

# РОЗРАХУНОК КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ЇХ ДЕКОМПОЗИЦІЇ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Запропоновано метод декомпозиції електричної мережі, який дозволяє проводити поетапний розрахунок компенсації реактивної потужності в окремих підсистемах електричної мережі з урахуванням впливу інших підсистем. Запропонований метод базується на декомпозиції функції зниження втрат активної потужності, що дозволяє спростити розрахування компенсації реактивної потужності для всіх електричних мереж в цілому. Проведено аналіз декомпозиції електричної мережі та приведено приклад розрахунку компенсації реактивної потужності в електричній мережі на основі декомпозиції.

**Ключові слова:** декомпозиція, компенсація реактивної потужності, електричні мережі.

## Abstract

A method of decomposition of electric network, which allows to carry out the step-by-step calculation of reactive power compensation in the individual subsystems of electric network taking into account the influence of other subsystems is proposed. The proposed method is based on the decomposition of function reduction of active power losses, which allows to simplify the calculation of reactive power compensation for all electric networks on the whole. The analysis of decomposition of electric network is carried out and the example of calculation of reactive power compensation in an electric network based on decomposition is shown.

**Keywords:** decomposition, reactive power compensation, electric networks.

## Вступ

Зменшення втрат електроенергії в електричних мережах (ЕМ) можна досягнути за рахунок компенсації реактивної потужності (КРП) в них. Оскільки ЕМ є фізично єдиним цілим, то основою існуючих методів розрахунку КРП є підхід, який базується на проведенні таких розрахунків для всієї ЕМ [1]. Розв'язувати задачу таким чином складно, оскільки ЕМ є ієрархічною системою, в якій її окремі частини можуть проводити розрахування КРП відповідно до своїх економічних інтересів.

Таким чином, метою роботи є розробка методу декомпозиції ЕМ при розв'язанні задачі КРП, що дозволяє спростити розрахування КРП для всіх ЕМ в цілому.

## Результати дослідження.

Декомпозиція ЕМ потребує декомпозиції функції показника КРП. Оскільки таким показником у більшості випадків є функція зниження втрат активної потужності від вектора потужностей КУ  $\delta P(Q_k)$ , то розглянемо декомпозицію цієї функції.

Функція  $\delta P(Q_K)$  визначається на основі формули Тейлора [2]

$$\delta P(Q_K) = \frac{2}{U_n^2} \cdot \left( \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \cdot R_{ii} \cdot Q_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{Ki} \cdot R_{ij} \cdot Q_j - \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{Ki}^2 \cdot R_{ii} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{Ki} \cdot Q_{Kj} \cdot R_{ij} \right), (1)$$

де  $U_n$  – номінальна напруга мережі;  $Q_i$ ,  $Q_j$  – реактивні навантаження відповідно  $i$ -го та  $j$ -го вузлів.  $R_{ii}$  – вхідний опір  $i$ -го вузла;  $R_{ij}$  – взаємний опір  $i$ -го та  $j$ -го вузлів;  $i, j = 1, \dots, n$ ,  $i \neq j$ ;  $Q_{Ki} \cdot Q_{Kj}$  – потужності КУ, установлені в  $i, j$ -их вузлах

Формула (1) відображає декомпозицію функції зниження втрат  $\delta P(Q_K)$ . Вона дає можливість розділити цю функцію на дві складові: перша складова  $\delta P(Q_{Ki})$  враховує зниження втрат активної потужності, зумовлене тільки потужністю  $Q_{Ki}$ ; друга складова  $\delta P(Q_{Ki}, Q_{Kj})$  – зниження втрат активної потужності, зумовлене спільною дією КУ  $Q_{Ki}$  і  $Q_{Kj}$ .

Декомпозиція функції  $\delta P(Q_k)$  дозволяє відокремити зі всієї схеми ЕМ ту її частину, яка бере участь у розрахунку компенсації реактивного навантаження  $i$ -го вузла, що дозволяє проводити аналіз зниження втрат, зумовлених кожною КУ окремо [3].

На основі запропонованої декомпозиції здійснюється поетапний розрахунок КРП [4, 5]. Кожний етап складається з кроків. Один крок розв'язання задачі заключається у розрахунку зниження втрат при установленні КУ в  $i$ -ому вузлі. Максимальне зниження втрат на  $l$ -ому етапові розрахунку визначається покроковим перебором всіх можливих місць установлення КУ:

$$\delta P_l^{\max} = \max_{i=1}^n (\delta P_{l,i}), \quad (2)$$

де  $l=1, \dots, q, \dots, z$ ;  $z$  – кількість етапів розрахунку КРП;  $q$  – проміжний етап розрахунку КРП.

Сума величин  $\delta P_l^{\max}$  на  $q$ -ому етапові дозволяє знайти максимальне зниження втрат за всі попередні етапи, включаючи  $q$ -ий етап, за рахунок установленної потужності  $Q_{Kq}$ :

$$\delta P_{\Sigma}^{\max}(Q_{Kq}) = \sum_{l=1}^q \delta P_l^{\max}, \quad (3)$$

$$\text{де } Q_{Kq} = \sum_{l=1}^q \sum_{i=1}^n Q_{Ki,l}.$$

Наявність залежності  $\delta P_{\Sigma}^{\max}(Q_{Kq}) = f(Q_{Kq})$  дозволяє знайти максимально можливе зниження втрат від заданої сумарної потужності КУ  $Q_{K3}$ ,  $\delta P_3^{\max} = f(Q_{K3})$  і навпаки - оптимальну сумарну потужність КУ  $Q_{K\Sigma}^o$  для забезпечення заданої величини втрат  $f_3$ :

$$Q_{K\Sigma}^o = f_3^{-1}(Q_{K3}), \quad (4)$$

де  $f_3^{-1}(Q_{K3})$  значення функції, оберненої до  $f(Q_{K3})$  при заданій величині втрат  $f_3$  [4, 5].

Відповідно приведених положень проведено поетапний розрахунок КРП в розподільній мережі, який показав можливість зменшення об'єму інформації при розв'язанні задачі.

## Висновки

На основі формули Тейлора розроблена модель декомпозиції функції зниження втрат активної, що дозволяє проводити розрахунок КРП в окремій підсистемі ЕМ з врахуванням усіх інших підсистем і відповідно зменшити затрати на реалізацію цього розрахунку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 200 с.
2. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. В 2-х книгах. Книга 1 / пер. с англ. к.т.н. В.Я. Алтаева, В.И. Моторина. – Москва: Мир, 1986. – 347с
3. Демов О.Д., Паламарчук О.П. Декомпозиція електричних мереж при розрахуванні компенсування реактивної потужності в них // Вісник національного університету Львівська політехніка, Електроенергетичні та електромеханічні системи. № 637. – 2009. – С. 24-27.
4. Демов О.Д., Миндюк А.Б., Бандура І.О. Розрахунок поетапного впровадження конденсаторних установок в розподільній мережі енергопостачальних компаній при дефіциті коштів // Новини енергетики – 2011. – № 4. - С. 38 - 44.
5. Демов О.Д., Хінді Айман Тахер Поетапне впровадження конденсаторних установок в електричні мережі промислових підприємств // Технічна електродинаміка. – 2002. – № 2. – С. 55–58.

**Олександр Дмитрович Демов** — канд. техн. наук, доцент кафедри електротехнічних систем електропостачання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: demov@yandex.ru.

**Demov Alexander D.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of electrical power consumption and power management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: demov@yandex.ru.