

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАБОТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ С ТОПКАМИ НТКС

Василенко Д.К., магистрант; Лаппо П.В., доц, к.т.н.; Ткаченко А.Е., доц, к.т.н.
(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Проблема своевременного, экономичного и полного обеспечения абонентов промышленных предприятий теплотой на отопление, вентиляцию и технологические нужды в условиях переменного теплоснабжения, что связано как с сезонностью, так и с графиком работы предприятия, является чрезвычайно актуальной в современных реалиях. Ее решение будет способствовать снижению себестоимости выпускаемой продукции, обеспечению безаварийного функционирования промышленных объектов, а также удовлетворению санитарно-гигиенических требований условий труда.

Особенностью промышленных предприятий является то, что количество тепла, которое необходимо передать потребителям для удовлетворения их текущих потребностей является величиной переменной и зависит от многих внешних факторов. Таким образом, возникает задача регулирования количества переданной потребителям теплоты с целью снижения расхода топливных ресурсов и обеспечение условий для нормального функционирования потребителей.

В качестве мер по повышению эффективности теплоснабжения промышленных предприятий целесообразно предложить:

- 1) применение в схемах теплоснабжения высокоэкономичных источников теплоты;
- 2) при работе в группе этих источников определять рациональную общую производительность котлоагрегатов в соответствии с фактическим тепловым спросом;
- 3) разработку и внедрение в промышленную эксплуатацию системы автоматического управления производством и распределением теплоты.

Применение в качестве источников теплоты группы котлов низкотемпературного кипящего слоя (НТКС) удовлетворяет всем этим требованиям и обеспечивает реализацию следующих преимуществ этого способа сжигания:

- возможность сжигания низкосортного топлива с зольностью до 80%, которое не горит в слоевых топках;

- уменьшение объемов котлов, а, следовательно, и их металлоемкости, вследствие высокой интенсивности процессов горения и теплообмена в кипящем слое;

- значительное уменьшение без дополнительных затрат вредных выбросов оксидов азота с продуктами горения из-за низкого температурного уровня, при котором происходит процесс горения в топке, а также выбросов оксидов серы путем связывания их солями кальция и магния, содержащимися в золе исходного топлива, а также путем добавления в слой известняка и доломита;

- более высокую эффективность горения по сравнению с котлами традиционного типа.

Рассмотрим краткую характеристику технологического процесса сжигания твердого топлива в НТКС [2]. Технологическая схема со средствами автоматизации котельной установки с НТКС приведена на рис. 1.

Во время процесса горения твердое топливо находится в псевдоожиженном состоянии, что способствует лучшему теплообмену и максимальному выгоранию угля. Технологический процесс идет следующим образом.

Сначала в топку насыпают слой инертного материала, который разогревают до необходимой температуры 400 °С факельным способом, после чего включают питатель твердого топлива и осуществляют подачу топлива в топку. Факельные горелки выключают

после достижения слоев температуры 800 °С. Подачу твердого топлива осуществляют непрерывно.

Топливо на решетку подают с помощью пневматического забрасывателя с пластинчатым питателем, который работает от асинхронного привода. С помощью различных типов вариаторов обеспечиваются требуемая скорость питателя, а, следовательно, требуемый расход топлива.

Воздух для псевдоожижения и поддержания необходимой температуры слоя поступает от высоконапорного дутьевого вентилятора под колпачковую воздухораспределительную решетку. Скорость дутьевого воздуха регулируется углом поворота лопаток дутьевого вентилятора. Скорость дутьевого воздуха на выходе из отверстий воздухораспределительной решетки должно быть от 0,5 до 4 м/сек.

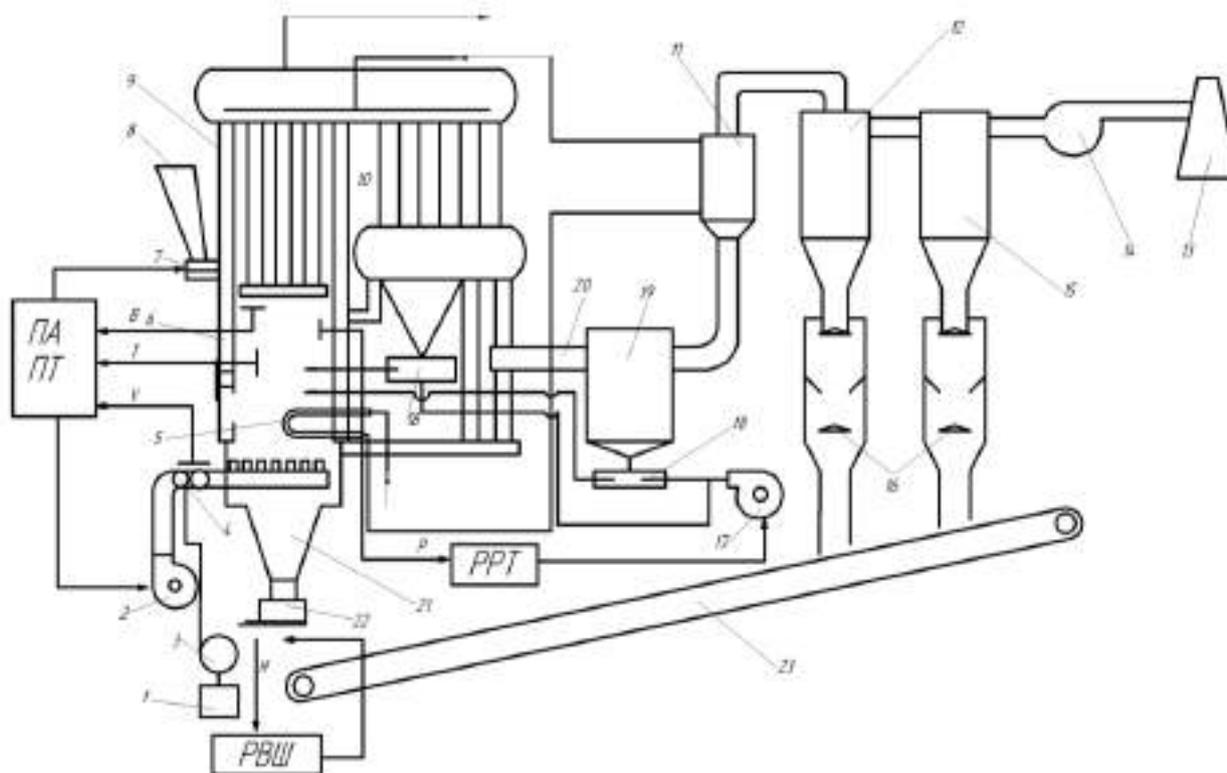


Рисунок 1 - Технологическая схема котла с топкой НТКС и средствами автоматизации

На рисунке 1 обозначено: 1 – емкость для жидкого топлива; 2 – топливный насос; 3 – дутьевой вентилятор; 4 – растопочную устройство; 5 – погружные поверхности нагрева (ППН); 6 – топка; 7 – забрасыватель топлива; 8 – топливный бункер; 9 – котел; 10 – радиационная поверхность нагрева; 11 – экономайзер; 12 – циклон первой ступени очистки; 13 – труба; 14 – дымосос; 15 – циклон второй ступени очистки; 16 – двойные пылевые затворы; 17 – вентилятор возвращения отнесения; 18 – эжектор; 19 – циклон прямоточный; 20 – газоход; 21 – бункер золы; 22 – разгрузчик золы; 23 – конвейер золоудаления; РРТ – регулятор разрежения над топкой; РВШ – регулятор высоты слоя; УУПТ – устройство управления производительностью топки.

Для бесперебойной и безаварийной работы топки большое значение имеет своевременное удаление накопившейся золы, что также обеспечивает поддержание температуры и высоты слоя на необходимом уровне. Шлак из топки удаляется по ходу работы котельной при достижении им определенного уровня с помощью специального золоудаляющего устройства. Это не вызывает проблем поскольку кусочки шлака через их большую плотность тонут в кипящем слое и собираются в нижней части топки.

Большая часть тепла, которое выделяется во время горения топлива, отбирается с помощью погружных поверхностей нагрева, которые устанавливаются в самом псевдооживленном слое.

Исходя из технологических особенностей процесса, возможно выдвинуть следующие требования к эффективному функционированию группы котлов НТКС[1]. В качестве функции цели выбрана такая суммарная производительность котлоагрегатов $Q_{к.а.}$, которая удовлетворяла бы текущий тепловой спрос потребителей $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{n.i}$ с учетом всех потерь в потребителях (абонентах) $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{nom.n.i}$, а также потерь тепла при его производстве $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{nom.к.i}$ [2]:

$$Q_{к.а.} \rightarrow \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Q_{n.i} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{nom.n.i} + \sum_{i=1}^{i=m} Q_{nom.к.i}}{\eta} 100\%. \quad (1)$$

При выполнении критериев:

- по обеспечению максимально возможного значения КПД котельной (одного котлоагрегата и группы котлов) в зоне рационального использования при $\eta \geq \eta_{min}$:

$$\eta \geq \eta_{min} \rightarrow max. \quad (2)$$

- по обеспечению минимума материальных затрат на используемый вид топлива:

$$\begin{cases} B_m(\{G_i\}) = \sum_{i=1}^m B_i(G_i) \rightarrow \min \\ f_{MЗ}(\{G_i\}) = \sum_{i=1}^m B_i(G_i) \cdot p \rightarrow \min \end{cases}, \quad (3)$$

где p – цена используемого в данном типе котла вида топлива, B_i – расход топлива, используемого i -м котлом для обеспечения i -й теплопроизводительности G_i ;

При следующих технологических наложенных ограничениях:

- по заданным значениям температурам теплоносителя (воды) в подающем t'_n и обратном t'' трубопроводах, общей водопроизводительности котлов и диапазону рабочей производительности (от G_i^{\min} до G_i^{\max}) каждого котла [3, 4]:

$$\begin{cases} t'_n = t'_{n.зад}; t''_n = t''_{n.зад} \\ \sum_{i=1}^m G_i = G \\ G_i^{\min} \leq G_i \leq G_i^{\max}, i = 1 \dots m \end{cases} \quad (4)$$

- по обеспечению безаварийного функционирования каждого котла, путем поддержания его технологических параметров в заданном технологическом режиме диапазоне существования [1, 2]:

$$\left[\overline{X_i \min} \right] \leq \left[\overline{X_i} \right] \leq \left[\overline{X_i \max} \right]; \quad (5)$$

где $\left[\overline{X_i} \right]$ – вектор технологических параметров i -го котла, $\left[\overline{X_i \min} \right]; \left[\overline{X_i \max} \right]$ – вектора верхних и нижних пределов существования технологических параметров.

Очевидно, что обеспечение выдвинутых критериев возможно, лишь при условии синтеза и внедрения в промышленное использование системы автоматического управления производством и распределением теплоты в системе теплоснабжения шахты. Данная система должна выполнять следующие функции [4, 5]:



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы системы автоматического управления производством теплоты

приведенная на рисунке 3.

В состав системы входят следующие компоненты: ТД - технологические датчики); БС - блок согласования технологических датчиков с регулятором; ТРМ - универсальный ПИД-регулятор шестнадцатиканальный ТРМ-148-р; В - входные элементы; ВЧ - вычислители; ПР - программные регуляторы; ВД - выходные элементы; БР - блок развязки дискретных

- прогнозировать тепловой спрос абонентов в заданной временной перспективе в соответствии с температурой окружающей среды, графиком работы предприятия и теплотехническими показателями шахтных потребителей. Вырабатывать текущее задание по производительности группы источников теплоты;

- в соответствии с заданием определять рациональный состав котлов НТКС и производительность каждого по критерию (2) с учетом наложенных ограничений (3-4). Вырабатывать текущее задание по производительности каждого котла;

- регулировать производительность каждого котла НТКС согласно полученного задания;

- определять наиболее рациональный способ достижения и поддержания требуемого задания в соответствии с текущими значениями технологических параметров топки.

Обобщенный алгоритм, реализующий вышеперечисленные функции системы представлен на рис.2. как видим, он включает в себя несколько основных подпрограмм:

- 1) Подпрограмму расчета рационального состава и производительности каждого котла НТКС на основании выражений (1)-(5);

- 2) Подпрограмму регулирования производительности каждого котла в соответствии с полученным заданием $Q_{к.а.}$;

- 3) Подпрограмму распределения теплоты между потребителями с учетом их удаленности от источников теплоты, категоричности, теплоаккумулирующей способности и др.

Для практической реализации системы автоматического управления котлоагрегатом с НТКС предложена структурная схему,

элементов - модуль дискретного вывода; USB-RS - преобразователь USB-RS485; ВБП - встроенный блок питания. ПИД-регулятор восьмиканальный TPM-148-р [6] предназначен для измерения и автоматического регулирования температуры, а также других физических параметров, значения которых первичными преобразователями (датчиками) может быть преобразовано в напряжение постоянного тока или унифицированный электрический сигнал. Информация о любом из измеренных физических параметров может отображаться в цифровом виде на встроенном индикаторе.

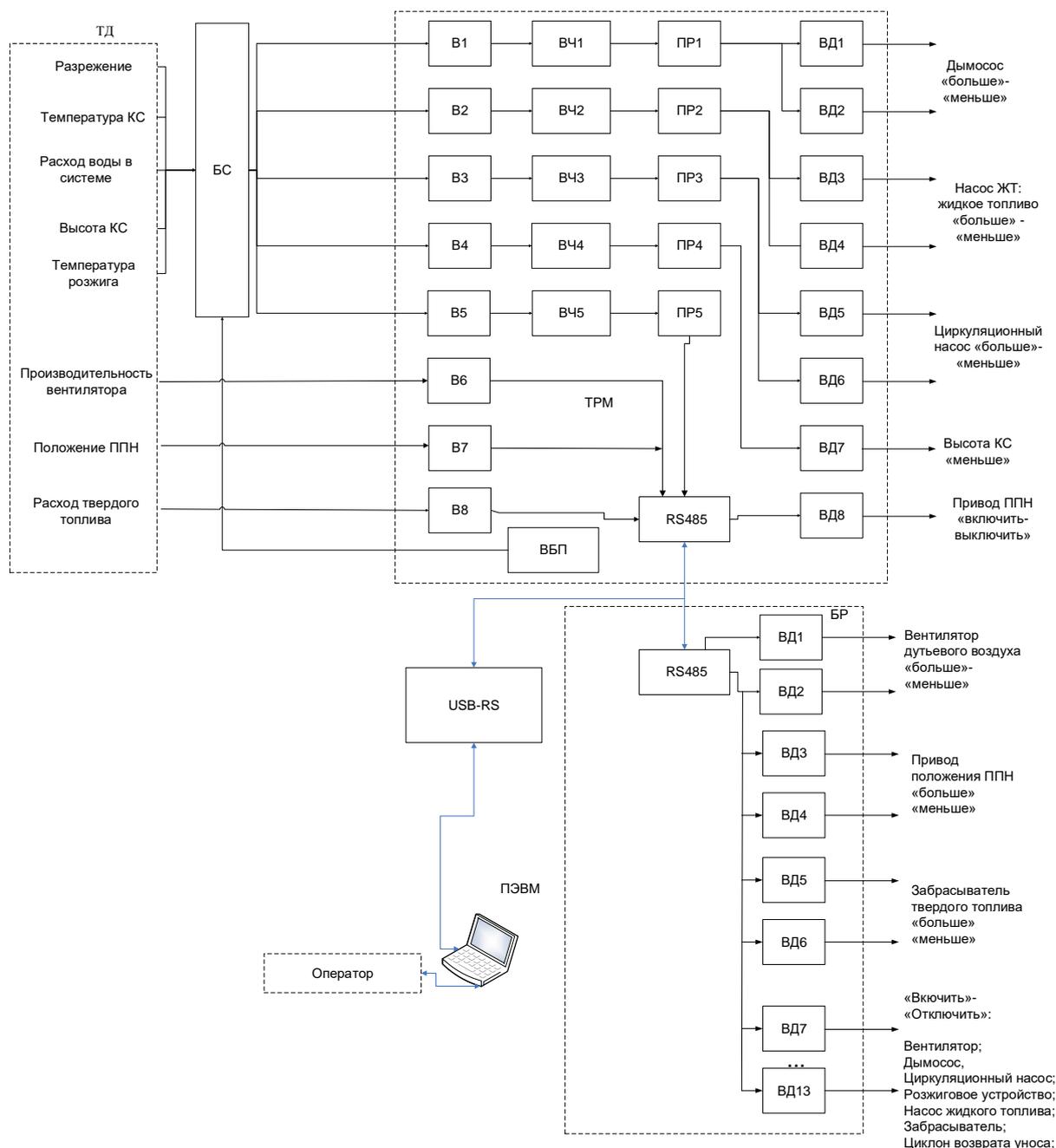


Рисунок 3 – Структурная схема системы автоматизации котлоагрегата НТКС

Основные функции прибора:

- измерение физических параметров объекта, контролируемых входными первичными преобразователями;
- цифровая фильтрация измеренных параметров от промышленных импульсных помех;
- коррекция измеренных параметров для устранения погрешностей первичных преобразователей;
- вычисления значений параметров объекта по заданной формуле;

- отображение результатов измерений или вычислений на встроенном светодиодном четырехразрядный цифровом индикаторе;
- регулирования физической величины по ПИД-закону или двухпозиционному закону;
- реализацию коррекции регулируемой физической величины в соответствии с графиками изменения задаваемых в зависимости как от внешних параметров, так и/или от времени;
- регистрация измеренной или вычисленной физической величины;
- формирование аварийного сигнала при обнаружении неисправности первичных преобразователей с отображением его причины на цифровом индикаторе;
- формирование аварийного сигнала при выходе регулируемой величины за допустимые пределы;
- формирование аварийного сигнала при обнаружении неисправности исполнительного механизма;
- отображение заданных параметров регулирования на встроенном светодиодном цифровом индикаторе;
- передачу в сеть RS_485 текущих значений измеренных или вычисленных величин, а также выходного сигнала регулятора и параметров состояния объекта.

Прибор ТРМ148 спроектирован и реализован с возможностью настройки параметров своего функционирования и сохранения рабочей информации:

- изменение значений программируемых параметров прибора с помощью встроенной клавиатуры управления;
- изменение значений параметров с помощью компьютерной программы конфигуратора при связи с компьютером по RS-485;
- формирование команды ручного управления исполнительными механизмами и устройствами с клавиатуры прибора;
- сохранение заданных программируемых параметров в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания прибора

Таким образом, в данной статье была рассмотрена группа котлоагрегатов НТКС как объект автоматизации. Были предложены критерии их рациональной работы исходя и функции цели – получения максимального средневзвешенного КПД котельной с наложенными технологическими ограничениями. Разработаны требования к системе автоматического управления котлами, а также представлены алгоритм работы системы автоматизации и ее структурная схема.

Перечень ссылок

1. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 528 с.: ил.
2. Вискин Ж.В. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов / Ж.В. Вискин и др. – Донецк: «Новый мир», 1997. – 284 с.
3. Шалагинова З.И. Задачи и методы расчета температурных графиков отпуска тепла на основе теплогидравлического моделирования систем теплоснабжения// Теплоэнергетика. – 2004. - №7. – с.41-49.
4. Ткаченко А.Е. Обоснование критерия управления рациональным режимом работы группы котлоагрегатов низкотемпературного кипящего слоя. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции 2015 г., № 7, часть 3 (18-3). – Воронеж, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», С.58-61
5. Ткаченко, А.Е. Разработка требований к системе управления комплексом теплоснабжения шахты с топками кипящего слоя / А.Е. Ткаченко // Международная молодежная научная конференция «Севергеоэкотех-2007», Ч. I.: Материалы конференции. 23-25 марта 2005 г. – Ухта: УГТУ, 2005. –с.62-67
6. Регуляторы ТРМ. Каталог продукции. – М.: ОВЕН, 2005.