

ПОБУДОВА ТА АПРОКСИМАЦІЯ ФУНКЦІЙ ОПТИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ДЛЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ТА ТРАНСФОРМАТОРІВ

Баженов В.А., доц., к.т.н, Крикливий Д.С., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Оптимізація розвитку електричних мереж полягає в побудові схем мереж, виборі складу і параметрів окремих об'єктів і термінів їх спорудження. При цьому повинний бути забезпечений мінімум сумарних дисконтованих витрат на спорудження і експлуатацію енергосистеми при дотриманні нормованих вимог до якості та надійності електропостачання.

Мета роботи. Метою роботи є побудова та апроксимація функцій оптимальних витрат для ліній електропередачі та трансформаторів 220 кВ, які використовуються для оптимізації розвитку електричних мереж сучасних енергосистем.

Матеріали і результати досліджень. В якості критерію оптимальності при вирішенні задачі оптимізації розвитку електричної мережі використовують суму динамічних дисконтованих витрат по всіх елементах мережі

$$Z^c = \sum_{i \in M} Z_i, \quad (1)$$

При оптимізації для скорочення розмірності розв'язуваної задачі доцільно виключити з числа незалежних змінних параметри, що ускладнюють розрахунок. Для виключення може бути застосований метод економічних інтервалів, при використанні якого витрати i -ї гілки електричної мережі повинні задовольняти умові

$$Z_i(P_i) = \min \{Z_{i1}(P_i), Z_{i2}(P_i), \dots, Z_{iV}(P_i)\}, \quad (2)$$

Дисконтовані витрати на спорудження і експлуатацію одиниці довжини лінії заданого типу і напруги з перерізом S_V для реальної мережі можуть бути представлені у вигляді

$$Z_{V0} = K_{V0} + \sum_{t=1}^T \left[\left(I_{V0} + \frac{P^2}{U_{cp}^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot r_{V0} \cdot Z_9 \cdot \tau \right) \cdot (1 + E_n)^{-t} \right], \quad (3)$$

Функція може бути представлена у вигляді

$$Z_{V0} = a_{V0} + b_{V0}P^2, \quad (4)$$

Функцію $Z_{V0} = f(P)$ для кожного із заданих перерізів, зображено на рисунку 1.

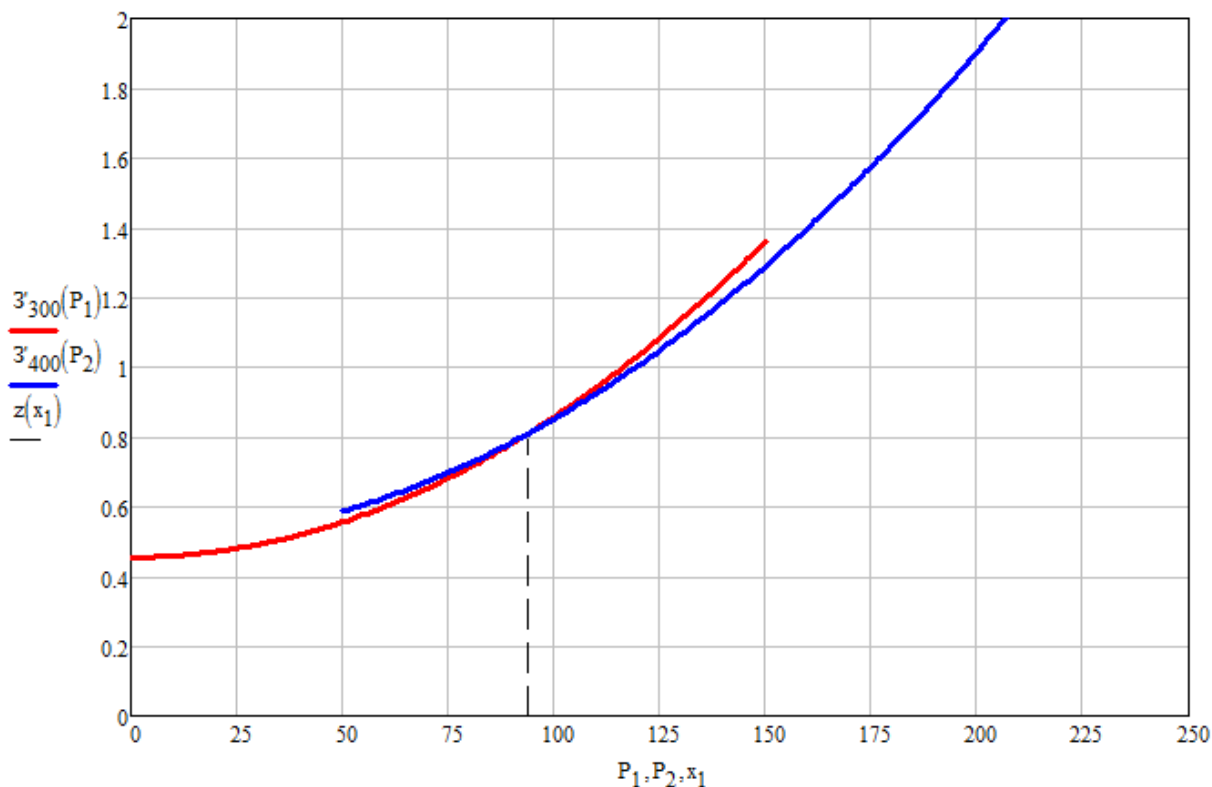


Рисунок 1 – Функція питомих приведених витрат на спорудження та експлуатацію лінії 220 кВ

Використання функції оптимальних витрат виду $Z_i = f(P_i)$ ускладнено, оскільки на межах економічних інтервалів перші похідні функції є розірваними. В цьому випадку кусково-параболічну функцію витрат замінюють більш простими апроксимуючими функціями, які в більшості випадків є лінійними. Лінійну функцію можна записати у вигляді

$$y = a \cdot x + b, \quad (5)$$

Апроксимація функції оптимальних витрат полягає в знаходженні таких коефіцієнтів a і b , при яких всі експериментальні точки лежатимуть найближче до апроксимуючої прямої. З цією метою найчастіше використовується метод найменших квадратів, при використанні якого, сума квадратів відхилень експериментальних значень точки від апроксимуючої лінії приймає мінімальне значення

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (a \cdot x_i + b))^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

Розв'язання поставленої задачі зводиться до знаходження екстремуму зазначеної функції двох змінних. З цією метою знаходимо частинні похідні функції за коефіцієнтами a і b і прирівнюємо їх до нуля

$$\begin{cases} \frac{\partial F(a,b)}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - (a \cdot x_i + b)) \cdot x_i = 0 \\ \frac{\partial F(a,b)}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - (a \cdot x_i + b)) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Вирази для визначення коефіцієнтів a і b мають вигляд

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad (8)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (9)$$

Аналогічно функція дисконтованих витрат апроксимується прямою, що проходить через початок координат $y = k \cdot x$.

Графіки апроксимованих функцій $Z_H = f(P)$ та $Z_{ic} = f(P)$, зображені на рисунку 2.

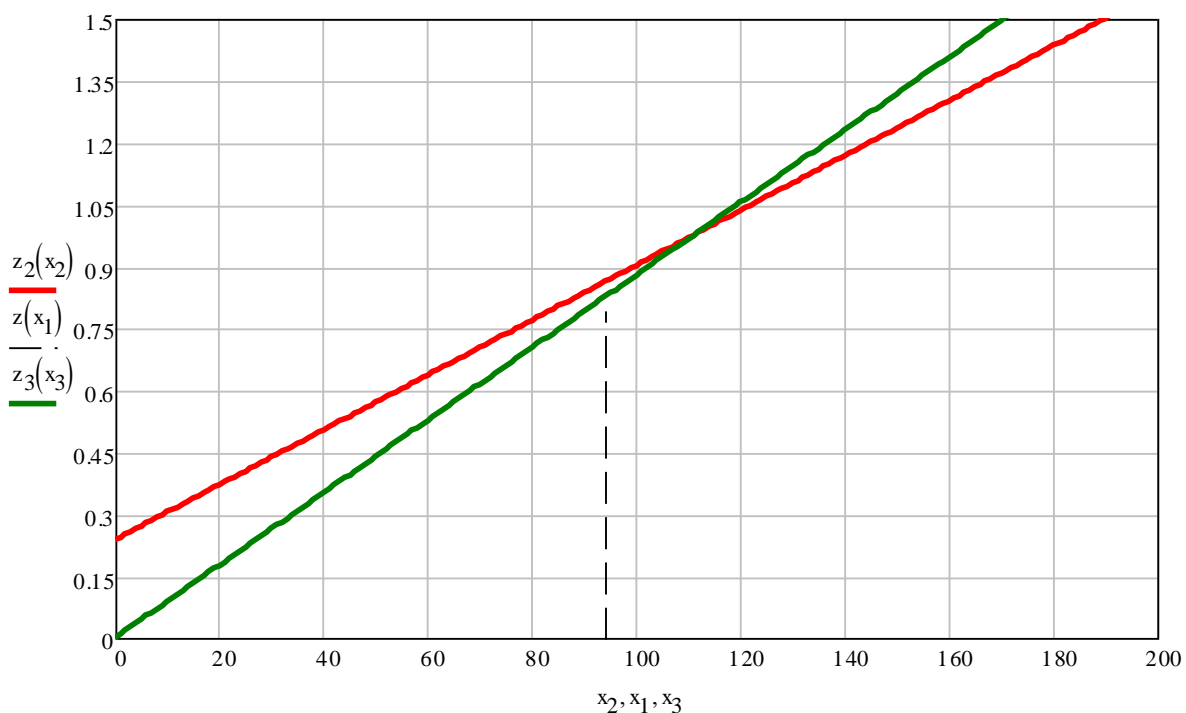


Рисунок 2 – Функція питомих дисконтованих витрат для лінії з номінальною напругою 220 кВ

Аналогічним чином будуються графіки функцій для трансформаторів, зображені на рисунку 3.

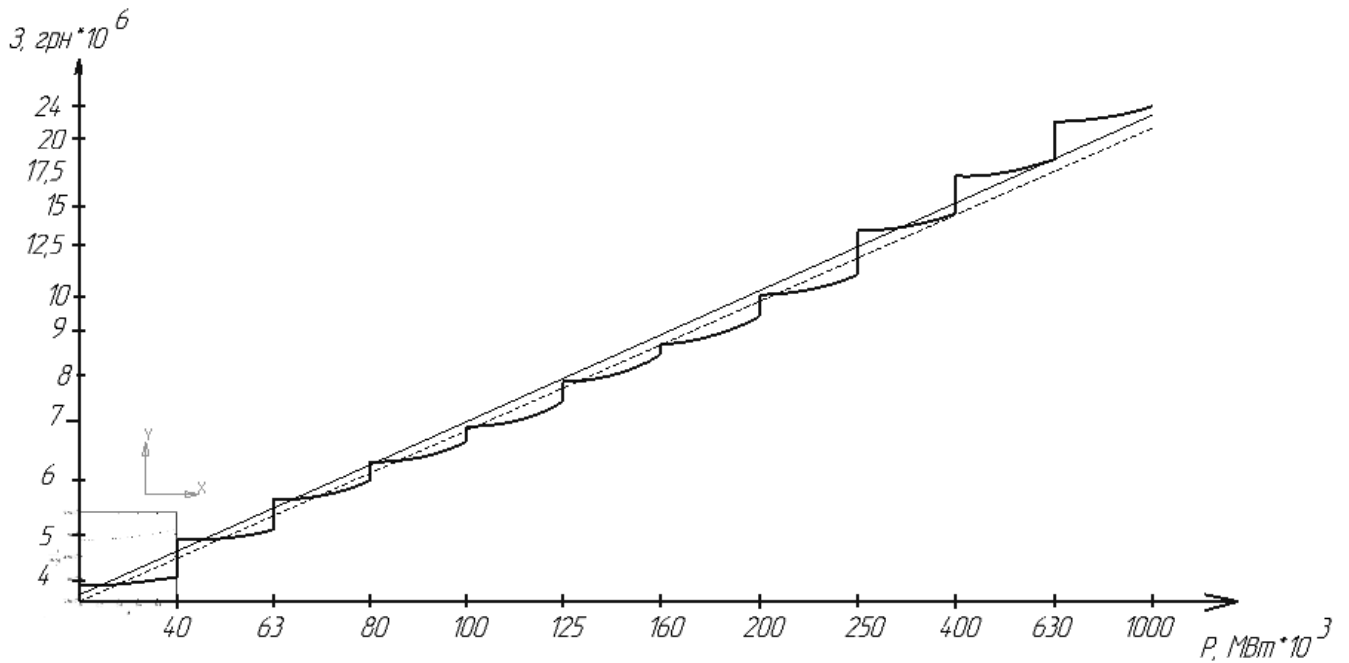


Рисунок 3 – Функція дисконтованих витрат для трансформаторів напругою 220 кВ

Висновок. В результаті виконання роботи були побудовані кусково-параболічні функції оптимальних дисконтованих витрат на спорудження і експлуатацію ліній електропередачі та трансформаторів напругою 220 кВ. Отримані функції дисконтованих витрат апроксимовані за допомогою метода найменших квадратів

Всі запропоновані алгоритми реалізовані в пакеті прикладних програм для персональних комп'ютерів.

Перелік посилань

1. Баженов В.А. Модели оптимального развития энергосистем: учеб.пособ. / В.А. Баженов. –К.:КПИ,1984. – 100с.
2. Кузнецов В.Г. Оптимизация режимов электрических сетей/ В.Г. Кузнецов, Ю.И. Тугай, В.А. Баженов. – К.: Наукова думка, 1992. – 216 с.
3. Буслова Н.В. Электрические системы и сети./Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Г.И. Денисенко, В.С. Перхач.-К.:Вища школа, 1986.-584 с.