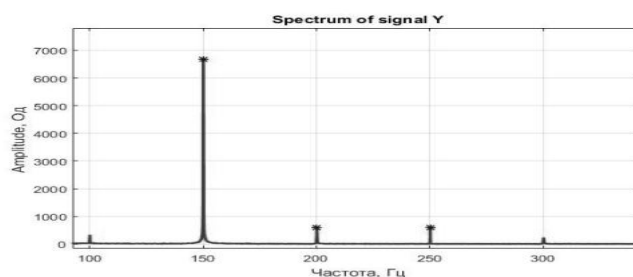


Рисунок 9 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони без частоти 50 Гц на напрузі 59 кВ

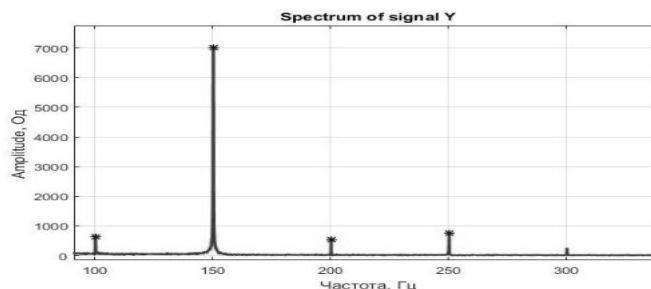


Рисунок 10 – Частотні спектри акустичного сигналу від корони без частоти 50 Гц на напрузі 71 кВ

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.

**Висновки.** В результаті проведених експериментів було отримано підтвердження можливості використання виявлення коронного розряду не прямими методами до яких відноситься і акустичний метод. Метод вкрай важливий для проведення моніторингу довгих ліній. Метод можливо використовувати при дистанційному моніторингу електричних повітряних мереж за допомогою безпілотних літальних апаратів.

#### Список використаних джерел

1. 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., Ущиповский К. В., Сендерович Г. А., Светелик А. Д., Кондратенко К. И., Довгалюк О. Н., Щербакова П. Г., Захаренко Н. С. / под ред. В. А. Онищенко. Харьков : ПП "Граф-Ікс", 2013. 329 с.

2. Качество электрической энергии : монография. Контроль качества электрической энергии / под ред. Гриба О. Г. Харьков : ПП "Граф-Ікс", 2014. Т.2. 244 с.

3. Гриб О. Г., Праховник А. В., Тесик Ю. Ф., Жаркін А. Ф., Новський В. О., Калінчик В. П., Красінський О. Л., Довгалюк О. М., Светелік О. Д. Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії / під ред. Гриба О. Г. Харків: ПП "Ранок-НТ", 2012. – 516 с.

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

5. 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.

6. 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, P. 61-64. doi: 10/20998/2074-272X.2016.2.11.

#### Аннотация

### АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ НАЛИЧИЯ КОРОННОГО РАЗРЯДА В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Гриб О. Г., Карпалюк И. Т., Швец С. В.,  
Рудевич Н. В., Захаренко Н. С.

*Предложена методика контроля наличия коронного разряда на электропроводящих элементах электрической сети способом акустического мониторинга.*

#### Abstract

### ACOUSTIC DIAGNOSTIC METHOD OF CORONA DISCHARGE IN LINE OF ELECTRIC TRANSMISSIONS

O. Grib, I Karpaliuk, S. Shvets, N. Rudevich,  
N. Zaharenko

*A technique is proposed for monitoring the presence of a corona discharge on electrically conductive elements of an electric network using acoustic monitoring.*