

# ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГІЛОК І ГРАНИЦЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

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

## Анотація

У роботі розглянуті питання розробки, використання методів та алгоритмів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем, що забезпечують ефективне вирішення поставленої задачі розвитку, виконання технічних та ресурсних обмежень у вигляді рівностей та нерівностей. Запропонований алгоритм, який використовує метод гілок і границь, має досить високий рівень збіжності, стійкість до вибору початкових наближень.

**Ключові слова:** електрична мережа, енергосистема, оптимізація розвитку, технічні та ресурсні обмеження, елементи мережі.

## Abstract

The paper considers the development and use of methods for optimization of the established modes of electric networks of modern power systems by reactive power and voltage, which provide an effective solution of the task, the implementation of technical and resource constraints in the form of equality and inequality. The proposed algorithm, which uses the combined gradient method, has a rather high level of convergence, resistance to the choice of initial approximations.

**Keywords:** electric network, power system, optimization of functioning, technical and resource constraints, network elements.

## Вступ

Метою роботи є розробка методів та алгоритмів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем, що забезпечують ефективне вирішення поставленої задачі розвитку, виконання технічних та ресурсних обмежень у вигляді рівностей та нерівностей.

## Результати досліджень

Метод гілок і границь відноситься до групи так званих комбінаторних методів, при використанні яких здійснюється направлений частковий перебір припустимих рішень [1, 3-6]. Сутність методу полягає в розбивці множини варіантів розвитку мережі на непересічні підмножини і послідовне виключення підмножин безперспективних рішень. При цьому кожній підмножині ставляться у відповідність зовнішні і внутрішні оцінки.

Нехай існує множина варіантів розвитку розглянутої електричної мережі  $\gamma_k$ . Розіб'ємо цю множину на дві непересічні підмножини  $\gamma_k^m$ ,  $\gamma_k^e$  і для кожної з них визначимо внутрішні та зовнішні оцінки -  $x_k^m$ ,  $x_k^e$ ,  $y_k^m$  і  $y_k^e$ . Якщо справедлива умова

$$x_k^m < y_k^e, \quad (1)$$

то підмножина варіантів розвитку мережі  $\gamma_k^e$  явно неперспективна, тому що дисконтовані витрати на спорудження та експлуатацію одного з варіантів розвитку мережі підмножини  $\gamma_k^m$  виявилися менше нижньої границі функції витрат для підмножини  $\gamma_k^e$ . Далі знову виконується дроблення підмножини

$$\gamma_{k+1} = \gamma_k - \gamma_k^e, \quad (2)$$

знову визначаються внутрішні та зовнішні оцінки підмножин, знову визначається підмножина безперспективних варіантів і т.д.

Так як кількість можливих варіантів розвитку електричної мережі є кінцеве число, після виконання певної кількості кроків дроблення множини  $\gamma_k$  сукупність варіантів розвитку, що залишилися, виявиться настільки малою, що може бути визначена точна нижня границя зміни функції дисконтованих витрат кожної з підмножин  $Z_k^i$ . Той варіант розвитку мережі, що відповідає меншій з нижніх границь, і є оптимальним.

Необхідно відзначити, що так як кількість дроблень підмножин залежить від порядку розгляду припустимих гілок електричної мережі, ефективність використання методу гілок і границь в істотній мірі залежить від ефективності алгоритму вибору гілки  $i$  на кожному кроці оптимізації [2].

### Висновки

Методи та алгоритми оптимізації розвитку електричних мереж великих енергосистем, що запропоновані в роботі, забезпечують ефективне вирішення задачі оптимізації, виконання технічних та ресурсних обмежень у вигляді рівностей та нерівностей.

У зв'язку з тим, що при використанні методу гілок і границь на кожному кроці оптимізації необхідно визначати найкоротшу електричну мережу і вирішувати транспортну задачу із проміжними перевезеннями, із збільшенням обсягу електричної мережі різко зростає кількість необхідних обчислень і аналізованих схем, а це ускладнює широке поширення методу.

Розглянутий алгоритм оптимізації розвитку електричних мереж великих енергосистем реалізований у пакеті прикладних програм для персональних комп'ютерів. Розрахунки показали, що пропонується метод оптимізації відрізняється високою збіжністю, досить стійкий до вибору початкових наближень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Баженов В. А. Модели оптимального развития энергосистем. Учеб. пособие / В. А. Баженов. – Киев: КПИ, 1984. – 100 с.

[2] Баженов В. А. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж сучасних енергосистем / Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016.- №2, с.93-97.

[3] Кацадзе Т. Л. Моделі та методи оптимізації розвитку основних мереж енергосистем в умовах ринкових відносин / Т. Л. Кацадзе, В. А. Сулейманов, В. А. Баженов. // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – №4. – С. 58–66.

[4] Кузнецов В. Г. Оптимизация режимов электрических сетей / В. Г. Кузнецов, Б. И. Тугай, В. А. Баженов. – Киев: Наукова думка, 1992. – 216 с

[5] Модели оптимизации развития энергосистем: Учебн. для электроэнергет. спец. вузов/ Д.А.Арзамасцев, А.В.Липес, А.Л.Мизин /Под ред. Д.А.Арзамасцева. -М.: Высш. школа. 1987- 272с.

[6] Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау. – Москва: Мир, 1975. – 534 с.

**Баженов Володимир Андрійович** – канд. техн. наук, доцент кафедри електричних мереж та систем НТУУ «КПІ», м. Київ, email : v\_bazenov@ukr.net

**Vazhenov Vladimir A.** – Cand. Sc., Associate Professor of the Department of Electrical Networks and Systems National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv. email: v\_bazenov@ukr.net