

ЗАДАЧІ ВНУТРІШНЬОГО СИМЕТРУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО МАЮТЬ МІСЦЕ У ВУЗЛІ ЇХ ПІД'ЄДНАННЯ, ТА МЕТОД ДЛЯ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено метод, який дозволяє вирішувати ряд задач внутрішнього симетрування. Отримані розв'язки відповідають глобальним екстремумам цільових функцій.

Ключові слова: несиметрія режиму, симетрування електричного режиму, оптимальне керування.

Abstract

The algorithm of analysis of unscalar цілочислової of mathematical model of симетрування of the electric modes is developed, which can be utilized for the decision of tasks of operative management.

Keywords: unsymmetry of the mode, unscalar optimization, optimum management.

Вступ

Одним із технічних заходів, який дозволяє зменшити несиметрію режиму в електричних мережах без суттєвих додаткових капітальних вкладень, є внутрішнє симетрування однофазних електроприймачів (ОЕ) [1]. За своєю природою будь-яка задача внутрішнього симетрування є оптимізаційною оскільки існує багато варіантів її реалізації, кожний з яких забезпечує той або інший результуючий ефект. Наприклад, кількість варіантів під'єднання групи ОЕ до мережі становить 3^N , де N – загальна кількість ОЕ в групі.

Застосування класичних оптимізаційних методів для вирішення таких задач супроводжується рядом труднощів [2, 3, 4], серед яких:

- необхідність знаходження розв'язків в цілочислових змінних;
- критерії ефективності описуються нескаларною функцією дійсного змінного;
- розв'язки, знайдені існуючими методами вирішення таких задач, можуть відповідати локальним екстремумам цільових функцій, якими описані критерії ефективності.

Метою роботи є розробка методу, який забезпечить знаходження розв'язків, яким відповідає глобальний екстремум цільових функцій, а ідеї якого є спільними для вирішення таких задач внутрішнього симетрування:

- оптимального під'єднання ОЕ з незмінними параметрами до трифазної трипровідної мережі (далі задача 1);
- те саме, ОЕ, параметри яких змінюються в часі (далі задача 2);
- визначення оптимального зсуву графіків навантажень ОЕ з метою зниження несиметрії режиму (далі задача 3);
- те саме, та їх оптимального під'єднання до електричної мережі (далі задача 4).

Результати дослідження

Для задач 2-4 можна скористатись цільовою функцією, яка описує величину, пропорційну додатковим втратам енергії:

$$\sum_{k=1}^K I_{II_k}^2(\mathbf{X}), \quad (1)$$

де I_{II} - струм зворотної послідовності в лінії, яка живить вузол, до якого під'єднані ОЕ;

\mathbf{X} – вектор рішень із внутрішнього симетрування.

У випадку задачі 1 цільовою функцією може бути така, яка описує величину, пропорційну додатковим втратам потужності в лінії живлення

$$I_{II}(\mathbf{X}) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Для знаходження оптимальних розв'язків усіх зазначених задач попередньо розраховується матриця \mathbf{F} – матриця можливих значень струмів I_{II} ,

$$\mathbf{F} = \mathbf{I} \cdot \mathbf{X}, \quad (3)$$

де \mathbf{I} - матриця можливих впливів кожного окремо взятого ОЕ на режим в електричній мережі.

Вимірність матриць \mathbf{I} та \mathbf{X} і, як наслідок, матриці \mathbf{F} залежить від змісту задачі внутрішнього симетрування. Для задач 3 та 4 кількість матриць \mathbf{I} та \mathbf{F} дорівнює кількості варіантів зсуву графіків навантажень ОЕ.

У випадках всіх задач, що зазначені, елементи матриць \mathbf{F} обробляються за відповідним алгоритмом і на підставі цього визначається оптимальне рішення.

Працездатність та переваги розробленого методу вирішення задачі 1, де визначалось оптимальне під'єднання п'яти ОЕ, в порівнянні з іншими методами видно з результатів, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вирішення задачі 1 різними методами

	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Метод 4
	№2; №3	№4	№4	№1; №5
Під'єднати до U_{BC}	№1; №5	№1; №3	№1; №5	№2; №3
Під'єднати до U_{CA}	№4	№2; №5	№2; №3	№4
Струм I_{II}, A	5,87	4,78	3,22	3,22

В таблиці 1:

- метод 1 – модифікований симплекс-метод [1];
- метод 2 – метод динамічного програмування для вирішення задачі нескаларної оптимізації [2];
- метод 3 – метод Монте-Карло [6] при закладеній кількості випробовувань – 1000;
- метод 4 – розроблений метод.

Ефективність розробленого методу в порівнянні з методом, який базується на аналізі М-моделі внутрішнього симетрування [7] – метод 5, видно з таблиці 2, в якій наведено розв'язки для двох прикладів.

Таблиця 2 – Результати вирішення задачі 2 різними методами

	Приклад 1		Приклад 2	
	Метод 4	Метод 5	Метод 4	Метод 5
Під'єднати до U_{AB}	№1; №4	№2	№3; №4	№4
Під'єднати до U_{BC}	№2	№1; №4	№1	№2;
Під'єднати до U_{CA}	№3	№3	№2	№3; №1
$\sum_{k=1}^K I_{IIk}^2, A^2$	256,9	256,9	418,5	729,11

З таблиці 2 видно, що рішення розраховані за методом 5 не завжди можуть бути оптимальними.

Висновки

1. За розробленим методом можуть вирішуватись такі задачі внутрішнього симетрування ОЕ:
 - оптимального під'єднання групи ОЕ до вузла трифазної трипровідної мережі;
 - те саме, електроприймачів, параметри яких змінюються в часі;
 - визначення оптимального зсуву графіків навантажень ОЕ з метою зниження несиметрії режиму;
 - те саме, та їх оптимального під'єднання до електричної мережі.

2. Розв'язки отримані за розробленим методом, забезпечують глобальний екстремум цільової функції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузнецов В. Г. Снижение несимметрии и несинусоидальности напряжений в электрических сетях / В. Г. Кузнецов, А. С. Григорьев, В. Б. Данилюк. – К.: Наукова думка, 1992. – 240 с.
2. Аввакумов В. Г. Методы нескalaraйной оптимизации и их приложения / В. Г. Аввакумов. – К.: Вища школа, 1990. – 188 с. – ISBN 5-11-001321-7.
3. Милосердов В. О. Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики [Текст] : Навч. посіб. для студ. енерг. спец. / В. О. Милосердов, Л. Б. Терешкевич ; Вінницький національний технічний ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2004. - 120 с.
4. Терешкевич Л. Б. АСУ в електроспоживанні / Л. Б. Терешкевич – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 136 с.
5. Терешкевич Л. Б. Врахування зміни параметрів електричного режиму під час симетрування навантажень / Л. Б. Терешкевич, О. О. Хоменко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2016 – №1. Режим доступу : <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/463/461>
6. Аввакумов В. Г. Экономико-математические методы : идеи, алгоритмы, программы / В. Г. Аввакумов – Омск : 2009. – 194 с.
7. Терешкевич Л. Б. Принятие решений по симметрированию режима системы электроснабжения на основе статической информации / Л. Б. Терешкевич // Изв. Вузов СССР «Энергетика» – 1989, №6, с. 40-43.

Леонід Борисович Терешкевич – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.

Олександр Олексійович Хоменко – аспірант кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.

Leonid Boris Tereshkevich – Cand. Sc. (Eng), associate professor, professor of department of the electrical engineering systems of electro-consumption and power management, Vinnitca national technical university.

Alexander Alex Khomenko is a graduate student of department of the electrical engineering systems of electro-consumption and power management, Vinnitca national technical university.