

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Дзюба А.В., Ткаченко А. В.

Донецкий национальный технический университет,
кафедра автоматики и телекоммуникаций,
кафедра автоматизированных систем управления
E-mail: sevitch77@mail.ru

Abstract

Dzyuba A.V., Tkachenko A.V. Main control problems of steam-boiler of super critical pressure in a different modes of operation. Current paper discusses main problems of exploiting steam-boiler of super critical pressure in start-up, normal and stopping modes. Steam-water tract of direct OCP boil is object with distributed parameters, big inertia and large delay. In normal mode main tasks of control are: control of boiler feeding, automatic regulation of heat load and automatic regulation of superheated steam's temperature. This problems can be solved by creating multilevel automation system.

Современные прямоточные паровые котлы являются высокоавтоматизированными установками. Надежная эксплуатация таких мощных энергетических блоков на сверхкритические параметры технически возможна только на базе комплексной автоматизации котельных агрегатов, оптимальной наладки систем автоматизации и квалифицированного обслуживания. Автоматизация котлов – одно из основных направлений повышения их коэффициента полезного действия, снижения расхода топлива, обеспечения безаварийности работы. Ее развитие в настоящее время связано с внедрением новых технических средств и компьютерных технологий в управлении крупными энергоблоками. Последовательно соединенные поверхности нагрева прямоточного парогенератора можно представить в виде змеевика, в один конец которого поступает питательная вода, а из другого выходит перегретый пар (рис.1). Пароводяной тракт может быть разделен на три части: водяную, пароводяную и паровую. Границы этих зон в общем случае не являются фиксированными и могут смещаться при переходных процессах. При сверхкритических параметрах пароводяная зона отсутствует. В этом случае нет четкой границы между водяной и паровой зонами. Положение точки начала перегрева может изменяться в зависимости от паропроизводительности, количества подводимого тепла и расхода питательной воды. Обычно ее принимают соответствующей условной температуре фазового перехода T_ϕ , определяемой максимальным значением теплоемкости пара. Температура T_ϕ для произвольного давления p может быть найдена из приближенной формулы ВТИ $T_\phi = T_{кр} + 3,54 \cdot 10^{-6} (p - p_{кр})$, где $p_{кр}$ и $T_{кр}$ - критические параметры пара.

Перегревательная часть прямоточных парогенераторов состоит из отдельных последовательно включенных участков, разграниченных конструктивно и размещенных в различных температурных зонах газового тракта. Поверхности нагрева отдельных участков, соединительные трубопроводы и паросборные коллекторы, а также устройства впрыска охлаждающей воды образуют объект регулирования, представляющий собой сложную динамическую систему, подверженную действию многих возмущающих воздействий. Температура на выходе каждого участка стабилизируется с помощью отдельных автоматических регуляторов, действующих на впрыскивающие устройства, устанавливаемые

между поверхностями нагрева. Динамические характеристики отдельных пароперегревательных участков могут быть получены экспериментально или по данным теплового расчета.

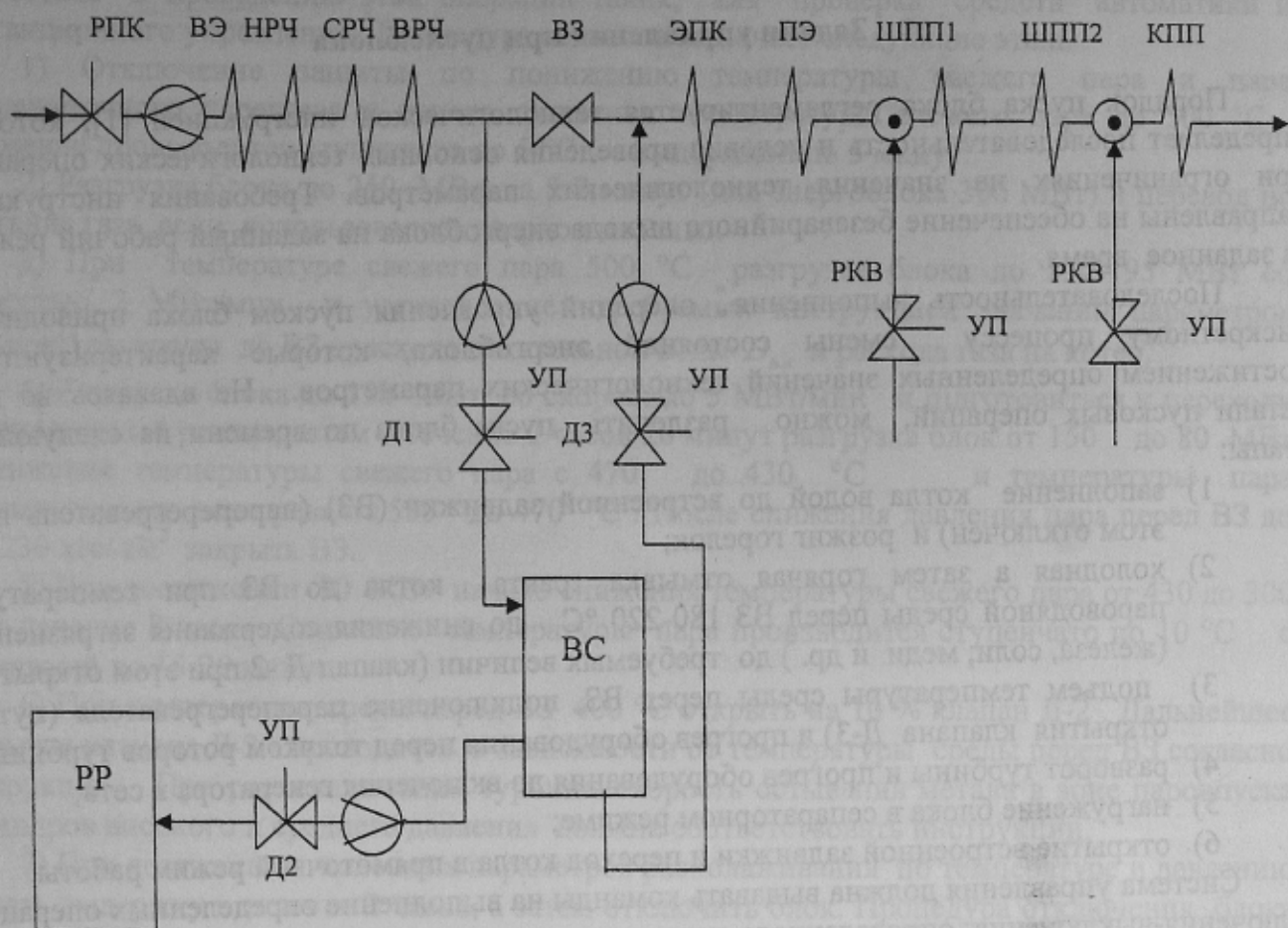


Рисунок 1 - Принципиальная технологическая схема прямооточного парогенератора с узлом встроенного сепаратора.

- На схеме: РПК – регулируемый питательный клапан,
 ВЭ – водяной экономайзер,
 НРЧ, СРЧ, ВРЧ, - нижняя, средняя и верхняя радиационные части котла соответственно,
 ВЗ – встроенная задвижка,
 ЭПК- экран поворотной камеры,
 ПЭ – потолочный экран,
 ШПП1, ШПП2 – ширмовые пароперегреватели 1и 2 соответственно,
 КПП - конвективный пароперегреватель.
 ВС- встроенный сепаратор,
 РР- растопочный расширитель,
 Д-1, Д-2, Д-3 – дроссельные клапаны для сброса среды,
 УП, РКВ – указатель положения регулируемого клапана вентильного.

Современные энергоблоки мощностью 300- 800 МВт, в составе которых в настоящее время используются прямооточные котлоагрегаты сверхкритического давления (СКД), в процессе эксплуатации могут находиться в трех режимах функционирования:

- пуск энергоблока,
- режим выполнения суточного графика нагрузки,

- выведение из рабочего состояния (останов блока).

Целью данной статьи является анализ основных задач управления котлоагрегатом в перечисленных трех режимах.

Задачи управления при пуске блока

Порядок пуска блока регламентируется технологической инструкцией [1], которая определяет последовательность и условия проведения основных технологических операций при ограничениях на значения технологических параметров. Требования инструкции направлены на обеспечение безаварийного выхода энергоблока на заданный рабочий режим за заданное время.

Последовательность выполнения операций управления пуском блока приводит к дискретному процессу смены состояний энергоблока, которые характеризуются достижением определенных значений технологических параметров. Не вдаваясь во все детали пусковых операций, можно разделить пуск блока по времени на следующие этапы:

- 1) заполнение котла водой до встроенной задвижки (ВЗ) (пароперегреватель при этом отключен) и розжиг горелок;
- 2) холодная а затем горячая отмывка тракта котла до ВЗ при температуре пароводяной среды перед ВЗ 180-220 °С до снижения содержания загрязнений (железа, соли, меди и др.) до требуемых величин (клапан Д-2 при этом открыт);
- 3) подъем температуры среды перед ВЗ, подключение пароперегревателя (путем открытия клапана Д-3) и прогрев оборудования перед толчком роторов турбины;
- 4) разворот турбины и прогрев оборудования до включения генератора в сеть;
- 5) нагружение блока в сепараторном режиме;
- 6) открытие встроенной задвижки и переход котла в прямоточной режим работы.

Система управления должна выдавать команды на выполнение определенных операций включения-выключения определенного силового и теплотехнического оборудования, а также контролировать последовательных переходов с одного этапа пуска на другой в соответствии с программой пуска.

Для выполнения пусковых операций с учетом ограничений на температуру среды до встроенной задвижки и скорости ее подъема формируется соответствующий график-задание [2] и затем выполняется контроль за его выдерживанием. Реализация графика-задания в настоящее время выполняется оператором котла вручную путем изменения расхода топлива. При этом точность реализации графика-задания зависит от опыта оператора и в общем случае не гарантируется. В связи с этим возникает необходимость в разработке метода и алгоритмов управления расходом топлива, которые бы обеспечили требуемую точность выдерживания графика-задания.

На участке встроенных сепараторах (ВС) осуществляется сепарация пароводяной смеси на жидкую и паровую составляющие, эта операция производится за счет центробежных сил. Начало прикрытия клапанов Д-2 выполняется после открытия клапанов Д-3 и связано с необходимостью минимизировать проскок пара в растопочный расширитель, что позволяет понизить потери тепла в пусковой период.

Система управления должна осуществлять контроль и управление процессом сброса среды из встроенных сепараторов, для чего необходимо осуществить соответствующий расчет задания для исполнительных регуляторов степени открытия клапана Д-2;

Задачи управления при останове блока с расхолаживанием

После принятия решения об остановке блока выполняется ряд мероприятий по подготовке к проведению этой операции таких, как проверка средств автоматики и дистанционного управления. Процедура останова включает следующие этапы.

1) Отключение защиты по понижению температуры свежего пара и пара промежуточного перегрева и начало снижения температуры свежего пара до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Снижение производится ступенчато по $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой по 5 минут.

2) Разгрузка блока до 250 МВт за 5-7 минут (для энергоблока 300 МВт) и перевод на сжигание газа, если использовалось твердое топливо.

3) При температуре свежего пара $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ разгрузка блока до 190-195 МВт со скоростью 2 МВт/мин и установление требуемых инструкцией значений параметров температуры среды до ВЗ, расхода питательной воды $D_{п.в}$ и расхода газа на котел.

4) Разгрузка блока до 150 МВт со скоростью 5 МВт/мин и подготовиться к переходу на сепараторный режим, затем в течение 2 часов 20 минут разгрузка блок от 150 до 80 МВт и снижение температуры свежего пара с 470 до $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуры пара промежуточного перегрева от 500 до $470\text{ }^{\circ}\text{C}$. После снижения давления пара перед ВЗ до $225\text{-}230\text{ кгс/см}^2$ закрыть ВЗ.

5) При достижении 80 МВт начало снижения температуры свежего пара от 430 до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 8 часов. Снижение температуры пара производится ступенчато по $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой по 15-20 минут

6) При температуре среды перед ВЗ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ открыть на 10 % клапан Д-2. Дальнейшее открытие клапана Д-2 проводится в зависимости от температуры среды перед ВЗ согласно инструкции. При расхолаживании турбины скорость остывания металла в зоне паровпуска цилиндров высокого и среднего давления должна соответствовать инструкции.

7) При достижении конечных параметров расхолаживания по температуре и давлению сделать выдержку в течение 2 часов, а затем отключить блок. Процедура отключения блока производится строго в соответствии с инструкцией.

Анализ операций по останову энергоблока показывает, что также как и для пуска, возникает необходимость в разработке метода и алгоритмов управления расходом топлива, которые бы обеспечили требуемую точность выдерживания графика снижения температуры пара. В связи с переходом на сепараторный режим к концу остановочных операции необходимо также управлять степенью открытия клапана Д-2 для сброса среды ВС.

Задачи управления при выполнении суточного графика нагрузки

С точки зрения задач управления объект можно охарактеризовать следующим комплексом входных и выходных переменных: $D_{впр}$ - расход воды на впрыск, $D_{п.в}$ - расход питательной воды, B_T - расход топлива, Q_a - расход воздуха, Q_T - расход газа, $D_{с.п}$ - расход вторичного пара, $t_{п.п}$ - температура перегретого пара (первичного), $D_{п.п}$ - расход перегретого пара, $P_{п.п}$ - давление перегретого пара, $t_{п.р}$ - температура в промежуточной точке тракта, O_2 - содержание свободного кислорода в газоходе за конвективным пароперегревателем, $t_{с.п}$ - температура перегретого пара (вторичного).

Схема взаимного влияния входных и выходных величин представлена на рис. 2.

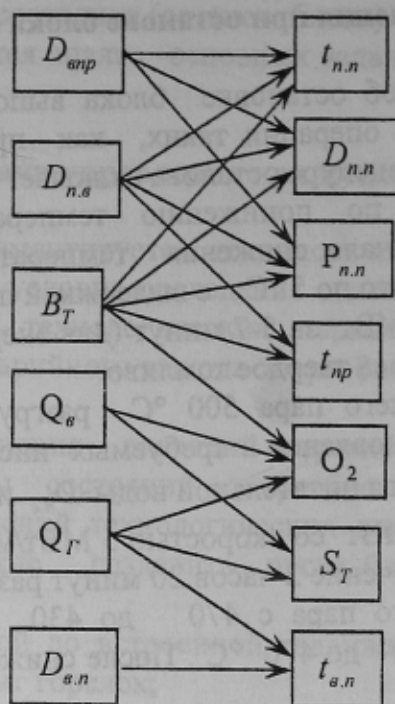


Рисунок 2 - Схема взаємозв'язки між вихідними і входними величинами в прямоточному парогенераторі.

Задачі регулювання технологічного процесу котлоагрегата зводяться в основному до необхідності підтримання в ньому матеріального і теплового балансу. При їх наявності котлоагрегат буде працювати в постійному (стаціонарному) режимі. Стаціонарний режим характеризується постійністю во часі тиску, температур, рівнів, витрат і інших показників роботи котлоагрегата.

В прямоточному парогенераторі в відмінність від барабанного витрата живильної води викликає неопосередковане вплив на витрат, температуру і тиск пари на виході, т.е. задачі регулювання теплового і матеріального балансу тут тісно пов'язані. Це викликає суттєвий вплив на вибір способів і схем регулювання парогенератора. АСР живлення в прямоточному парогенераторі в протилежність барабанному не можна вважати автономною. Вона пов'язана з АСР тиску і температури пари по тракту (до першого регульованого впрыску). Суттєво ускладнюється і регулювання температури перегріву первинного пари через вплив на неї витрати живильної води і більш суттєвого, ніж у барабанних, впливу подачі палива. Це призводить до необхідності збільшення числа впрысків і витрати води на впрыск [3].

Задача автоматизації котлоагрегата як об'єкта регулювання є складною в тому відношенні, що контури регулювання викликають взаємне вплив одне на одне всередині об'єкта. Зміна будь-якого з регулюючих впливів призводить до зміни всіх параметрів, т.е. мають місце перехресні зв'язки через об'єкт регулювання. Особливо тісно пов'язані між собою контури автоматичного регулювання теплової навантаження котла, разреження в топці і співвідношення «паливо - повітря». В зв'язі з цим ці контури цілком природно розглядати як єдину багатов'язку систему автоматичного регулювання теплової навантаження і процесу горіння котлоагрегата.

Таким чином, існують три основні задачі, пов'язані з автоматизацією котлоагрегата як об'єкта управління: автоматичне регулювання живлення котла, автоматичне регулювання теплової навантаження і процесу горіння, автоматичне регулювання температури перегрітого пари. При налаштуванні цих систем автоматичного регулювання слід мати на увазі, що вони викликають суттєвий вплив одне на

друга. В связи с этим при определении параметров настройки одной из этих систем необходимо рассматривать влияние других систем как возмущающие воздействия, на которые система автоматического регулирования должна реагировать, чтобы сохранить заданное значение регулируемой величины [4].

Глобальной целью данного технологического процесса является получение перегретого пара по выбираемым критериям оптимизации. Поскольку отдельные локальные технологические участки и соответствующие им подпроцессы взаимосвязаны, автономное оптимальное управление подпроцессами по локальным критериям не может обеспечить оптимальное ведение всего процесса в целом. Для устранения этого недостатка необходимо отдельные оптимизированные управляющие подсистемы подчинить вышестоящей координирующей системе, в функции которой входят устранение конфликтных ситуаций между задачами управления подпроцессами и достижение глобальных целей в управлении процессом в целом. Координирующая система, таким образом, обеспечивает интеграцию системы в единый управляющий комплекс, функционирующий по выбранному основному критерию оптимизации работы объекта.

Выводы

В работе выполнен анализ энергоблока как объекта управления в трех режимах функционирования. Выделены проблемы управления расходом топлива в режимах пуска - останова блока, которые должны обеспечить заданные графики подъема - снижения температуры пара. Второй не мене важной задачей является управление сбросом среды на участке встроенных сепараторов путем расчета задания для исполнительных регуляторов степени открытия клапана Д-2.

В режиме выполнения суточного графика необходимо поддерживать материальный и тепловой баланс котлоагрегата. Для достижения этого можно выделить три основные задачи управления: автоматическое управление питанием котла, автоматическое управление тепловой нагрузкой и процесса горения, автоматическое регулирование температуры перегретого пара. Для повышения эффективности управления эти контуры целесообразно рассматривать как единую многосвязную систему автоматического регулирования тепловой нагрузки и процесса горения топлива.

Литература

1. Инструкция по пуску и эксплуатации энергоблока 300 МВт. - МЭЭ ПЭО "ДОНБАССЭНЕРГО", 1992. - 81 с.
2. Афанасьев Н.Н., Панасовский О.Г., Курышко Г.И., и др. О формировании и выдерживании графика-задания подъема температуры среды перед ВЗ при пуске моноблока сверхкритического давления // "Энергетика и электрификация", 1997, №3, с.4-9.
3. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 344с.
4. Клюев А.С., Товарнов А.Г., Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов. - М.: Энергия, 1970. - 280 с.