

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація: Проаналізовано методи оптимізації функціонування електроенергетичних систем. Показано, що через складність об'єкта керування та проблеми з інформаційним забезпеченням для пошуку оптимальних рішень доцільно застосовувати інтелектуальні методи пошуку, зокрема еволюційні алгоритми та оптимізаційні нейронні мережі. Через постійну невизначеність вихідних даних постановка задачі з використанням нечітких даних дає переваги під час прийняття оптимальних рішень.

Ключові слова: електроенергетична система, оптимізація, аналіз, електропостачання

Abstract: The methods of optimizing the functioning of electric power systems are analyzed. It is shown that due to the complexity of the control object and problems with information support, it is advisable to use intelligent search methods, in particular evolutionary algorithms and optimization neural networks, to find optimal solutions. Due to the constant uncertainty of the initial data, the formulation of the problem using fuzzy data provides advantages in making optimal decisions.

Key words: electric power system, optimization, analysis, power supply

Вступ

Для вирішення задач оптимізації будь яких систем, першим кроком є формування моделі станів, або режимів роботи системи. Залежно від задач оптимізації та характеристик систем, для проведення обчислень можна застосовувати різні методи. Враховуючи, що надійність та ефективність електроенергетичної системи (ЕЕС) є критичною для соціально-економічної сфери, коректна постановка задачі оптимізації та вибір відповідного методу є визначальними. Методи, що використовуються в галузі керування режимами ЕЕС, мають свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати в залежності від поставлених задач. Крім того слід враховувати суттєве зростання можливостей інформаційних технологій та обчислювальних засобів в енергетичній галузі. Отож, в роботі проведено порівняння ефективності та особливостей застосування методів для різних постановок задачі оптимізації режимів електроенергетичної системи, та визначено найперспективніші для сучасних умов.

Результати дослідження

Для оптимізації функціонування ЕЕС найчастіше використовуються традиційні аналітичні або чисельні методи. Далі подано коротку характеристику найпоширеніших з них.

Метод покрової оптимізації базується на покрововому виборі оптимальних значень змінних системи, щоб досягти мінімуму або максимуму цільової функції. Кожен крок включає аналіз чутливості цільової функції та коригування значень змінних для отримання кращого результату [1].

Метод динамічного програмування використовується для оптимізації режимів роботи системи шляхом поділу задачі на підзадачі і вирішення їх послідовно. Він дозволяє знайти глобальний оптимум для заданого режиму роботи ЕЕС шляхом вирішення менших, локальних оптимізаційних задач.

Методи нелінійного програмування це методи оптимізації, які використовуються в електроенергетиці для розв'язання складних задач. Вони застосовуються для знаходження оптимального режиму роботи електроенергетичних систем з урахуванням різних обмежень та цілей. Основною відмінністю між лінійним і нелінійним програмуванням є те, що нелінійне програмування дозволяє враховувати нелінійні залежності між змінними, що впливають на функцію витрат або цільову функцію. Нелінійне програмування може бути використане для оптимального управління

режимами роботи електричних мереж, включаючи оптимальне розподілення навантаження, визначення оптимального розміщення та розміру компенсуючих пристроїв, управління режимами переключення та багато іншого. Для розв'язання задач нелінійного програмування в електроенергетиці використовуються різні методи, такі як методи градієнтного спуску, методи ітераційної релаксації, генетичні алгоритми та інші.

Останнім часом зі зростанням обчислювальних можливостей отримали розвиток методи теорії інтелектуального пошуку оптимальних рішень та нечітких множин. Ці методи відрізняються своєю універсальністю та адаптивністю до задач різних типів, зокрема для вирішення задач економічної диспетчеризації та оптимізації потоків електроенергії в ЕЕС.

Застосування **оптимізаційних нейронних мереж** (ОНМ) раніше використовувалась для вирішення задач лінійного програмування. Але останнім часом ОНМ була адаптована для вирішення нелінійних задач. Це дає змогу використовувати мережу в задачах оптимізації ЕЕС. Застосування нейромереж повністю відрізняється від традиційних методів оптимізації. Вони перетворюють вирішення задачі оптимізації на пошук точки рівноваги (або рівноважний стан) нелінійної динамічної системи та змінюють критерій оптимальності на енергетичні функції для динамічних систем. Нейромережі знайшли застосування для вирішення задач економічної диспетчеризації ЕЕС. Важливою особливістю нейромереж є їх здатність адаптуватись до зміни умов та вихідних даних, що властиво для оптимізаційних задач електроенергетичних систем. Нейронна мережа може самостійно коригувати свої параметри в процесі тренування, щоб досягти оптимального рішення адекватності [2].

Еволюційні алгоритми (ЕА) відрізняються від звичайних методів оптимізації. Для їх застосування не потрібно, щоб цільова функція та обмеження були диференційованими по незалежних змінних задачі. Достатньо мати можливість швидко та однозначно оцінювати оптимальність стану ЕЕС після коригування незалежних змінних. Еволюційні методи, включаючи еволюційне програмування (ЕП), еволюційну стратегію (ЕС) та генетичний алгоритм (ГА), є методами штучного інтелекту для оптимізації, заснованими на процесі природного відбору. У контексті оптимізації електроенергетичних систем еволюційні алгоритми використовуються для розв'язання різноманітних задач, таких як економічна диспетчеризація, планування розвитку електромереж, розподіл потоків енергії та інші. Вони можуть бути ефективними під час розв'язання задач з великою кількістю змінних, нелінійними обмеженнями та багатьма локальними мінімумами. Вони забезпечують пошук оптимальних рішень, які враховують економічні, технічні та екологічні критерії, сприяючи покращенню ефективності та стабільності ЕЕС [2].

Алгоритм **табу-пошуку** в основному використовується для вирішення задач комбінаторної оптимізації. Це ітеративний алгоритм пошуку, який характеризується використанням гнучкої пам'яті. Основна ідея методу табу-пошуку полягає в зберіганні та використанні інформації про попередньо оцінені рішення й уникання повторного переходу до цих рішень. Інформація про заборонені рішення зберігається у "табу-списку" і містить заборонені кроки, які не можуть виконуватися протягом певного періоду часу. Процес табу-пошуку включає вибір початкового рішення, створення початкового табу-списку, пошук оптимальніших рішень, оновлення табу-списку та оцінювання кращого зі знайдених рішень. Алгоритм може виконувати кілька ітерацій, змінюючи рішення та оновлюючи табу-список на кожному кроці. Метою є пошук оптимального рішення, яке мінімізує визначену функцію вартості або задовольняє інші критерії оптимальності з урахуванням обмежень [3].

У контексті електроенергетичних систем, метод табу-пошуку застосовується до задач економічної диспетчеризації, розподілу ресурсів, оптимізація структури та параметрів розподільчих мереж, оптимізація режимів роботи системи та інших. Він дає змогу знаходити ефективні рішення з урахуванням обмежень за витратами, надійністю, режимними параметрами ЕЕС [2].

Висновок

В залежності від поставлених задач, та параметрів системи яка оптимізується, доцільно використовувати певні методи оптимізації. Та якщо порівнювати методи інтелектуального пошуку з традиційними методами оптимізації, слід відзначити, що вони є більш універсальними та можуть бути

адаптовані до комплексного вирішення задач розвитку ЕЕС та оперативного керування їх режимами. Крім того ці методи забезпечують глобальний пошук у пошуковому просторі станів ЕЕС та можуть знаходити оптимальні рішення у великих та складних просторах за певну кількість часу. Методи інтелектуального пошуку ефективні для розв'язання задач зі складними обмеженнями, нелінійністю та багатьма змінними, оскільки не мають обмежень у диференційованості постановки задачі. Крім того, ці методи можуть бути адаптовані до різних типів задач та критеріїв оптимальності.

Недоліком методів інтелектуального пошуку є значні обчислювальні витрати особливо під час аналізу великих просторів пошуку або складних функцій вартості. Виконання багатьох ітерацій або генерування значної кількості еволюційних поколінь може зайняти багато часу за обмежених обчислювальних ресурсів. Однак ці методи сумісні з алгоритмами паралельних обчислень, що частково усуває вказаний недолік.

Іншим недоліком є залежність ефективності методів інтелектуального пошуку від налаштування параметрів алгоритму, зокрема структури нейромережі, обсягу популяцій тощо. Вибір оптимальних налаштувань може бути нетривіальним завданням і вимагати додаткових досліджень [4].

Список використаних джерел

1. Zhu J.Z, Hwang D, and Sadjadpour A "Real Time Congestion Monitoring and Management of Power Systems," IEEE/PES T&D 2005 Asia Pacific, Dalian, August 14–18, 2005.
2. Jizhong Zhu Optimization of power system operation< second edition The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2015
3. Zhu JZ, Momoh JA. Optimal VAR pricing and VAR placement using analytic hierarchy process. Electr. Pow. Syst. Res. 1998;48(1):11–17
4. Nocedal J, Wright SJ. Numerical Optimization. Springer; 1999

Володимир Кулик – доктор технічних наук, професор кафедри Електричних станцій та систем ВНТУ, м. Вінниця, E-mail: volodymyrvkulyk@gmail.com

Владислав Гриник – студент освітньо-наукової програми «Електроенергетика, електротехніка й електромеханіка» третього рівня вищої освіти Факультету електроенергетики та електромеханіки ВНТУ, м. Вінниця, Email: vladgreen14@gmail.com

Kulyk Volodymyr - Dr. tech. Sciences, Associate Professor, Professor of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, volodymyrvkulyk@gmail.com

Hrynyk Vladyslav - Postgraduate Student of the Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: vladgreen14@gmail.com