

## ЗАСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ГЕНЕРУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація:** в роботі використано метод, який дозволяє розв'язати задачу вирівнювання сумарного графіка електроспоживання локальних електричних систем і зниження втрат електроенергії в розподільних електричних мережах

**Ключові слова:** відновлюване джерело енергії, графік навантаження, електрична мережа

**Abstracts:** The method is used in the work, which allows to solve the problem of equalization of the total schedule of electricity consumption of the local electrical system and reduction of electricity losses in the distribution electric networks.

**Key words:** renewable energy source, load schedule, electric network

Інтенсивне впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в електроенергетичну систему (ЕЕС) України ставить нові задачі перед фахівцями галузі. В основному вони зумовлені непристосованістю електричних мереж ЕЕС до експлуатації електричних станцій, які використовують відновлювані джерела енергії, з нестабільним генеруванням та відсутністю достатнього рівня автоматизації мереж. Очікується, що розбудова ВДЕ наближено до споживачів потенційно повинна сприяти розвантаженню електричних мереж, підвищенню якості і надійності електропостачання. Однак, нестабільність генерування ВДЕ, яка зумовлена залежністю від природних умов, а також завищена встановлена потужність приєднаних джерел призводять до зниження ефективності функціонування електричної мережі та погіршення якості послуг з електропостачання споживачів. Особливо це стосується фотоелектричних станцій (ФЕС), одинична та сумарна встановлена потужність яких в електричних мережах зростає з кожним роком. Нестабільність режимів роботи ФЕС негативно впливає на балансову надійність енергосистеми, а також на стійкість її роботи. Убезпечити баланс потужності та електроенергії в енергосистемі можливо, комплексно використовуючи методи та засоби компенсації нестабільності генерування ФЕС – накопичувачів енергії (гідроелектроакumuлюючі станції, хімічне акумулювання, водневі технології, біогазові технології та інші способи), використання наявних джерел гарантованого генерування, в першу чергу блоків теплової генерації з регульовальним діапазоном 30-50%, організаційних та технічних заходів з узгодження графіків електроспоживання і генерування ФЕС.

Розглянемо детальніше метод узгодження графіків електроспоживання і генерування ФЕС. Застосування такого підходу, в задачі вирівнювання добового графіка електричних навантажень (ГЕН), дозволяє не тільки зменшити нерівномірність останнього, а й зменшити втрати електроенергії в локальній електричній системі (ЛЕС). Для зменшення нерівномірності сумарного добового ГЕН електричних мереж та мінімізації втрат активної потужності пропонується коригувати графік кожним вузлом по черзі відповідно до коефіцієнта струморозподілу. Для розв'язання цієї задачі скористаємося класичною транспортною задачею, в якій умовно можна виділити  $m$  годин, в які власне споживання вузла більше за генерування ФЕС,  $A_1, \dots, A_m$ , та  $n$  годин, в які генерування ФЕС переважатиме споживання вузла,  $Z_1, \dots, Z_m$ . Для цього використовуються потужності вузлів, уточненні шляхом множення на коефіцієнт струморозподілу. Відносну вартість  $B_{ij}$  переносу потужності з одного часового проміжку графіка на інший визначатимемо:

$$B_{ij} = P_{zm} \cdot C_m (K_{Tj} - K_{Ti}) + \beta - \delta P \cdot C_m, \quad (1)$$

де  $K_{Tj}$  – коефіцієнт вартості електроенергії згідно зонного тарифу ступені графіка, з якої планується перенести потужність, у в.о.;

$K_{Ti}$  – коефіцієнт вартості електроенергії згідно зонного тарифу ступені графіка, в яку планується переносити потужність, у в.о.;

$P_{zm}$  – потужність, яку споживач має змістити для вирівнювання графіка навантаження ЛЕС, кВт;

$C_m$  – тариф на електроенергію по енергопостачальній компанії, грн. / кВт год;

$\beta$  – вартість технологічного зсуву виробництва, що має бути компенсована енергосистемою, грн;

$\delta P$  – зменшення втрат потужності внаслідок коригування графіка навантаження споживача, кВт;

З урахування вартостей переносу потужностей, транспортна матриця для даної задачі має вигляд (табл.1)

Таблиця 1 – Транспортна матриця задачі вирівнювання добового графіка електричних навантажень ЛЕС

$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$	$B_{16}$	$B_{17}$	...	...	$B_{1i}$	$Z_1$
$B_{21}$	$B_{22}$	$B_{23}$	$B_{24}$	$B_{25}$	$B_{26}$	$B_{27}$	...	...	$B_{2i}$	$Z_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$B_{j1}$	$B_{j2}$	$B_{j3}$	$B_{j4}$	$B_{j5}$	$B_{j6}$	$B_{j7}$	...	...	$B_{ji}$	$Z_n$
$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	...	...	$A_m$	

Очевидно, що значення відносних вартостей  $B_{ij}$  для кожного вузла будуть відрізнятися. Відповідно до поставленої задачі запишемо цільову функцію:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n B_{ij} \cdot P_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $P_{ij}$  – потужність, яку потрібно змістити з однієї ступені графіка навантаження в іншу.

Перша група обмежень вказує, що потужність на будь-якій ступені ГЕН повинна дорівнювати сумарній потужності споживання електроенергії цієї ступені ГЕН:  $\sum_{i=1}^m P_{ij} = A_i$ . Друга група обмежень вказує, що сумарний зсув споживання на деяку ступень ГЕН повинен повністю компенсувати генерування на цій ступені:  $\sum_{j=1}^n P_{ij} = Z_j$ . Також вводиться обмеження на неможливість зміщення від'ємних значень потужності споживання:  $P_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ .

Залежність режиму роботи відновлюваних джерел енергії від природних умов в більшості випадків призводить до погіршення режиму роботи розподільних електричних мереж. Тому необхідно виконувати штучне узгодження графіків навантаження і ВДЕ. Особливо це стосується ФЕС. Запропонований метод на основі застосування аналізу графіків споживання, оптимальних коефіцієнтів струморозподілу і транспортної задачі дозволяє розв'язати задачу вирівнювання сумарного графіка електроспоживання ЛЕС і зниження втрат електроенергії в розподільних електричних мережах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П.Д. Оцінка стабільності генерування сонячної енергії в завданні забезпечення надійності мережі/ П.Д. Лежнюк, В.А. Комар., С.В. Кравчук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. -2016. - №2 С. 1- 8. Доступ: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/471>

**Зелінська Анна Вікторівна** – студентка, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zelinska.anna129@gmail.com

Науковий керівник: **Тептя Віра Володимирівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)

Науковий керівник: **Лежнюк Петро Дем'янович** – доктор. техн. наук, доцент, професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [lezhpd@gmail.com](mailto:lezhpd@gmail.com)

**Zelinska Anna V.** – student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [genyashkat@gmail.com](mailto:genyashkat@gmail.com)

Supervisor: **Teptia Vira V.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department of electric power stations and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)

Supervisor: **Lezhniuk Petro D.** – Doctor of Technical Sciences (Dr. Sc.), professor, Vinnitsa National Technical University, professor of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [lezhpd@gmail.com](mailto:lezhpd@gmail.com)