

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 0,4 кВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Запропоновано підхід до вирішення задачі оптимізації розподільної електричної мережі 0,4кВ та наводить математичну модель вирішення підзадачі оптимального розподілу однофазних навантажень при їх під'єднанні до лінійних напруг вузла навантаження, яка є підзадачею найнижчого ієрархічного рівня.*

**Ключові слова:** несиметричне навантаження, внутрішнє симетрування.

### *Abstract*

*The approach to solving the optimization problem of distributive electric networks 0,4 kV and leads Xia mathematical model of optimal allocation of subtasks solution-phase loads when they are connected to the line voltage node load, which is the lowest hierarchical level subtasks.*

**Keywords:** asymmetrical load , internal balancing

### **Вступ**

Живлячі мережі 0,4 кВ енергопостачальних компаній мають розгалужений характер, а споживачі, які від них отримують електроенергію, переважно однофазного виконання. В результаті їх під'єднання до трифазної мережі створюється несиметричний режим. Рівномірний розподіл споживачів між напругами мережі дозволить зменшити несиметрію режиму.

Оскільки несиметрія режиму в багатьох випадках виходить за межі допустимих ГОСТ 13109-97 значень, то виникає потреба в забезпеченні стандарту [1]. В першу чергу для цього повинні використовуватись заходи, що не потребують капітальних вкладень або такі, де ці вкладення мінімальні.

Зменшити несиметрію режиму в електричних мережах можна шляхом рівномірного розподілу однофазних навантажень у вузлах мережі, правильного під'єднання відгалужень до магістральних ліній та магістральних ліній до шин трансформаторної підстанції (ТП).

Метою роботи є розробка підходу до оптимізації розподільної електричної мережі 0,4 кВ та розробка математичної моделі підзадачі оптимального розподілу однофазних навантажень при їх під'єднанні до лінійних напруг вузла мережі.

В схемі розподільної мережі 0,4 кВ можна виділити такі ієрархічні рівні, і по яким рішення з рівномірного розподілу навантажень в фазах трифазної мережі необхідно погоджувати:

- ТП;
- магістраль, яка відходить від ТП;
- вузол навантаження.

Електричні режими вузлів навантаження формують режими в магістральних лініях, а останні – ТП. Виходячи із згаданого принципу формування електричного режиму, можна встановити, що найбільш високим ієрархічним рівнем є ТП, далі магістральна лінія, і, накінець, самий низький рівень із тих, які розглядаються, вузол навантаження.

Для того, щоб вирішити дану складну оптимізаційну задачу, необхідно її розбити на ряд простих під задач на кожному ієрархічному рівні і виконувати розрахунки починаючи з найнижчого (вузол мережі).

### **Математична постановка задачі оптимально під'єднання однофазних навантажень до мережі**

Серед можливих варіантів оптимального під'єднання групи однофазних навантажень до вузла, яке забезпечує мінімальний рівень несиметрії параметрів режиму можуть бути такі:

- під'єднання однофазних електроприймачів, що мають різні параметри, до лінійних напруг;

- те саме, до фазних напруг;
- те саме, до лінійних і фазних напруг.

Математична модель, дозволяє оптимально під'єднати однофазні навантаження до лінійних напруг має вигляд:

$$\begin{cases} \Delta P_{\Sigma} = 3 \left\{ \left| \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^3 \dot{I}_{Iim} x_{im} \right|^2 \right\} \cdot r_{II} \rightarrow \min \\ \sum_{m=1}^3 x_{im} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, N \\ x_{im} \in \{1, 0\}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $\dot{I}_{Iim}$  - вектор струму зворотної послідовності, що створюється  $i$ -тим навантаженням, при його під'єднанні до напруги  $m$ ,  $m=1, 2, 3$  ( $m=1$  код напруги  $\dot{U}_{AB}$ ,  $m=2$  код напруги  $\dot{U}_{BC}$ ,  $m=3$  код напруги  $\dot{U}_{CA}$ );

$x_{im}$  - булева змінна, якщо  $x_{im}=1$  то  $i$ -те навантаження під'єднується на напругу  $m$ , а якщо  $0$ , то не під'єднується до напруги  $m$ ;

$r_{II}$  - активний опір струмам зворотної послідовності лінії живлення.

Критерієм ефективності моделі (1) є додаткові втрати активної потужності зумовлені струмами зворотної послідовності в лінії живлення.

Обмеження моделі описують вимогу обов'язкового під'єднання кожного однофазного навантаження до мережі.

Математична модель (1) відноситься до класу моделей нескаларної оптимізації [2]. Для знаходження оптимального під'єднання навантажень за моделлю (1) розроблено метод обмеженого перебору можливих варіантів, який реалізується алгоритмом, що зображений на рис. 2.

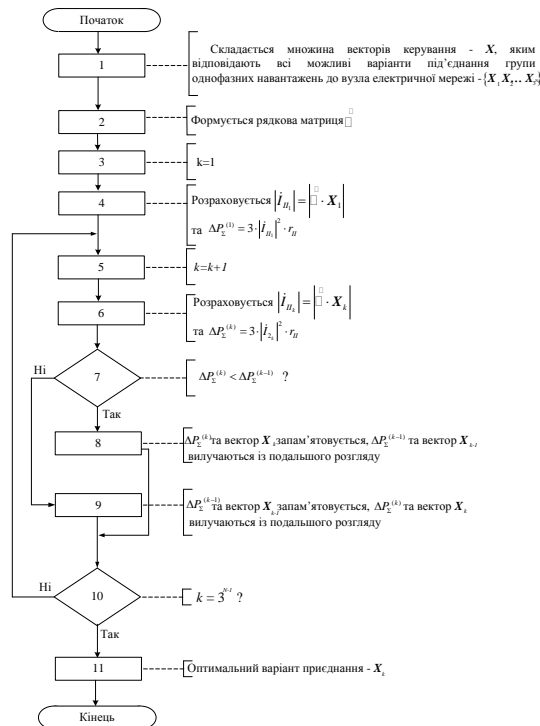


Рис.1 - Алгоритм для визначення оптимального варіанту під'єднання однофазних навантажень до лінійної напруги шляхом

Рядкова матриця  $\hat{Y}$  формується із струмів  $\dot{I}_{lim}$  таким чином:

$$\hat{Y} = \begin{pmatrix} \text{Re}\dot{I}_{II11} + j\text{Im}\dot{I}_{II11} & \text{Re}\dot{I}_{II12} + j\text{Im}\dot{I}_{II12} & \text{Re}\dot{I}_{II13} + j\text{Im}\dot{I}_{II13} & \text{Re}\dot{I}_{II21} + j\text{Im}\dot{I}_{II21} \\ \text{Re}\dot{I}_{II22} + j\text{Im}\dot{I}_{II22} & \text{Re}\dot{I}_{II23} + j\text{Im}\dot{I}_{II23} & \dots & \dots \\ \text{Re}\dot{I}_{IIN_11} + j\text{Im}\dot{I}_{IIN_11} & \text{Re}\dot{I}_{IIN_12} + j\text{Im}\dot{I}_{IIN_12} & \text{Re}\dot{I}_{IIN_13} + j\text{Im}\dot{I}_{IIN_13} & \dots \end{pmatrix} \quad (2)$$

Компоненти вектора  $X$  є змінні математичної моделі (1) -  $x_{im}$ . Вектор  $X$  складається із блоків:

$$X^T = (x_1 \ x_2 \ x_3 \dots x_n \dots x_{N-1})^T, \quad (3)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_{N-1}$  – вектори керування по 1; 2...n...N-1 однофазному навантаженню, які задовольняють умову обов’язкового під’єднання до мережі кожного із них.

Комбінації можливих під’єднань однофазних навантажень для визначення оптимального варіанту, можуть намічатись за схемою, табл. 1.

Таблиця 1 - Варіанти під’єднання однофазних навантажень до вузла електричної мережі

Комбінація під’єднання	Однофазні навантаження та варіанти їх під’єднання									
	Навантаження 1			Навантаження 2			...	Навантаження N-1		
	U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>	U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>		U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>
1	1	0	0	1	0	0		1	0	0
2	1	0	0	1	0	0		0	1	0
3	1	0	0	1	0	0		0	0	1
...										
$3^{N-1}$	0	0	1	0	0	1		0	0	1

### Висновки

1. Знайти розв’язок задачі оптимізації розподільної мережі 0,4 кВ можна шляхом її декомпозиції на ряд підзадач з послідовним розв’язуванням кожної із них.

2. Для однієї із можливих підзадач – задачі оптимального під’єднання однофазних навантажень до лінійних напруг у вузлі мережі, розроблено математичну модель та алгоритм знаходження оптимального розв’язку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Куско А. Качество энергии в электрических сетях / Куско А., Томпсон М.: перевод с английского Рабодзея А.Н//. – М.: Додэка XXI, 2008 – 336 с.
- 2.Аввакумов В. Г. Методы нескаларной оптимизации и их приложения [Текст] / В. Г. Аввакумов// – К.: Вища школа, 1990. – 188 с. ISBN 5-11-001321-7

**Леонід Борисович Терешкевич** — канд. техн. наук, доц., завідуючий кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

**Олександр Олексійович Хоменко** — аспірант кафедри ЕСЕЕМ, e-mail: cah4os2008@mail.ru.

**Leonid B. Tereshkevich** - candidate. Sc. Science , PhD. , Chair of electrical power consumption and power management.

**Oleksandr O. Khomenko** - postgraduate of ESEEM , e-mail: cah4os2008@mail.ru.