

УДК 624.18-5

РАЗРАБОТКА САР РАСХОДА ОБЩЕГО ВОЗДУХА С КОРРЕКЦИЕЙ ПО O₂

Беус А.С.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Кулаков Г.Т.

Данная автоматическая система регулирования (САР) предназначена для поддержания наиболее экономичного режима сжигания топлива в топке котла. Известно, что для полного сжигания единицы расхода топлива необходим определенный объем воздуха, количество которого зависит от вида и сорта сжигаемого топлива и его характеристики.

Исходные данные для расчетов:

Входное регулирующее воздействие – расход воздуха, поступающего в топку Q_B ; выходная (регулируемая) величина - содержание свободного кислорода в поворотной камере газохода за пароперегревателем $O_2, \%$.

Динамика объекта регулирования

$$\begin{array}{ll} K_{оп} = 1 & K_{ин} = 1 \\ T_{оп} = 5 \text{ с} & T_{ин} = 10 \text{ с} \\ \sigma_{оп} = 1 \text{ с} & \tau_y = 2 \text{ с} \end{array}$$

Крайнее внешнее возмущение: $W_\epsilon(p) = \frac{10}{30p + 1}$

Опережающий участок объекта регулирования:

$$W_{он}(p) = \frac{K_{он}}{(T_{он}p + 1)(\sigma_{он}p + 1)}$$

Инерционный участок объекта регулирования:

$$W_{ин}(p) = \frac{K_{ин}e^{-\tau_y p}}{(T_{ин}p + 1)}$$

Структурная схема каскадной САР представлена на рисунке 1:

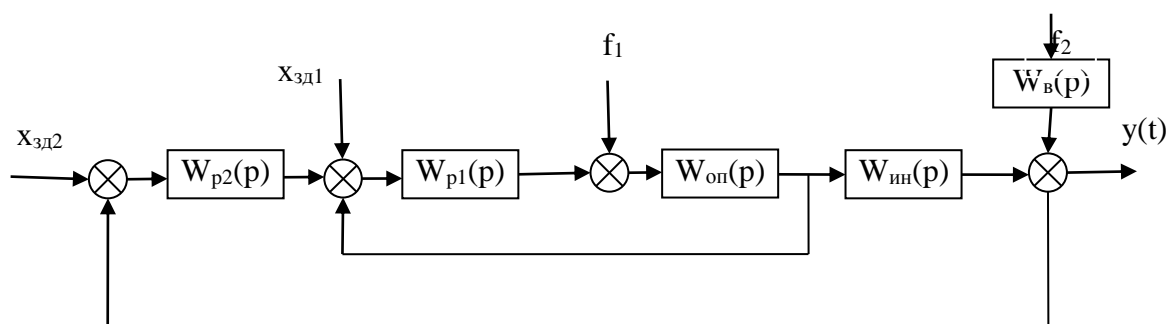


Рисунок 1. Структурная схема КСАР

Для оптимизации и улучшения прямых показателей качества целесообразно использовать инвариантную САР при плановом изменении нагрузки с дополнительно измеряемым внешним возмущением, структурная схема моделирования которой представлена на рисунке 2, а методы выбора структуры и параметрической оптимизации приведены в [1].

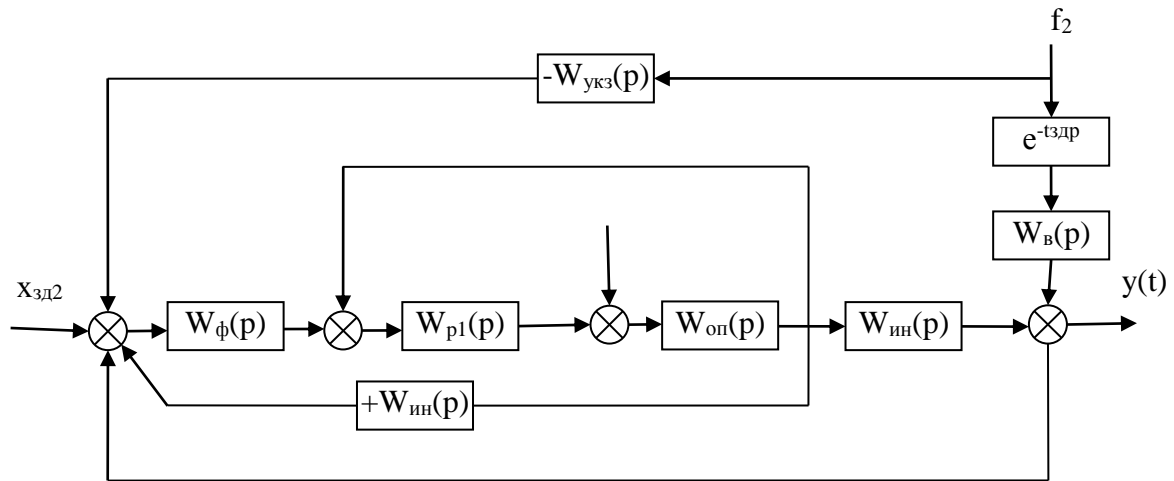


Рисунок 2. Структурная схема моделирования инвариантной САР при плановом изменении нагрузки с дополнительно измеряемым внешним возмущением

Анализ методов оптимизации

Исходные данные для моделирования переходных процессов представлены в таблице 1:

Таблица 1 - Данные для моделирования переходных процессов

Схема	Передаточная функция $W(p)$	
1	2	
1 Базовая	$W_{p1}(p) = 7,22 \frac{3,72p+1}{3,72p}$	$W_{p2}(p) = 2,5 \frac{10p+1}{10p}$
2 СПО	$W_{p1}(p) = \frac{10p+1}{0,9p}$	---
	$W_{\phi}(p) = 1 \frac{(10p+1)(0,9p+1)}{(0,764p+1)^2}$	$W_{з02}(p) = \frac{e^{-2p}}{(0,764p+1)^2}$
3 Инвариантная с доп. измерением f_2	$W_{p1}(p) = \frac{10p+1}{0,9p}$	$W_{указ}(p) = \frac{10 \cdot 2,584p}{(30p+1)(2p+1)}$
	$W_{\phi}(p) = 1 \frac{(10p+1)(0,9p+1)}{(0,764p+1)^2}$	$W_{з02}(p) = \frac{e^{-2p}}{(0,764p+1)^2}$
4 Инвариантная без доп. измерения f_2	$W_{p1}(p) = \frac{10p+1}{0,9p}$	$W_{указ}(p) = \frac{10 \cdot 2,584p}{(30p+1)(2p+1)}$
	$W_{\phi}(p) = 1 \frac{(10p+1)(0,9p+1)}{(0,764p+1)^2}$	$W_{з02}(p) = \frac{e^{-2p}}{(0,764p+1)^2}$

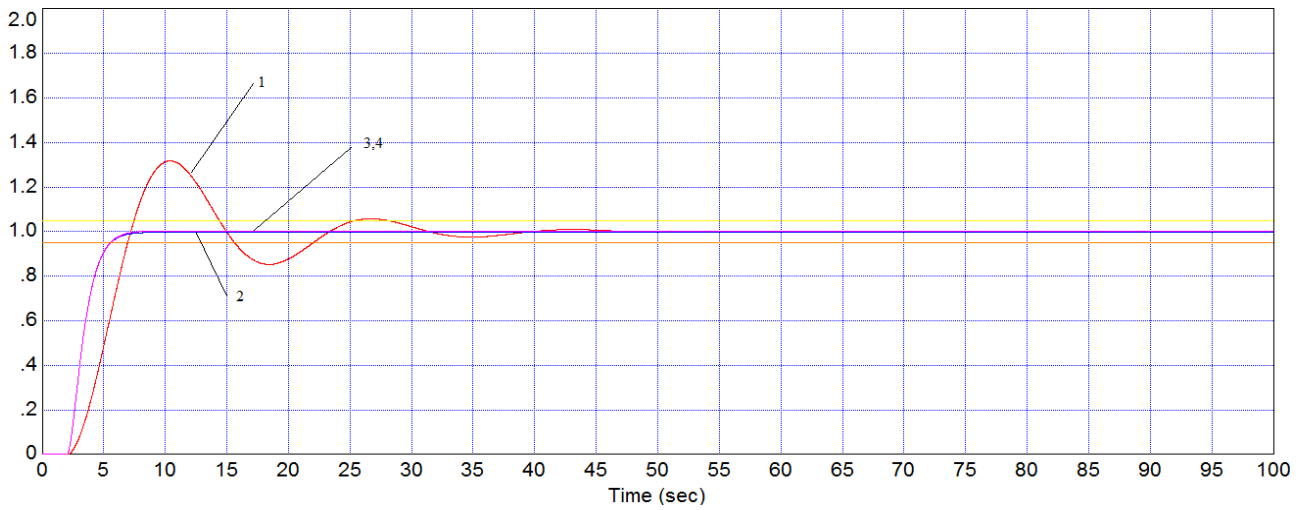


Рисунок 3. График переходного процесса при отработке скачка задания

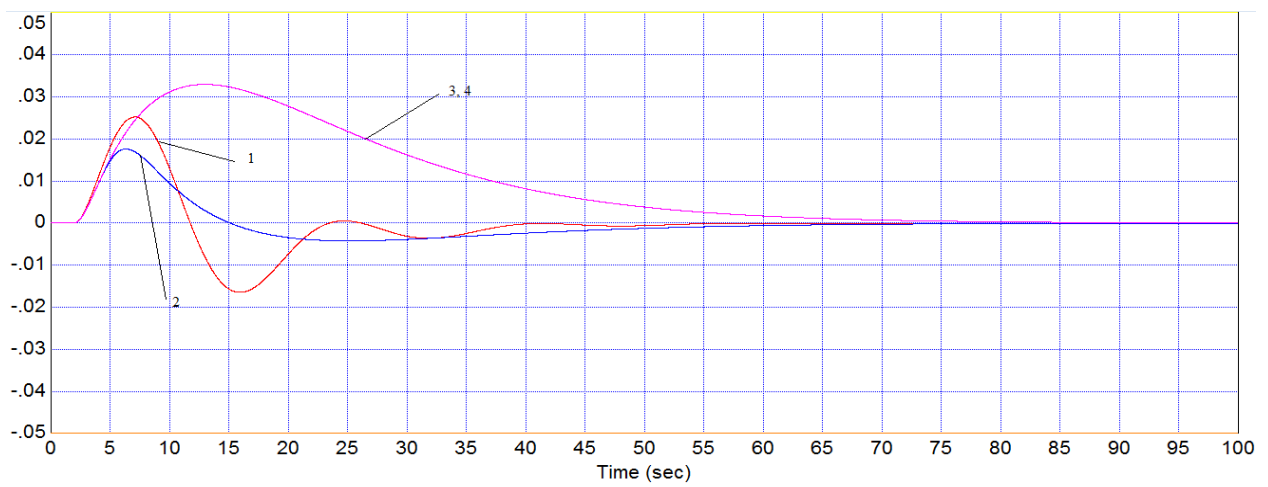


Рисунок 4. График переходного процесса при отработке внутреннего возмущения

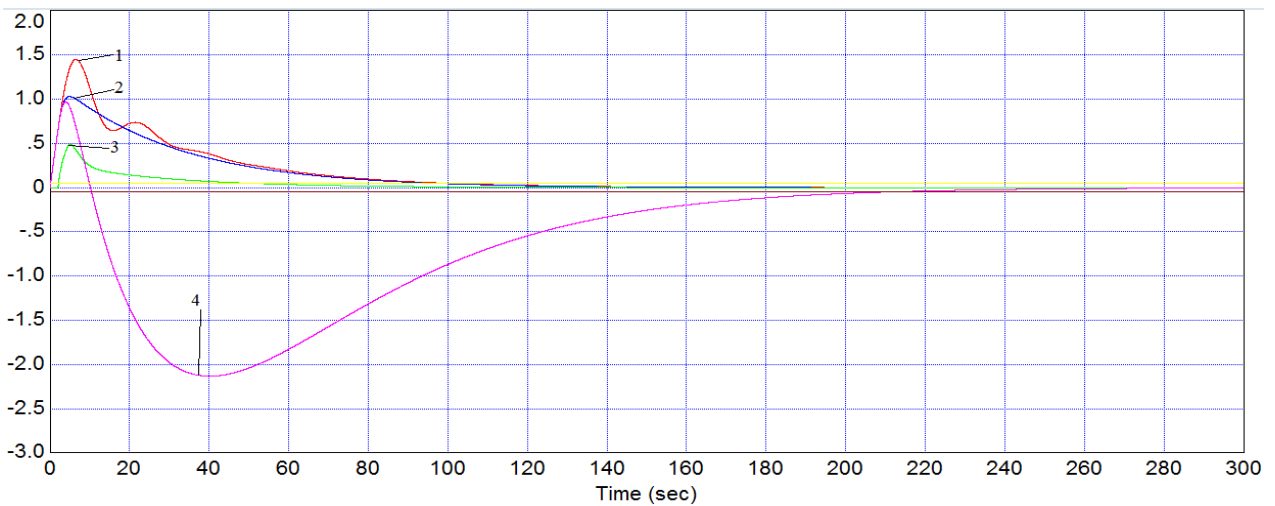


Рисунок 5. График переходного процесса при отработке внешнего возмущения

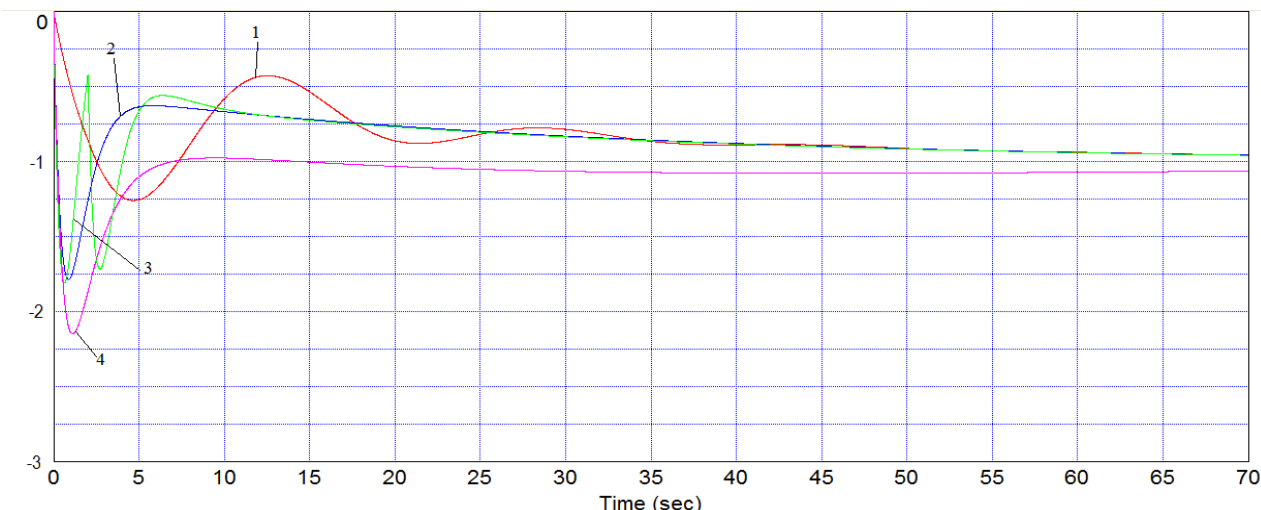


Рисунок 6. График регулирующего воздействия при отработке f_2

На графиках представлены следующие методы:

- 1- Базовая схема;
- 2- Метод СПО;
- 3- Инвариантная САР при плановом изменении нагрузки с дополнительно измеряемым внешним возмущением;
- 4- Инвариантная САР при плановом изменении нагрузки с косвенным выделением эквивалентного внешнего возмущения.

Таблица 2 – ППК регулирования лучших КСАР

Схема	$x_{зд}$		f_1		f_2		x_p
	t_p, c	$\sigma, \%$	t_p, c	A_1^+	t_p, c	A_1^+	
1	28,8	31,6	0	0,025	100,5	1,45	-1,2
2	5,56	0	0	0,018	97,3	1,03	-1,7
3	5,56	0	0	0,033	50,3	0,49	-1,8
4	5,56	0	0	0,033	209,7	0,97	-2,1

Как видим из графиков и таблицы ППК, лучшие прямые показатели качества регулирования при всех основных воздействиях показала инвариантная САР при плановом изменении нагрузки с дополнительно измеряемым внешним возмущением (схема 3). Время регулирования при отработке крайнего внешнего возмущения уменьшилось в 2 раза по сравнению с базовой. При этом максимальная динамическая ошибка сократилась в 3 раза.

Отработка внутреннего возмущения во всех схемах не выходит за пределы зоны нечувствительности.

При отработке скачка задания время регулирования в схеме 3 в 5,18 раза меньше, чем у базовой. Величина перерегулирования во всех схемах равна 0, кроме базовой ($\sigma_m = 31,6\%$).

Литература

1. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238 с.: ил.