

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДГРІВАЧАМИ ВОДИ

*О.В. Гриценко<sup>1</sup>, В.П. Северин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *магістрант кафедри САІТ, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

<sup>2</sup> *професор кафедри САІТ, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

*Oleksii.Hrysenko@cs.khpi.edu.ua*

Для оптимізації різних динамічних систем розроблена інформаційна технологія оптимізації, яка має широкі можливості моделювання, ідентифікації та оптимізації САУ [1]. Ця технологія успішно використана для оптимізації САУ парогенератора енергоблоку АЕС з ядерним реактором ВВЕР-1000 [2]. Актуальною задачею залишається оптимізація САУ підігрівачів живильної води в енергоблоках АЕС.

Метою даної доповіді є представлення результатів ідентифікації та оптимізації САУ підігрівачів живильної води в енергоблоках АЕС з реактором ВВЕР-1000.

В другий контур енергоблоків АЕС входять парогенератори, парова турбіна, підігрівачі живильної води та інші елементи. З парогенераторів пара подається в турбіну, в конденсаторі турбіни використаний пар конденсується, конденсат проходить через систему підготовки живильної води, яка подається в парогенератори. Підігрівачі призначені для підігріву живильної води. В другому контурі використовуються дві групи підігрівачів – підігрівачі низького тиску (ПНТ) і підігрівачі високого тиску (ПВТ). Кожен підігрівач є вертикальним теплообмінником з гладкими прямими трубками поверхні теплообміну. Підтримання заданого нормального рівня конденсату у підігрівачах є основною задачею САУ підігрівачів, в які також входять пропорційно-інтегральні (ПІ) регулятори рівня (РР). Підвищення рівня конденсату призводить до затоплення поверхонь теплообміну й до проскакування крапель води до турбіни; пониження рівня призводить до проскакування конденсату до конденсаційних насосів і кавітації. Тому задача оптимізації САУ підігрівачів дуже важлива.

Параметри передавальних функцій (ПФ) підігрівачів ідентифіковані шляхом мінімізації середньоквадратичного відхилення експериментальних і теоретичних даних. Результати ідентифікації ПНТ і ПВТ при заданих значеннях параметрів ПІ регулятора для різних об'єктів і різних РР представлені в табл. 1 і 2, де  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , – коефіцієнти знаменника ПФ,  $\beta_0 = 1$ ,  $\beta_1$  – коефіцієнти чисельника ПФ,  $K_P$  – коефіцієнт пропорційної частини РР,  $T_I$  – постійна часу інтегральної частини РР.

Таблиця 1 – Параметри САУ ПНТ

Об'єкт	РР	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta_1, c$	$K_P$	$T_I, c$
ПНТ3	RN50S01	0,487	0,757	0,55	290	1,5	25
ПНТ3	RN50S02	0,515	0,935	0,81	933	2,0	25
ПНТ4	RN41S01	0,166	0,379	0,89	297	1,5	15
ПНТ4	RN42S01	0,433	0,620	0,43	259	1,5	15

Таблиця 2 – Параметри САУ ПВТ

Об'єкт	РР	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$K_P$	$T_I, c$
ПВД7А	RN11S02	0,5955	17,0151	0,9	20
ПВД7Б	RN12S02	0,0778	26,7629	1,0	30
ПВД6А	RN21S06	0,7193	26,2536	1,0	22
ПВД6Б	RN22S06	0,3633	10,6514	0,8	20

Визначені змінні параметри задачі оптимізації  $x_1 = K_p$  і  $x_2 = K_p/T_I$ , а також прямі показники якості (ППЯ) САУ:  $\sigma$  – перерегулювання,  $\zeta$  – розмах коливань,  $\lambda$  – показник затухання коливань,  $\tau$  – час регулювання. Усі ППЯ мінімізувалися. Початкові та оптимальні значення параметрів і критеріїв САУ підігрівачів представлено в табл. 3 – 6.

Таблиця 3 – Початкові значення параметрів і критеріїв САУ ПНТ

PP	$x_1$	$x_2$	$T_I, c$	$\sigma$	$\zeta$	$\lambda$	$\tau, c$
RN50S01	1,5	0,06	25	0,487	0,757	0,55	290
RN50S02	2,0	0,08	25	0,515	0,935	0,81	933
RN41S01	1,5	0,10	15	0,166	0,379	0,89	297
RN42S01	1,5	0,10	15	0,433	0,620	0,43	259

Таблиця 4 – Оптимальні значення параметрів і критеріїв САУ ПНТ

PP	$x_1$	$x_2$	$T_I, c$	$\sigma$	$\zeta$	$\lambda$	$\tau, c$
RN50S01	100	0,200	500	0,016	0,017	0	1,6
RN50S02	100	0,200	500	0,021	0,028	0	5,1
RN41S01	100	0,232	431	0,000	0,025	0	4,7
RN42S01	2,15	0,018	118	0,000	0,000	0	79,5

Таблиця 5 – Початкові значення параметрів і критеріїв САУ ПВД

PP	$x_1$	$x_2$	$T_I, c$	$\sigma$	$\zeta$	$\lambda$	$\tau, c$
RN11S02	0,9	0,045	20	0,026	0,000	0,000	37
RN12S02	1,0	0,030	30	0,238	0,265	0,113	124
RN21S06	1,0	0,046	22	0,047	0,112	0,000	45
RN22S06	0,8	0,040	20	0,036	0,305	0,000	27

Таблиця 6 – Оптимальні значення параметрів і критеріїв САУ ПВД

PP	$x_1$	$x_2$	$T_I, c$	$\sigma$	$\zeta$	$\lambda$	$\tau, c$
RN11S02	100	3,50	28,5	0	0	0	0,51
RN12S02	100	0,30	344,0	0	0	0	0,80
RN21S06	99,7	2,70	36,5	0	0	0	0,79
RN22S06	100	30,09	32,4	0	0	0	0,32

За цими результатами можна зробити висновок, що оптимізація параметрів регуляторів САУ ПНТ і ПВД дозволила істотно покращити ППЯ: час регулювання САУ суттєво зменшився, САУ ПНТ має незначне значення перерегулювання і показників коливань, а для ПВД оптимальні перехідні процеси монотонні.

#### Список літератури:

1. Нікуліна О. М. Розробка інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами / О. М. Нікуліна, В. П. Северин, Н. В. Коцюба // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – № 2 (4). – С. 63 – 69.
2. Nikulina E. N. Optimization of direct quality indexes of automatic control systems of steam generator productivity / E. N. Nikulina, V. P. Severyn, N. V. Kotsiuba // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – № 21 (1297). – С. 8 – 13.