

## МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРОНИ НА ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЇ ФАЗИ ЛЕП У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Доценко М. С.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Запропоновано метод ідентифікації корони на ЛЕП шляхом вимірювання акустичного випромінювання корони в дроті.*

**Постановка проблеми.** У зв'язку з переходом оптового ринку електричної енергії України до концепції ринку двосторонніх договорів та балансуєчого ринку виникає проблема визначення параметрів режиму генерації та споживання в реальному часі. Важливим параметром режиму споживання енергосистеми є втрати електричної енергії в її елементах. Втрати електричної енергії на корону в ЛЕП сягають 40% від теплових втрат і потребують самостійного визначення. Важливою при цьому є задача ідентифікації елементів ЛЕП, на яких генерується корона у реальному часі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомий метод ідентифікації корони на елементах конструкції фази ЛЕП та визначення її тривалості у реальному часі, що передбачає синхронізовані за часом пофазні виміри параметрів режиму (струми, напруги й кути зміщення між ними), розрахунків сумарних втрат активної потужності в лінії, теплових втрат і як різниця - втрат на корону для кожної фази і, таким чином, визначається фаза, на якій генерувалася корона і тривалість корони [1].

Відомий також метод ідентифікації корони на елементах конструкції фази ЛЕП у реальному часі, згідно якому вимірюють акустичні коливання, що генеруються від корони в ізоляторі гірлянди [2].

Недоліками даних методів ідентифікації корони на елементах конструкції фази ЛЕП у реальному часі є недостатня точність визначення елементів конструкції фази високовольтної лінії електропередачі, а саме ділянки дроту фази і/чи ізолятора гірлянди підвіски, на яких генерується корона, а також у відсутності вимірювань часу генерації корони.

**Мета статті** - розробка методу ідентифікації корони на елементах ЛЕП у реальному часі.

**Основні матеріали дослідження.** В роботі [3] для ідентифікації корони на елементах ЛЕП запропоновано використовувати метод вібраційно-акустичної діагностики дроту фази. Цей метод передбачає спостереження за наявністю у заданій ділянці дроту фази амплітудно модульованих імпульсних коливань на резонансній частоті ділянки дроту фази. Наявність таких імпульсів коливань з частотою слідування імпульсів беззаперечно свідчить про наявність на дроті фази місцевої або ж загальної корони. Причому, амплітуда імпульсів залежить від рівня розвиненості корони. Тому може бути отримана інформація не тільки

про наявність чи відсутність корони, але й про рівень її розвиненості вздовж дроту фази.

Для цього тривалість існування корони на елементі ЛЕП розміщеного на двох суміжних опорах, визначають за кількістю імпульсів акустичних коливань, виміряних у верхніх ізоляторах гірлянд кожного з дротів фази для цих опор на подвійній частоті струму фази, а ідентифікацію елемента, на якому генерується корона, та її форму, а саме – місцева чи загальна, здійснюють шляхом порівняння амплітуд імпульсів коливань осереднених за визначений проміжок часу для кожного з верхніх ізоляторів гірлянд кожного з дротів фази, на якому генерується корона, що забезпечує визначення форми, тривалості генерації корони та ідентифікацію елементів конструкції фази ЛЕП, а саме дроту фази і/чи ізолятора підвіски, на яких вона генерується у реальному часі.

Згідно методу вимірювання спектру акустичних коливань на ізоляторі гірлянди розподільчого пристрою [2] забезпечується виявлення корони саме на елементах гірлянди ізоляторів. Одночасне генерування корони на дроті фази та ізоляторі гірлянди не може бути ідентифіковано цим методом. Для цього потрібні додаткові виміри не тільки наявності імпульсів на певних частотах але й амплітуди цих імпульсів.

Згідно запропонованого методу здійснення вимірювання амплітуди імпульсів акустичних коливань на подвійній частоті напруги дроту фази забезпечує ідентифікацію саме випромінювання корони. Адже, як відомо з теорії [4], корона, яка виникає на елементах ліній електропередач, це процес протікання електричного струму в газовому середовищі, що оточує елемент лінії електропередач, який перебуває під напругою.

При перевищенні напруженості електричного поля на поверхні елемента лінії електропередач величини критичної напруженості, виникає електричний струм у формі електричного розряду у газовому середовищі. Протікання електричного струму в газовому середовищі супроводжується генеруванням у цьому середовищі імпульсів акустичних коливань [2].

Для ліній електропередач змінного струму основною частотою слідування імпульсів акустичних коливань буде частота 100 Гц, оскільки корона виникає для кожного напівперіода коливань напруги. В той же час, короною генеруються також імпульси акустичних коливань більш високих частот. На частоті 100 Гц амплітуда імпульсів акустичних коливань має максимальне значення [2]. Імпульси акустичних коливань розповсюджуються як у навколишньому повітряному середовищі, так і в елементах конструкції фази. Вимі-

рювання імпульсів акустичних коливань в елементах конструкції фази забезпечує однозначне ідентифікування фази на елементах якої генерується корона.

В той же час, виникає проблема ідентифікації конкретного елемента конструкції фази лінії електропередач, з числа всіх елементів на яких можливе виникнення корони. Адже до складу конструкції фази входять дріт фази по якому передається електричний струм та елементи підвіски цього дроту, а також ізолятори з яких складається гірлянда. Кожний з цих елементів є потенційним елементом, на якому можливе генерування корони. Тому вимірюють амплітуди імпульсів акустичних коливань для кожної з гірлянд ізоляторів.

Вимірювання амплітуди імпульсів акустичних коливань  $A_1$  - від випромінювання корони на ізоляторі гірлянди забезпечує визначення генерування корони на ізоляторах гірлянд.

Вимірювання амплітуди імпульсів акустичних коливань  $A_2$  - випромінювання загальної корони на дроті фази забезпечує визначення форми генерування корони на дроті фази, а саме – загальної корони.

Вимірювання амплітуди імпульсів акустичних коливань  $A_3$  - випромінювання місцевої корони на дроті фази забезпечує визначення генерування саме місцевої корони на дроті фази при відсутності генерування корони на будь-якому ізоляторі будь-якої гірлянди фазового дроту.

Осереднення за встановлений проміжок часу здійснюють для виключення помилок при вимірюваннях.

Осереднені амплітуди імпульсів коливань для кожної з гірлянд фазового дроту однієї опори співвідносять з осередненими амплітудами імпульсів коливань для кожної з гірлянд фазового дроту щонайменше однієї з суміжних опор. Порівняння осереднених амплітуд імпульсів коливань суміжних опор забезпечує визначення відповідного дроту фази, на якому генерується корона.

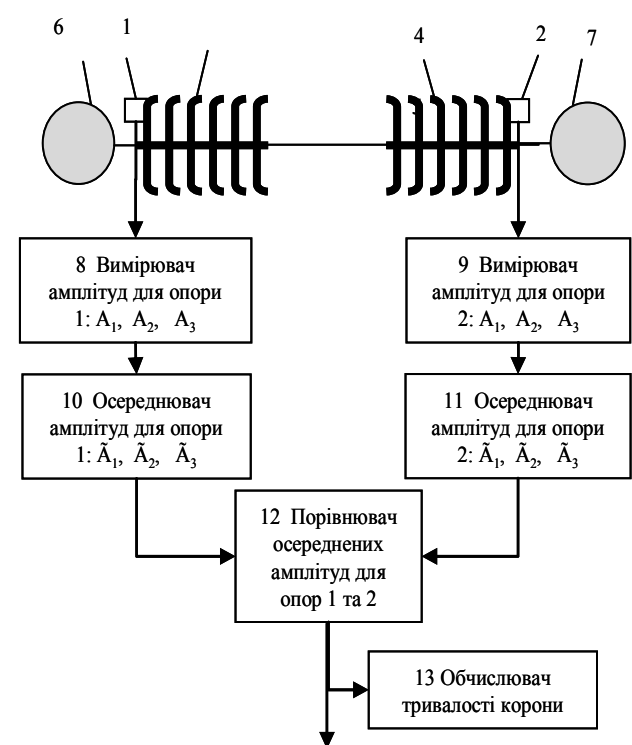
Якщо осереднена амплітуда імпульсів коливань дорівнює  $\tilde{A}_1$ , тоді співпадіння осередненої амплітуди імпульсів коливань  $\tilde{A}_1$  для гірлянд суміжних опор фазового дроту свідчить про наявність корони на ізоляторах обох гірлянд, коли ж значення для однієї з гірлянд  $\tilde{A}_1 = 0$  - це свідчить про наявність корони лише на ізоляторі тієї гірлянди, осереднена амплітуда імпульсів коливань якої  $\tilde{A}_1 > 0$ .

Таким чином, забезпечується визначення генерування корони на ізоляторах гірлянд. Як відомо, наявність корони на окремому ізоляторі свідчить про вихід його з ладу. Таким чином, додатково вирішується задача діагностування стану ізоляторів гірлянди ізоляторів підвіски дроту фази.

На рис. 1 наведено схему пристрою, що реалізує запропонований метод.

Якщо осереднена амплітуда імпульсів коливань дорівнює  $\tilde{A}_2$ , тоді співпадіння осередненої амплітуди імпульсів коливань  $\tilde{A}_2$  для гірлянд суміжних опор фазового дроту свідчить про наявність загальної корони на фазовому дроті, а неспівпадіння осереднених амплітуд імпульсів коливань  $\tilde{A}_2$  свідчить про наявність загальної корони на дроті фази та на ізоляторі тієї гір-

лянди, осереднена амплітуда імпульсів коливань  $\tilde{A}_2$  від якого більша.



Вариант	Стан датчиків		Стан корони на ізоляторах		Стан корони на дроті
			Опора 1	Опора 2	
1	2	3	4	5	
1	1	$-\tilde{A}_1$	Відсутня	Присутня	Відсутня
	2	$+\tilde{A}_1$			
2	1	$+\tilde{A}_1$	Присутня	Відсутня	Відсутня
	2	$-\tilde{A}_1$			
3	1	$+\tilde{A}_1$	Присутня	Присутня	Відсутня
	2	$+\tilde{A}_1$			
4	1	$-\tilde{A}_2$	Відсутня	Присутня	Присутня загальна корона
	2	$+\tilde{A}_2$			
5	1	$+\tilde{A}_2$	Присутня	Відсутня	Присутня загальна корона
	2	$-\tilde{A}_2$			
6	1	$+\tilde{A}_2$	Присутня	Присутня	Присутня загальна корона
	2	$+\tilde{A}_2$			
7	1	$+\tilde{A}_3$	Відсутня	Відсутня	Присутня місцева корона
	2	$+\tilde{A}_3$			
8	1	$+\tilde{A}_3$	Відсутня	Відсутня	Присутня місцева корона
	2	$-\tilde{A}_3$			

Рисунок 1 - Схема пристрою, що реалізує запропонований метод

Якщо осереднена амплітуда імпульсів коливань дорівнює  $\tilde{A}_3$ , тоді співпадіння осередненої амплітуди імпульсів коливань  $\tilde{A}_3$  для гірлянд суміжних опор фазового дроту свідчить про наявність місцевої корони більш ніж на одній дільниці дроту фази, неспівпадіння осереднених амплітуд імпульсів коливань  $\tilde{A}_3$  свідчить про наявність місцевої корони на одній дільниці дроту фази.

При цьому, тривалість корони визначають шляхом вимірювання кількості імпульсів  $N$  з амплітудою  $\tilde{A}_1$ , або  $\tilde{A}_2$ , або  $\tilde{A}_3$ , які генеруються короною у відповідному елементі ЛЕП та множенням їх на подвійну частоту напруги мережі.

У таблиці (рисунок 1) наведено дані про осереднені амплітуди імпульсів акустичних коливань  $\tilde{A}_1$ ,  $\tilde{A}_2$ ,  $\tilde{A}_3$  та стан генерування корони на елементах ЛЕП. Знак (+) для осереднених амплітуд свідчить про наявність відповідного сигналу датчиків 1 та 2 (Рис. 1). Знак (–) свідчить про його відсутність.

Амплітуди імпульсів акустичних коливань співвідносяться наступним чином:

$$\tilde{A}_1 < \tilde{A}_3 < \tilde{A}_2 \quad (1)$$

Таким чином, запропонований метод забезпечує визначення тривалості генерування корони та визначення (ідентифікацію) кожного з елементів ЛЕП, а саме дроту фази та/чи гірлянди, на яких вона генерується та її форми.

Схема пристрою реалізації запропонованого методу містить датчики акустичних коливань 1 та 2, які розміщено на верхніх ізоляторах гірлянд 3 та 4, підвіски дроту 5 до опор 6 та 7.

Датчики акустичних коливань 1 та 2 з'єднано з вимірювачами акустичних коливань 8 та 9, які, в свою чергу, з'єднано з осереднювачами амплітуд акустичних коливань 10 та 11. Осереднювачі амплітуд акустичних коливань 10 та 11 з'єднано з порівнювачем амплітуд акустичних коливань 12. Порівнювач амплітуд акустичних коливань 12 з'єднано з обчислювачем тривалості корони 13 та індикатором наявності корони 14.

Сигнали, що містять інформацію про амплітуди імпульсів акустичних коливань згенерованих короною з датчиків 1 та 2, розташованих на верхніх ізоляторах гірлянд 3 та 4, підвіски дроту 5 до опор 6 та 7 надходять в вимірювачі амплітуд імпульсів акустичних коливань 8 та 9.

Виміряні амплітуди імпульсів акустичних коливань  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  для кожної з опор надходять в осереднювачі амплітуд імпульсів акустичних коливань 10, 11. Осереднені за відповідний проміжок часу амплітуди імпульсів акустичних коливань  $\tilde{A}_1$ ,  $\tilde{A}_2$ ,  $\tilde{A}_3$  для кожної з опор надходять у порівнювач амплітуд імпульсів акустичних коливань 12.

У порівнювачі 12 формується сигнал про наявність корони на відповідному елементі підвіски дроту фази, який передається на індикатор корони 14.

У обчислювачі 13 формується сигнал про тривалість корони на цьому елементі.

**Висновки.** Таким чином, саме вимірювання амплітуд акустичних коливань на ізоляторах гірлянд підвіски дроту фази забезпечує вирішення поставленого завдання:

- визначення тривалості генерації корони;
- визначення елементів конструкції фази ЛЕП, а саме дроту фази і/чи ізолятора гірлянди підвіски, на яких вона генерується у реальному часі;
- визначення форми корони, що генерується.

#### Список використаних джерел

1. Черненко П. А. Оперативное определение потерь активной мощности (нагрузочных и на корону) в высоковольтных линиях / П. А. Черненко, А. С. Волхонский // Техническая электродинамика. – 2005. – № 1.

2. Iwa Garniwa MK, Aji Nur Widyanto, Hanif Corona Detection on High-Voltage Switch Gear Based on Acoustic Noise Frequency and Spectrum Analysis

Режим доступу до статті:  
<http://staff.ui.ac.id/internal/131845377/publikasi/CoronaDetectiononHigh-VoltageSwitchGearBased-IwaGarniwaAjiNur.pdf>

3. Доценко М. С. Методи визначення тривалості коронного розряду на ЛЕП в реальному часі // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, вип. 101. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" – Харків: 2010. С. 43-45.

4. Электрофизические основы техники высоких напряжений: Учеб. Для вузов / И. М. Бортник, И. П. Верещагин, Ю. Н. Вершинин и др.; Под ред. И. П. Верещагина, В. П. Ларионова. - М.: Энергоатомиздат, 1993. – 543 с.: ил.

#### Аннотация

#### МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ КОРОНЫ НА ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ФАЗЫ ЛЭП В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Доценко М. С.

*Предложен метод идентификации короны на ЛЭП путем измерения акустического излучения короны в проводе.*

#### Abstract

#### METHOD OF IDENTIFICATION CROWN ON STRUCTURAL LINES PHASE REALTIME

M. Dotsenko

*The method of identification of the corona on power lines by measuring the acoustic radiation in the corona wire lines.*