

# ПОХИБКИ РОЗРАХУНКУ ДОДАТКОВИХ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ СИМЕТРИЧНИХ СКЛАДОВИХ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Проведено аналіз похибки при розрахунку додаткових втрат активної потужності в системі симетричних складових, визначені фактори, які впливають на точність, та зроблені висновки щодо необхідності врахування зазначених втрат на практиці.

**Ключові слова:** втрати потужності, несиметричний режим, похибка розрахунку.

## Abstract

The analysis of an error at calculation of additional losses of active power in system of symmetrical components is carried out, the factors influencing accuracy are defined, and the conclusions concerning necessity of the account of the specified losses in practice are made.

**Keyword:** power loss, asymmetric mode, calculation error

## Вступ

Для аналізу несиметричних режимів, в тому числі і для розрахунку втрат активної потужності, широке використання набув метод симетричних складових [1]. В його основі лежить представлення будь-якої несиметричної трифазної системи параметрів (ЕРС, струмів, напруг, магнітних потоків) у вигляді суми, в загальному випадку, трьох симетричних систем, які називаються симетричними складовими. Симетричні складові відрізняються одна від одної порядком чергування фаз і називаються системами прямої, зворотної і нульової послідовностей.

Для електричних мереж з несиметричними режимами в ряді практичних випадків виникає потреба розрахунку втрат потужності, який, як правило виконують як в координатах симетричних складових, так і в фазних координатах.

Метою даної роботи є оцінка похибки, якою супроводжуються зазначені розрахунки.

## Результати дослідження

Втрати активної потужності трифазної системи – це сума втрат по трьох фазах. Їх розрахунок можна проводити як в координатах симетричних складових (метод 1), так і в фазних координатах (метод 2).

**Метод I.** Втрати активної потужності для симетричної трипровідної мережі, визначені через симетричні складові:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 3 \cdot I_1^2 \cdot r + 3 \cdot I_2^2 \cdot r, \quad (2.4)$$

де  $I_1$ ,  $I_2$  – струми прямої і зворотної послідовностей відповідно;

$r$  – активний опір мережі.

**Метод II.** Втрати активної потужності, визначені через фазні струми:

$$\Delta P = I_A^2 \cdot r + I_B^2 \cdot r + I_C^2 \cdot r, \quad (2.5)$$

де  $I_A, I_B, I_C$  – струми у фазах А, В, С відповідно.

Розрахунок  $\Delta P$  за цією формулою відповідає фізичному змісту активних втрат потужності в трифазній мережі, і отримані результати можна вважати такими, що відповідають дійсності (реальним втратам).

Виконаємо дослідження похибки в оцінці втрат активної потужності за методом 1. Одночасно дамо оцінку впливу на похибку розрахунку таких параметрів, як:

- кут зсуву системи струмів зворотної послідовності відносно системи прямої послідовності –  $\psi$ ;
- відносне значення модуля струму зворотної послідовності до струму прямої послідовності;
- значення активного опору мережі.

Знайдемо втрати активної потужності за методом 1 та 2 при таких даних: струм прямої послідовності  $I_1 = 5A$ , струм зворотної послідовності  $I_2 = 2,5A$ , опір мережі  $r = 10 \text{ Ом}$ .

За методом 1 втрати активної потужності в мережі становитимуть:

$$\Delta P = 3 \cdot 5^2 \cdot 10 + 3 \cdot 2,5^2 \cdot 10 = 937,5 \text{ [Вт]}.$$

Для розрахунку за методом 2 потрібно знати значення струмів  $I_A, I_B, I_C$ .

В результаті розрахунків за відомими формулами отримаємо такі значення результуючих фазних струмів, які відповідають наведеній вище системі струмів в симетричних складових:  $I_A = 7,4A$ ,  $I_B = 5,19A$ ,  $I_C = 3,48A$ ;

$$\Delta P = 7,4^2 \cdot 10 + 5,19^2 \cdot 10 + 3,48^2 \cdot 10 = 938,06 \text{ [Вт]}.$$

Як бачимо, результати, отримані за методом 2, не співпадають із результатами, отриманими за методом 1 (має місце похибка).

Для дослідження похибки в розрахунках втрат  $\Delta P$  за даними симетричних складових в залежності від кута  $\psi$  проведені розрахунки для дискретних його значень. Для проведення масових розрахунків використана розроблена в системі Mathcad програма. Відносна похибка розрахунку втрат активної потужності визначалась за виразом:

$$\Pi = \frac{\Delta P_B - \Delta P(\psi)}{\Delta P(\psi)} \cdot 100\% , \quad (2.6)$$

де  $\Delta P(\psi)$  - це значення втрат активної потужності, обчислене за методом 2 (дійсне значення);  $\Delta P_B$  - значення втрат активної потужності, обчислене за методом 1.

Графічна ілюстрація проведених розрахунків зображена на рис.

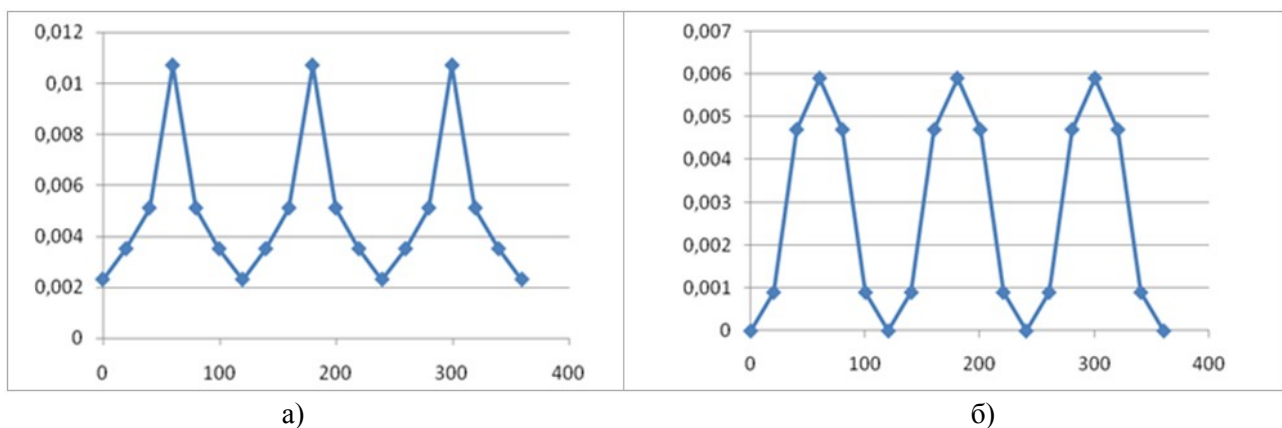


Рис. – Графік залежності похибки втрат активної потужності від кута зсуву фаз  $\psi$ :  
а – для струмів  $I_1 = 5A$  і  $I_2 = 2,5A$ ;

б – те саме  $I_1 = I_2 = 5A$

## Висновки

1. Похибка розрахунку втрат активної потужності залежить від кута  $\psi$  і ця залежність наближається до синусоїдального вигляду. Похибка розрахунку також залежить від співвідношення струмів прямої і зворотної послідовностей. Якщо ці струми рівні між собою, то похибка найменша. Значення опору на похибку не впливає.

2. За абсолютною величиною похибка в розрахунку за методом 1 знаходиться в межах  $0 \div 0,011\%$  і є не суттєвою. В цілому можна вважати (для потреб практики), що результати, отримані за обома методами, – рівноцінні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терешкевич Л.Б. Дослідження впливу компенсувальних установок на додаткові втрати активної потужності від несиметрії режиму / Л. Б. Терешкевич, Т. М. Червінська, І. О. Бандура // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 4. – С. 50–54. – ISSN 0204–3599.

**Руслан Вікторович Дворецький** – студент групи 2ЕЕ-17б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Науковий керівник: **Леонід Борисович Терешкевич** – к.т.н., доцент, професор кафедри Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Ruslan Dvoretsky** - student of group 2EE-17b, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Supervisor: **Leonid Borisovich Tereshkevich** – Dr. Sc. (Eng), professor, professor of the Department of Electrotechnical Systems of Power Consumption and Energy Management, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.