

АНАЛІЗ ЧУТЛИВОСТІ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ВЕЛИКОЇ МІРИ СКЛАДНОСТІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі запропоновано метод аналізу чутливості критеріїв оптимальності зі застосуванням нейро-нечіткого моделювання в задачах великої міри складності. Показано можливість і доцільність використання запропонованого методу для знаходження чутливості загальносистемного показника втрат електричної потужності з урахуванням залишкового ресурсу трансформаторів.

Ключові слова: чутливість, критерій оптимальності, втрати потужності, оптимальний коефіцієнт трансформації, залишковий ресурс трансформаторів.

Abstract

The paper proposes a method of sensitivity analysis of optimality criteria with the use of neuro-fuzzy modeling in problems of high complexity. The possibility and expediency of using the proposed method to find the sensitivity of the system-wide indicator of electric power losses taking into account the residual life of transformers is shown.

Keywords: sensitivity, optimality criterion, power loss, optimal transformation coefficient, residual life of transformers.

Вступ

Сучасний розвиток науки і техніки створює передумови для появи та розв'язання нових задач в галузі керування складними системами. На сьогодні стає більш реальною можливість автоматизації оптимального керування станами складних динамічних систем таких, наприклад, як електроенергетичні, зокрема, завдяки появі нових можливостей сучасної обчислювальної та мікропроцесорної техніки. Оскільки електроенергетичні системи розподілені на великій території, тому вони характеризуються складною просторово-часовою структурою керування і для них характерні часті та швидкі зміни станів [1].

Ефективність оптимального керування нормальними режимами електроенергетичних систем істотно залежить від правильності вибору складу регулювальних пристроїв та від використання їх у відповідності з функціональними можливостями (регулювальним ефектом, залишковим ресурсом). Для цього необхідно відповідним чином задати режим роботи системи автоматичного керування напругою і потоками потужності в електроенергетичних системах (ЕЕС). Параметри систем автоматичного керування визначаються за результатами аналізу та оцінки чутливості оптимальних режимів ЕЕС до зміни цих параметрів. Наприклад, залежність чутливості загальносистемних втрат потужності від зміни коефіцієнтів трансформації регуляторів під напругою (РПН) трансформаторів.

Метою роботи є аналіз можливості та доцільності використання запропонованого методу оцінювання чутливості загальносистемного показника втрат електричної потужності з урахуванням залишкового ресурсу трансформаторів.

Результати дослідження

Подібність оптимальних станів ЕЕС дає можливість використовувати для оптимального керування її режимами апарат критеріального аналізу [1]. В результаті критеріального аналізу визначається чутливість математичної моделі оптимального розв'язку, встановлюються припустимі області оптимальних розв'язків, а при необхідності визначаються налагоджувальні параметри систем автоматичного керування (САК), за допомогою яких здійснюється оптимальне керування. Для розв'язку цих задач критеріального аналізу необхідно одержати узагальнені характеристики або критеріальні моделі, що пов'язують загальносистемний критерій оптимальності F з параметрами, які

визначають стани системи (вектор стану x) і оптимізують їх за допомогою регуляторів РПН трансформаторів (вектор керування u), а також розробити алгоритми їх застосування. Критеріальні моделі, що розглядаються, на відміну від відомих стохастичних, ґрунтуються на фізичних міркуваннях і положеннях теорії подібності. Такі моделі системи дають узагальнену, поширену на ряд станів, оцінку результатів, дозволяють виявити основні і відсіяти другорядні фактори [1]. Нарешті, за їх допомогою можна отримати відповідні критерії оптимальності, співставлення з якими параметрів існуючих режимів дозволяє оперативно виявляти нераціонально експлуатовані ділянки або елементи системи. При цьому початкові моделі можуть бути значно спрощені. Задача оптимального керування [3] нормальними режимами ЕЕС може бути в загальному випадку сформульована як задача теорії оптимального керування з квадратичним критерієм якості — мінімізувати функцію керування

Синтез оптимальних програм і законів керування потребує інформації про динамічні характеристики об'єкта, можливі зовнішні збурювальні впливи, початкові умови для окремих ділянок процесу керування, наприклад, параметрами нормального режиму електроенергетичних систем (ЕЕС). Під час експлуатації реальні параметри відрізняються від очікуваних – розрахункових. Проте реальні характеристики систем відрізняються від очікуваних. За таких умов, в наслідок цього визначене керування може виявитися неоптимальним. Проведені дослідження свідчать про те, що похибки вимірювальних елементів, обчислювальних алгоритмів і виконавчих пристроїв викликають відхилення реальних результатів керування від очікуваних оптимальних, розрахункових. Це певна невизначеність у початковій інформації впливає на результати обчислень, а також може привести до порушення умов оптимальності керування. За таких умов доцільним є використання методів нечіткого моделювання.[4]. Цільову функцію, яка характеризує якість функціонування, наприклад, системи керування режимами ЕЕС, як $F(x,u)$, запишемо наступним чином:

$$F = F[\tilde{x}(t, \tilde{\varepsilon}_1, \dots, \tilde{\varepsilon}_m, u_1, \dots, u_n), \tilde{\varepsilon}_1, \dots, \tilde{\varepsilon}_m, u_1, \dots, u_n, T] \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де $\tilde{x}(t)$, $u(t)$ – відповідно вектори стану і керування; $\tilde{\varepsilon}_i$ - деякий нечіткий параметр, який може мати різні фізичні значення (він може характеризувати не лише власні властивості досліджуваної системи, які є незмінними та наперед відомими – перерізи проводів ліній електропередач, опори обмоток силових трансформаторів і т.і., так і зовнішні впливи, які діють на неї – потужності навантажень, стан обладнання ЕЕС, кліматичні умови тощо); T - інтервали часу, що характеризують період дискретності керуючих впливів, ц. Припускається, що задача пошуку оптимального рішення по керуванню режимами ЕЕС зведена до задачі пошуку умовного екстремуму функції багатьох змінних.

Як бачимо, оптимальне значення функції F залежить від оптимальних значень параметрів $\tilde{\varepsilon}_{i0}$, які характеризують як об'єкт, так і зовнішній вплив, і приймає мінімальне значення в межах нечіткої області параметрів керування u_i . Очевидно, що множина оптимальних параметрів керування, наприклад коефіцієнтів трансформації трансформаторів з РПН, u_{i0} є функціями оптимальних параметрів ε_{i0} . Вплив параметра $\tilde{\varepsilon}_i$ на ці коефіцієнти оцінюємо похідною (функцією чутливості)

$\frac{du_i}{d\tilde{\varepsilon}_i}$. За допомогою функцій чутливості можна оцінити вплив неточності інформації про параметри незмінної частини ЕЕС, про параметри збурювальних впливів та про значення параметрів, які є початковими умовами, що визначають оптимальність керування. Відомо, що параметри керування u_{i0} визначаються з врахуванням необхідних умов оптимальності цільової функції

$$\frac{\partial F}{\partial u_i} = \varphi[u_i(\varepsilon), \tilde{\varepsilon}] = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Розв'язок системи лінійних неоднорідних рівнянь, утвореної з (2), дозволяє визначити чутливість оптимальних параметрів керування $\frac{du_j}{d\varepsilon}$, враховуючи, що зміна оптимального коефіцієнта трансформації керувального впливу визначається за виразом (3):

$$\Delta u_{io} = \frac{du_j}{d\varepsilon} \Delta \varepsilon. \quad (3)$$

Висновки

Синтез оптимальних програм і законів керування потребує інформації про динамічні характеристики об'єкта, можливі зовнішні збурювальні впливи, початкові умови для окремих ділянок процесу керування параметрами нормального режиму електроенергетичних систем..

Запропоновано оцінювати чутливість критеріїв оптимальності шляхом використання нейро-нечіткого моделювання, що дозволяє визначити чутливість втрат електричної потужності в умовах задач великої міри складності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П.Д. Оцінювання чутливості оптимального керування режимами електроенергетичних систем критеріальним методом : монографія / П.Д. Лежнюк, Н.В. Остра, В.Ц. Зелінський. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 131 с.
2. Лежнюк П.Д. Оцінювання чутливості критеріїв оптимальності в задачах великої міри складності / П.Д. Лежнюк, Н.В. Остра, О.Є. Рубаненко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 6. – С. 150–154.
3. Оптимальне керування відновлюваними джерелами електроенергії у локальних електричних системах/ О.Б. Бурикін, Ю.В. Томашевський, Ю.В. Малогулко, Н.В. Радзівєвська// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 4. – С. 69–74.
4. Rubanenko O.O. Determination of similarity criteria in optimization tasks by means of neuro-fuzzy modelling / O.O. Rubanenko, V.O. Komar, O.Y. Petrushenko and other // Przegląd Elektrotechniczny. –№ 3. – 93-96.

Лежнюк Петро Дем'янович – докт. техн. наук, професор, професор кафедри електричних станцій та систем, завідувач кафедри ЕСС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lezhpd@gmail.com

Остра Наталя Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: natalyaostr@ukr.net

Рубаненко Олександр Євгенійович – канд. техн. наук, професор, професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rubanenkoae@ukr.net

Lezhniuk Petro D. – Doctor of Technical Sciences (Dr. Sc.), Profesor, Professor of the department of power plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lezhpd@gmail.com

Ostra Natalya V. – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the department of power plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: natalyaostr@ukr.net

Rubanenko Oleksandr Y. – Ph.D., Profesor, Professor of the department of power plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rubanenkoae@ukr.net