

[УДК 621.311]

Казаев Даниил Сергеевич

Магистрант

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

**ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ВОДОПАРОВОГО ТРАКТА ЭНЕРГОБЛОКА КЭС (ОТ КОНДЕНСАТОРА
ДО ВХОДА В КОТЁЛ)**

Аннотация: В работе рассматриваются вопросы автоматизации водопарового тракта мощного энергоблока конденсационной электростанции. Приведен анализ технологического участка как объекта управления, определены основные регулируемые величины и требования к ним. Представлена функциональная схема автоматизации с указанием точек контроля и управления. Обоснован выбор программно-технического комплекса на базе контроллера ОВЕН ПЛК-210, описана его архитектура и состав модулей ввода/вывода. Разработана структурная схема системы автоматического регулирования температуры перегретого пара и описан алгоритм преобразования сигнала от измерительного преобразователя до регулирующего органа.

Ключевые слова: автоматизация, энергоблок, водопаровой тракт, ПЛК-210, температура перегретого пара, функциональная схема, регулирующий орган, программируемый логический контроллер.

Abstract: The paper deals with the automation of the steam-water path of a large condensing power plant unit. An analysis of the technological section as a control object is given, the main controlled variables and requirements for them are determined. A functional diagram of automation indicating control and monitoring points is presented. The selection of a software and hardware complex based on the OWEN PLC-210 controller is justified, its architecture and the composition of input/output modules are described. A block diagram of the automatic control system

for superheated steam temperature is developed, and the algorithm for signal conversion from the measuring transducer to the final control element is described.

Keywords: automation, power unit, steam-water path, PLC-210, superheated steam temperature, functional diagram, final control element, programmable logic controller.

Современные энергоблоки тепловых электростанций представляют собой сложные технологические комплексы, эффективное и безопасное функционирование которых невозможно без применения высокоуровневых средств автоматизации. Водопаровой тракт, включающий оборудование от конденсатора турбины до входа в котел, является одним из ключевых участков, определяющих надежность работы всей станции. Поддержание заданных параметров питательной воды и конденсата (температуры, давления, уровня, химического состава) в этом тракте напрямую влияет на экономичность сжигания топлива и ресурс основного оборудования [1].

Целью данной работы является разработка технических решений по автоматизации водопарового тракта энергоблока КЭС с использованием современных отечественных программно-технических средств.

1. Анализ технологического участка как объекта автоматизации

Участок водопарового тракта от конденсатора до входа в котел включает в себя конденсатор, конденсатные насосы, подогреватели низкого и высокого давления (ПНД, ПВД), деаэрактор, питательные насосы и соединительные трубопроводы. Технологический процесс на этом участке направлен на подготовку питательной воды с заданными параметрами перед подачей ее в котел.

Основными задачами автоматизации на данном участке являются:

- * Поддержание уровня конденсата в конденсаторе и подогревателях.
- * Поддержание давления и температуры питательной воды в тракте.

- * Регулирование температуры перегретого пара.
- * Поддержание качества питательной воды (содержание кислорода, значение рН, содержание примесей).
- * Обеспечение безаварийной работы насосного оборудования и теплообменников.

1.1. Регулируемые величины и требования к ним

На основе анализа технологического регламента [2] были определены основные контролируемые и регулируемые параметры. В таблице 1 представлены их номинальные диапазоны, что необходимо для выбора средств измерения и настройки регуляторов.

Таблица 1

Основные контролируемые параметры водопарового тракта

№	Наименование	Диапазон	Размерность
1	Расход питательной воды	1080-1130	Кг/с
2	Температура питательной воды	265-280	°С
3	Давление питательной воды	30-40	МПа
4	Уровень конденсата в ПВД1	90-110	мм
5	Температура питательной воды за ПВД2	235-250	°С
6	Температура конденсата греющего пара ПВД1	260-275	°С

7	Уровень конденсата В ПВД2	90-110	мм
8	Температура питательной воды за ПВД3	195-210	°С
9	Температура конденсата греющего пара ПВД2	230-245	°С
10	Уровень конденсата В ПВД 1	90-110	мм
11	Температура конденсата греющего пара ПВД3	175-190	°С
12	Температура воды на входе в ПН	155-175	°С
13	Значение рН питательной воды после деаэратаора	7	рН
14	Содержание кислорода в питательной воде после деаэратаора	45-55	Мкг/кг
15	Содержание Na в питательной воды после деаэратаора	35-45	Мкг/л
16	Уровень воды в баке деаэратаора	140-155	мм
17	Давление в деаэратаоре	685-690	кПа
18	Расход основного конденсата в деаэратаор	870-915	Кг/с
19	Температура основного конденсата перед деаэратаором	135-150	°С
20	Уровень конденсата В ПНД 4	90-110	мм
21	Температура конденсата ПНД 4	135-150	°С
22	Температура основного конденсата за ПНД 5	115-130	°С
23	Уровень конденсата В ПНД 5	90-110	мм
24	Температура конденсата ПНД 5	125-140	°С

25	Температура основного конденсата за ПНД 6	85-100	°С
26	Уровень конденсата в ПНД 6	90-110	мм
27	Температура конденсата ПНД 6	70-85	°С
28	Уровень конденсата в ПНД 7	90-110	мм
29	Температура основного конденсата за ПНД 7	50-65	°С
30	Температура воды после конденсатора	25-40	°С
31	Уровень конденсата в конденсаторе	140-160	мм
32	Давление в конденсаторе	4-4.5	кПа

Основной регулируемой величиной, от которой зависит надежность работы проточной части турбины и пароперегревателей, является температура перегретого пара. Допустимое отклонение температуры перегретого пара составляет $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Для ее поддержания используется впрыски питательной воды после конвективного пароперегревателя (КПП). В аварийных ситуациях, при превышении температуры выше 550°C , предусмотрен аварийный впрыск [3].

Срабатывание любой технологической защиты (по превышению температуры, давления, уровня) должно сопровождаться световой и звуковой сигнализацией на рабочем месте оператора с фиксацией первопричины.

2. Разработка функциональной схемы автоматизации

На основе анализа функций управления была разработана функциональная схема автоматизации технологического участка. Схема определяет точки контроля параметров (датчики) и точки управляющих воздействий (исполнительные механизмы). Для измерения температуры основного конденсата и пара используются термоэлектрические преобразователи, для

давления – датчики давления с унифицированным токовым выходом, для уровня – датчики уровня.

Принцип построения измерительного канала следующий: сигнал с первичного преобразователя поступает на вторичный прибор, где нормируется в универсальный токовый сигнал 4-20 мА. Далее этот сигнал передается на аналоговый вход модуля ввода контроллера для последующей обработки, визуализации на АРМ оператора и архивации.

3. Выбор и описание программно-технического комплекса

Для реализации функций автоматического контроля, регулирования и защиты был выбран отечественный программно-технический комплекс (ПТК) ОВЕН «ПЛК-210». Выбор обусловлен его высокими показателями надежности, масштабируемостью, наличием развитых средств программирования и полным соответствием требованиям импортозамещения [5].

3.1. Структура ПТК

В минимальной конфигурации ПТК включает в себя один контроллер и автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Для масштабируемых систем контроллеры объединяются в сеть Ethernet через шлюзы и коммутаторы. Физическая структура представляет собой набор контроллеров и модулей ввода/вывода, связанных посредством кабелей Ethernet, что обеспечивает высокую скорость обмена данными.

3.2. Характеристика контроллера и модулей ввода/вывода

Основой комплекса является программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-210-01-CS. Он содержит микропроцессор, оперативную и постоянную память. На лицевой панели расположены клеммники для подключения сигналов, а также 4 порта Ethernet для коммутации и связи с модулями расширения.



Рис. 1. – Внешний вид контроллера ПЛК-210

Для расширения количества каналов ввода/вывода используются следующие модули:

* МВ210-202 – модуль аналогового ввода (20 каналов). Предназначен для сбора данных с датчиков с выходным сигналом 0-20 мА, 4-20 мА, 0-10 В.

* МУ210-502 – модуль аналогового вывода (6 каналов). Предназначен для управления исполнительными механизмами с унифицированными входными сигналами 0-20 мА, 4-20 мА или 0-10 В.

4. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара

4.1. Структурная схема АСР

Регулирование температуры перегретого пара является сложной задачей из-за высокой инерционности объекта. Для обеспечения качества управления применяется двухконтурная каскадная схема с дифференциатором.

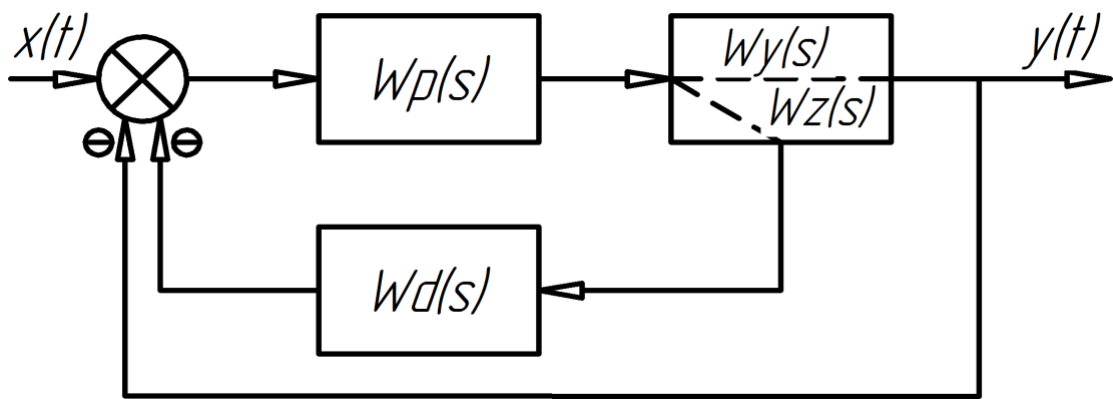


Рис. 2. – Структурная схема АСР температуры острого пара

Пояснение обозначений: $W_p(s)$ – передаточная функция регулятора; $W_y(s)$ – передаточная функция основного (инерционного) канала; $W_z(s)$ – передаточная функция вспомогательного канала; $W_d(s)$ – передаточная функция дифференциатора.

В данной схеме регулятор получает сигнал от основного канала (температура пара за котлом), а корректирующий сигнал поступает от вспомогательного (менее инерционного) параметра через дифференциатор. Регуляторы аварийного впрыска, настроенные на температуру 550°C , находятся в «стерегушем» режиме и включаются в работу только при превышении порога.

4.2. Описание цепи преобразования сигнала

Рассмотрим цепь преобразования сигнала для контура регулирования температуры вторичного пара (Рисунок 3).

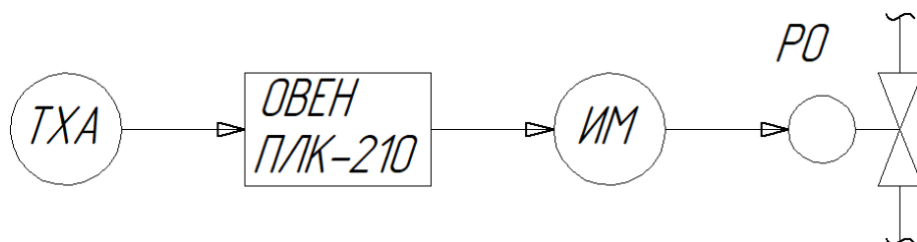


Рис. 3. – Цепь преобразования сигналов от датчика до регулирующего органа

Сигнал от термопары поступает на нормирующий преобразователь, где преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА. Этот сигнал принимается модулем аналогового ввода контроллера. Внутри ПЛК на основе заложенного алгоритма (например, ПИД-закона регулирования) формируется управляющий сигнал. Сигнал управления через модуль аналогового вывода поступает на исполнительный механизм постоянной скорости (МЭО), который перемещает регулирующий орган (клапан впрыска), изменяя проходное сечение и, следовательно, расход воды на впрыск.

5. Алгоритмическое обеспечение

Программирование контроллеров ОВЕН ПЛК-210 осуществляется в среде CoDeSys. Библиотека алгоритмов контроллера содержит более 100 готовых функций, включая ПИД-регуляторы, логические блоки, триггеры, таймеры и специализированные блоки для управления задвижками и двигателями. Это позволяет реализовывать алгоритмы автоматического регулирования, противоаварийных защит и блокировок, а также логического управления. Виртуальная структура программы набирается из отдельных алгоритмических блоков, что делает процесс проектирования наглядным и доступным для инженеров-технологов.

Заключение

В ходе выполнения работы была рассмотрена функциональная схема автоматизации водопарового тракта энергоблока КЭС. Проведенный анализ технологического участка позволил определить перечень необходимых контролируемых и регулируемых параметров, а также требования к точности их поддержания.

Для реализации поставленных задач был обоснованно выбран отечественный программно-технический комплекс на базе контроллера ОВЕН ПЛК-210. Описаны его архитектура, состав (ПЛК-210-01-CS, модули МВ210-202 и МУ210-502) и конструктивные особенности.

Предложена структурная схема системы автоматического регулирования температуры перегретого пара, позволяющая компенсировать инерционность объекта. Детально описан путь прохождения сигнала от датчика до регулирующего органа. Применение современного ПТК позволяет обеспечить надежное и эффективное управление технологическими процессами на энергоблоке.

Список источников

1. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике / Г.П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 352 с.

2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Энергосервис, 2019. – 368 с.

3. СТО 70238424.27.100.017-2009. Тепловые электростанции. Ремонт и техническое обслуживание оборудования, зданий и сооружений. Организация производственных процессов. Нормы и требования. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2009.

4. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами / В.Я. Ротач. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 400 с.

5. Программируемые логические контроллеры ОВЕН ПЛК-210. Руководство по эксплуатации. – М.: ООО «ОВЕН», 2021.