

# ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ОБМЕЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ГРУПИ ОДНОФАЗНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ НА НЕСИМЕТРІЮ РЕЖИМУ

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

## *Анотація*

*Розроблено математичну модель, що дозволяє прийняти рішення з обмеження потужності вузла живлення групи електроприймачів несиметричного виконання із врахуванням його впливу на несиметрію режиму.*

**Ключові слова:** несиметрія режиму, математична модель, обмеження потужності.

## *Abstract*

*A mathematical model is developed that allows us to make a decision to limit the power of the power node of the asymmetric electrical receivers group taking into account its effect on the asymmetry of the mode.*

**Keywords:** asymmetry of the regime, mathematical model, power limitation.

## **Вступ**

В будь-якій електроенергетичній системі має місце виробнича задача забезпечення балансу потужності генерації та споживання електроенергії. Особливо важливою стає така задача в енергосистемах, які мають дефіцит потужності генерації, який може скластися в наслідок дефіциту генерованої потужності, або недостатку енергоносіїв, або як результат першого та другого одночасно.

Один із шляхів оперативного вирішення даної проблеми це зменшення максимуму споживання потужності в енергосистемі шляхом зменшення потужності споживачів електроенергії. Така задача вирішується в два етапа. На першому етапі приймається рішення на рівні енергосистеми, в результаті чого приймається рішення з обмеження потужності окремих споживачів. На другому етапі приймаються рішення на рівні споживача, які реалізуються шляхом вимикання деякого технологічного обладнання.

Серед можливих випадків можуть бути такі, коли рішення з обмеження потужності приймається із врахуванням параметрів режиму, що встановиться в результаті реалізації визначеної вимоги. Окремим випадком є обмеження потужності вузла, до якого під'єднано групу електроприймачів несиметричного виконання. Оскільки вимикання несиметричних електроприймачів позначаються на несиметрії електричного режиму системи, то такий взаємопов'язаний ефект може прийматись до уваги. Але досліджень, які дозволяють прийняти таке рішення недостатньо для практичного їх використання. Задача обмеження потужності однофазних електроприймачів залишається не вивченою і як оптимізаційною вона не ставилась (не обґрунтовувались критерії оптимальності, технічні обмеження, в рамках яких мають прийматись рішення, відсутні математичні моделі).

## **Результати дослідження**

Проведені дослідження, обмежені лише випадками трипровідної мережі, в якій несиметричні електроприймачі під'єднані до лінійних напруг, а вимога з обмеження потужності реалізується виключно вимкненням однофазних електроприймачів.

За критерій ефективності в розробленій моделі керування взято модуль струму зворотної послідовності в лінії живлення групи несиметричних електроприймачів.

Обмеженнями математичної моделі забезпечується:

- вимога енергосистеми щодо зменшення потужності;
- нижнє допустиме значення потужності групи несиметричних електроприймачів, що необхідно, для виключення можливості отримання технічно недопустимого розв'язку – вимкнення всіх електроприймачів і забезпечення області пошуку розв'язку оптимального;

– можливість вимкнення будь-якого із несиметричних електроприймачів.

Оскільки кожен несиметричний електроприймач може знаходитись в двох станах «вимкнено» або «ввімкнено», то для опису зручно скористатись булевими змінними. Змінні математичної моделі такий зміст: якщо в результаті розв'язання задачі керована змінна  $X_n=1$ , то  $n$ -й несиметричний електроприймач має залишатись ввімкнутим, а якщо  $X_n=0$ , то навпаки, його слід вимкнути.

В цілому, математична модель обмеження потужності групи несиметричних електроприймачів має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \sum_{n=1}^m a_n x_n + j \sum_{n=1}^m b_n x_n \right| \rightarrow \min \\ \sum_{n=1}^m P_n x_n \leq \sum_{n=1}^m P_n - \Delta P \\ \sum_{n=1}^m P_n x_n \geq \sum_{n=1}^m P_n - \Delta P - 2P_{n \max} \\ x_n + \bar{x}_n = 1, n = 1, 2, \dots, m \\ x_n; \bar{x}_n \in \{1, 0\}. \end{array} \right.$$

де  $a_n$  та  $b_n$  – дійсна та уявна складова вектора струму зворотної послідовності, що генерується електроприймачем  $n$ ,  $n=1, 2, \dots, m$ ;

$P_n$  – активна потужність по вузлу навантаження несиметричних електроприймачів на момент прийняття рішення з обмеження потужності;

$\Delta P$  – значення потужності обмеження;

$P_{n \max} = \max \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ .

Математична модель потребує забезпечення мінімуму струму зворотної послідовності в лінії живлення, який є мірою рівня несиметрії, шляхом вимкнення окремих несиметричних електроприймачів і відноситься до класу нескалярних. Для її аналізу слід скористатись одним із відомих алгоритмів нескалярної оптимізації.

Практичне значення математична модель має в комплексі моделей для інших рівнів прийняття керуючого рішення.

### Висновки

1. Приймати рішення з обмеження потужності в системі електроспоживання слід із врахуванням впливу на електричні режими.

2. Обмежити потужність вузла, що живить групу електроприймачів несиметричного виконання, забезпечивши при цьому мінімально можливий рівень несиметрії режиму, можна прийнявши рішення за допомогою розробленої математичної моделі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аввакумов В. Г. Методы нескалярной оптимізації и их приложения / В. Г. Аввакумов. – К. : Вища шк., 1990. – 188 с. – ISBN 5-11-001321-7/.

2. Терешкевич Л. Б. АСУ в електроспоживанні : навчальний посібник / Л. Б. Терешкевич. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 136 с.

3. Милосердов В.О. Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики : Навчальний посібник / В.О. Милосердов, Л.Б. Терешкевич. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 123 с.

**Леонід Борисович Терешкевич** – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.

**Олександр Олексійович Хоменко** – аспірант кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.

**Leonid Boris Tereshkevich** – Cand. Sc. (Eng), associate professor, professor of department of the electrical engineering systems of electro-consumption and power management, Winnitca national technical university.

**Alexander Alex Khomenko** is a graduate student of department of the electrical engineering systems of electro-consumption and power management, Winnitca national technical university.