

РОЗВИТОК МЕТОДУ ЕКВІПОТЕНЦІЙНИХ КОНТУРІВ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ

© Авдєєв І.В., Заболотний А.П., Федоша Д.В., Теліпайло С.А., Мамбаєва В.С., 2009

Описано розвиток методу еквіпотенційних контурів для проектування оптимальної структури радіальних розподільчих мереж. І зокрема, вирішенню визначення кількості та місць розташування проміжних вузлів навантаження .

Article is devoted for development of method of potential surfaces for designing of optimum structure of radial branch circuits. Particularly to the decision of a problem of definition of quantity and a site of intermediate load buses.

Постановка проблеми. Ключовою задачею під час проектування розподільчих мереж є задача визначення кількості джерел живлення та розподіл за ними приймачів електроенергії, а також улаштування проміжних вузлів навантаження (рівнів розподільчої мережі).

Основні підходи до розв'язання цих задач базуються на використанні оцінних та оптимізаційних моделей. Перші служать для визначення техніко-економічних показників для заданого проектувальником варіанта мережі. Другі – для визначення оптимального варіанта конфігурації мережі в межах прийнятих проектувальником допущень, відповідно до прийнятого критерію оптимальності. В оптимізаційних моделях потрібно враховувати дискретність частини величин (переріз проводів та кабелів, потужність і кількість трансформаторів, кількості приєднань до РП тощо) [1].

Зрозуміло, що оптимальність вирішень значною мірою залежить від кваліфікації та досвіду проектувальника, який використовує оцінні та оптимізаційні моделі для проектування оптимальної структури розподільчих мереж окремо.

Аналіз наявних методів розв'язання задачі визначення кількості джерел живлення та розподіл за ними приймачів електроенергії показав, що об'єднати оцінні й оптимізаційні моделі можливо на основі методу еквіпотенційних контурів [2].

Задача досліджень. Розвиток методу еквіпотенційних контурів для проектування оптимальної структури радіальних розподільчих мереж, визначення кількості та місць розташування проміжних вузлів навантаження.

Виклад основного матеріалу. Суть методу еквіпотенційних контурів полягає у проведенні аналогії між навантаженням P_i приймачів, розташованих у точках x_i ; y_i , та потенціалами деяких джерел енергії, розташованих у тих самих 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 усіх потенціалів джерел енергії утворює потенційну поверхню, яку можна описати потенційною функцією (1).

$$\Pi(x, y) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-1 \cdot a_{\Delta P_i} [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]} \quad (1)$$

де $a_{\Delta P_i}$ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності від джерела живлення до приймача (2)

$$a_{\Delta P_i} = \frac{P_i^2 \cdot r}{U^2 \cdot F(P_i)} \quad (2)$$

де ρ – питомий опір матеріалу провідника; $F(P_i)$ – переріз провідника, визначається як функція від потужності, що передається; U_i – напруга; P_i – потужність приймача.

Використання запропонованого авторами коефіцієнта $\alpha_{\Delta P_i}$ (2), дає можливість одразу оцінити ступінь майбутніх втрат у провідниковому матеріалі під час визначення центра електричних навантажень. Крім цього запропоновано використання замість еквіпотенційних контурів, як критерію, “потенційний” та “технічний” критерії формування вузлів навантаження (критерії відбору).

Функція (1) є основою для “потенційного” критерію відбору, за яким на потенційній поверхні, що утворює функція, визначається точка максимуму потенціалу. Ця точка надалі виступає центром електричних навантажень. Приймачі, які будуть отримувати живлення від цього центра електричних навантажень за “потенційним” критерієм, визначаються, як приймачі, що брали участь у формуванні максимуму функції (1). Ці приймачі зараховуються до “потенційної” групи.

“Потенційна група” є закінченим структурним елементом майбутньої розподільчої мережі, але, що під час формування “потенційної” групи було враховано лише розташування приймачів щодо один одного й очікувані втрати електричної енергії в розподільній мережі, це не дає можливості впровадити “потенційну” групу в майбутню розподільчу мережу, тому що окрім урахованих факторів ще необхідно узгодити майбутню “потенційну” групу з можливим конструктивним виконанням вузла навантаження.

Для розв’язання цієї задачі використовується “технічний” критерій. “Технічний” критерій відбору виконує функцію узгодження приймачів “потенційної” групи з можливим конструктивним виконанням її джерела живлення. Критерій діє на основі принципу надлишковості “потенційної” групи щодо граничних умов “технічного” критерію. Тобто зі сформованої “потенційної” групи вибираємо електроприймачі, при яких завантаження джерела живлення буде оптимальним. Виконується це так: “потенційна” група сортується за ступенем небажаності щодо точки максимуму потенціалу. Ступенем небажаності виступає потенціал джерела чи втрата потужності. На підставі взаємодії “потенційного” та “технічного” критеріїв відбору формується схема алгоритму методу, яка подана на рис. 1.

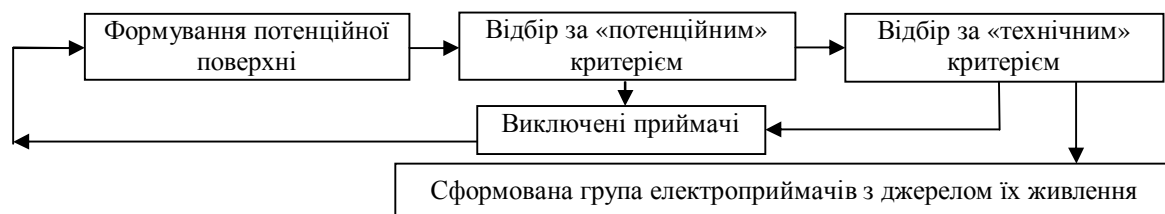


Рис. 1. Схема алгоритму методу (взаємодія критеріїв відбору)

Принцип роботи алгоритму базується на утворенні зворотних зв’язків, які охоплюють обидва критерії та створюють умови для становлення алгоритму як самоорганізованої моделі побудови структури мережі. Оскільки у цьому випадку будуть використовуватися оцінні й оптимізаційні моделі одночасно, отримане рішення буде більше наближене до оптимуму та з меншим впливом суб’єктивізму проектувальника.

Розглядаючи критерії відбору як граничні умови функціонування моделі, запропонований підхід дає можливість закладення до них дискретності конструкційних умов виконання структури мережі, і чим повніше перенесені ці умови в критерії відбору, тим більше можливостей побудувати оптимальну структуру мережі.

Приклад застосування запропонованого методу проілюстровано на рис. 2. Алгоритм реалізується числовими методами, зворотні зв’язки критеріїв утворюються за допомогою ітераційних циклів без явних умов завершення. На першому етапі головної зовнішньої ітерації, яка забезпечує пряму взаємодію критеріїв, утворюється потенційна поверхня за функцією (1) на рис. 2, а, б). На потенційній поверхні виділяється максимум потенційної функції (рис. 2, в). За “потенційним” критерієм приймачі відбираються до “потенційної” групи (рис. 2, г). Приймачі “потенційної” групи

відбираються до “технічної” групи за “технічним” критерієм (рис. 2, *д*). Приймачі, які увійшли до “технічної” групи, виключаються з загальної сукупності приймачів. Перша ітерація завершена. Подальший розрахунок проводиться для приймачів, які не увійшли до “технічної” групи під час попередньої ітерації (рис. 2, *е*), при цьому головний цикл алгоритму повторюється доти, доки всі приймачі не будуть розподілені за джерелами живлення.

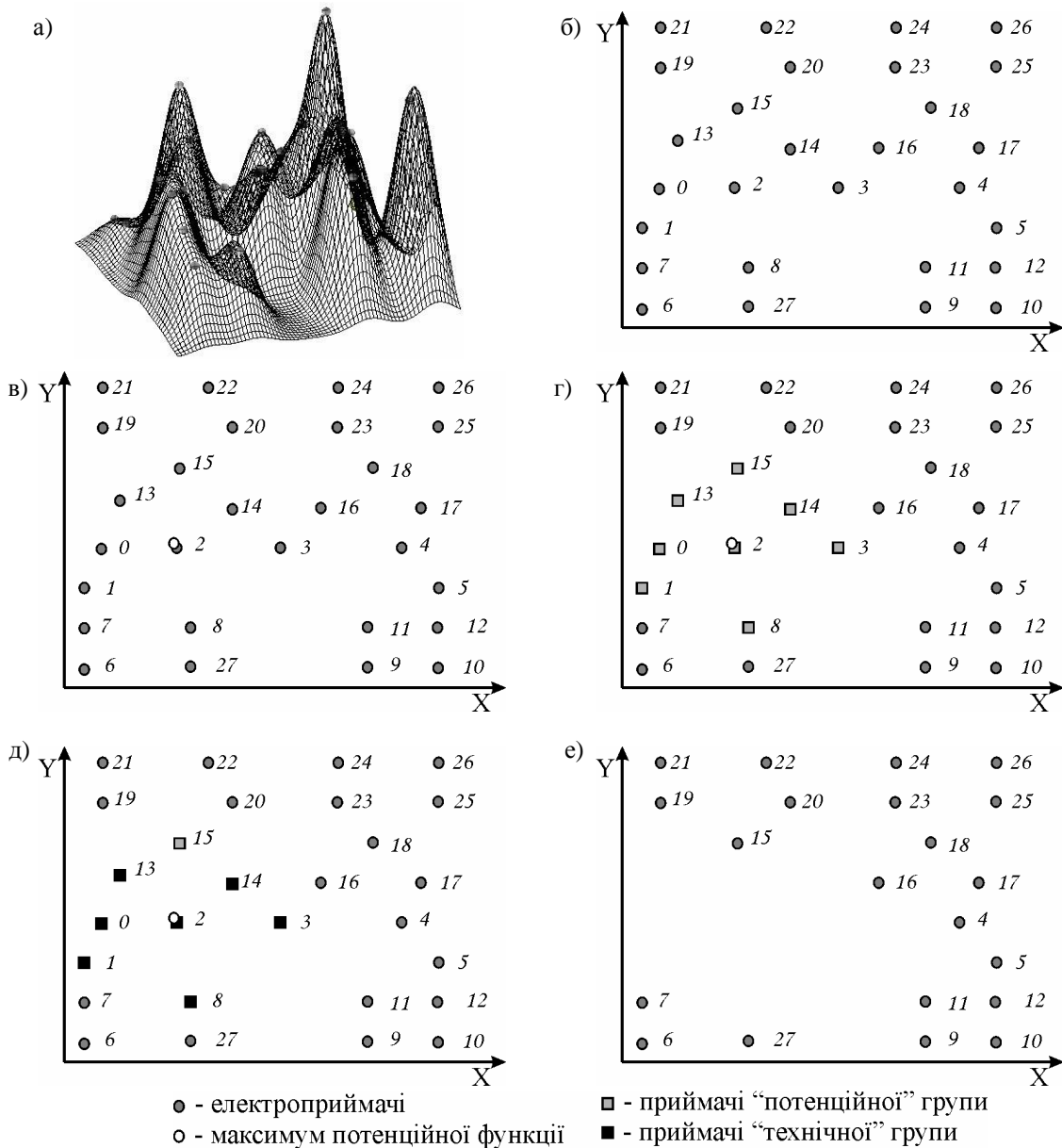


Рис. 2. Потенційна поверхня та розташований на ній приймач:
а – тривимірне зображення; *б* – проекція повздож осі *Z*; *в-е* – етапи ітераційного процесу

Крім цього, запропонований розвиток методу еквіпотенційних контурів без значних змін дозволяє враховувати під час формування розподільної мережі можливості влаштування проміжних вузлів навантажень.

Використовуючи властивість запропонованого підходу, за яким джерелом живлення, а також електроприймачем можуть виступати вузли будь-яких рівнів системи електропостачання, можливо виконати декомпозицію окремих ділянок потенційної поверхні задля утворення в межах цих зон проміжних вузлів навантаження. Це дозволяє на рівні системи електропостачання, з якого починається розрахунок, розглядати ці проміжні вузли навантаження як приймачі електричної

енергії. При цьому приймачі, що приєднуються до проміжного вузла навантаження, безпосередньо не враховуються на потенційній поверхні, тобто виключаються, але потужність, яку вони споживають, враховується на початковому рівні через потужність проміжного вузла навантаження.

Доцільність улаштування проміжних вузлів навантаження визначається за методом на основі оцінної моделі, вихідні дані для якого (приймачі, для яких можливе улаштування проміжних вузлів навантаження) визначаються за трьома ознаками: “за сильною технічною групою”; “за слабкою технічною групою”; “за частиною сильної групи” [3].

Під терміном “сильна технічна група” розуміється група електроприймачів, яка сформована за “технічний” критерій і яка має оптимальний коефіцієнт завантаження джерела живлення, враховуючи умови надлишковості. Під терміном “слабка технічна група” мається на увазі група електроприймачів, сформована за “технічним” критерієм, за умови недостатності та коефіцієнтом завантаження джерела живлення меншим за прийнятний. Під терміном “частина сильної групи” мається на увазі група електроприймачів “сильної групи”, яка виділена з неї за додатковими критеріями (наприклад, показник розкиду навантаження, який використовується в тензорному методі) [4].

Техніко-економічний розрахунок базується на порівнянні двох варіантів виконання локальної ділянки структури мережі, границі якої визначаються за наведеними вище трьома ознаками. Перший варіант з проміжним вузлом навантаження, другий без проміжного вузла навантаження. Прийняття, варіанта з проміжним вузлом навантаження, виконується за умовою (3)

$$C_I + \Delta W_I \cdot K_{CP} < C_{II} + \Delta W_{II} \cdot K_{CP}, \quad (3)$$

де C_I, C_{II} – капітальні вкладення першого та другого варіантів відповідно; $\Delta W_I, \Delta W_{II}$ – річні втрати енергії першого та другого варіанта відповідно; K_{CP} – коефіцієнт, що враховує пріоритет втрат електричної енергії над капітальними вкладеннями (4).

$$K_{CP} = T_O \cdot c_1 + \sum_{i=2}^{T_O} (c_i - c_1), \quad (4)$$

де T_O – строк окупності (в місяцях); c_1 – вартість електричної енергії взаперший місяць; c_i – вартість електричної енергії за i -й місяць.

Блок-схема алгоритму методу з урахуванням проміжних вузлів навантаження наведена на рис. 3. Даний алгоритм дозволяє не тільки автоматизувати побудову оптимальної структури розподільчої мережі з мінімізованими комунікаційними втратами, а й зменшити розміри капітальних вкладень під час побудови такої мережі за рахунок застосування проміжних вузлів навантаження (визначення їх оптимальної кількості та місця розташування).



Рис. 3. Схема алгоритму методу з урахуванням проміжних вузлів навантаження

Висновки. Розвиток методу еквіпотенційних контурів, який автори, враховуючи його суть, пропонують назвати методом “потенційної поверхні”, дозволяє створити інженерну методику проектування оптимальної структури радіальних розподільчих мереж, на підставі сумісного використання оцінних і оптимізаційних моделей та істотно зменшити вплив елементів суб’єктивізму проектувальника.

1. *Электротехнический справочник. Общие вопросы. Электротехнические материалы / под общ. ред. В.Г. Герасимова. – 9-е изд. Стер. В 4 т. – М.: Энергия, 2003.* 2. *Заболотний А.П. Формирование структуры распределительной сети методом потенциальных контуров, и возможности*

его усовершенствования / А.П. Заболотный, Д.В. Федоша, Н.Л. Криворученко, О.О. Яценко // *Электротехника та електроенергетика.* – 2008. – № 2. – С. 71–74. 3. Заболотный А.П. Построение оптимальной структуры сетей электроснабжения предприятий АПК / А.П. Заболотный, Д.В. Федоша, В.С. Мамбаева // *Проблемы энергообеспечения предприятий АПК и сельских территорий: сборник научных трудов международной научно-практической конференции СПбГАУ.– СПб., 2008. – С. 42–46.* 4. Федоров АА., Садчиков С.В. Характеристики и алгоритмы формирования и отбора вариантов систем промышленного электроснабжения // *Электричество.* – 1982. – № 2. – С. 27–31.

УДК [621.396.6:658.018.2]:004.94

Ю.Я. Бобало, Л.А. Недоступ, М.Д. Киселичник
Національний університет “Львівська політехніка”

КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ФОРМУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЗАДАНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Ї Бобало Ю.Я., Недоступ Л.А., Киселичник М.Д., 2009

Розглянуто питання математичного моделювання дефектності виробів та керування процесами формування заданих властивостей під час виробництва електронних пристроїв.

The questions of mathematical modeling of products imperfectness and management of processes of forming of the required properties during the production of electronic devices are examined.

Постановка проблеми. Формування якості під час виконання технологічних процедур проводиться наданням виробу необхідних властивостей, які забезпечать можливість його використання за призначенням. Ці процедури супроводжуються появою виробничих дефектів внаслідок дії на процес великої кількості дестабілізуючих чинників. Рівень дефектності продукції є показником якості виробництва. Тому формуючу здатність технологічних процесів можна оцінювати рівнем сумарної дефектності, який визначається ефективністю виконання технологічних і контрольних процедур на всіх стадіях.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Незважаючи на широке використання типових технологій під час виробництва електронних пристроїв, типових структур технологічних процесів сьогодні не існує [1–3]. Впроваджуючи у виробництво нову техніку, структури процесів вибирають з міркувань тримання високих показників якості виробів і ефективності виробництва за мінімумом сумарних виробничих витрат. Характерним є те, що повний технологічний процес складається з певних його частин – стадій, під час яких виконуються передбачені структурою технологічні і контрольні процедури.

Виклад основного матеріалу. Із врахуванням можливості керування технологічними процесами шляхом цілеспрямованої зміни параметрів технологічних і контрольних процедур з метою забезпечення необхідного рівня якості виробів більшість процесів можна зарахувати до однієї з трьох таких груп.

1. Активно керовані процеси з найбільшою формуючою здатністю.

Їхня назва визначає основну цільову функцію. Керування ними відбувається зміною режимів процесів структуро- і формоутворення, складання, монтажу, регулювання виробів тощо, що забезпечує необхідну точність їх параметрів, для формування яких призначені ці процеси. Тут і далі показниками якості є:

P – імовірність правильного контролю якості виробів;