

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, обратная 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 редукиционно-охладительная установка (РОУ), служащая для редуцирования (понижения) давления острого пара с 4 МПа и уменьшения его температуры с 475 °С до значений, требуемых потребителями пара (0,6 МПа и 250 °С), 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).

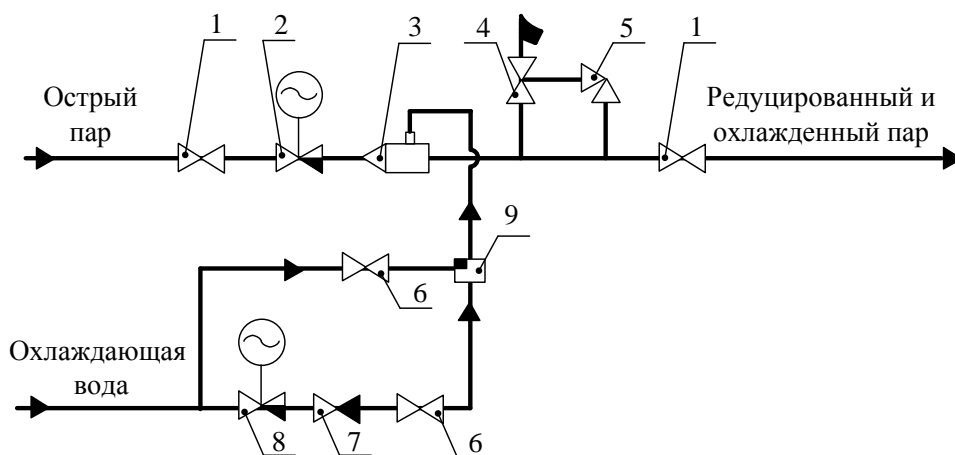


Рисунок 1 – Принципиальная схема РОУ (1 – запорная задвижка; 2 – дроссельный клапан; 3 – охладитель пара; 4 – импульсный клапан; 5 – главный предохранительный клапан; 6 – запорный клапан; 7 – обратный клапан; 8 – регулирующий клапан; 9 – форсунка)

Через паропровод поступает острый пар на запорную задвижку 1 и далее на редукиционный 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 температура 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:

$$G_{on}i_{on} + G_{\epsilon}i_{\epsilon} = G_{pn}i_{pn} + (1 - \varphi)G_{\epsilon}i_{o\epsilon}, \quad (1)$$

где G_{on} - расход острого пара;

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

G_{ϵ} - расход впрыскиваемой охлаждающей воды;

i_{ϵ} - энтальпия впрыскиваемой охлаждающей воды, определяется по формуле:

$$i_{\epsilon 1} = c_{\epsilon}t_{\epsilon 1}, \quad (2)$$

где c_{ϵ} - теплоемкость воды,

t_{ϵ} - температура впрыскиваемой охлаждающей воды;

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

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

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

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

$$i_{o\epsilon} = c_{\epsilon}t_{pn}. \quad (3)$$

Уравнение материального баланса РОУ выглядит следующим образом:

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

или формула для определения расхода острого пара:

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

Соответственно формула для вычисления расхода охлаждающей воды:

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

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 $G_в$ и температура $t_в$ охлаждающей воды.

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

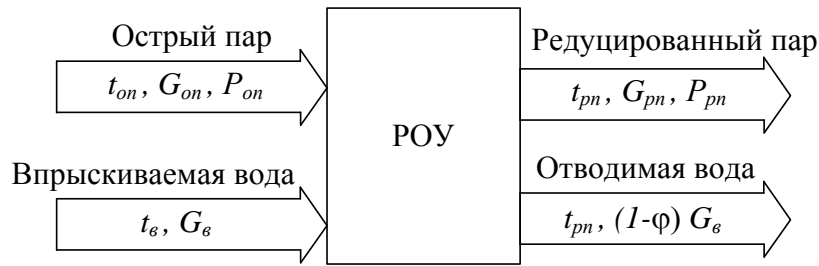


Рисунок 2 – Схема материальных потоков РОУ как объекта управления

В качестве объекта регулирования РОУ представляет собой динамическую систему с двумя входными регулирующими воздействиями: G_{on} и $G_в$, 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 безынерционным объектом.

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

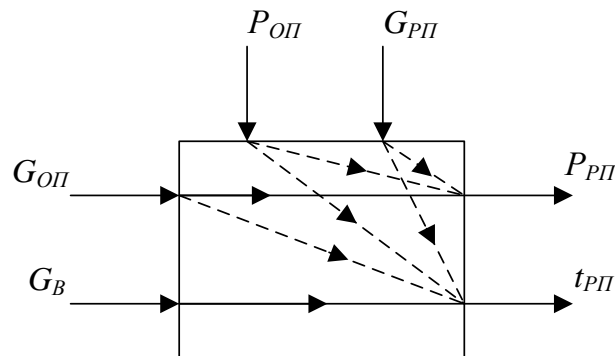


Рисунок 3 – Функциональная схема связей между входными и выходными величинами

Таким образом, динамические свойства РОУ по каналам управления $G_в - t_{pn}$ 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 °С.

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 расходуемого 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 включает 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 человеко-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.

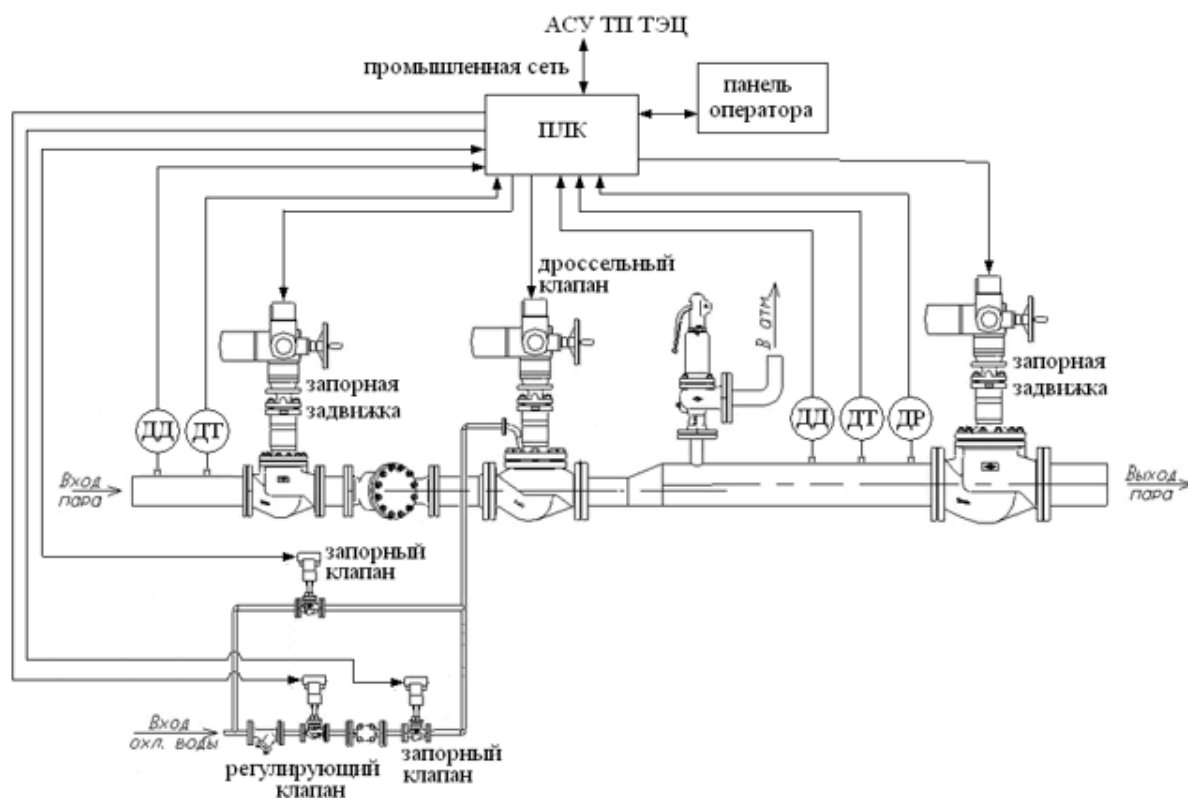


Рисунок 4 – Структурная схема САУ РОУ на базе ПЛК

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.