

РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КЕРУВАННЯ НОРМАЛЬНИМИ РЕЖИМАМИ ЕЕС З ВРАХУВАННЯМ ЧУТЛИВОСТІ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ ДО КОЕФІЦІЄНТІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі запропоновано методику оптимізації розрахункової моделі електроенергетичної системи (ЕЕС), яка дозволяє сформуванню адаптивних розрахункових моделей для систем оперативно-диспетчерського керування нормальними режимами ЕЕС з врахуванням чутливості втрат потужності до коефіцієнтів трансформації. Завдяки впорядкуванню оптимізуючих впливів, які здійснюються регулюючими пристроями на режими ЕЕС, більш раціонально використовується ресурс трансформаторів.

Ключові слова: розрахункова модель, чутливість, втрати потужності, регулюючий пристрій, коефіцієнт трансформації, дерево графа, незалежний контур, хорда.

Abstract

The paper proposes a method for optimizing the calculation model of the power system (EES), which allows to form adaptive calculation models for operational control systems of normal EES modes, taking into account the sensitivity of power losses to the transformation coefficients. Due to the streamlining of the optimizing effects exerted by the regulating devices on the EES modes, the resource of transformers is used more rationally.

Keywords: calculation model, sensitivity, power loss, control device, transformation coefficient, graph tree, independent circuit, chord.

Вступ

Підвищення ефективності автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК) електроенергетичних систем (ЕЕС) передбачає вдосконалення методів і засобів формування розрахункових моделей ЕЕС, вибір на їх основі керуючих впливів та автоматизацію основних функцій процесу керування нормальними режимами. Це стосується збору та обробки оперативної телеметричної інформації про стан ЕЕС, синтез адаптивних розрахункових моделей та керуючих дій з урахуванням ієрархії ЕЕС та умов практичної реалізації законів керування в АСДК.

Традиційні математичні методи не в повній мірі задовольняють новим вимогам по реалізації принципів автоматичного керування режимами ЕЕС, тому виникає потреба у вдосконаленні математичних моделей процесу оперативно-диспетчерського управління нормальними режимами ЕЕС на основі сучасних методів моделювання з використанням методів теорії оптимального керування складними технологічними системами та теорії графів [1,2]. Основною

метою проведених в роботі досліджень є формування адаптивної розрахункової моделі ЕЕС, яка була б адекватна реальним умовам експлуатації ЕЕС і враховувала чутливість критерію оптимальності до параметрів, що оптимізуються.

Результати досліджень

Оптимальне керування параметрами режимів ЕЕС на сучасному етапі розвитку АСДК досягається шляхом вибору оптимальної конфігурації схеми ЕЕС, складу працюючого обладнання, адекватним математичним забезпеченням задач керування та рядом інших факторів. Оптимізація розрахункової моделі має на меті вибір оптимальних методів і засобів управління для цілеспрямованого коригування ходу процесів і характеристик об'єктів, якими здійснюється керування [1, 2].

Задача оптимального керування нормальними режимами ЕЕС в загальному випадку формулюється як задача теорії оптимального керування [3]:

мінімізувати функцію

$$F(u) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_k} [\mathbf{x}^T(t) \mathbf{Q} \mathbf{x}(t) + \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{u}(t)] dt \quad (1)$$

динамічної системи, яка описується рівняннями

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= \mathbf{A} \mathbf{x}(t) + \mathbf{B} \mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t_0) &= \mathbf{x}_0 \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C} \mathbf{x}(t) + \mathbf{D} \mathbf{u}(t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де: $x(t)$, $u(t)$, $y(t)$ – відповідно вектори стану, керування і спостереження; \mathbf{Q} , \mathbf{R} , \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , \mathbf{D} - матриці констант, які можуть залежати від часу t ; t_0 , t_k – фіксовані моменти часу.

При керуванні усталеним режимом ЕЕС критерієм оптимальності служить економічний критерій - мінімум технологічних витрат електричної енергії на її передачу по електричним мережам за умов дотримання обмежень по надійності електропостачання та якості електроенергії. Ще на стадії формування цільової функції ставиться мета отримати закони керування регулюючими пристроями у вигляді, зручному для їх автоматичної реалізації. Розв'язком задачі (1)-(2) є рівняння виду:

$$\mathbf{u}(t) = -\mathbf{W} \mathbf{y}(t) \quad (3)$$

де \mathbf{W} – матриця зворотного зв'язку, яка відображає зв'язок топології мережі з її сталими параметрами.

Вираз (3) являє собою закон оптимального керування параметрами регулюючих пристроїв ЕЕС, та за певних умов дозволяє досягнути мінімум цільової функції (1). Для реалізації законів автоматичного керування режимами існують певні умови, основними з яких є:

- виділення областей корекції та координація роботи регулюючих пристроїв з урахуванням ранжування їх за пріоритетом керування режимами;
- побудова розрахункової моделі ЕЕС, в першу чергу дерева графа, таким чином, щоб виділити в якості хорд трансформаторні вітки з найбільшим регулюючим ефектом, що по суті є адаптацією розрахункової моделі до реальних умов експлуатації цих пристроїв.

Об'єднання цих двох принципів при реалізації оптимальних режимів дозволяє наблизити струморозподіл в ЕЕС до економічного і знизити рівень втрат активної потужності в енергосистемі. Керувати потоками потужності в неоднорідних електричних мережах можливо шляхом зміни комплексних коефіцієнтів трансформації регулюючих трансформаторів. Цілеспрямоване формування розрахункової моделі ЕЕС дозволяє ідентифікувати параметри режиму, проаналізувати склад вхідної та вихідної інформації і врахувати фактори, які мають найбільший вплив на достовірність отриманих результатів. Призначення моделі визначається її принциповою можливістю синтезувати оптимальні рекомендації та закони керування для ведення оптимального технологічного режиму в енергосистемі.

Для визначення законів керування (1) необхідно побудувати розрахункову модель за певним алгоритмом. Насамперед, сформувати модель дерева графа таким чином, щоб виділити в якості хорд незалежних контурів трансформаторні вітки. Це дозволить реалізувати в контурах схеми заміщення зрівнювальні електрорушійні сили (е. р. с.) у лінійній залежності від параметрів регулювальних пристроїв. На етапі попередніх розрахунків необхідно виконати ранжування регулювальних трансформаторів за пріоритетом керування режимами [3].

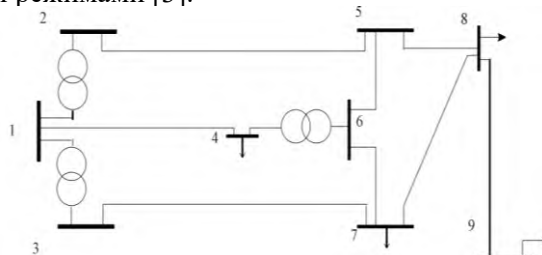


Рис. 1 – Схема з'єднання моделі електричної мережі

Висновки

Моделі ЕЕС з врахуванням чутливості втрат потужності до коефіцієнтів трансформації дозволяють підвищити ефективність оперативно-диспетчерського керування режимами. Крім того, завдяки впорядкуванню оптимізуючих впливів, які здійснюються регулюючими пристроями на режими ЕЕС, більш раціонально використовується ресурс трансформаторів. Також, запропонована методика цілеспрямованого формування розрахункової моделі електричної мережі забезпечує їй значну гнучкість, високий ступінь адаптивності та керованості, що є одним з важливих факторів при розвитку та модернізації систем керування в АСДК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1]. Лежнюк П.Д., Кулик В.В. Оптимальное керування потоками потужності і напругою в неоднорідних електричних мережах. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 188 с.
- [2]. Анализ неоднородностей электроэнергетических систем / Войтов О.Н., Воропай Н.И., Гамм А.З. и др. – Новосибирск: Наука, 1999. – 256 с.
- [3]. Лежнюк П.Д., Зелинский В.Ц. Серова И.А. Методика координации работы регулирующих устройств при оптимальном управлении режимами электрической системы // В кн. Устройство преобразования информации для контроля и управления в энергетике. - Харьков, 1992. – С. 108-112.
- [4]. Зелінський В. Ц., Остра Н. В. Оптимізація розрахункової моделі електроенергетичними системами для автоматизованих систем диспетчерського управління з урахуванням втрат потужності // Вісник ВПІ. – 2005. – № 4. – С. – 63 - 68.

Лежнюк Петро Дем'янович – докт. техн. наук, проф., професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: *Остра Наталя Вікторівна* — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: natalyaostro@ukr.net.

Ткачук Вадим Сергійович — студент групи 2ЕЕ-18б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: VadymTkachuk159753@gmail.com.

Lezhnyuk Petro D. – Dr. tech. Sciences, Prof., Prof. of the Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsya, email : lezhpd@gmail.com

Supervisor: *Ostra Natalya V.* — PhD, Associate professor, Associate Professor, Associate Professor of electrical stations and systems department, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, e-mail: natalyaostro@ukr.net.

Tkachuk Vadym S — student of 2EE-18b group, electric power and electromechanics faculty, Vinnytsia national technical university, Vinnitsya, e-mail: VadymTkachuk159753@gmail.com.