

С. О. Тимчук

СТРУКТУРНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

У статті наведено результати розробки операторів генетичного алгоритму для задач структурної оптимізації розподільчих електромереж при нечітко заданих цілях. Алгоритм містить як типові оператори, так і інтегровані процедури нелінійного програмування, а також оригінальний оператор ранжування.

Ключові слова: розподільча електромережа, генетичний алгоритм, невизначеність

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться в доповіді, відносяться до галузі електроенергетики. Наразі гостро стоїть задача зниження втрат різної природи у розподільчих електромережах (РЕМ). Основний ефект слід очікувати від оптимізації структури РЕМ при їх проектуванні та реконструкції. Тому розробки методичного апарату, що застосовується при пошуку та обґрунтуванні проектних рішень на ранніх стадіях проектування та реконструкції РЕМ є актуальними і знаходяться у руслі енергетичної стратегії України.

2. Постановка проблеми

Задача пошуку та обґрунтування проектних рішень на ранніх стадіях проектування та реконструкції РЕМ пов'язана з розв'язанням оптимізаційних задач, що ускладнені невизначеністю інформації, багатокритеріальністю, нелінійністю, великою розмірністю множин альтернатив.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. В роботі [1] показано, що проблема невизначеності має глобальний характер. Для інтегральних показників характерна невизначеність, що коректно зводиться до нечіткості.

В роботі [2] наведено математичну модель розрахунку основних техніко-економічних показників ефективності РЕМ у нечіткій формі, що можуть бути використані у якості цільових функцій при оптимізації РЕМ.

Дослідженням [3], доведено, що вибір методу багатокритеріальної оптимізації залежить від розмірності множин альтернатив. Метод попарного порівняння альтернатив раціонально застосовувати, коли множина альтернатив не перевищує 10^4 елементів, швидкодіючі методи пошуку єдиного рішення, що використовують нечітке згортання критеріїв (нечіткої стратифікації цільових функцій [4],

деформації еліпсоїду [5]), — якщо множина альтернатив не перевищує 10^7 елементів, а розроблений метод скорочення множини альтернатив [3] ефективний, коли множина альтернатив обмежується розміром 10^{12} елементів.

3.2. Результати досліджень. Для типової РЕМ 10 кВ число альтернатив $> 10^{32}$. Тому виникає необхідність застосування інтелектуальних методів, таких як генетичні алгоритми. Варіант такого алгоритму пропонується в даній статті.

Особина — варіант побудови РЕМ. Гени особини — варіанти побудови ланок РЕМ. Тобто особина представляється у вигляді:

$$G = [N, \Psi] = (g_j), j = \overline{1, n_u}, \quad (1)$$

де n_u — число ланок РЕМ.

Фенотип особини має наступний вид:

$$\begin{aligned} N = (n_j); n_j &= (n_{CA}^j, n_{ЛЕП}^j, n_{КА}^j, n_{ТП}^j, n_F^j), j = \overline{1, n_u}, \\ n_{CA}^j &= (n_{CA_{i_{CA}}}^j), i_{CA} = \overline{0, k_{CA}}, n_{ЛЕП}^j = (n_{ЛЕП_{i_{ЛЕП}}}^j), \\ i_{ЛЕП} &= \overline{0, k_{ЛЕП}}, n_{КА}^j = (n_{КА_{i_{КА}}}^j), i_{КА} = \overline{1, k_{КА}}, \\ n_{ТП}^j &= (n_{CA_{ТП}}^j), i_{ТП} = \overline{0, k_{ТП}}, \\ n_F^j &= (n_{CA_{i_F}}^j), i_F = \overline{0, k_F}, \end{aligned} \quad (2)$$

де n_{CA} — варіант секціонуючого апарату, $n_{ЛЕП}$ — тип лінії електропередачі, $n_{КА}$ — варіант комутуючого апарату на вході трансформаторної підстанції (ТП), $n_{ТП}$ — варіант ТП, n_F — перетин проводів лінії. Прийнято десяткову систему кодування (генотип майже співпадає з фенотипом). Оператор перетворення фенотипу до генотипу (кодування) та зворотного перетворення мають вигляд:

$$\begin{aligned} \Psi: g_j &= (g_j^1, g_j^2, g_j^3, g_j^4, g_j^5) = \\ &= (i_{CA_j}, i_{ЛЕП_j}, i_{КА_j}, i_{ТП_j}, i_{F_j}), j = \overline{1, n_u}. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Psi^{-1}: n_j &= (n_{CA_{i_{CA_j}}}, n_{ЛЕП_{i_{ЛЕП_j}}}, n_{КА_{i_{КА_j}}}, n_{ТП_{i_{ТП_j}}}, n_{F_{i_{F_j}}}), \\ j &= \overline{1, n_u}. \end{aligned} \quad (4)$$

Для порівняння нечітких значень цільових функцій [2] обране відношення порядку, що відповідає мінімакшому критерию:

$$H_s^i(W_1, W_2) = \sup_{w_1 \geq w_2} \min(\mu_{w_1}, \mu_{w_2}), \quad (5)$$

де μ_{w_1}, μ_{w_2} — функції приналежності нечітких чисел W_1, W_2 .

Розроблений генетичний алгоритм складається з наступних операцій.

1. Формування початкової популяції об'єму N_{oc} . Для кожної особи генеруються коди генів:

$$g_j^i = \text{int}(r \cdot (g_{j_{\max}}^i - g_{j_{\min}}^i + 1) + 1), \quad j = \overline{1, n_u}, \quad i = \overline{1, 5}, \quad (6)$$

де $r = (0, 1)$ — псевдовипадкове число, int — функція виділення цілої частини числа.

2. Оператор схрещування має вид:

$$G^D = \text{Cross}(G^{P_1}, G^{P_2}), \quad P_1 = \overline{1, N_{oc}}, \\ P_2 = \text{int}(r \cdot (N_{oc} - P_1) + 1), \quad (7)$$

де P_1, P_2 — номери батьківських особин в популяції, D — особина дитини.

$$\begin{cases} g_j^{iD} = g_j^{iP_1}, & \text{при } j \neq k, \\ g_j^{iD} = g_j^{iP_2}, & \text{при } j = k, \end{cases} \quad (8)$$

$$k = \text{int}(r \cdot n_u + 1), \quad j = \overline{1, n_u}, \quad i = \overline{1, 5}.$$

Особина дитини, що перевершує обох батьків, додається до популяції.

3. Оператор мутації має вид:

$$G^m = \text{mut}(G): \begin{cases} g_j^{im} = g_j^i, & \text{при } j \neq k, \quad i \neq l, \\ g_j^{im} = \text{int}(r \cdot (g_{j_{\max}}^i - g_{j_{\min}}^i + 1) + 1), & \text{при } j = k, \quad i = l, \end{cases} \quad (9)$$

$$k = \text{int}(r \cdot n_u + 1), \quad l = \text{int}(r \cdot 5 + 1), \quad j = \overline{1, n_u}, \quad i = \overline{1, 5}.$$

Життєздатний мутант замінює особину в популяції.

4. Замість ранжування введено вік особи, що вимірюється числом поколінь. Особи, вік яких перевищує термін життя, видаляються. Термін життя може по ходу розвитку популяції змінюватись в той чи інший бік в залежності від ресурсу ареалу (можливості конкретного комп'ютера).

5. Для виділення елітарних особин застосовано метод попарних порівнянь альтернатив (за умовою (5)).

6. Умова припинення пошуку — відсутність поповнення множини елітарних особин на протязі заданого числа поколінь.

Застосування даного алгоритму для розв'язання задачі пошуку множини Парето для РЕМ, що містить 25 ланок (10^{58} альтернатив), довело ефективність розробленого алгоритму. Рішення отримано за близько 24 години. Іншими методами при такій

кількості альтернатив результат отримати технічно неможливо без суттєвих спрощень.

Література

1. Черемисин Н. М. Решение задач электроэнергетики в условиях неопределенности целей [Текст] / Н. М. Черемисин, В. И. Романченко // Вісник ХДТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. — Х. : ХДТУСГ, 2004. — Вип. 27. — Т. 1. — С. 18–25.
2. Тимчук С. О. Методика побудови математичної моделі системи електропостачання в нечіткій формі [Текст] / С. О. Тимчук, М. С. Грабовська // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. — Х. : ХНТУСГ, 2009. — Вип. 87. — С. 81–83.
3. Тимчук С. А. Метод сокращения множества допустимых альтернатив в оптимизационных задачах проектирования и реконструкции разветвленной распределительной электросети при нечетко заданных целях [Текст] : сб. трудов 6 Всеросс. науч.-техн. конф. / С. А. Тимчук, Н. М. Черемисин // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. — Благовещенск : АмГУ, 2011. — Т. 1. — С. 167–171.
4. Тимчук С. А. Методика принятия решения при выборе и анализе структуры распределительных сетей при нечетко заданной цели [Текст] / С. А. Тимчук, Н. М. Черемисин, М. С. Грабовская // Энергетика и электрификация. — 2007. — № 8. — С. 45–51.
5. Тимчук С. А. Метод поиска множества недоминируемых решений в нечеткой форме [Текст] : матеріали 1-ї Міжнар. наук.-техн. конф. / С. А. Тимчук // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). — Черкаси : Маклаут, 2011. — С. 129.

СТРУКТУРНА ОПТИМІЗАЦІЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

С. А. Тимчук

В статье приведены результаты разработки операторов генетического алгоритма для задач структурной оптимизации распределительных электросетей при нечетко заданных целях. Алгоритм содержит как типовые операторы, так и интегрированные процедуры нелинейного программирования, а также оригинальный оператор ранжирования.

Ключевые слова: распределительная электросеть, генетический алгоритм, неопределенность.

Сергей Александрович Тимчук, докторант кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства, тел.: (097) 271-15-69, e-mail: stym@i.ua.

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF POWER DISTRIBUTION NETWORKS UNDER UNCERTAINTY

S. Tymchuk

The results of the development of the operators of genetic algorithm for structural optimization of electricity distribution networks with unclearly defined goals. The algorithm contains both standard operators and integrated nonlinear programming procedures, as well as the original ranking operator.

Keywords: electricity distribution networks, genetic algorithm, uncertainty.

Sergiy Tymchuk, person working for degree of doctor of Automation and computer-integrated technologies department of Kharkiv National Technical University of Agriculture, tel.: (097) 271-15-69, e-mail: stym@i.ua.