

УДК 621.316.11

## ВИКОРИСТАННЯ ТА РОЗВИТОК МЕТОДУ ПОТЕНЦІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ПОБУДОВИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ

*Авдєєв І.В., к.т.н, доц., Заболотний А.П., к.т.н, доц., Федоша Д.В., асистент  
Запорізький національний технічний університет  
69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
E-mail: zap@zntu.edu.ua*

В данной статье рассмотрено развитие метода потенциальных поверхностей для решения задач построения цеховых распределительных сетей. Предложенный метод позволяет повысить эффективность проектных работ, а также устранить ряд недостатков ранее известных подходов решения оптимального проектирования распределительных сетей.

**Ключевые слова:** электрические сети, проектирование, оптимизация, потенциальная поверхность.

In this article the development of method of potential surfaces is considered for the decision of tasks of construction of workshop distributive networks. The offered method allows to promote efficiency of project works, and also to remove the row of failings of known approaches for decision of the optimum planning of distributive networks.

**Key words:** mains, design, optimization problem, potential surface.

**Вступ.** При побудові розподільчої мережі, вирішуються задачі вибору кількості вузлів навантаження (джерел живлення), місця їх розташування, розподілення за вузлами навантаження. Необхідно також вирішувати питання, пов'язані з компенсацією реактивної потужності, резервуванням за низькою стороною, улаштуванню проміжних вузлів навантаження (рівнів розподільчої мережі). У вже існуючих підходах до побудови розподільчої мережі ці задачі вирішуються незалежно одна від одної [1]. При вирішенні задач побудови розподільчої мережі багато умов та рішень приймаються проектувальником з власного досвіду та суб'єктивної оцінки, тому існують рішення, які залишаються поза увагою проектувальника.

**Аналіз попередніх досліджень.** Для виключення впливу фактора суб'єктивної точки зору при рішенні задач побудови розподільчої мережі на практиці використовують методи випадкового перебору варіантів можливих схем розподільчої мережі [2]. Ці методи мають добрий результат, оскільки в рамках цих методів проводиться повний перебір усіх можливих варіантів, серед яких вибирається варіант з найменшими втратами енергії. Оскільки перебір проводиться серед усіх можливих варіантів, то ймовірність незнайдених оптимальних рішень знижується. Недолік цих методів – в кількості варіантів перебору, яка при сумісному рішенні задач, надмірно збільшується що збільшує час проектування. Таким чином, при рішенні задач побудови розподільчої мережі потрібно організувати автоматичну селекцію варіантів мережі на основі всій сукупності вихідних даних та задач, які необхідно вирішити при побудові розподільчої мережі.

**Мета роботи.** Розвиток методу потенційних поверхонь для розв'язання задач побудови цехових розподільчих мереж.

**Матеріал і результати дослідження.** На практиці вже існує метод, який намагається вирішити задачі побудови розподільчої мережі, це метод еквіпотенційних поверхонь [3]. Метод дозволяє вирішити задачу розміщення вузлів навантаження, розподілення електроприймачів за вузлами навантаження, засновуючись тільки на властивостях електроприймачів (розміщення, потужність). Цей метод засновується на проведенні аналогії між навантаженням  $P_i$  приймачів, розташованих в точках  $x_i, y_i$ , та потенціалами деяких джерел енергії, розташованих у тих же точках. Потенціали цих джерел дорівнюють навантаженням приймачів. При віддаленні від точки розташування приймача потенціал від джерела, розташованого у тій самій точці, буде зменшуватися, та в деяких віддалених точках потенціал буде близький до нуля. Сукупність всіх потенціалів джерел енергії утворює потенційну поверхню, яку можна описати потенційною функцією (1) і через це цей метод має ще назву "Метод потенційної функції" [4].

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-1 \cdot \alpha \left[ (x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 \right]} \quad (1)$$

На рис. 1 показана залежність значення функції від її параметрів.

На потенційній поверхні можна виділити еквіпотенційні контури – місце точок, яке обумовлене близькими за значеннями потенціалами (в ідеалі потенціали рівні). Еквіпотенційні контури виділяють області на потенційній поверхні [5]. Приймачі, що знаходяться в середині однієї виділеної області, утворюють групу з центром електричного наванта-

ження, що його розташовано у точці найбільшого потенціалу виділеної області.

Кількість груп, на які розділяються приймачі, залежить від значення коефіцієнту контрастності рельєфу  $\alpha$  (1), який задається проектувальником.

Таким чином, всі приймачі розподіляються у групи та для кожної групи визначається центр електричних навантажень, де буде розташовано джерело живлення групи (рис. 2).

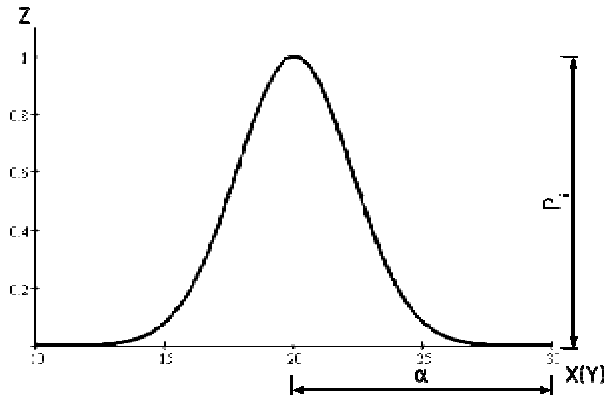


Рисунок 1 – Графік функції від одного приймача (залежність від параметрів)

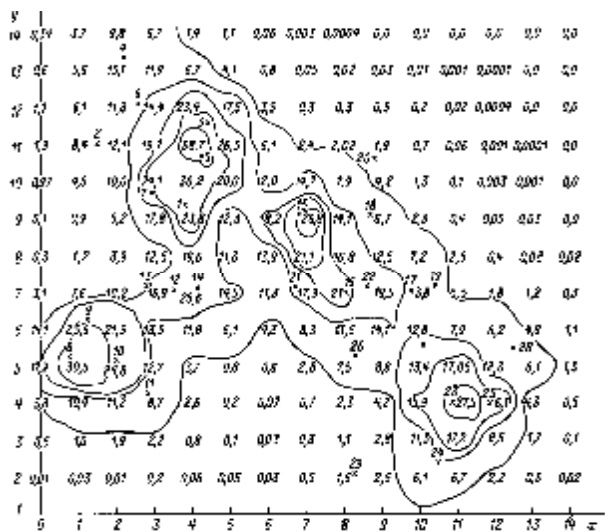


Рисунок 2 – Приклад потенційної поверхні з екіпотенційними контурами

Але у цього методу є ряд недоліків, які розглянуто нижче. Вони не дозволяють однозначно та в повній мірі вирішити задачу побудови оптимальної розподільчої мережі. У зв'язку з цими недоліками та наданням методу більш широкого застосування, зроблено наступні його модифікації.

Використання у розрахунках замість активної потужності повної, що дозволить одночасно розгля-

нути вплив компенсації реактивної потужності на розподільчу мережу, та врахувати це питання при її побудові.

Введення в (1) коефіцієнту, що враховує втрати потужності від джерела живлення до приймача (2):

$$\alpha_{\Delta S_i} = \frac{S_i^2 \cdot \rho}{U^2 \cdot F_i}, \quad (2)$$

де  $\rho$  – питомий опір матеріалу провідника;  $F_i$  – переріз;  $U_i$  – напруга;  $S_i$  – потужність приймача. Використання коефіцієнту  $\alpha_{\Delta S_i}$  дає можливість одразу оцінити ступінь майбутніх втрат у провідниковому матеріалі при визначенні центру електричних навантажень. В результаті вираз (1) приймає вигляд (3):

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^n S_i \cdot e^{-1-\alpha \cdot \alpha_{\Delta S_i} [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]}. \quad (3)$$

Загальний графік функції від одного приймача приймає вигляд (рис. 3):

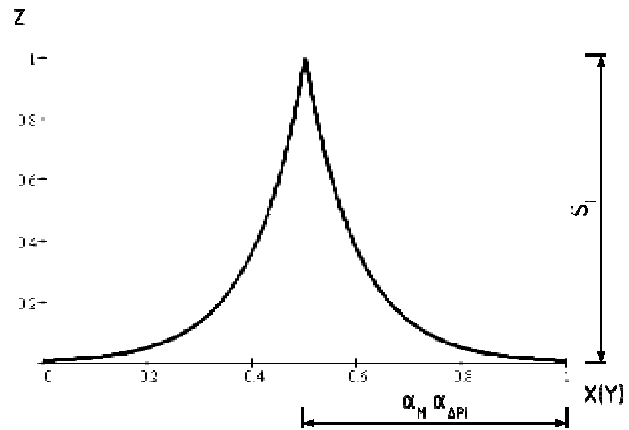


Рисунок 3 – Графік функції від одного приймача (залежність від параметрів) за виразом (3)

Заміна способу формування груп електроприймачів. При формуванні груп приймачів за допомогою екіпотенційних контурів виникають складнощі в реалізації цієї процедури визначення екіпотенційних контурів за допомогою числових методів [4], а при ручному визначенні діє принцип суб'єктивності проектувальника, особливо при виборі контуру за наявності приймачів, які лежать близько до меж контурів.

Екіпотенційні контури замінюються двома критеріями добору (формування груп): "потенційним" та "технічним".

За "потенційним" критерієм на потенційній поверхні визначається точка максимуму потенціалу та приймачі, які брали участь у формуванні її потенціалу, тобто ті приймачі, потенціали яких у цій точці більше нуля. Ці приймачі зараховуються до "потенційної групи".

"Технічний" критерій відбору проводить відбір з "потенційної групи" до групи, потужність приймачів якої відповідає потужності ймовірного джерела їх живлення (комплектна трансформаторна підстан-

ція, силовий пункт). Виконується це наступним чином: “потенційна група” сортується за ступенем небажаності відносно точки максимуму потенціалу. Ступенем небажаності виступає потенціал джерела або втрата потужності.

Електроприймачі, які було відкинуто обома критеріями, повертаються до загальної групи, і для них формується нова потенційна поверхня за виразом (3) та проводиться “потенційний” та “технічний” критерії добору і так до тих пір, доки всі приймачі не увійдуть до груп. На основі цього положення сформовано алгоритм методу (рис. 4).

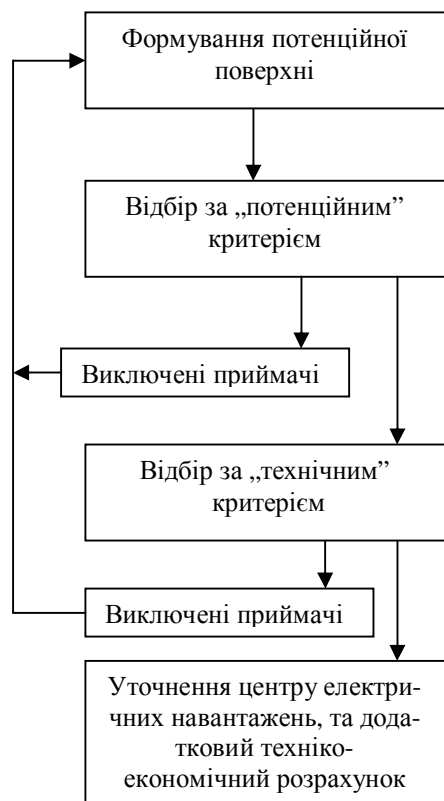


Рисунок 4 – Алгоритм методу (взаємодія критеріїв відбору)

**Висновки.** Використання модифікованого методу потенційних поверхонь дозволяє:

- використовувати для побудови розподільчих цехових мереж з мінімальними комунікаційними втратами енергії;
- провести оцінку потенціалу енергозбереження вже існуючих цехових мереж;

- проводити моніторинг втрат у мережі та миттєво оцінювати їх можливе зниження за рахунок реконфігурації розподільчої мережі, при використанні значень потужності у інтервалі часу виміру систем АСКОЕ [6];

- приймати частину мережі як вже існуючу, незмінну, що дає можливість провести оцінку капіталовкладень в розподільчу мережу при її частковому реконструюванні. Тобто визначити при якому об’ємі вкладених коштів буде отримано найбільший економічний ефект;

- визначити оптимальне розташування статичних конденсаторних батарей у мережі, що проектується;

- представляючи силові напівпровідникові перетворювальні установки джерелами вищих гармонійних коливань, визначити місця розташування фільтро-компенсуючих пристроїв у локальних мережах, що оптимізуються [7];

- за певних незначних змін використовувати цей метод і для не цехових мереж.

#### БІБЛІОГРАФІЧНІ ДАНІ

1. Основы построения промышленных электрических сетей/ Каялов Г.М., Каждан А.Э., Ковалев И.Н., Куренный.-М.:Энергия Э.Г., 1978. - 360 с.
2. Щукин Б.Д., Лыков Ю.Ф. Применение ЭВМ для проектирования систем электроснабжения.- М.: Энергия, 1973. – 420 с.
3. Федоров А.А., Садчиков С.В. Характеристики и алгоритмы формирования и отбора вариантов систем промышленного электроснабжения // Электричество, 1982, №2. – С. 27-31.
4. Айзерман М.А., Браверман Э.М., Розенэр О.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 383 с.
5. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
6. Міжнародна науково-технічна конференція “Енергоефективність–2002”: Тези доповідей / Редактори Жовтянський В.А. і Сточний Б.С. – К.: Навчальна книга; 2002. – 192 с.
7. Анчарова Т.В., Гамазин С.И. Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях. – М.: Высшая школа, 1990. – 140 с.

Стаття надійшла 10.04.2007 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Труфановим І.Д.