

## АНАЛИЗ РЕДУКЦИОННО-ОХЛАДИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ ТЭЦ ЯСИНОВСКОГО КХЗ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

**Клименко Р.И., студ.; Попов В.А., доц., к.т.н., доц.; Червинский В.В., доц., к.т.н., доц.**  
*(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)*

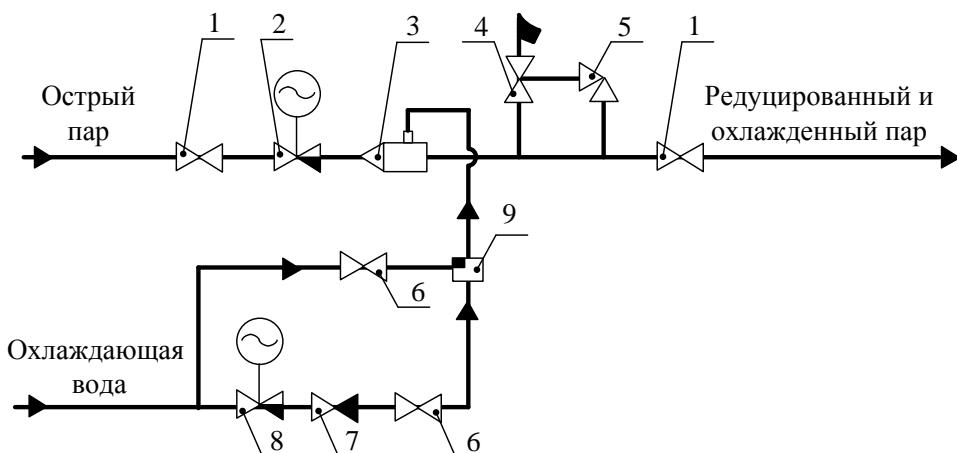
Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) Ясиновского коксохимического завода («ЯКХЗ», г. Макеевка) является сложной системой, в состав которой входят: турбина, генератор, вспомогательное оборудование, оборотная система охлаждения и т. д. Имеющиеся на ТЭЦ системы автоматического управления различными объектами характеризуются моральным и физическим износом КИПиА и старой информационной системой, отсутствием запасных частей, несоответствием возможностей работающих подсистем современным требованиям.

Модернизация технологического оборудования ТЭС обусловлена необходимостью повышения эффективности производства, а, следовательно, и работы систем управления, а также недостаточной функциональностью старых систем.

Одним из объектов ТЭЦ, требующих модернизации системы управления, является редукционно-охладительная установка (РОУ), служащая для редуцирования (понижения) давления острого пара с 4 МПа и уменьшения его температуры с 475 °C до значений, требуемых потребителями пара (0,6 МПа и 250 °C), идущего на промышленные отборы и на собственные нужды ТЭЦ.

Снижение давления осуществляется с помощью дроссельного регулирующего клапана, а температуры - впрыском охлаждающей воды.

Принцип работы отражен на принципиальной схеме РОУ (рис. 1).



*Рисунок 1 – Принципиальная схема РОУ (1 – запорная задвижка; 2 – дроссельный клапан; 3 – охладитель пара; 4 – импульсный клапан; 5 – главный предохранительный клапан; 6 – запорный клапан; 7 – обратный клапан; 8 – регулирующий клапан; 9 - форсунка)*

Через паропровод поступает острый пар на запорную задвижку 1 и далее на редукционный клапан 2, где происходит редуцирование давления, далее пар направляется в примыкающий к клапану охладитель пара 3. В охладителе пара производится окончательное редуцирование давления пара при помощи нескольких дроссельных решеток.

Впрыск охлаждающей воды в охладитель пара производится так: вначале вода подается в пароводяную форсунку 9, где предварительно подогревается, осуществляется ее распыление и затем впрыск в центр основного потока пара в охладителе. Охладители пара устанавливаются на горизонтальных и вертикальных участках трубопроводов с помощью сварки. Подвод охлаждающей воды к форсунке осуществляется последовательно через регулирующий клапан 8, обратный клапан 7 и запорный клапан 6. Запорные вентили 6

предусмотрены для полного перекрытия (открытия) потока охлаждающей воды для РОУ в случае аварийных ситуаций.

Температура охлажденного пара на выходе охладителя находится в зависимости от соотношения расходов острого пара и охлаждающей воды, и их первоначальной температуры. Расход впрыскиваемой воды изменяется в зависимости от требуемой температуры пара, измеряемой непосредственно за охладителем пара. Регулирование осуществляется при помощи регулирующего клапана 8.

Для предотвращения повышения давления пара выше критического, за охладителем установлено импульсно-предохранительное устройство, которое включает импульсный клапан 4 и главный предохранительный клапан 5.

Конструкция РОУ предусматривает несколько контрольных устройств. Запорные вентили 1 полностью перекрывают доступ острого пара из первичного паропровода и редуцированного пара во вторичный паропровод. Система предохранительных клапанов, установленная за регуляционным блоком, осуществляет понижение давления пара, когда тот проскакивает в систему в случае повреждения клапана-регулятора.

Формализация РОУ как объекта управления.

Уравнение теплового баланса РОУ выглядит следующим образом:

$$G_{on}i_{on} + G_e i_e = G_{pn}i_{pn} + (1 - \varphi)G_e i_{oe}, \quad (1)$$

где  $G_{on}$  - расход острого пара;

$i_{on}$  - энталпия острого пара, определяемая по таблицам для водяного пара в соответствии с его давлением  $P_{on}$  и температурой  $t_{on}$ ;

$G_e$  - расход впрыскиваемой охлаждающей воды;

$i_e$  - энталпия впрыскиваемой охлаждающей воды, определяется по формуле:

$$i_{e1} = c_e t_{e1}, \quad (2)$$

где  $c_e$  - теплоемкость воды,

$t_e$  - температура впрыскиваемой охлаждающей воды;

$G_{pn}$  - расход редуцированного пара на выходе из РОУ;

$i_{pn}$  - энталпия редуцированного пара на выходе из РОУ, определяется по таблицам для водяного пара для насыщенного пара с давлением  $P_{pn}$ ;

$\varphi$  - коэффициент учета количества охлаждающей воды, испарившейся в РОУ,  $\varphi = 0,65 \div 0,7$ ;

$i_{oe}$  - энталпия воды, не испарившейся в охладителе РОУ и отведенной из РОУ с температурой, равной температуре насыщения при давлении редуцированного пара  $P_{pn}$ :

$$i_{oe} = c_e t_{pn}. \quad (3)$$

Уравнение материального баланса РОУ выглядит следующим образом:

$$G_{on} + G_e = G_{pn} + (1 - \varphi)G_e, \quad (4)$$

или формула для определения расхода острого пара:

$$G_{on} = G_{pn} - \varphi G_e. \quad (5)$$

Соответственно формула для вычисления расхода охлаждающей воды:

$$G_e = \frac{G_{pn}(i_{on} - i_{pn})}{\varphi \cdot i_{on} + (1 - \varphi) \cdot i_{oe} - i_{oe}}. \quad (6)$$

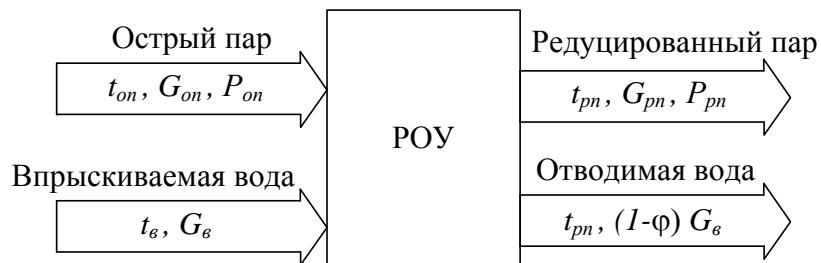
Параметры, которые используются при анализе функционирования РОУ, это:

- давление  $P_{pn}$ , температура  $t_{pn}$  и расход  $G_{pn}$  редуцированного пара, отпускаемого потребителю;

- давление  $P_{on}$ , температура  $t_{on}$  и расход  $G_{on}$  острого пара

- расход  $G_e$  и температура  $t_e$  охлаждающей воды.

Схема материальных потоков РОУ как объекта управления представлена на рис. 2.



*Рисунок 2 – Схема материальных потоков РОУ как объекта управления*

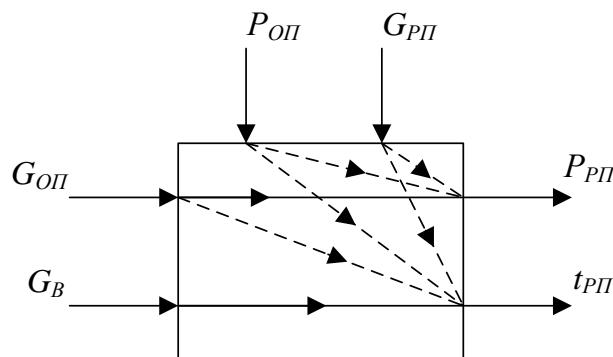
В качестве объекта регулирования РОУ представляет собой динамическую систему с двумя входными регулирующими воздействиями:  $G_{on}$  и  $G_e$ , и двумя регулируемыми величинами:  $P_{pn}$ ,  $t_{pn}$ .

Регулирующим воздействием на давление редуцированного пара выступает изменение расхода острого пара, а на температуру редуцированного пара - изменение расхода охлаждающей воды.

Возмущающими воздействиями на давление редуцированного пара является его расход, обусловленный изменением потребления, а также давление острого пара. Для температуры редуцированного пара возмущающими воздействиями являются изменения расхода редуцированного пара потребителем, изменения расхода и давления острого пара.

В качестве объекта регулирования давления РОУ обладает самовыравниванием, и ее динамику можно описать уравнением инерционного звена первого порядка. В качестве объекта регулирования температуры РОУ является практически безинерционным объектом.

Данные положения отражает функциональная схема связей между входными и выходными величинами, приведенная на рис. 3.



*Рисунок 3 – Функциональная схема связей между входными и выходными величинами*

Таким образом, динамические свойства РОУ по каналам управления  $G_e$  -  $t_{pn}$  и возмущения  $G_{on}$  -  $t_{pn}$  определяются в основном инерционностью температурного датчика.

По каналу возмущения расходом пара РОУ характеризуется инерционностью, которая может быть описана апериодическим звеном 1-го порядка.

Требования к разрабатываемой САУ РОУ.

САУ должна обеспечить устойчивую работу в диапазоне производительности РОУ от 30 до 100% от номинальной для постоянной работы на потребителя.

Должны производиться измерения мгновенного и суммарного расхода пара.

Допустимое отклонение температуры редуцированного пара должно быть не более 1,5% от заданного значения. Заданное значение температуры редуцированного пара не должно превышать номинального и не должно быть меньше значения, превышающего температуру насыщения на 20 °C.

При превышении установочного давления импульсный клапан должен обеспечить сброс давления.

Регулятор давления редуцированного пара должен поддерживать давление на выходе не больше  $\pm 2\%$  заданного значения.

Должны быть предусмотрены режимы автоматического и ручного управления механизмами, а также дистанционное управление выносного пульта оператора.

Оператору должна быть доступна информация о параметрах и режимах работы технологического процесса редуцирования и охлаждения пара в удобном виде.

Должен производиться учет количества потребляемой электроэнергии, отработанного времени и расходованного пара.

Должна производиться регистрация отказов, нештатных и аварийных режимов и хранение их в энергонезависимой памяти.

Должен быть предусмотрен плавный пуск/останов механизмов и их защита при возникновении аварийных ситуаций.

Функции САУ делятся на информационные и управляющие.

Информационная функция включают контроль и измерение основных параметров работы РОУ, информация о которых должна отображаться на местных приборах, передаваться на пульт оператора РОУ и в вышестоящую АСУ ТП ТЭЦ.

Управляющие функции обеспечивают получение и оценку информации о состоянии ТОУ, выбор управляющих воздействий и их реализацию.

Управляющие функции разрабатываемой САУ РОУ:

- измерение и контроль температуры и давления острого и редуцированного пара;
- измерение и контроль расхода редуцированного пара;
- оценка измерительной информации и выбор алгоритма управления;
- автоматическое регулирование температуры и давления редуцированного пара;
- автоматическое включение/выключение запорных задвижек при аварийных режимах и нештатных ситуациях:

- автоматический сброс давления при превышении его установочного значения;
- генерирование управляющих воздействий на исполнительные элементы;
- контроль и сигнализация нарушений ТП и изменений состояния оборудования;
- представление на монитор, по запросу оператора, текущих значений параметров, включая графики значений параметров;
- дистанционное управление и изменение режима работы САУ.

Предполагается разработка локальной системы управления РОУ с учетом ее дальнейшей интеграции в комплексную АСУ ТП всей ТЭЦ (рис. 4). Наиболее подходящим является использование программируемого логического контроллера (ПЛК). Причем, контроллер, помимо наличия необходимого количества дискретных и аналоговых входов-выходов, логико-дискретного и непрерывного управления, должен иметь возможность реализации человека-машинного интерфейса с заданными информационными функциями.

В САУ РОУ ПЛК программно реализует два контура регулирования – давления и температуры, а также компенсационный регулятор, компенсирующий взаимное влияние обоих контуров и возмущения.

Регулятор давления учитывает сигнал от датчика давления редуцированного пара, сравнивает с сигналом задания и вырабатывает управляющее воздействие. Выходной сигнал регулятора в форме аналогового сигнала поступает на исполнительный механизм типа МЭО, регулирующий орган которого установлен на первичном паропроводе. Регулятор температуры редуцированного пара учитывает сигнал от датчика температуры, установленного на выходе РОУ, сравнивает с сигналом задания и вырабатывает управляющее воздействие. Выходной сигнал регулятора в форме аналогового сигнала поступает на исполнительный механизм типа МЭО, регулирующий орган которого установлен на линии подачи охлаждающей воды.

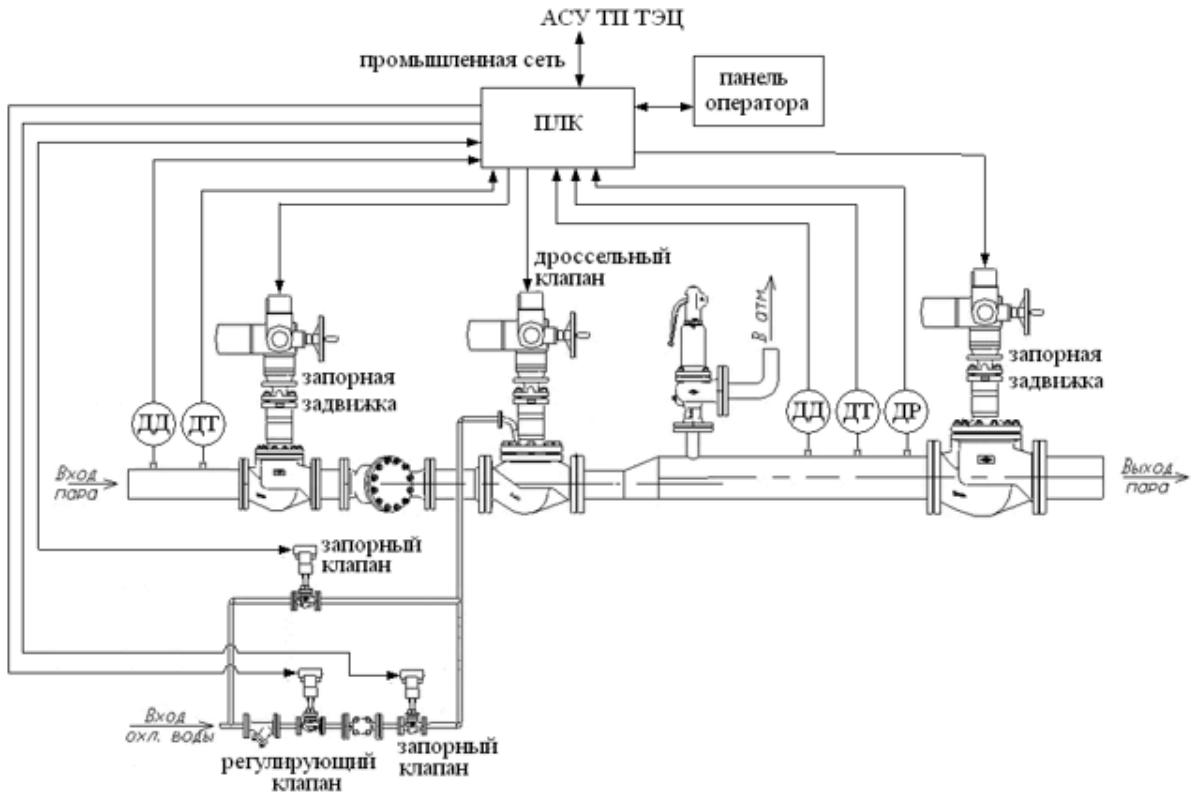


Рисунок 4 – Структурная схема САУ РОУ на базе ПЛК

Компенсационный регулятор учитывает взаимное влияние обоих контуров и измеряемое возмущение – расход редуцированного пара, и вырабатывает корректирующие сигналы для обоих контуров.

Четыре дискретных выхода ПЛК используются для управления запорными задвижками на первичном и вторичном паропроводе и на линии подачи охлаждающей воды. По сигналам с этих выходов электрические привода запорных задвижек осуществляют их полное открытие/закрытие.

Для реализации информационных функций используются панель оператора, подключенная к ПЛК. Для организации связи с АСУ ТП ТЭЦ используется подключение посредством промышленной сети.

ПЛК предусматривает возможность как автономной работы, так и работы в составе распределенной системы автоматического управления узлами и технологическими объектами ТЭЦ с объединением в промышленную сеть и управлением с верхнего уровня. Это дает возможность централизованного контроля и управления всей используемой на ТЭЦ автоматикой (посредством SCADA-системы).

Таким образом, архитектура АСУ ТП ТЭЦ предполагает двухуровневую систему управления с распределенными микропроцессорными средствами.

#### Перечень ссылок

1. Буйлов, Г. П. Автоматика и автоматизация производственных процессов : учебно-методическое пособие / Г. П. Буйлов. – Санкт-Петербург : СПбГТУРП, 2005. - 82 с.
2. Демченко, В. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В. А. Демченко. – Одесса : Астропринт, 2001. – 304 с.
3. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А. А. Иванов. – Москва : ФОРУМ, 2011. – 224 с.
4. Соснин, О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств / О. М. Соснин. – Москва : Академия, 2007. — 240 с.