

UPGRADE OF HEAT LOAD CONTROL SYSTEM USING THE METHOD OF DYNAMIC CORRECTION

Yu. Kovrigo, A. Bunke

National Technical University of Ukraine «KPI»

Key words:

Inertial objects control
Control algorithm
Modernization of control systems
Power plants
Load control
Control quality improve
Robustness

ABSTRACT

The article presents features of a boiler heat load automatic control system (ACS) on unit № 2 Tripoli thermal power plant 300MW-powered under transient operating conditions, new structure for the ACS can be used on any technological objects with inertial control loops. The controlled plant model is identified using experimental data, and the stability of the closed loop control system in the working range of load is estimated. The results of simulation and testing showed that usage of the corrector can achieve better regulation, than the previously used PI-controller and also provides the robustness of the ACS.

Article history:

Received 30.09.2012
Received in revised form
20.10.2012
Accepted 25.10.2012

Corresponding author:

E-mail:
npnuht@ukr.net

МОДЕРНІЗАЦІЯ АСР ТЕПЛОГО НАВАНТАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОЇ КОРЕКЦІЇ

Ю.М. Ковриго, О.С. Бунке

Національний технічний університет України «КПІ»

Розглянуто особливості роботи автоматичної системи регулювання (АСР) тепловим навантаженням прямого котлоагрегату енергоблоку № 2 Трипільської ТЕС потужністю 300 МВт у несталих режимах роботи. Запропоновано нову функціональну структуру АСР, що може бути використана на будь-яких технологічних об'єктах із інерційними каналами регулювання. Виконана ідентифікація об'єкта управління за експериментальними даними, побудовано модель та оцінена стійкість АСР в робочому діапазоні змін навантаження. Результати моделювання та випробувань на енергоблоці показали, що введення коректору дозволяє досягти більш якісного регулювання в порівнянні з ПІ-регулятором, що використовувався раніше, при дії зовнішніх і внутрішніх збурень, а також забезпечує робастність системи при зміні параметрів об'єкта.

Ключові слова: керування інерційними об'єктами, закон керування, модернізація систем керування, теплові електростанції, регулювання навантаження, покращення якості регулювання, робастність.

Проблема модернізації систем управління енергоблоків діючих ТЕС з метою підвищення їх ефективності і надійності функціонування, зменшення витрат на обслуговування обладнання, та більш точного регулювання навантаження і частоти для поліпшення якості

електроенергії є актуальною для всієї енергосистеми України в цілому. Але поліпшення якості керування інерційними теплоенергетичними об'єктами має не тільки практичні складнощі, але і певні теоретичні обмеження. Цим об'єктам притаманні інерційність і великі запізнювання, як по збуренням, так і по керуючому впливу, а також наявність нелінійностей в контурах регулювання. Особливості функціонування інерційних енергоблоків ТЕС, яким є контур управління тепловим навантаженням, не дозволяють добиватися високих показників якості перехідних процесів і гарантованого запасу стійкості в рамках стандартних ПІ і ПІД алгоритмів. Завдання ускладнюється існуючою на практиці невизначеністю через збурення, викликані змінами складу палива, навантаження, взаємного впливу контурів, а також різного роду нелінійностей, особливо у виконавчих механізмах. Реалізація в стандартних ПІ, ПІД регуляторах одночасно поліпшених динамічних якостей і гарантованого запасу стійкості можлива тільки з застосуванням нових структурних рішень. Розробка коригувальних контурів ускладнюється існуючою на практиці нестабільністю властивостей як самого об'єкта (утворенню накипу, збільшення люфтів і т.д.), так і невизначеністю характеристик, пов'язаних із зміною графіка навантаження енергоблоку від 220 до 300 МВт.

Ідентифікація об'єкта управління та побудова його динамічної моделі були виконані на основі активних експериментів, в ході яких були отримані криві розгону котлоагрегату ТПП-210А при зміні вхідних сигналів завдання і обурення по витраті палива. Для автоматизації обробки експериментальних даних розроблена структура моделі, а також програмне забезпечення [1], що дозволяє обробляти файли даних. Експериментальні дані для ідентифікації моделі були взяті при навантаженнях 300 і 225 МВт на енергоблоці № 2 Трипільської ТЕС. В якості вихідних даних аналізувалися температури за нижньою радіаційною частиною (НРЧ), верхньою радіаційною частиною (ВРЧ) і за поточним екраном (ПЕ), як середні значення по двом ниткам (див. Рис. 1).

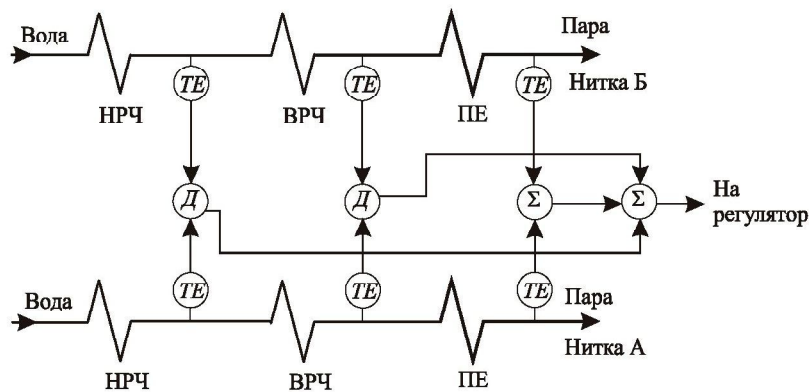


Рис. 1. Структурна схема об'єкта.
де ТЕ — вимірювачі температури; Д — диференціатори

Ідентифікація параметрів динамічної системи котлоагрегату по каналах НРЧ, ВРЧ, ПЕ виконана методом додаткових членів за усередненим графіком пормованої перехідної функції, що отримана шляхом експериментів. У каналах НРЧ, ВРЧ прийнята модель у вигляді аперіодичних ланок другого порядку з постійними часу T_1 , T_2 , посиленням K , запізнюванням τ . Диференціатори за параметрами T_d і K_d введені для зменшення запізнювання і прискорення реакції регулятора на дію збурень. У каналі ПЕ прийнята модель аперіодичної системи третього порядку з параметрами T_1 , T_2 , T_3 , K , τ (диференціатор відсутній). Параметри об'єкта по всіх трьох каналах: НРЧ, ВРЧ, ПЕ, а також еквівалентного об'єкта другого порядку, наведені в Табл. 1. Помилка ідентифікації цим методом становить менш ніж 4 %, а помилка наближення еквівалентною моделлю —

АВТОМАТИЗАЦІЯ

не більше 5 %. Зацізнювання апроксимовані дрібно-раціональної функцією Паде другого порядку з тим, щоб можна було використовувати стандартний аналітичний апарат лінійних стаціонарних систем (LTI) в пакеті MATLAB. Загальна передавальна функція об'єкта управління має наступний вигляд:

$$W_{об}(p) = W_{НРЧ}(p) \cdot W_{диф}(p) + W_{ВРЧ}(p) \cdot W_{диф}(p) + W_{ПЕ}(p) \quad (1)$$

Таблиця 1. Параметри моделі по каналах НРЧ, ВРЧ і ПЕ та еквівалентного об'єкта

Параметри \ Канали	НРЧ	ВРЧ	ПЕ	Еквівалентний об'єкт
τ (с)	10	15	120	25
K (°C/%)	0.19	1.54	2.3	2.3 ... 4.1
T_1 (с)	42	90	110	98
T_2 (с)	21	45	55	49
T_3 (с)	—	—	28	—
T_d (с)	80	165	—	—
K_d	3	1	—	—

Параметри настройки штатного регулятора теплового навантаження не забезпечують вимог до якості управління при змінах навантаження енергоблоку (по динамічному відхиленню $Y_{дин} < 20\%$; по тривалості перехідного процесу $T_{пр} < 1000$ с). Щоб зберегти баланс між швидкодією регулятора і необхідним запасом стійкості, необхідно удосконалити алгоритм управління шляхом введення в структуру регулятора динамічного коректора, що здатний підвищити якість перехідних процесів і той же час зберегти стабільність системи управління при зміні параметрів об'єкта, тобто робастність.

Існують схеми коректорів, що компенсують недоліки стандартних регуляторів. Наприклад, в роботі [2] описана структура з динамічним перетворювачем (див $W_{дп}(p)$ на рис. 2).

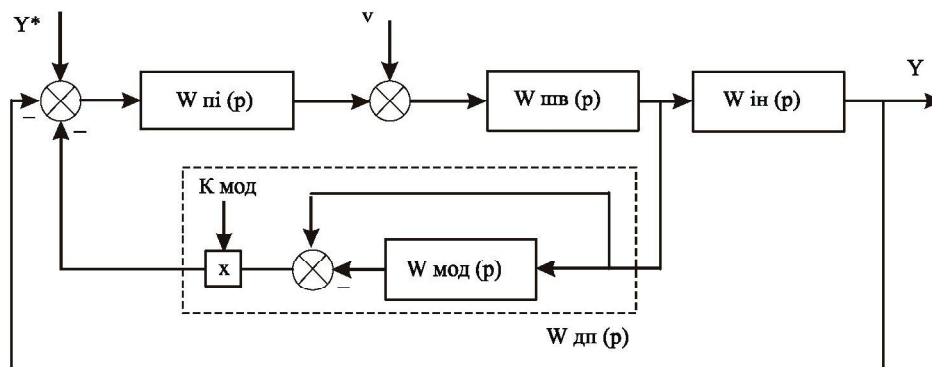


Рис. 2. Структурна схема АСР з використанням сигналу швидкодіючої ділянки та динамічним перетворювачем.

де Y^* — завдання, $W_{\pi}(p)$ — передавальна функція ПІ-регулятора, v — збурення, $W_{шв}(p)$ — передавальна функція швидкодіючої ділянки об'єкта, $W_{ін}(p)$ — передавальна функція інерційної ділянки об'єкта, Y — контрольований параметр, $W_{мод}(p)$ — передавальна функція нормованої моделі інерційної ділянки об'єкта, $K_{мод}$ — коефіцієнт передачі інерційної ділянки об'єкта.

В представленій на рис. 2 схемі сигнал із швидкодіючої ділянки об'єкта керування поступає на динамічний перетворювач, що являє собою складний диференціатор. Разом з ПІ-регулятором ця структура представляє варіант ПІД-регулятора, в якому диференційна складова формується різницею передавальних функцій одиничної ланки посилення і

АВТОМАТИЗАЦІЯ

нормованої (також з одиничним коефіцієнтом посилення) спрощеної моделі $W_{\text{Мод}}(p)$ інерційної частини об'єкта $W_{\text{ін}}(p)$ у вигляді послідовно з'єднаних ланок транспортного запізнювання і аперіодичної ланки n -го порядку:

$$W_{\text{д.п.}}(p) = K_{\text{д.п.}} \left[1 - 1 / \left(1 + \frac{T_{\text{д.п.}}}{n} \right)^n \right] \quad (3)$$

В цілому, такий підхід дозволяє непрямим методом вводити диференціальну частину регулятора, що з'являється, як члени порядку n у чисельнику $W_{\text{д.п.}}(p)$, після перетворень (відокремлення П, І, Д складових) у формулі (3). При цьому чутливість системи до завад не збільшується, що є основною перевагою перед класичним ПІД-регулятором, але реалізація такої схеми є досить складною.

Проведене авторами дослідження роботи систем керування інерційними каналами на Трипільській ТЕС показало, що розробка нових алгоритмічних рішень з використанням динамічної корекції [3] представляє науковий та практичний інтерес. Задача полягає у формуванні нової стратегії і алгоритму управління інерційними теплоенергетичними об'єктами, шляхом введення в структуру регулятора додаткового паралельного каналу корекції. Система управління з корекцією повинна бути швидкодіючою, мати гарантований запас стійкості в робочому діапазоні зміни навантаження енергоблоку і одночасно забезпечувати підвищення якості регулювання.

Авторами запропоновано нову структуру регулятора (див $W_{\text{ПК}}(p)$ на рис. 3), яка була застосована у контурі регулювання теплового навантаження у схемі з введенням сигналу з швидкодіючої ділянки.

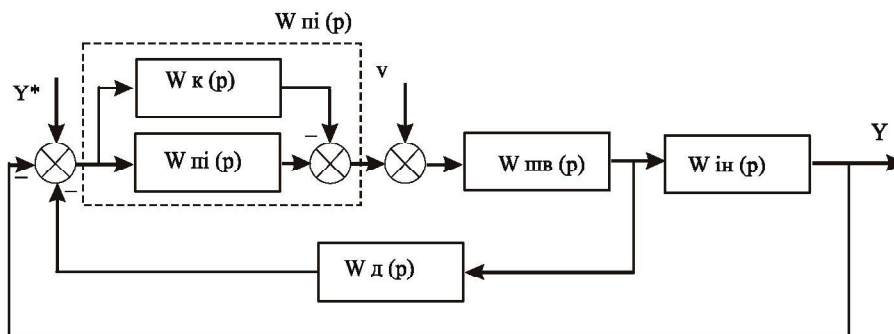


Рис. 3. Структурна схема АСР з використанням сигналу швидкодіючої ділянки та ПІК-регулятором.

де Y^* — завдання, $W_{\text{пі}}(p)$ — передавальна функція ПІ-регулятора, $W_{\text{к}}(p)$ — передавальна коректору, v — збурення, $W_{\text{шв}}(p)$ — передавальна функція швидкодіючої ділянки об'єкта, $W_{\text{ін}}(p)$ — передавальна функція інерційної ділянки об'єкта, Y — контрольований параметр, $W_{\text{д}}(p)$ — передавальна функція диференціатора.

Згідно запатентованої схеми контролера [3], керуючий вплив формується за допомогою двох паралельних каналів, один з яких є швидкодіючим і реалізований на базі стандартного ПІ регулятора, а другий канал — інерційний, у вигляді ланки запізнювання і набору аперіодичних ланок з коефіцієнтом посилення. Вихід коректора віднімається від виходу швидкодіючого каналу (див. Рис. 4) і результуючий сигнал управління U далі подається на виконавчий механізм. Вплив нелінійностей виконавчого механізму у вигляді зони нечутливості та насичення в даній роботі не враховувалося, бо передбачається, що система працює на лінійній ділянці характеристики. Вплив обмежень на регулятор і стійкість нелінійної системи розглянуто в роботі [4].

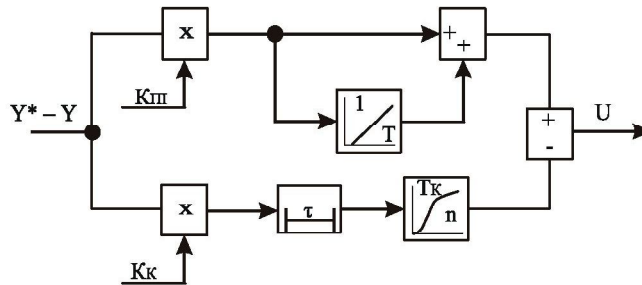


Рис. 4. Структурна схема регулятора з коректором

де $Y^* - Y$ — сигнал розузгодження; $K_{П}$ — коефіцієнт посилення швидкодіючого каналу; T — постійна часу інтегрування швидкодіючого каналу; τ — запізнювання коригуючого каналу; $T_{К}$ — постійні часу коригуючого каналу; $K_{К}$ — коефіцієнт посилення коригуючого каналу

Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = W_{РЕГ}(p) \cdot W_{ВМ}(p) \cdot W_{ОБ}(p), \quad (2)$$

де $W_{РЕГ}(p) = W_{П}(p) - W_{К}(p)$ — передавальна функція регулятора.

Нова структура алгоритму управління задіяна у контурі регулювання теплового навантаження, де постійні часу становлять величини 100 – 150 с і суттєво впливають на ефективність АСР. Швидкодія двоканального ПП-К регулятора досягається можливістю збільшення коефіцієнта передачі в першому каналі (ПП-регуляторі), що не досягне у стандартній схемі без втрати стійкості. Від’ємний сигнал корегуючого каналу подається із запізнюванням, що дозволяє разом із швидкодіючим каналом зменшити викид на початку перехідного процесу.

Дослідження стійкості нової АСР. Передавальні функції дослідженої замкненої системи по завданню і збуренню (виконавчий механізм включений у регулятор) відповідно будуть:

$$W_Y(p) = \frac{W_{ОБ}(p) \cdot W_{РЕГ}(p)}{1 + W_{ОБ}(p) \cdot W_{РЕГ}(p)}; \quad W_D(p) = \frac{W_{ОБ}(p)}{1 + W_{ОБ}(p) \cdot W_{РЕГ}(p)} \quad (4)$$

Структура корегуючого каналу визначається порядком еквівалентного об’єкта (ЕО). Порядок аперіодичної ланки коректора не повинен перевищувати порядок ЕО. При цьому коефіцієнт посилення $K_{К} < K_{П-К}$ ($K_{К} \approx K_{П-К} \times 0.8$). Параметри настройки регуляторів (див. Табл. 2) були визначені за допомогою оптимального параметричного синтезу методом Хука-Дживса з урахуванням обмежень по динамічному відхиленню і показника квалітативності 0,9 для номінального режиму роботи об’єкта.

Таблиця 2. Параметри настройки ПП-регуляторів і коректора

ПП-регулятор штатний	ПП-регулятор з коректором	Коректор
$K_{П} = 0.35$	$K_{П-К} = 0.7679$	$K_{К} = K_{П-К} \times 0.7 = 0.5375$
$T_1 = 60$ с	$T_1 = 102.5075$ с	$T_{К1} = 22.5911$ с
-	-	$T_{К2} = 32.8570$ с

Аналіз стійкості розімкнутих систем зі стандартним ПП-регулятором і ПП-К регулятором виконано частотним методом по діаграмах Боде. Якщо запас по фазі розімкненої системи $\varphi_m < 0^\circ$, а запас по амплітуді $g_m < 1$, то після замикання зворотного зв’язку система буде нестійкою [5]. Для отриманих параметрів об’єкта робочий діапазон частот обмежений 1 рад/с. Обидві розглянуті системи є стійкими у даному діапазоні при номінальному (300 МВт) і мінімальному (220 МВт) навантаженні. Чисельні значення запасів стійкості наведені в Табл. 3. Зміна режимів навантаження відбивається на коефіцієнті посилення об’єкта $K_{об}$, що змінюється з 2.3 до 4.1 відповідно. Система з ПП-К

АВТОМАТИЗАЦІЯ

регулятором має більший запас стійкості по амплітуді g_m , фазі φ_m і мінімальній відстані s_m від точки $(-1, j0)$ годографу Найквіста на комплексній площині, що описано далі.

Таблиця 3. Запаси стійкості розімкненої системи регулювання

Системи	Запас по амплітуді, g_m	Запас по фазі, φ_m	Запас по відстані, s_m
Номинальне навантаження ($K_{об}=2.3$)			
П	1.4549 ($\omega_{-180}=0.0211$)	35.8821° ($\omega_0=0.0100$)	0.4786 ($\omega_{max}=0.0124$)
П-К	1.6099 ($\omega_{-180}=0.0338$)	39.8756° ($\omega_0=0.0093$)	0.6409 ($\omega_{max}=0.0107$)
Мінімальне навантаження ($K_{об}=4.1$)			
П	1.2341 ($\omega_{-180}=0.0211$)	18.8646° ($\omega_0=0.0147$)	0.2690 ($\omega_{max}=0.0164$)
П-К	1.3062 ($\omega_{-180}=0.0338$)	42.8462° ($\omega_0=0.0134$)	0.5087 ($\omega_{max}=0.0273$)

Примітка: одиниці виміру частоти ω (рад/с).

Для оцінки впливу збурень на систему з коректором, згідно з роботою [5], побудовані чотири функції чутливості, так звані, «Gang Four». Основна функція чутливості АСР до варіації параметрів об'єкта має такий вигляд:

$$S(p) = \frac{1}{1 + W_{об}(p) \cdot W_{рег}(p)} \quad (4)$$

За модулем функції чутливості $|S(p)|$ можна оцінити зміну властивостей системи після замикання головного зворотного зв'язку. Збурення в діапазоні частот, де $|S(p)| > 1$, будуть посилюватися системою, а для частот, де $|S(p)| < 1$, будуть послаблюватися. Графіки функції чутливості двох систем для номінального і мінімального навантаження зображені на Рис. 5а. При мінімальному навантаженні ($K_{об}=4.1$) обидві системи більш чутливі до збурень в діапазоні частот навколо максимуму $\omega = [10^{-2}, 10^{-1}]$ рад/с, але майже не чутливі до повільних збурень з частотами $\omega < 10^{-2}$ рад/с. В обох режимах навантаження система з коректором має переваги над стандартним ПП-регулятором завдяки меншому модулю $|S(p)|$. Найгірший випадок реакції на зовнішні збурення спостерігається на частотах близьких до максимуму M_S :

$$M_S = \max_{\omega} |S(p)| = \max_{\omega} \left| \frac{1}{1 + G_p(p)} \right| \quad (5)$$

де $G_p(p) = W_{об}(p) \cdot W_{рег}(p)$ — передавальна функція розімкненої системи.

Якщо врахувати, що $|1 + G_p(j\omega)|$ є відстань від точки $(-1, j0)$ до будь якої точки на годографі функції $G_p(j\omega)$, то мінімальна відстань від точки $(-1, j0)$ до функції $G_p(j\omega)$ дорівнює запасу стійкості s_m :

$$s_m = \min_{\omega} |1 + G_p(j\omega)| \quad (6)$$

Тоді з попередніх рівнянь можна заключити, що запас стійкості системи є обернено пропорційний максимуму модулю функції чутливості: $s_m = 1/M_S$ (див. табл. 3). Годографи обох регуляторів для різних режимів навантаження зображені на рис. 5б, які побудовані для того ж діапазону частот, що й функції чутливості $\omega = [10^{-3}, 10^0]$ рад/с. Значення s_m розраховані, як найменші відстані від критичної точки $(-1, j0)$ до відповідних годографів.

Оцінка ефективності розробленого регулятора виконана по перехідним процесам в пакеті MATLAB за такими стандартними показниками, як інтегральні критерії якості ISE, IAE, ITSE, ITAE, описаними в роботі [6], а також динамічний викид σ і коливальність Ψ (ступінь загасання). На Рис. 6 показані перехідні процеси для двох замкнених систем при номінальному (300 МВт) і мінімальному навантаженні (220 МВт) відповідно по каналах завдання і збурення при ступінчастому впливі. Помітно, що коректор знижує динамічний викид і коливання вихідних сигналів (температура за ПЕ). Штатному ПП-регулятору відповідає пунктирна лінія, а ППК-регулятору — суцільна лінія. Позитивні зміни в перехідних процесах

АВТОМАТИЗАЦІЯ

відбиваються на інтегральних показниках якості регулювання, відносні зміни яких наведені в Табл. 4 для двох рівнів навантаження — номінального (300 МВт) і мінімального (220 МВт) під дією ступінчастого впливу на вході. На графіках позначені інтервали відхилення сигналів від сталих значень $\pm 5\%$ для однакової шкали амплітуд.

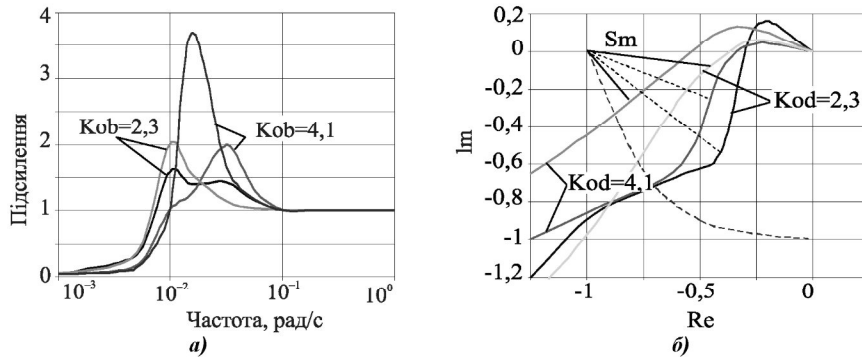


Рис. 5. Амплітудно-частотні (а) та амплітудно-фазово-частотні (б) характеристики розімкненої системи: стандартного регулятора (пунктир), з динамічним коректором (суцільна) у режимі номінального ($K_{об}=2.3$) і мінімального ($K_{об}=4.1$) навантаження

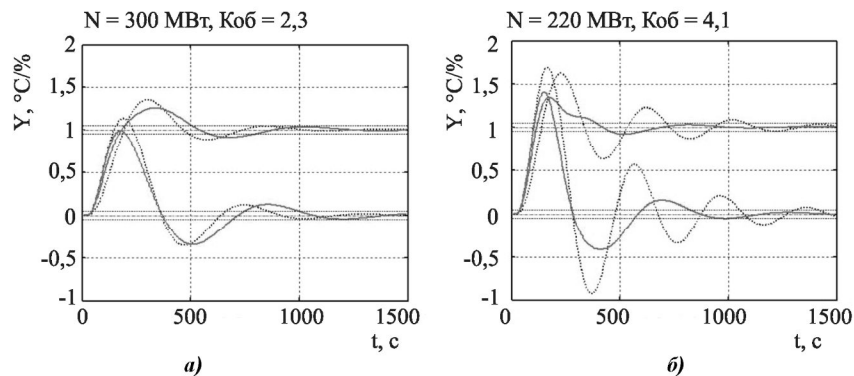


Рис. 6. Перехідні процеси по каналах завдання і збурення при ступінчастому впливі у режимі номінального 300 МВт (а) і мінімального 220 МВт (б) навантаження;

На графіках позначено: пунктир — штатний регулятор; суцільна лінія — нова схема з коректором

Таблиця 4. Порівняння показників якості перехідних процесів ПІ і ПІ-К регуляторів

Показники	$\Delta ISE, \%$ $ISE := \int_0^T e(t)^2 dt$	$\Delta IAE, \%$ $IAE := \int_0^T e(t) dt$	$\Delta ITSE, \%$ $ITSE := \int_0^T t e(t)^2 dt$	$\Delta ITAE, \%$ $ITAE := \int_0^T t e(t) dt$	$\sigma, \%$	$\Psi, \%$
Номінальне навантаження ($K_{об}=2.3$)	-18.78 %	-9.98 %	-24.93 %	+4.44 %	-27.67 %	+23.67
Мінімальне навантаження ($K_{об}=4.1$)	-43.44 %	-47.22 %	-78.05 %	-70.71 %	-44.80 %	+20.37

У номінальному режимі навантаження ($K_{ос} = 2.3$) спостерігається деяке збільшення часу регулювання у схемі з новим регулятором T_D (-16.79 %), але воно не перевищує регуляментного значення 1000 с. В свою чергу, це призводить до незначного (-4.44 %) збільшення лише одного (ІТАЕ) з чотирьох інтегральних показників, при цьому час наростання сигналу на початку перехідного процесу T_n зменшується (-5.13 %), тому це не критично.

У режимі з мінімальним навантаженням ($K_{ос} = 4.1$) більш суттєво проявляються переваги нової схеми регулятора з динамічним коректором. Всі інтегральні показники стандартного ПІ-регулятора, що був налаштований на оптимальні параметри, майже в 1.5 рази більше (тобто перехідний процес гірше) ніж у нового регулятора, а також більший час регулювання T_D (50.41 %) і час наростання сигналу T_n (17.86 %).

В цілому можна стверджувати, що нова схема забезпечує більший вигрощ у відносних значеннях ($\Delta X = 100 \times (X_{ПІ} - X_{ПІ-К}) / X_{ПІ}$, %) критеріїв якості перехідного процесу при зміні режиму роботи з номінального ($K_{ос} = 2.3$) до мінімального ($K_{ос} = 4.1$) навантаження. Це свідчить про більшу робастність нової схеми АСР у порівнянні зі штатним регулятором. Час регулювання при цьому не перевищує 1000 с, а динамічний викид не більше 20 %.

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що стабілізуючий ефект розробленого ПІ-К регулятора проявляється при співвідношенні запізнювання $\tau_{об}$ і постійної часу об'єкта $T_{об}$ в інтервалі: $0.1 \leq \tau_{об} / T_{об} \leq 0.5$. Аналіз стійкості нової схеми регулювання в частотній області показав, що введення паралельного динамічного коректора збільшує запас стійкості системи по фазі і не знижує запас по амплітуді. Введення коректора покращує не тільки динамічні характеристики: максимальний викид, ступінь загасання і час перехідного процесу в порівнянні зі штатним ПІ-регулятором, але і значно знижує інтегральні показники якості перехідних процесів при зміні параметрів об'єкта управління, що забезпечує робастність системи в робочому діапазоні змін навантажень енергоблоку. Використання ПІ-К регулятора дає помітно меншу кількість включень виконавчого механізму, особливо на завершальній стадії перехідного процесу. Ефективність нової стратегії управління перевірена на діючому енергоблоці № 2 Трипільської ТЕС в АСР теплового навантаження, яка реалізована на контролері Siemens S7.

Література

1. *Полухович А.В., Бунке О.С.* Програмний комплекс для ідентифікації об'єктів керування на базі табличних даних // IX міжнародна науково-практична конф. аспірантів, магістрантів, студентів КПІ «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 18 – 22 квітня, 2011 р.
2. *Биленко В.А., Шавочкин И.А.* Анализ эффективности введения сложных законов преобразования дополнительных сигналов в многоконтурных автоматических системах регулирования энергоблоков // Теплоэнергетика. — 2006. — № 4, С. 57 – 65.
3. № 44799 UA. Патент України на корисну модель «Регулюючий мікропроцесорний контролер» / Ю.М. Ковриго, М.А. Коновалов, И.М. Голинко, А.С. Бунке // Промислова власність. 2009. № 19.
4. *Фоменко Б.В., Степанець О.В., Бунке О.С.* Підвищення ефективності систем автоматичного регулювання за рахунок врахування обмежень керованого сигналу // Вісник НТУ «ХПІ». Тематичний випуск «Новые решения в современных технологиях». — 2010. — № 57. — С. 177 – 183.
5. *Astrom K.J., Hagglund T.* Advanced PID Control. ISA — Instrumentation, Systems, and Automation Society, USA, 2006.
6. *Dorf R. and Bishop R.* Modern Control Systems, Chapter 5. Addison-Wesley, 1998.

МОДЕРНИЗАЦІЯ АСР ТЕПЛОЙ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ

Ю.М. Ковриго, А.С. Бунке

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Рассмотрены особенности работы автоматической системы регулирования (АСР) тепловой нагрузкой прямоточного котлоагрегата энергоблока № 2 Трипольской ТЭС мощностью 300 МВт в нестационарных режимах работы. Предложена новая структура АСР, которая может быть использована на любых технологических объектах с инерционными каналами регулирования. Выполнена идентификация объекта управления по экспериментальным данным, построена модель и оценена устойчивость АСР в рабочем диапазоне изменений нагрузки. Результаты моделирования и испытаний на энергоблоке показали, что введение корректора позволяет достичь более качественного регулирования, по сравнению с используемым ранее ПИ-регулятором, при воздействии внешних и внутренних возмущений, а также обеспечивает робастность системы при изменении параметров объекта.

Ключевые слова: *управление инерционными объектами, закон управления, модернизация систем управления, тепловые электростанции, регулирование нагрузки, улучшение качества регулирования, робастность.*