

УДК 681.5.03

ПРОЕКТ ПРОМЫШЛЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ ТЭЦ С РАЗРАБОТКОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ДУХСТУПЕНЧАТОЙ ПРОДУВКИ

Рыбак А.А.

Научный руководитель – к.э.н., старший преподаватель Кравченко В.В.

Задачами данного проекта являются:

1. Разработка вариантов автоматизации непрерывной продувки барабанного котла БКЗ-420 на современной аппаратуре.

2. Разработка структурной, функциональной и принципиальной электрической схемы управления.

Основания для проектирования

Химический состав воды, циркулирующий в барабанных котлах, оказывает существенное влияние на длительность их безостановочной работы и безремонтной компании. К основным показателям качества котловой воды относят общее солесодержание (концентрация солей в пересчете на соли NaCl мг/кг). Повышение общего солесодержания может привести к уносу солей котловой воды в пароперегреватель и проточную часть турбоагрегата. Поддержание общего солесодержания котловой воды в пределах нормы осуществляют с помощью непрерывной и периодических продувок из барабана в специальные расширители. Потери котловой воды с продувкой восполняют питательной водой в количестве, определяемом уровнем воды в барабане котельного агрегата. Непрерывная продувка служит для удаления избытка соли NaCl и оксидов кремния SiO₂, скапливающихся в котловой воде в процессе парообразования. Регулирование непрерывной продувки осуществляют воздействием регулятора продувки на регулировочный клапан на линии продувки.

На вход ПИ-регулятора поступают сигналы по расходу пара $D_{пн}$ и расходу продувочной воды $D_{пр}$, а также корректирующий сигнал по солесодержанию солей NaCl. Расход воды непрерывной продувки колеблется в пределах 0,5–2 % максимальной производительности парового котла. В пусковых режимах допускается до 5%.

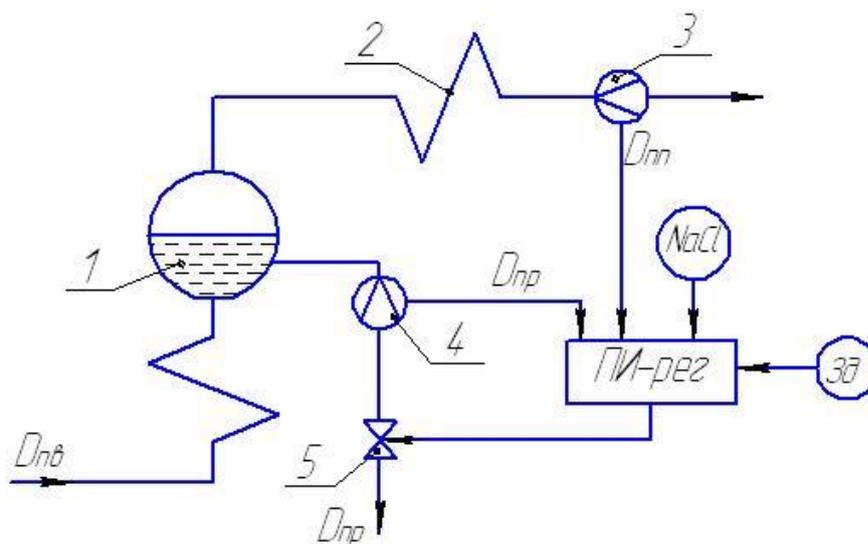


Рисунок 1 – Схема регулирования непрерывной продувки:
1 – барабан к/а, 2 – пароперегреватель, 3 – датчик расхода свежего пара $D_{пн}$, 4 – датчик расхода продувочной воды $D_{пр}$, 5 – регулирующий орган продувки, ПИ-рег – регулятор продувки, Зд – задатчик ручного управления.

В ходе выполнения проекта были рассмотрены 2 варианта аппаратуры компании «Siemens»: «Simatic S7–1200» и «Simatic S7–300».

Для решения поставленной задачи выбрал следующие элементы: Контроллеры измерительные «Simatic S7–1200» на базе центрального процессора CPU 1211C и модуля ввода–вывода аналоговых сигналов SM 1231; 2 расходомера и блоки питания выбрал на базе аппаратуры «Метран», АЖК-3102 анализатор жидкости кондуктометрический промышленный стационарный. Программируемые контроллеры «Simatic S7–1200» – это новое семейство системных микроконтроллеров для решения самых разных задач автоматизации различного уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассчитаем параметры оптимальной динамической настройки каскадной системы автоматизированного регулирования и провести анализ оптимальных переходных процессов при основных возмущающих воздействиях.

Объект регулирования представлен в виде двух участков:

$$1) \text{ Опережающего } W_{\text{оп}}(p) = \frac{k_{\text{оп}}}{(T_{\text{оп}p+1} \cdot (\sigma_{\text{оп}p+1})}, \quad (1)$$

$$2) \text{ Инерционного } W_{\text{ин}}(p) = \frac{k_{\text{ин}} \cdot e^{-\tau_y p}}{(T_k p + 1)}, \quad (2)$$

Для регулирования используется:

$$1) \text{ Стабилизирующий ПИ-регулятор: } W_{p1}(p) = \frac{K_{p1}(T_{i1}p+1)}{T_{i1}p}, \quad (3)$$

2)

$$3) \text{ Корректирующий ПИ-регулятор: } W_{p2}(p) = \frac{K_{p2}(T_{i2}p+1)}{T_{i2}p}, \quad (4)$$

Исходные данные приведены в таблице 1.

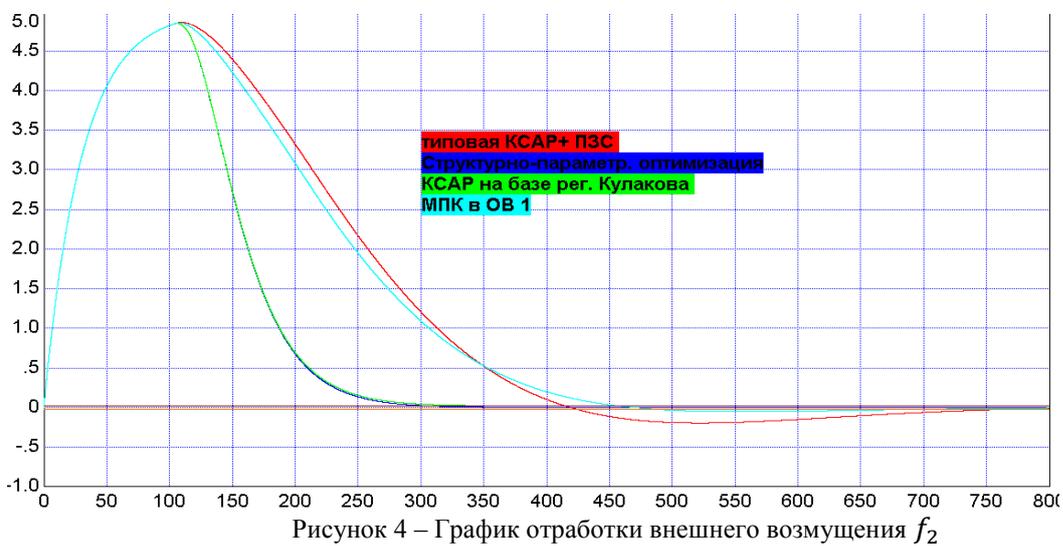
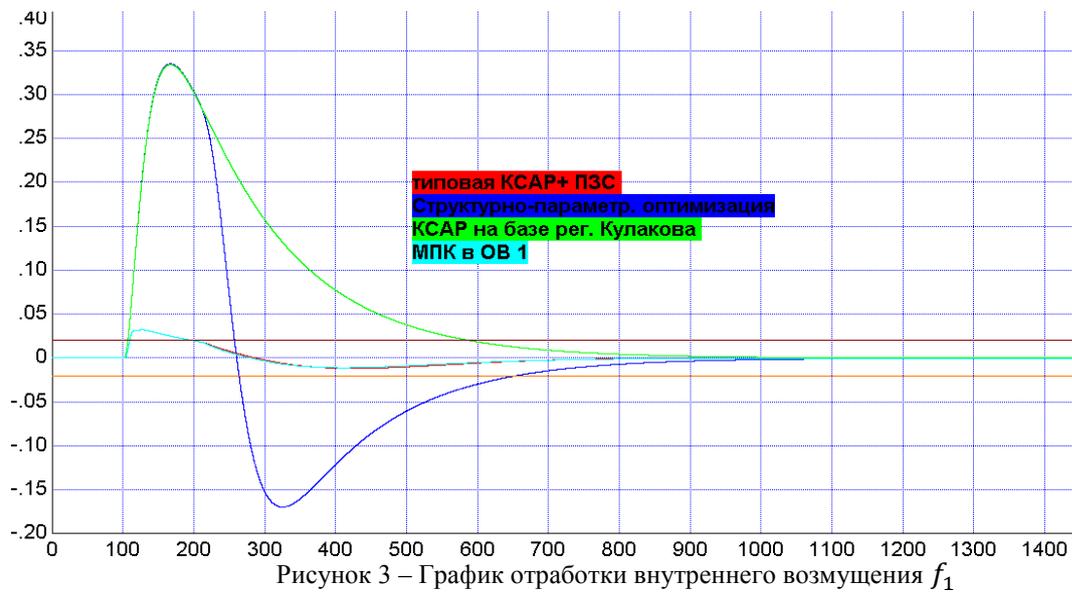
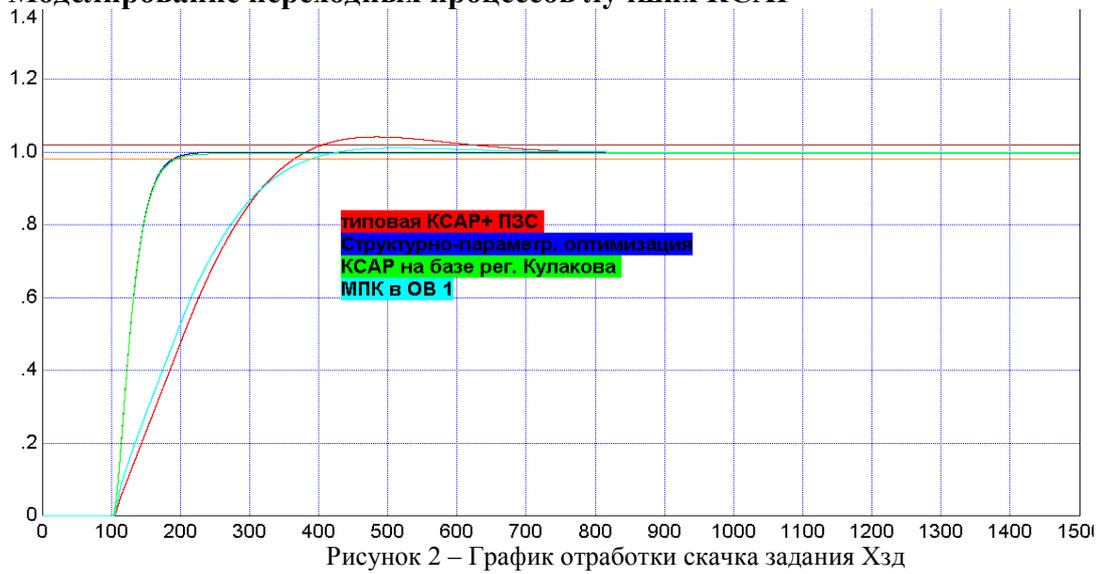
Таблица 1 – Исходные данные для настройки

| Параметры системы | Значения |
|--|------------------------------|
| $K_{\text{оп}}, \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Т}/\text{ч}$ | 6,0 |
| $T_{\text{оп}}, \text{ с}$ | 23,0 |
| $\sigma_{\text{оп}}, \text{ с}$ | 2,3 |
| $K_{\text{ин}}$ | 1,2 |
| $T_k, \text{ с}$ | 140,0 |
| $\tau_y, \text{ с}$ | 102 |
| Внешнее возмущение | $W_b(p) = \frac{5}{30p + 1}$ |

Для выбора оптимальных параметров настройки регуляторов в проекте было проведено сравнение следующих методов: метод БНТУ, метод БНТУ с учетом феномена Золотого сечения, структурно-параметрическая оптимизация КСАР на базе передаточной функции оптимального регулятора, реализация каскадной САР на базе регулятора Кулакова, несколько зарубежных методов, МПК в ОВ-1(с заменой корректирующего ПИ-регулятора на ПИД). В каждом пункте кроме стандартной методики расчёта методов, были предложены также и их модернизации, направленные на улучшения качества регулирования по

сравнению с базовым методом. В итоге было выбрано 4 лучших метода, их сравнительный анализ приводится ниже.

Моделирование переходных процессов лучших КСАР



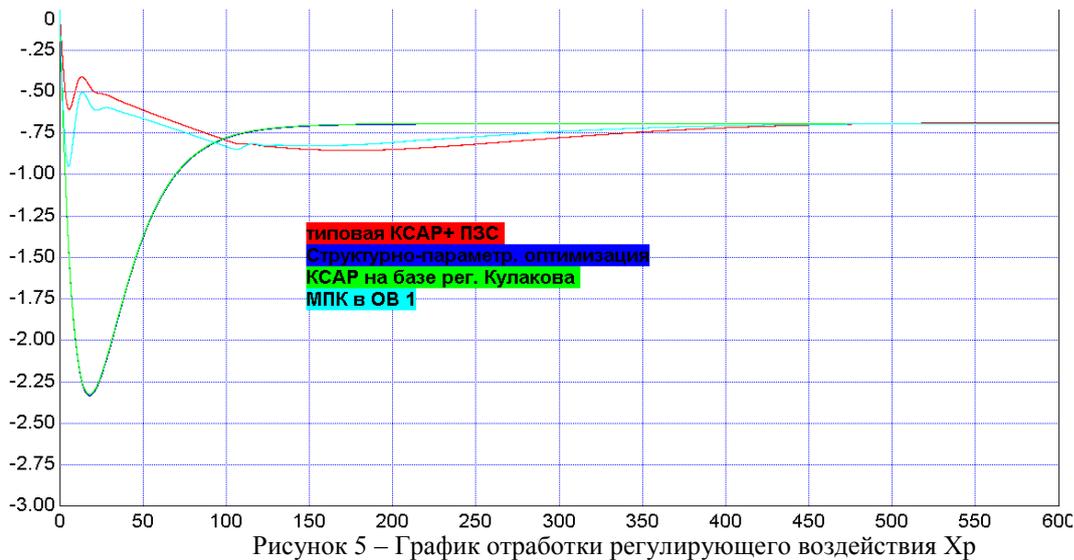


Таблица 2 – ППК регулирования лучших КСАР

| | Типовая КСАР (+ПЗС) | Структ.-парам. оптимиз. | МПК в ОВ 1 | КСАР на базе регул. Кулакова |
|--|---------------------|-------------------------|------------|------------------------------|
| Показатели качества при отработке скачка задания, $x_{зд}$ | | | | |
| $t_{п}, c$ | 616,07 | 188,69 | 391,07 | 190,71 |
| A_{1+}^{max} | 1,04 | – | – | – |
| Показатели качества при отработке крайнего внешнего возмущения, f_2 | | | | |
| $t_{п}, c$ | 752,11 | 330,84 | 454,18 | 334,75 |
| A_{1+}^{max} | 4,84 | 4,84 | 4,84 | 4,84 |
| Максимальное регулирующее воздействие, x_p^m | | | | |
| A_{1-}^{max} | -0,61 | -2,3 | -0,94 | -2,3 |
| Показатели качества при отработке крайнего внутреннего возмущения, f_1 | | | | |
| $t_{п}, c$ | 202,29 | 642,8 | 202,29 | 600,0 |
| A_{1+}^{max} | 0,031 | 0,33 | 0,031 | 0,33 |

Из анализа таблицы 2 можно сделать следующие выводы:

- 1) При отработке $X_{зд}$ СПО и КСАР на базе Кулакова показали лучшие результаты. С помощью этих методов мы уменьшили время полного регулирования в 3,1 раза.
- 2) При отработке внутреннего возмущения f_1 метод МПК в ОВ-1, а также типовая КСАР имеют лучшие ППК благодаря использованию ПЗС.
- 3) При отработке крайнего внешнего возмущения СПО и КСАР на базе Кулакова имеют лучшее время полного регулирования (в 2,3 раза меньше, чем у типовой КСАР).

Литература

7. Плетнев, П.Г. Автоматизированные технологических процессов и производств в теплоэнергетике. Учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
8. Паспорт микропроцессорного регулятора «Simatic S7-1200».
9. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования. – Мн.: «Высшая школа», 1984. – 192 с.
10. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 134 с.