

## ВЕКТОРНА СТРУКТУРНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗГАЛУЖЕНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 10 КВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Тимчук С. О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Запропоновано генетичний алгоритм спеціального виду з десятковим кодуванням для структурної оптимізації незамкненої розгалуженої електричної мережі 10кВ.*

**Постановка проблеми.** В процесі проектування і реконструкції розподільчої мережі (РМ) одною з задач є задача пошуку оптимального схемного рішення, під яким мається на увазі як вибір схем підсистем РМ, так і підбір елементів схем.

Множина схемних рішень кінечна і визначається множиною типових схем РМ. Множина елементів схем також кінечна і визначається типами та номенклатурою виробів що пропонує ринок. Загальна множина варіантів побудови РМ або альтернатив  $G$  – це множина допустимих сполучень варіантів схемних рішень елементів РМ.

Якщо умовно розділити розгалужену РМ 10 кВ на ділянки, то нескладно підрахувати кількість альтернатив. Загальну ЛЕП розіб'ємо на ділянки між точками відгалужень ( $L_i$ ) та відгалуження ( $L_{oi}$ ) з середньорічною потужністю споживання ( $P_{oi}$ ). Нехай на ділянках ЛЕП можливі три варіанти побудови: одноланцюгова повітряна лінія (ПЛ), дволанцюгова ПЛ, кабельна лінія (КЛ). Переріз проводів може бути будь-яким з рекомендованого діапазону  $F_n = \{25, 35, 50, 70, 95\}$  мм<sup>2</sup>. Число варіантів ЛЕП для ділянки  $L_i$  чи  $L_{oi}$  буде 15, тоді для двох пов'язаних між собою ділянок довжиною  $L_i-L_{oi}$  число варіантів буде 225.

Трансформаторні підстанції (ТП) 10/0,4 кВ візьмемо однострансформаторні чи двострансформаторні. Комутуючими елементами на вході можуть бути роз'єднувачі чи вимикачі навантаження. В разі резервування вихідних кіл, резерв може вводиться оперативно-виїздною бригадою (ОВБ), черговим чи АВР. Тоді загальне число варіантів ТП складає 8.

Таким чином, для ділянки РМ, що складається з ділянки ЛЕП довжиною  $L_i$ , відгалуження довжиною  $L_{oi}$ , ТП 10/0,4 кВ число варіантів складає  $v_i=1800$ . Якщо  $n$  – кількість таких ділянок РМ, то загальне число елементів множини альтернатив для РМ в цілому

буде  $V = \prod_{i=1}^n v_i$ . Наприклад, при  $n=10$ ,  $V= 3,57 \cdot 10^{32}$ .

Розв'язання даної задачі прямими пошуковими методами та методами що потребують попереднього розрахунку всієї множини альтернатив нереально.

**Аналіз останніх досліджень.** Досвід попередніх досліджень показав, що детерміновані алгоритми, такі, як віток і зв'язаних методів також динамічного програмування, не в змозі розв'язувати такі задачі за межами масштабу середніх мереж [1], [2]. Це обумовило появлення наразі багато робіт, що використовують верогіднісні алгоритми оптимізації [3] - [6]. Більшість застосованих алгоритмів - генетичні. Але застосування генетичних алгоритмів, що структуровані

у звичайний спосіб не є ефективним для даного класу задач. Тому зазвичай пропонується застосувати генетичний алгоритм зі звичайними операторами плюс місцевий оператор пошуку, що базується на математичних методах програмування.

**Мета статті.** Розробка генетичного алгоритму оптимізації структурних параметрів розгалуженої електричної мережі 10кВ, що поєднує оператори генетичних алгоритмів, методи стохастичної оптимізації і зручну систему кодування геному.

**Основні матеріали дослідження.** Відношення переваги формується на основі порівняння рішень по трьом критеріям: інтегральний річний недовідпуск електроенергії внаслідок пошкоджень елементів електромережі, приведені витрати на побудову і експлуатацію електромережі, транспортні втрати потужності в електромережі. Цільові функції представлені в нечіткій формі, оскільки містять параметри, чисельні значення котрих не можуть бути визначені чітко [7, 8].

Щодо обмежень на область допустимих рішень, то частину обмежень вже введено самим розміром множини можливих значень параметрів. Окрім того необхідно ввести обмеження на допустиму напругу на вході у кожен трансформаторну підстанцію. Звісно, в рамках задачі що розв'язується можливо здійснювати перевірку обмежень по напрузі для випадку середньорічних потужностей споживання. Поточний режим мережі може суттєво відрізнятись від усередненого, але для підтримки напруги у заданих межах існують засоби оперативного керування. Важливо, щоб з самого початку РМ не проектувалась на завідомо недопустимі режими.

Розроблено спеціальний генетичний алгоритм, що дозволяє знайти множину Парето за прийнятний час. Кількість генів особи (рішення) дорівнює кількості ділянок електромережі, кодування генів у десятковій системі – по числу варіантів виконання ділянки електромережі.

Алгоритм складається з наступних етапів:

- формування початкової популяції;
- скріщування на основі випадкового обміну генами і формування множини дітей, що додається до складу популяції;
- мутації осіб на основі випадкового вибору гена і випадкової його зміни;
- ранжування осіб по рівню життєздатності на основі їх порівняння між собою згідно обраного відношення переваги;

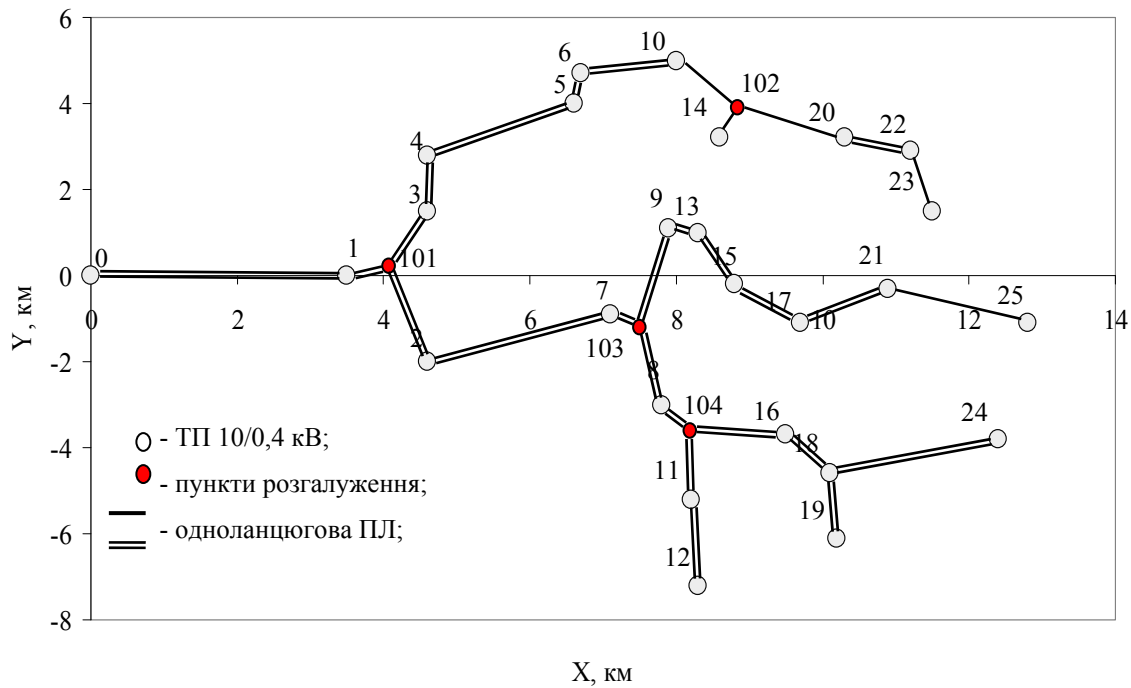


Рисунок 1 – Результати структурної оптимізації розгалуженої РМ 10 кВ

Таблиця 1 – Єдине паритетне рішення, що отримане з множини Парето

Діл.	Тип ЛЕП	F, мм <sup>2</sup>	Ком. апар.	Число тр.	Ввод резерва	P, кВт	Діл.	Тип ЛЕП	F, мм <sup>2</sup>	Ком. апар.	Число тр.	Ввод резерва	P, кВт
0-1	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	2	Черг.	100	103-8	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	2	Черг.	57
1-101	2 ц. ВЛ	95	-	-	-	-	8-104	2 ц. ВЛ	70				
101-3	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	2	ОВБ	143	104-11	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	1	-	30
3-4	2 ц. ВЛ	70	Q-Q	2	ОВБ	86	11-12	2 ц. ВЛ	35	Q-QS	1	-	28
4-5	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	1	-	333	103-9	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	2	ОВБ	333
5-6	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	1	-	143	9-13	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	1	-	333
6-10	2 ц. ВЛ	70	Q-QS	1	-	86	13-15	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	1		86
10-102	1 ц. ВЛ	70	-	-	-	-	15-17	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	2	Черг.	1280
102-14	1 ц. ВЛ	50	Q-QS	1	-	143	17-21	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	1		100
102-20	1 ц. ВЛ	35	Q-Q	1	-	28	21-25	1 ц. ВЛ	95	Q-QS	1		143
20-22	2 ц. ВЛ	70	Q-QS	1	-	143	104-16	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	2	Черг.	333
22-23	1 ц. ВЛ	25	Q-QS	2	Черг.	28	16-18	2 ц. ВЛ	70	Q-Q	1		57
101-2	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	2	ОВБ	86	18-19	2 ц. ВЛ	95	Q-Q	1		86
2-7	2 ц. ВЛ	95	Q-QS	2	АВР	57	18-24	2 ц. ВЛ	70	Q-QS	1		100
7-103	2 ц. ВЛ	95	-	-	-	-							

- відсів слабких осіб і доведення популяції до розміру початкової;

- визначення в рамках популяції рішень що не домінуються згідно обраного відношення переваги і додавання їх до множини елітарних осіб;

- відбір і корекція множини елітарних осіб шляхом відсіву однакових осіб і осіб, що визначають рішення що домінуються згідно обраного відношення переваги в межах множини елітарних осіб.

В результаті у складі елітарних осіб накопичуються з покоління у покоління рішення, що складають множину Парето. Ознакою того, що множину Парето отримано, є відсутність доповнення множини елітарних осіб на протязі 30 поколінь. Таким чином, множина Парето отримується за один прохід алгоритму.

Час пошуку множини Парето залежить від кількості осіб у початковій популяції. Для отримання оптимального розміру популяції проведено розрахункове дослідження і виявлено, що для структурної оптимізації мереж великої розмірності кількість осіб у початковій популяції повинно бути в межах 50 – 70. Як збільшення, так і зменшення кількості осіб у початковій популяції приводить до суттєвого збільшення часу розрахунку.

Генетичний алгоритм реалізовано в середовищі Visual Basic Microsoft Excel.

Апробацію даного алгоритму проведено на прикладі розгалуженої електромережі, що містить 25 підстанцій 10/0,4 кВ і 4 розгалуження. Результат розрахунків наведено на рис. 1 і в табл. 1.

В рамках прийнятих множин варіантів побудови елементів електромережі загальна множина альтернатив складає більше  $4,83 \cdot 10^{56}$  елементів. За допомогою розробленого генетичного алгоритму множину Парето було отримано за 42 години на комп'ютері з середніми можливостями і вона містить 2534 елементи.

Така розмірність множини Парето не дає можливості виділити єдине рішення особою що приймає рішення. Тому на даному етапі для отримання єдиного рішення застосовано метод трансформації еліпсу [9]. В табл. 1 наведено єдине рішення, що є паритетним для всіх цільових функцій.

**Висновки.** Таким чином, запропонований генетичний алгоритм дозволяє розв'язувати задачі багатокритеріальної структурної оптимізації розгалужених електромереж 10 кВ великої розмірності і отримати множину Парето за один прохід за розумний проміжок часу. Алгоритм містить елементи випадкового пошуку на деяких етапах. На завершальному етапі генетичний алгоритм доповнено алгоритмом пошуку єдиного рішення в множині Парето методом трансформації еліпсоїда. Розроблений алгоритм призначено для використання на допроектних стадіях розробки нових електромереж і реконструкції існуючих.

#### Список використаних джерел

1. Cruz F. R. B. Solving to optimality the uncapacitated fixed-charge network flow problem / F. R. B. Cruz, M. G. Smith, G. R. Mateus // Comput. Oper. Res. - V. 25. - № 1. – 1998. - P. 67-81.

2. Duan G. Power distribution system optimization by an algorithm for capacitated Steiner tree problems with

complex-flows and arbitrary cost functions / G. Duan, Y. Yu // Elect. Power Energy Svs. - V. 25. – 2003. - P. 515-523.

3. Carrano E. G. Electric Distribution Network Multiobjective Design Using a Problem-Specific Genetic Algorithm / Eduardo G. Carrano, Luiz A. E. Soares, Ricardo H. C. Takahashi, Rodney R. Saldanha, and Oriane M. Neto // IEEE Transactions on power delivery. - V. 21. - №. 2. - 2006. – P. 995 – 1005.

4. Zhu J. Z. Optimal reconfiguration of electrical distribution network using the refined genetic algorithm / J. Z. Zhu // Elect. Power Syst. Res. - , V. 62. – 2002. - P. 37 - 42.

5. Gomez J. F. Ant colony system algorithm for the planning of primary distribution circuits / J. F. Gomez, H. M. Khodr, P. M. de Oliveira, L. Ocque, J. M. Yusta, R. Villasana, A. J. Urdeneta // IEEE Trans. Power Syst. - V. 19. - № 2. – 2004. - P. 996 - 1004.

6. Cossi A. Planning of secondary distribution circuits through evolutionary algorithms / A. Cossi, R. Romero, J. Mantovani // IEEE Transactions on power delivery. - V. 20. - № 1. – 2005. - P. 205-213.

7. Тимчук С. А. Модели и методы поиска оптимальной структуры сети электроснабжения при нечетко заданных целях / С. А. Тимчук. – Харьков: "Факт", 2010. – 219 с.

8. Тимчук С. А. Методика принятия решения при выборе и анализе структуры распределительных сетей при нечетко заданной цели / С. А. Тимчук, Н. М. Черемисин, М. С. Грабовская // Энергетика и электрификация. - 2007. - №8. - С. 45 - 51.

9. Тимчук С. О. Метод пошуку єдиного рішення у множині Парето в нечіткій формі / С. О. Тимчук, М. С. Грабовська // Вісник ХНТУСГ. – Вип.. 73. - Т. 2. - 2008. - С. 39 - 40.

#### Аннотация

### ВЕКТОРНАЯ СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВЕТВЛЕННОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10 КВ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Тимчук С. А.

*Предложен генетический алгоритм специального вида с десятичным кодированием для структурной оптимизации незамкнутой разветвленной электрической сети 10кВ.*

#### Abstract

### THE VECTOR STRUCTURAL OPTIMIZATION OF BRANCHED DISTRIBUTION NETWORK 10 KV USING GENETIC ALGORITHM

S. Tymchuk

*We propose a special type genetic algorithm with decimal coding for the structural optimization of an open branched electrical network 10 kV.*