

В статті запропонована нова схема автоматичного керування температурою перегріву пари для прямоточних котлів, яка дозволяє забезпечити утримання вихідної температури в установлених технологічними вимогами межах. Сформульовані основні допущення для систем керування з обмеженнями на вихідну змінну

Ключові слова: регулювання температури перегрітої пари, обмеження на вихідну змінну

В статье предложена новая схема автоматического управления температуры перегрева пара для прямоточных котлов, которая позволяет обеспечить удержание выходной температуры в установленных технологическими требованиями границах. Сформулированы основные допущения для систем управления с ограничением на регулируемый параметр

Ключевые слова: регулирование температуры перегретого пара, ограничения на выходную переменную

In the article the new scheme of control system of temperature of the overheated steam for the straight-through boiler has been proposed. This scheme enables to ensure keeping the controlled temperature in the operational limits. The main assumptions for control systems with output constraints have been formulated

Key words: control system of temperature of the overheated steam, output constraints

УЧЕТ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ВЫХОДНУЮ ПЕРЕМЕННУЮ В СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕВА ПАРА

Б. В. Фоменко

Ассистент*

Контактный тел.: 8-067-508-79-65

E-mail: bogdana.fomenko@gmail.com

Д. Р. Корниенко

Контактный тел.: 8-097-695-47-72

E-mail: deimocdp@gmail.com

*Кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
пр. Победы, 37, г. Киев, 03056

1. Введение

Для обеспечения надежной и экономичной работы парогенератора и турбины необходимо поддерживать температуру пара в заданных пределах с незначительными отклонениями от номинальной. Для повышения экономичности работы теплосиловой установки температура перегрева должна поддерживаться по возможности высокой, что, однако, противоречит условиям надежной работы парогенератора и турбины. Металл труб пароперегревателя рассчитан для работы при определенной температуре.

Дальнейшее повышение температуры может привести к аварии. Надежность работы турбины при повышении температуры пара также снижается, так как при этом тепловые расширения отдельных ее частей могут быть опасными. Резкое и значительное изменение температуры пара перед турбиной не может быть допущено из-за ограниченных предельных зазоров между ее частями.

Кроме того, значительное понижение температуры пара перед турбиной может привести к недопустимому повышению влажности в последних ступенях расширения.

Система автоматического регулирования перегрева пара должна обеспечивать поддержание определенной температуры пара, как в тракте пароперегревателя, так и на выходе из него.

2. Постановка задачи

Обзор существующих систем регулирования температуры перегрева пара показал, что традиционно используется система с вводом производной из промежуточной точки, которая не гарантирует удержание основного регулируемого параметра в заданном рабочем диапазоне.

Нормами установлено, что в установившихся режимах работы парогенератора отклонения температу-

ры пара от номинальных значений не должны превышать $\pm 1\%$ [1] в заданном диапазоне нагрузок, причем диапазон нагрузок, который определяется в зависимости от конструктивных особенностей парогенератора.

Высокие требования по точности регулирования температуры обусловлены следующими причинами:

- повышение температуры выше допустимых значений может привести к аварии вследствие появления ползучести металла и повышенных тепловых расширений;
- понижение температуры перегретого пара снижает экономичность работы котла и ТЭС в целом;
- значительное понижение температуры пара перед турбоагрегатом приводит:
 - к недопустимому повышению влажности в последних ступенях турбины
 - эрозии лопаток,
 - в некоторых случаях, к аварийному останову турбоагрегата.

С другой стороны, существует ряд факторов, влияющих на температуру перегретого пара:

- 1) изменение нагрузки котла;
- 2) колебание давления в паропроводе;
- 3) качество топлива;
- 4) температура питательной воды;
- 5) шлакование радиационных поверхностей нагрева;
- 6) избыток воздуха;
- 7) догорание продуктов неполного сгорания и области перегревателя;
- 8) загрязнение поверхностей нагрева котла и пароперегревателя;
- 9) изменение положения факела;

Учитывая рассмотренные выше факторы, накладываются строгие ограничения на разброс температуры.

Для котла ТГМП-314, рассматриваемого в данной работе, эти ограничения составляют не более 5°C повышения температуры и не более 10°C отклонения температуры в сторону понижения.

3. Обзор существующих решений

По традиционной схеме регулирования с вводом производной из промежуточной точки, перегревательная часть прямоточного котла разделяется на отдельные последовательно включенные участки, разграниченные конструктивно и размещенные в различных температурных зонах газового тракта. Поверхности нагрева отдельных участков, соединительные трубопроводы и паросборные коллекторы, а также устройства впрыска охлаждающей воды образуют объект регулирования.

Температура на выходе каждого участка стабилизируется с помощью автономных автоматических регуляторов, воздействующих на впрыскивающие устройства, устанавливаемые между отдельными поверхностями нагрева.

На рис. 1. изображена принципиальная схема автоматической системы регулирования температуры пер-

вичного пара одного из контуров прямоточного котла с двумя впрысками.

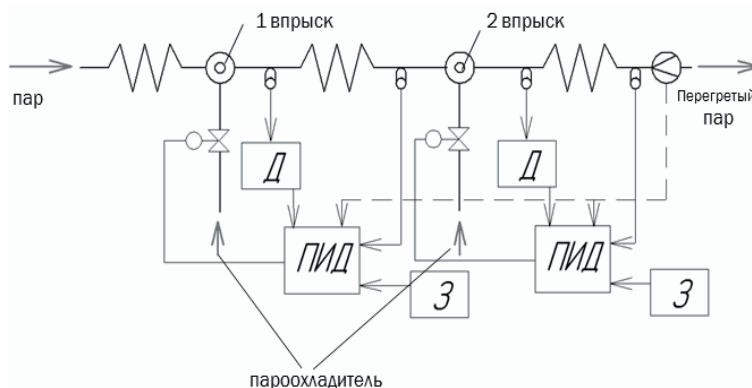


Рис. 1. АСР с вводом производной из промежуточной точки.
Д – дифференциатор, З – задатчик

Введение дополнительного входного сигнала по заданию для регулятора ПИД, первого по ходу пара впрыска, позволяет поддерживать температуру пара на выходе промежуточной ступени пароперегревателя в соответствии с тепловой нагрузкой агрегата. Переменный сигнал по заданию может быть сформирован и по положению регулирующего органа регулятора, второго по ходу пара впрыска. В этом случае сигнал от датчика положения исполнительного механизма поступает на вход вспомогательного корректирующего регулятора, а с его выхода - на вход регулятора первого впрыска [2].

По экспериментально полученным переходным характеристикам были получены математические модели секций пароперегрева. Для АСР с вводом производной из промежуточной точки были получены оптимальные параметры ПИД-регулятора. С применением которых удалось снизить перерегулирование на 30% и время регулирования на 30с. Далее будем сравнивать АСР с вводом производной из промежуточной точки, учитывая то, что она настроена с данными оптимальными настройками.

Система с вводом производной из промежуточной точки отличается высокой скоростью регулирования, но основным недостатком данной системы является то, что она не может гарантировать удержание контролируемой величины в установленных границах, а как было рассмотрено выше, существует множество факторов способных вывести температуру за номинальные значения. Поэтому предлагается альтернативная схема регулирования, лишенная данного недостатка.

4. Схема АСР с учетом ограничений на выходную величину

На сегодняшний день существует три нелинейные надстройки для систем регулирования с использованием контроллеров: ввод ограничений на управляющий сигнал, ввод ограничений на выходную переменную и надстройка безударной передачи [3]. Включение таких элементов в систему регулирования способно справиться с типичными нелинейными эффектами в

целом и отлично работают для реализации большинства задач по управлению.

Предметом данной работы является рассмотрение преимуществ ввода ограничений на изменение температуры после пароохладителя в системе регулирования температуры пароперегрева прямоточного котла.

Чтобы удержать выходную величину в установленных границах, вводятся ограничения на промежуточную величину (рис. 2). Для этого необходимо выполнение трех условий:

1. Ограниченная величина $y_2(t)$ должна регулироваться сигналом $u(t)$.
2. Во время прохождения переходного процесса, величина $u(t)$ или возмущение должно вывести $y_2(t)$ выше его верхнего предела или ниже нижнего.
3. В устоявшемся процессе стационарное значение величины $y_2(t)$ должно лежать в пределах заданного верхнего или нижнего ограничения.

Рассмотрим систему, выходной параметр которой, может превысить установленные лимиты.

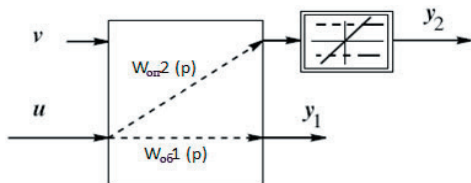


Рис. 2. Объект управления с ограничением на промежуточную величину y_2

Основной регулируемой переменной является y_1 , охваченной обратной связью с контроллером 'Main PID Controller' (рис. 3). На промежуточную величину y_2 накладываются ограничения, которые задаются пу-

тем подачи соответствующих сигналов от задатчиков «Hi» и «Low» на регуляторы, реализующие управление по ПИД – закону.

В устоявшемся процессе величина y_2 будет лежать в пределах заданного диапазона 'Hi', 'Low', и при небольших возмущениях система будет регулировать величину y_1 регулятором 'Main PID Controller', при этом нелинейная надстройка останется не задействованной [3].

На рис. 3 представлена схема управления температурой пароперегрева на котлоагрегате ТГМП-314 с нагрузкой 300МВт с использованием ограничений на промежуточную величину (выходная величина опережающей части объекта). В данной схеме ограничения накладываются на температуру, устанавливаемую после впрыска пароохладителя. Преимущество данной схемы реализуется путем выбора нужного управляющего воздействия от одного из трех ПИД-регуляторов через блоки «max» и «min».

С помощью программных средств MatLab было проведено моделирование системы с использованием ограничений на переменную после опережающей части объекта и традиционной системы управления температурой пароперегрева с вводом производной из промежуточной точки.

Переходные процессы двух АСР при отключенных ограничениях совпали, так как регулирование происходило по прямому каналу с помощью основного ПИД-регулятора.

Но с установленными ограничениями переходные процессы существенно отличаются (рис. 4). АСР с ограничениями на выходную величину удерживает ее в установленных границах даже при нанесении больших возмущений, и с применением ограничений переуправление уменьшается с 30% до 3,5%.

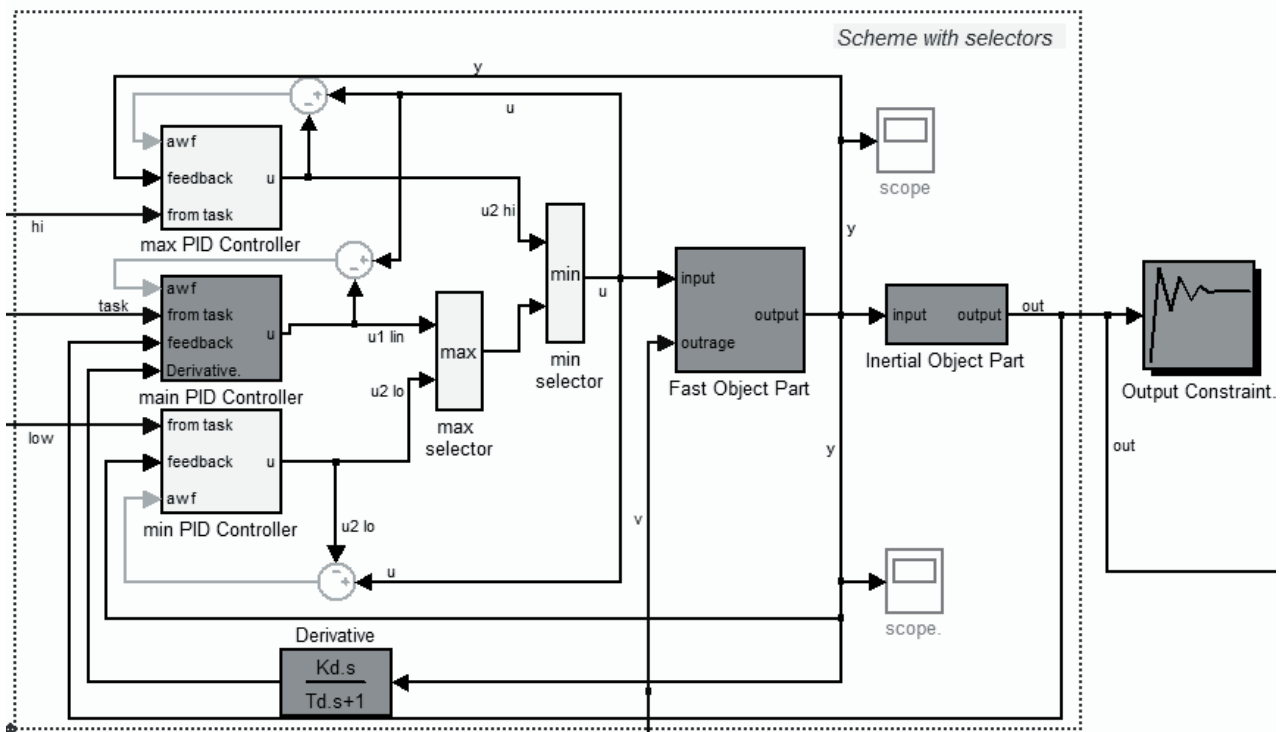


Рис. 3. Схема АСР температуры пароперегрева с ограничениями на выходную величину опережающей части объекта

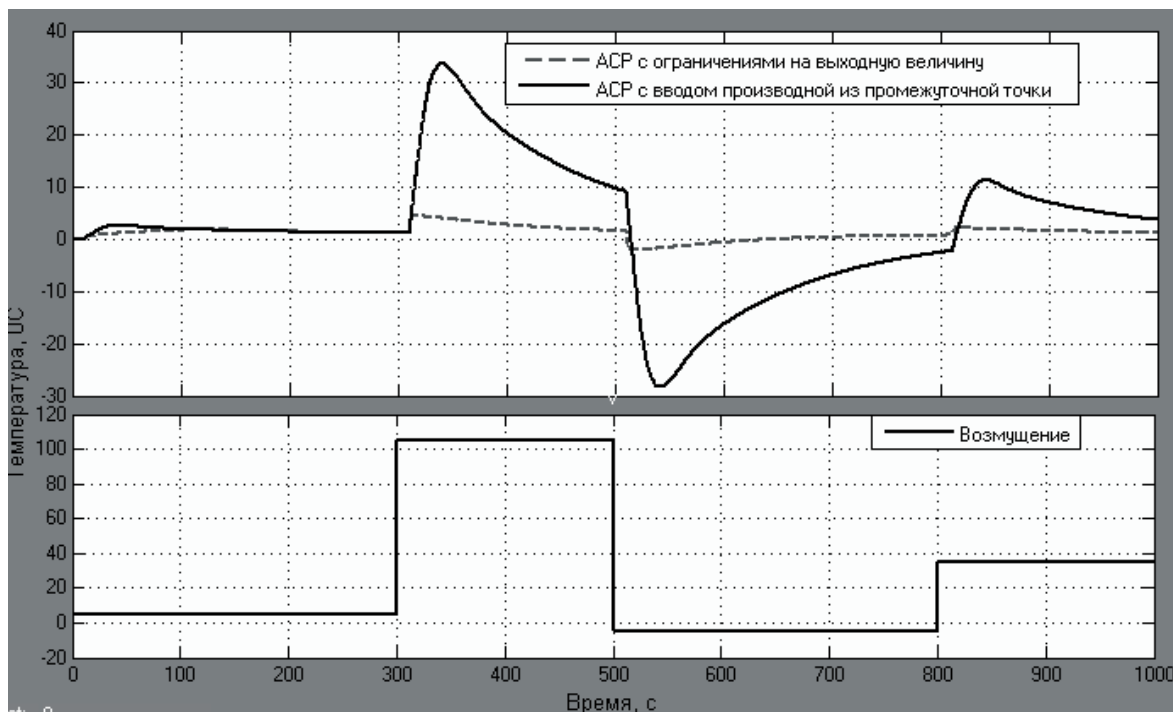


Рис. 4. Переходные процессы

Результат моделирования подтвердил, что выходная температура пароперегрева удерживается в необходимом рабочем диапазоне путем наложения ограничений на выходную величину опережающей части. По сравнению с традиционной схемой управления с вводом производной из промежуточной точки, предложенная схема показывает намного лучший результат управления.

5. Выводы

Как видим из представленных результатов, предложенная схема ставит на качественно новый уровень автоматическое регулирование температуры пароперегрева. Применение данной схемы АСР лишает систему главной проблемы – непредвиденного выхода контролируемой величины под воздействием непредвиденных возмущений.

Негативным фактором, конечно, может являться усложнение настройки системы и учитывая то, что в качестве алгоритмов регулирования используются ПИД законы, системы автоматизации необходимо

дополнять механизмом автоподстройки. Но, в период улучшения технических средств автоматизации, замены регуляторов современными контроллерами, становится возможным реализовать данную схему на одном контроллере, используя стандартные средства технологических языков программирования.

А учитывая, что более 40% всех поломок и аварийных остановов турбоагрегатов приходится на сбой в работе пароперегревателей, применение данных АСР является более чем востребованным.

Литература

1. Липатников Г.А. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики / Липатников Г.А., Гузев М.С. – Владивосток, 2007. – 136 с.
2. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций. - М.: Энергоиздат, 1981. – 368 с.
3. Glattfelder A.H. Control systems with input and output constraints / Glattfelder A.H., Shaufelberger W. – London.: Springer, 2003. – 499p.