

УДК 620.93:681.515

## ПРОЕКТ ПРОМЫШЛЕННО – ОТПИТЕЛЬНОЙ ТЭЦ С РАЗРАБОТКОЙ САР НАГРУЗКИ БАРАБАННОГО КОТЛА

Волосач Т.Е.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) — разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов).

В данной работе рассмотрим САР нагрузки барабанного котла.

Принципиальная схема технологического процесса, протекающего в барабанном паровом котле, показана на рис. 1.

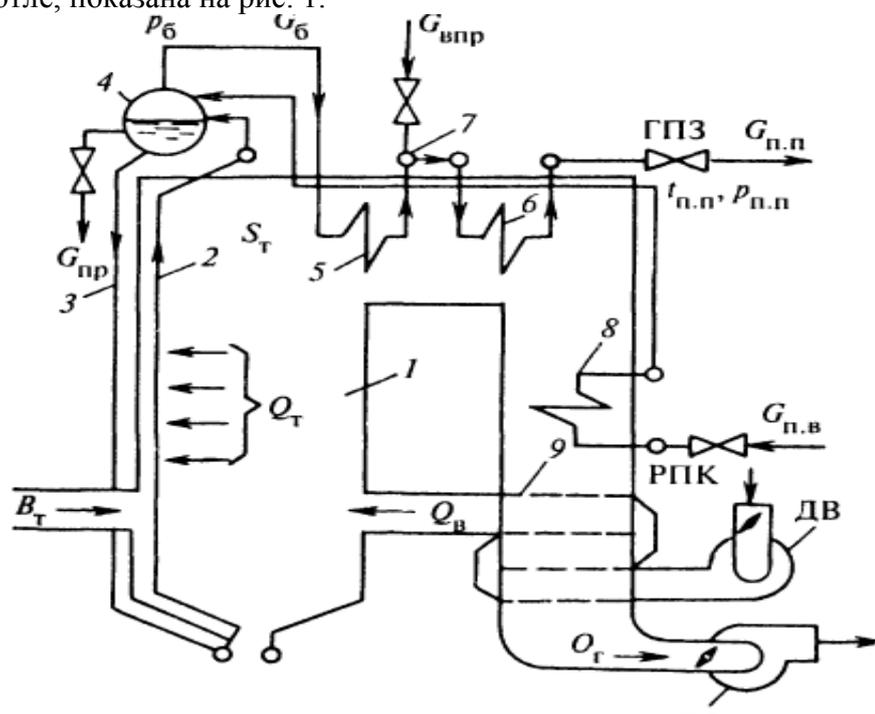


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема барабанного котла  
ГПЗ – главная паровая задвижка; РПК – регулируемый питательный клапан; 1 – топка; 2 – циркуляционный контур; 3 – опускные трубы; 4 – барабан; 5, 6 – пароперегреватели; 7 – парохладитель; 8 – экономайзер; 9 – воздухоподогреватель

Основными регулируемыми величинами котла служат расход перегретого пара  $G_{п.п}$  и температура  $t_{п.п}$ . Расход пара является переменной величиной, а его давление  $p_{п.п}$  и температуру поддерживают вблизи постоянных значений в пределах допустимых отклонений, что обусловлено требованиями заданного режима работы турбины или иного потребителя тепловой энергии.

Система управления барабанным котлом в целом включает автономные АСР процессов горения и парообразования, температуры перегрева пара, питания и водного режима.

Подробнее рассмотрим САР нагрузки барабанного котлоагрегата.

Любая система регулирования должна поддерживать регулируемую величину с наименьшими отклонениями от заданного значения. На практике чаще всего требуемая точность работы может быть достигнута за счет повышения чувствительности регулятора к отклонениям регулируемой величины. Однако это может привести к возникновению колебаний в замкнутой системе автоматического регулирования и потере устойчивости.

Регулирование тепловой нагрузки, характеризуемой давлением, расходом и температурой перегретого пара, требует совместного и согласованного изменения расхода топлива  $V_T$  и расхода питательной воды  $Q_T$ . В свою очередь температурный режим зависит от соотношения расходов воды и топлива, и влиять на него также можно посредством любого из регулирующих воздействий.

В качестве основного сигнала, характеризующего фактическую тепловую нагрузку котла, применяют расход питательной воды  $Q_T$  и расход топлива  $V_T$  (на газомазутных установках).

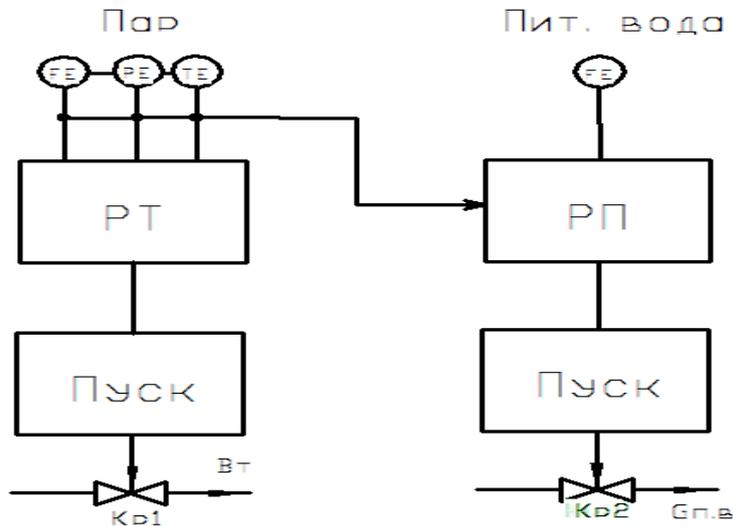


Рисунок 2 – Структурная схема регулирования нагрузки барабанного котла:  
РП – регулятор питания, РТ – регулятор топлива.

Регулирование тепловой нагрузки осуществляется по соотношению расходов тепло-топливо. Тепловую нагрузку поддерживает регулятор топлива, а температурный режим – регулятор питания.

Функциональная схема является основным техническим документом, определяющим структуру узлов контроля и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

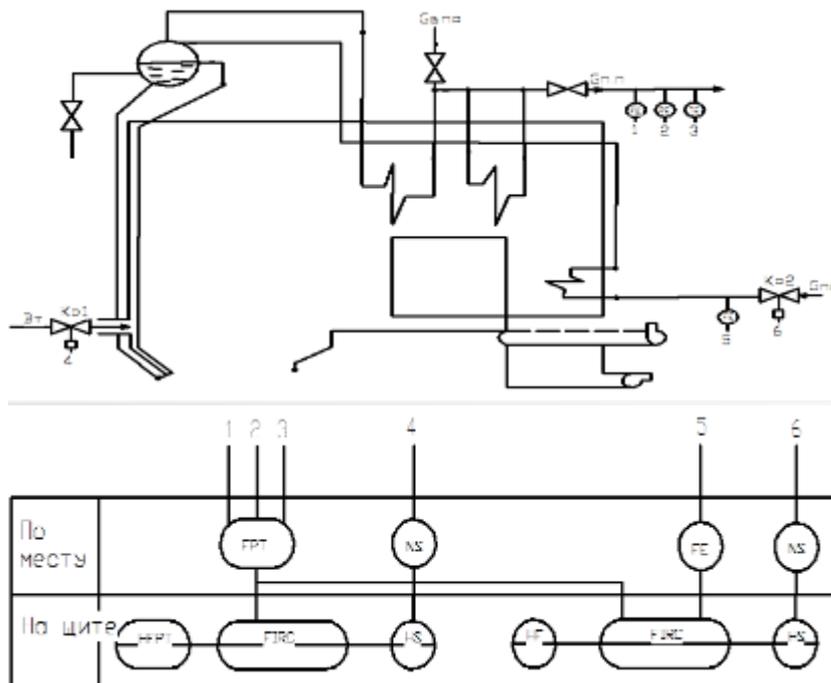


Рисунок 3 – Функциональная схема регулирования нагрузки барабанного котла

**Моделирование САР нагрузки барабанного котлоагрегата**

Таблица 1

Параметр	Значение
Коэффициент усиления опережающего участка объекта регулирования	$K_{оп} = 2,2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{T}/\text{ч}$
Большая постоянная времени опережающего участка	$T_{оп} = 14,2 \text{ с}$
Меньшая постоянная времени опережающего участка	$\sigma_{оп} = 2 \text{ с}$
Коэффициент усиления инерционного участка объекта регулирования	$K_{ин} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{T}/\text{ч}$
Время по Кулакову	$T_k = 21,5 \text{ с}$
Время запаздывания	$\tau_y = 29,4 \text{ с}$
Передаточная функция крайнего внешнего возмущения.	$W_{в}(p) = \frac{5}{30p + 1}$

АСР нагрузки барабанного котлоагрегата будет представлять собой каскадную САР:

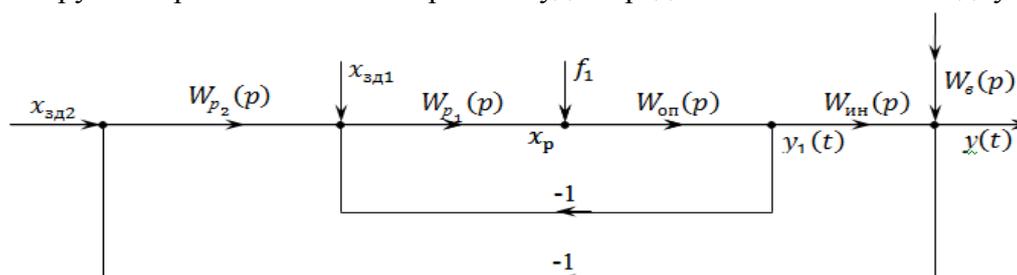


Рисунок 4 – Схема моделирования АСР нагрузки

где  $x_{зд1}$ ,  $x_{зд2}$  – заданные значения промежуточной и основной регулируемых величин соответственно;  $y(t), y_1(t)$  – основная и промежуточная регулируемые величины соответственно;  $f_1$ ,  $f_2$  – внутреннее и внешнее возмущения соответственно;  $\varepsilon_1(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  – ошибки регулирования соответственно внутреннего и внешнего контуров.

Динамика опережающего участка представлена в виде инерционного звена второго порядка:

$$W_{оп}(p) = \frac{K_{оп}}{(T_{оп}p + 1)(\sigma_{оп}p + 1)} = \frac{2,2}{(14,2p + 1)(2p + 1)} \tag{1}$$

Динамика инерционного участка представлена в виде инерционного звена первого и второго порядков с запаздыванием:

$$W_{ин}(p) = \frac{K_{ин} \cdot e^{-\tau_y p}}{(T_k p + 1)} = \frac{1 \cdot e^{-29,4p}}{(21,5p + 1)} \tag{2}$$

$W_{в}(p)$  – передаточная функция крайнего внешнего возмущения:

$$W_{в}(p) = \frac{K_{в}}{T_{в}p + 1} = \frac{5}{30p + 1} \tag{3}$$

$W_{p1}(p)$  – передаточная функция стабилизирующего регулятора:

$$W_{p1}(p) = \frac{K_{p1}(T_{и1}p + 1)}{T_{и1}p} \tag{4}$$

$W_{p_2}(p)$  – передаточная функция корректирующего регулятора:

$$W_{p_2}(p) = \frac{K_{p_2}(T_{и_2}p + 1)}{T_{и_2}p} \tag{5}$$

Передаточная функция стабилизирующего регулятора:

$$W_{p_1}(p) = \frac{2,647 \cdot (7,04p + 1)}{7,04p} \tag{6}$$

Передаточная функция корректирующего регулятора:

$$W_{p_2}(p) = \frac{0,366 \cdot (21,5p + 1)}{21,5p} \tag{7}$$

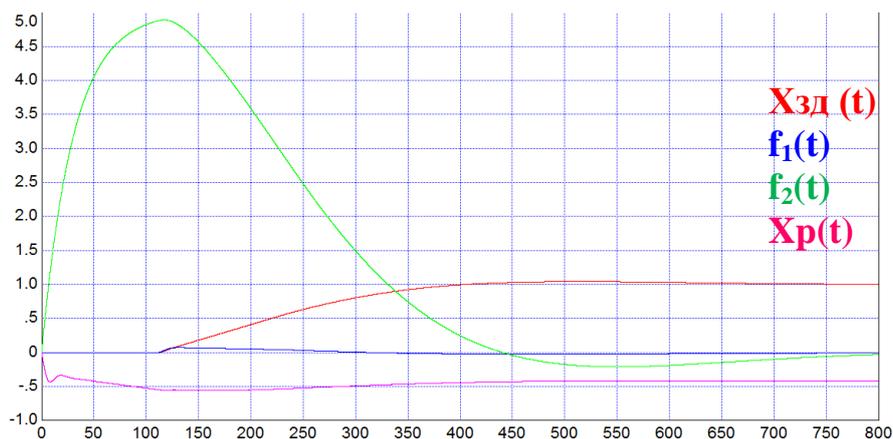


Рисунок 5 – Графики переходных процессов

Таблица 2 – Прямые показатели качества

	$t_{п}, c$	$A_{max1}^+$	$A_{max1}^-$	$\sigma_{max}, \%$	$\psi$
$x_{зд}(t)$	650	0,036	–	4,6	1
$f_1(t)$	296,7	0,037	0	–	1
$f_2(t)$	770	4,69	0,14	–	1
$X_p(t)$	–	–	0,43	–	–

### Выводы

В результате работы составлены структурная и функциональная схемы автоматизации САР нагрузки барабанного котлоагрегата. При помощи математической схемы моделирования рассчитаны параметры оптимальной динамической настройки регуляторов. Из графика видно, что система полностью отрабатывает внутренние и внешние возмущения, что от нее и требуется.

### Литература

1. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования. – Мн.: «Вышэйшая школа», 1984. – 192 с.
2. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 135 с.
3. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: Учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.