

УДК 621.316

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОСИНХРОФАЗОРІВ ДЛЯ СИМЕТРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ФІДЕРІВ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

**О.С. Яндульський¹, Г.О. Труніна², А.Б. Нестерко³,
Д.В. Настенко⁴**

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

У роботі пропонується новий підхід до симетрування навантаження фідерів розподільних мереж, фази яких сильно незбалансовані або неправильно марковані. Підхід спирається на дані високоточних фазових вимірювальних приладів (мікросинхрофазорів) для розподільних мереж.

Ключові слова: синхронізовані вимірювання режимних параметрів, відновлювані джерела енергії, розподільна електрична мережа, симетрування навантаження, маркування фаз, несиметрія фаз, втрати електричної енергії, трифазні електричні мережі.

LOAD BALANCING IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH MICRO-SYNCHROPHASORS

**O. Yandulsky¹, G. Trunina², A. Nesterko³,
D. Nastenکو⁴**

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
polytechnic institute"*

The paper proposes a new method of load balancing for distribution networks, in which the phases can be very unbalanced or incorrectly marked. The approach is based on the data of high-precision phase measuring instruments (microsynchrophasors) for distribution networks.

Keywords: synchronized measurements, renewable energy sources, distribution network, load balancing, phase

marking, asymmetry of phases, losses of electric energy, three-phase electric networks.

ORCID: ¹0000-0002-0362-7947, ²0000-0002-4044-4955,
³0000-0001-7488-4214.

Оператори електромереж часто мають обмежену або ненадійну інформацію про маркування фаз підключених навантажень. Крім того, в розподільних мережах часто відбуваються неконтрольовані, пов'язані з технічним обслуговуванням, зміни в маркуванні фаз. Через брак інформації АСУТП електричних мереж не можуть правильно розподілити нові навантаження, що призводить до нерівномірного завантаження фаз.

Автори співпрацюють у розробці передової технології моніторингу розподільних мереж – мікросинхрофазоров, або μ PMU, що здатні забезпечити високу точність синхронізованих за часом вимірювань величин, приєднаних до мережі навантажень [1]. Для симетрування навантажень використовуються дані μ PMU, а саме вимірювання навантаження, виконані в різних місцях фідера. Це дозволяє динамічно визначати оптимальну конфігурацію фаз мережі та вирішити задачі оптимізації топології, зменшення втрат потужності та підвищення якості електропостачання в реальному часі [2].

Запропонований підхід заснований на розв'язанні задачі лінійного програмування. Критерієм оптимізації є мінімум за сумою норм вектора пофазних навантажень фідера за визначений період часу (1), а керованою змінною виступає матриця конфігурації фаз в точках приєднання навантаження (2). В загальному випадку матриці X_i та X^{opt} залежать від часу.

$$J = \min_{X_i \in \{X_i^\alpha, X_i^\beta, X_i^\gamma\}} \left(\sum_{i=1}^n \|L^k(X_i)\| \right), X^{opt} = \arg J \quad (1)$$

$$L^k = \sum_{i=1}^n X_i l_i^k, l_i = \begin{bmatrix} l_i^a \\ l_i^b \\ l_i^c \end{bmatrix}, l_i^a = [l_i^{a,t1} l_i^{a,t2} \dots l_i^{a,tp}] \quad (2)$$

де L^k – вектор пофазних навантажень фідера в час k , al_i – потужність навантаження в точці приєднання i .

Матриця конфігурації фаз в точках приєднання навантаження має вигляд (3).

$$X_i = \begin{bmatrix} x_i^\alpha & x_i^\beta & x_i^\gamma \\ x_i^\gamma & x_i^\alpha & x_i^\beta \\ x_i^\beta & x_i^\gamma & x_i^\alpha \end{bmatrix}, x_i^\alpha + x_i^\beta + x_i^\gamma = 1 \quad (3)$$

Кожен елемент матриці X_i визначає конфігурацію трифазного підключення навантаження де x_i^α означає чергування фаз ABC, а x_i^β – BCA відповідно.

Результати симетрування навантаження наведено на рис. 1. Аналіз отриманих даних показав, що використання запропонованого підходу для досліджуваного фідера дозволяє зменшити коефіцієнт несиметрії з 1,05 до 1,002.

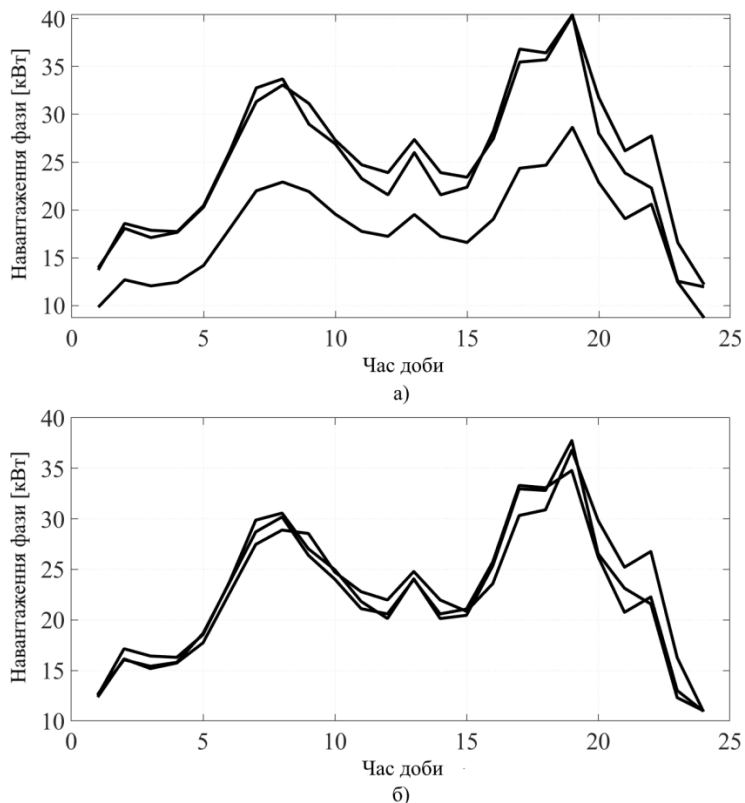


Рис. 1. Навантаження фаз до (а) та після (б) симетрування

Література:

1. Pinte B., Quinlan M., Reinhard K. Low voltage micro-phasor measurement unit (μ PMU). 2015 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI). IEEE, 2015. p. 1–4.
2. Яндульський О.С., Труніна Г.О., Нестерко А.Б. Координоване регулювання напруги в розподільній електричній мережі з джерелами розосередженого генерування. Вісник Приазовського державного технічного університету, серія: Технічні науки: збірник наукових праць. – 2017. – № 35. – С. 177–184.