

## МОДЕЛЬ ДІЛЯНКИ ПАРОВОДЯНОГО ТРАКТУ ПРЯМОТОЧНОГО КОТЛОАГРЕГАТУ З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ ДИНАМІКИ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Новіков П. В., Бунке О. С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, rezengan@ukr.net

Енергетичний блок теплової електростанції є дуже складним комплексом агрегатів і механізмів, які мають працювати узгоджено між собою. Котлоагрегатам ТЕС притаманні зміни динамічних характеристик як у межах доби (маневрові режими), так і під час тривалої експлуатації (переоснащення основного обладнання, утворення накипу тощо). Наслідком незадовільної роботи встановлених регуляторів є випадки перегріву пари, перевитрати пального, зменшення ресурсу котлоагрегатів за рахунок термоциклічних напруг і зношування виконавчих пристроїв, що збільшує експлуатаційні витрати, а також підвищує технологічну небезпеку ТЕС.

В роботах [1, 2] досліджено динамічні властивості ділянки пароводяного тракту пилувугільного прямоочного котлоагрегату. Наявна суттєва відмінність моделей для різних режимів роботи. Зі зменшення навантаження коефіцієнти підсилення моделей збільшуються, а інерційність контурів – зменшується. Виникає потреба якісної побудови моделі такого об'єкта керування, яка б враховувала змінні динамічні властивості. Це дозволяє на етапі імітаційного моделювання виявити особливості роботи системи автоматичного регулювання в проміжних режимах.

Розв'язанням цієї задачі може бути використання моделі об'єкта керування, яка враховує зміну параметрів залежно від зовнішніх факторів, наприклад, навантаження енергоблоку. В *Matlab/Simulink* побудовано модель парового тракту до проміжної точки. Модель враховує зміни динамічних характеристик ділянки водопарового тракту котла до першого впорскування залежно від навантаження енергоблоку. Зміна навантаження є зовнішнім збуренням для САР температурного режиму.

Зміна в реальному часі параметрів моделі, що в загальному випадку описується функцією передачі (1), досягається таким чином. Коефіцієнт передачі  $K_{об}$  напряму залежить від навантаження та змінюється від 2,67 до 4.54 за максимального та мінімального навантаження відповідно. У найпростішому випадку цей зв'язок можна представити у вигляді

$$K_{об} = K_{об}^{MIN} + \frac{N - 75}{100 - 75} (K_{об}^{MAX} - K_{об}^{MIN}), \quad (1)$$

де  $K_{об}$  – коефіцієнт передачі об'єкта;  $K_{об}^{MIN}$ ,  $K_{об}^{MAX}$  – мінімальне та максимальне значення коефіцієнта передачі об'єкта відповідно;  $N$  – поточне значення навантаження енергоблоку.

Сталі часу моделі об'єкта також залежать від навантаження, але в блоці *Transfer function* пакету *Simulink* напряму параметри змінювати не можна. Запропоновано аперіодичну ланку представити у вигляді інтегрувальної ланки, охопленої зворотним зв'язком:

$$\frac{1}{T_i s + 1} = \frac{\frac{K_i}{s}}{1 + \frac{K_i}{s}} = \frac{K_i}{s + K_i} = \frac{1}{\frac{1}{K_i} s + 1}, \quad (2)$$

$$T_i = T_i^{\text{MIN}} + \frac{N - 75}{100 - 75} (T_i^{\text{MAX}} - T_i^{\text{MIN}}) \quad (3)$$

де  $T_i$  –  $i$ -та стала часу аперіодичної ланки;  $T_i^{\text{MIN}}$ ,  $T_i^{\text{MAX}}$  – значення  $i$ -ї сталої часу аперіодичної ланки за мінімального та максимального значень навантаження відповідно;  $N$  – поточне значення навантаження енергоблоку.

Часову затримку моделі об'єкта, що реалізується блоком *Transport delay* пакету *Simulink*, також напряду змінювати не можна. Запропоновано транспортну затримку апроксимувати послідовним включенням аперіодичних ланок у кількості від 2 до 5 залежно від величини транспортної затримки. Для транспортної затримки  $\tau_{об}$  до 20 с використовується дві аперіодичні ланки, а для  $\tau_{об} = 80 \dots 95$  – шість аперіодичних ланок.

Розроблена модель має велике практичне значення та широке застосування. Зокрема, для дослідження, наприклад, робастності нелінійних систем керування недостатньо проварювати параметри моделі в діапазоні  $\pm 20 \dots 30$  %, оскільки в нелінійних системах не виконується принцип суперпозиції та не можна гарантувати, що в проміжному положенні нелінійна система буде забезпечувати задану якість керування.

Таким чином, отримана модель може бути ефективно використана для дослідження роботи систем автоматичного регулювання в умовах змінної динаміки об'єкта керування.

1. Коновалов М. А., Бунке А. С. Основы новой стратегии синтеза систем оптимального управления. К.: Феникс, 2014. 280 с. ISBN 978-966-136-215-3.

2. Ковриго Ю. М., Новіков П. В. Алгоритм роботи двоканального нечіткого контролера для керування теплоенергетичними об'єктами. *Наукові вісті КПІ ім. Ігоря Сікорського*. – Київ, 2019. № 3. С. 24–32.