

Ж. А. Мусабекова

Алматинский университет энергетики и связи,
г. Алматы, Казахстан

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Выполнены исследования технологического процесса барабанного парогенератора как объекта управления. Описывается компьютерное моделирование переходных процессов контррегулируемого "топливо - расход или давление пара" барабанного парогенератора. Приводятся технологические параметры котла, интегрированного частотно-импульсного регулятора и исполнительного механизма.

Ключевые слова: паровой котел, барабанный парогенератор, давление пара, экранные трубы, теплоэнергетика, ТЭЦ, компьютерное моделирование, информационные технологии.



Мақалада барабанды бу генераторының технологиялық үрдісін зерттеу сұрақтары қарастырылады. Бу қазандығының технолоиялық үрдісі толығымен сипатталған. "Жанармай шығыны және бу қысымы", интегралданған жиілікті-импульсті басқарушы қарастырылады. Сонымен қатар ғылыми-техникалық әдебиеттердің бірқатары мысалға келтіріледі.

Түйінді сөздер: бу қазандығы, барабанды бугенераторы, бу қысымы, экранды құбыр.



In the real article the questions of research of technological process of drum parogenerator and presentation of him are examined as a management object. The technological parameters of caldron are described. Described contraregulation "fuel-expense or pressure of steam", integrated pulse-frequency regulator and executive mechanism. Except it short presentation of review of scientific and technical literature is on the design of transients of foregoing contraregulation.

Key words: steam boiler, steam drum, vapor pressure, furnace tubes.

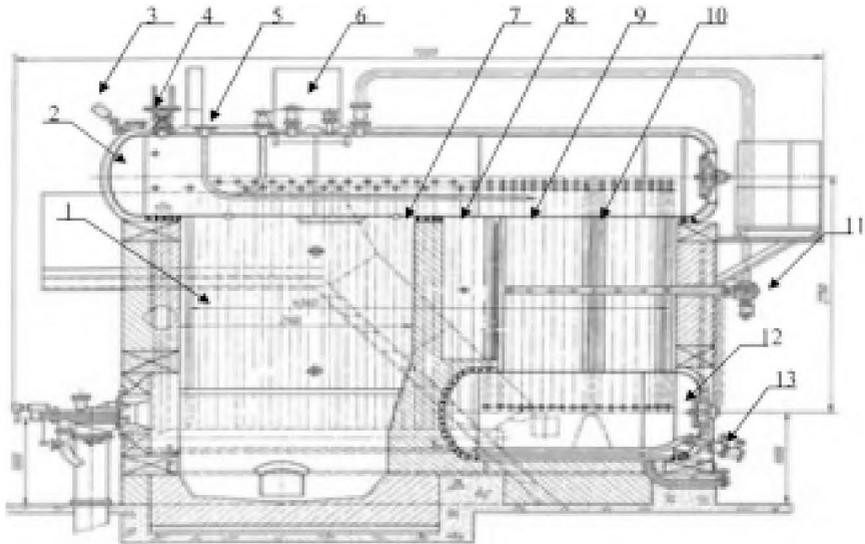
Введение. Бурное развитие компьютерной техники способствовало распространению информационных систем, базирующихся на использовании микропроцессорной и вычислительной техники, а также средств коммуникаций, которые являются основными техническими средствами хранения, обработки и передачи информации [1]. Такие информационные системы называют автоматизированными и основаны они на использовании специальных средств и методов преобразования информации, т.е. автоматизированных информационных технологий.

По уровню информатизации теплоэнергетика занимает одно из значительных мест среди других отраслей промышленности в Республике Казахстан. Теплоэнергетика, отличающаяся широкой механизацией технологических процессов, высокими параметрами рабочей среды, требованиями к точности их регулирования, а также наличием собственного источника энергии, является той областью науки и техники, где постоянно находят применение методы теории и средства автоматического управления. Теплоэнергетические установки характеризуются непрерывностью и дискретностью протекающих в них процессов. При этом выработка тепловой и электрической энергии в любой момент времени должна соответствовать их потреблению. Почти все операции на теплоэнергетических установках механизированы, а переходные процессы в них развиваются сравнительно медленно или быстро [2]. Этим и объясняется достаточное развитие автоматизации в тепловой энергетике с применением информационных технологий. Но тем не менее проблема информатизации процесса управления теплоэнергетическими установками электрических станций становится все более актуальной. Исследование этой проблемы проводилось по теме "Автоматизированные информационные системы подготовки пара", в которой рассматриваются вопросы компьютерного моделирования переходных процессов контррегулирования "топливо - расход или давление пара" барабанного парогенератора.

Краткое описание котла для подготовки пара

В котельной вырабатывается пар, отпускаемый для выработки горячей воды и отопления цехов. Система теплоснабже-

ния закрытая. Топливом для котельной служит газ теплотой сгорания $Q_n = 8485$ ккал/м³.



Котел марки ДКВР: 1 – экранные трубы; 2 – верхний барабан; 3 – манометр; 4 – предохранительные клапаны; 5 – трубы питательной воды; 6 – сепаратор пара; 7 – предохранительная пробка; 8 – камера догорания; 9 – перегородки; 10 – конвективные трубки; 11 – обдувочное устройство; 12 – нижний барабан; 13 – продувочный трубопровод

Котельная оборудована двумя котлами ДКВР-20/13 без па-
роперегревателей. Производительность котла в соответствии с
расчетными данными 28 т/ч, давление пара 13 кгс/см². Макси-
мальное количество тепла, выдаваемого котельной в виде горя-
чей воды, составляет 100 % . Возврат конденсата 10 % .

Автоматизация работы парового котла

Регулирование питания котельных агрегатов и регулиро-
вание давления в барабане котла главным образом сводится к
поддержанию материального баланса между отводом пара и по-
дачей воды. Параметром, характеризующим баланс, является уро-

Технологические параметры

| Параметр | Единица измерения | Min | Норма | Max |
|---|-------------------|--------|--------|--------|
| Производительность | т/ч | 19,5 | 20,0 | 20,5 |
| Температура перегретого пара | С | 180 | 195 | 210 |
| Давление в барабане котла | МПа | 1,20 | 1,30 | 1,40 |
| Температура питательной воды после экономайзера | С | 140 | 150 | 175 |
| Содержание кислорода в отходящих газах | % | 1,33 | 1,40 | 1,47 |
| Температура отходящих газов | С | 180,5 | 190,0 | 199,5 |
| Давление газа перед горелками | МПа | 0,0475 | 0,0500 | 0,0525 |
| Разрежение в топке | мм.вод.ст. | 4,75 | 5,00 | 5,25 |
| Уровень в барабане относительно его оси | мм | -100 | 0 | +100 |

вень воды в барабане котла. Надежность работы котельного агрегата во многом определяется качеством регулирования уровня. При повышении давления снижение уровня ниже допустимых пределов может привести к нарушению циркуляции в экранных трубах. Как следствие, произойдет повышение температуры стенок обогреваемых труб и их пережог.

Повышение уровня также ведет к аварийным последствиям, так как возможен заброс воды в пароперегреватель, что вызовет выход его из строя. В связи с этим к точности поддержания заданного уровня предъявляются очень высокие требования. Качество регулирования питания также определяется равенством подачи питательной воды. Необходимо обеспечить равномерное питание котла водой, так как частые и глубокие изменения расхода питательной воды могут вызвать значительные температурные напряжения в металле экономайзера.

Барабанам котла с естественной циркуляцией присуща значительная аккумулирующая способность, которая проявляется в переходных режимах. Если в стационарном режиме положение уровня воды в барабане котла определяется состоянием материального баланса, то в переходных режимах на положение уровня влияет большое количество возмущений. Основными из них являются:

- изменение расхода питательной воды,
- изменение паросъема котла при изменении нагрузки потребителя,
- изменение паропроизводительности при изменении нагрузки топки,
- изменение температуры питательной воды.

С учетом этого автоматизация работы парового котла должна осуществляться по поддержанию:

- постоянного давления пара;
- постоянного уровня воды в котле;
- соотношения "газ - воздух";
- разрежения в топочной камере.

Методы исследования. Представлены результаты исследования технологического процесса барабанного парогенератора и описание его как объекта управления. Дано обоснование выбора структуры системы управления и их элементов. Описывается контррегулирование "топливо - расход или давления пара", интегрированного частотно-импульсного регулятора и исполнительного механизма. Использовалось математическое моделирование – формализованное описание системы с помощью математических соотношений или алгоритмов. С учетом временного и пространственного признаков, все многообразие объектов управления можно разделить на следующие классы:

- статические или динамические;
- линейные и нелинейные;
- непрерывные или дискретные во времени;
- стационарные или нестационарные во времени;
- процессы без пространственного изменения параметров [3].

В данном случае использовалась динамическая модель, которая отражает изменение состояния объекта во времени. Математическое описание таких моделей обязательно включает производную во времени. Динамические модели используют дифференциальные уравнения [4].

Парогенератор как объект регулирования давления и тепловой нагрузки может быть представлен в виде последователь-

ного соединения более простых участков, разграниченных конструктивно:

- топочной камеры;
- испарительной или парообразующей части, состоящей из поверхностей нагрева, расположенных в топочной камере;
- барабана и пароперегревателя.

Рассмотрим динамику испарительного участка, в котором вода нагревается до температуры кипения и происходит процесс парообразования. Изменение тепловыделения Q_T приводит к изменению паропроизводительности D_6 и давления пара в барабане p_6 . Если прирост расхода топлива и тепловыделения идет целиком на нагрев пароводяной смеси и металла парообразующей части, то скорость изменения давления p_6 будет прямо пропорциональна теплу, затраченному на нагрев пароводяной смеси, или разности между воспринятым и ушедшим с паром количеством тепла:

$$\frac{A dp_6}{dt} = Q_T - D_6(i_H - i_{н.с}) \quad (1)$$

где A – размерный коэффициент, характеризующий тепловую аккумулялирующую способность пароводяной смеси и металла испарительной части;

i_H – энтальпия насыщенного пара на выходе из барабана;

$i_{н.с}$ – энтальпия питательной воды [5].

Интегрирование частотно-импульсного регулятора (ИЧИР).

Появление импульса в очередной момент времени t_{n+1} определяется уравнениями ИЧИР вида:

$$y(t_{n+1}-0) = W[x(\tau)/t_n-0 < \tau < t_{n+1}-0] = \lambda_n * \Delta \quad (2)$$

$$\lambda_n = \text{sign} W[x(\tau)/t_n-0 < \tau < t_{n+1}-0] \quad (3)$$

где W – оператор фильтра Φ ;

Δ – порог импульсного устройства.

Сам оператор W , входящий в (2) и (3), может быть как линейным, так и нелинейным [6].

Оператор фильтра: $W_u(p) = \frac{t_{\text{об}}}{p}$ (4)

В качестве метода расчета следует применить один из инженерных методов расчета.

Параметры объекта

| Коб | Тоб | τоб | Тип объекта |
|-----|-----|-----|--------------|
| 0,5 | 5 | 1 | Интегральный |

$\tau/T=1/5$

$$k_y = \frac{0.244(\tau_{об} / T_{об} + 0.4)}{k_o[\tau_{об} / T_{об} - 0.07]}$$

$$T_i = 0.5 \times T_{об}$$

$K = 2,25$ – коэффициент пропорциональности;

$T_i^p = 0.5 \cdot 5 = 2,5$ с – постоянная времени интегрирования;

$T_i^m = 1/S_{им} = 1/0,3 = 3,33$ с;

$t_{имп} = T_m / T_i = 3,33 / 2,5 = 1,33$ с = $t_{пауз}$

Обобщенный алгоритм решения задачи

Исследование переходного процесса системы регулирования "топливо - расход или давление пара" состоит из следующих основных этапов:

– Формирование математической модели объекта управления (2), регулятора (3).

– Разработка математической модели разомкнутой системы регулирования.

– Разработка математической модели замкнутой системы регулирования.

– Исследование переходного процесса на базе динамической модели.

Выводы

В настоящее время во всех отраслях промышленности применяют принципы новых информационных технологий. В теп-

лоэнергетике информатизация и автоматизация необходимы при применении теплотехнических процессов, удаленности технологических агрегатов от пульта управления и при сложных, непрерывных технологических схемах получения электроэнергии. Изученный процесс получения пара (паровой котел ДКВР), системно представлен объектом, регулятором и САР с учетом необходимости математических описаний контррегулирования "топлива - расхода или давление пара" и исследование их адекватности. Применена методика компьютерного моделирования, которую в дальнейшем планируется испытать и применить на ТЭЦ-1 г. Алматы.

Литература

1 Теплотехника: под общ. ред. А.П. Баскакова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 412 с.

2 Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. Кн. 4 – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 548 с.

3 *Ибраева Л. К., Хисаров Б. Д.* Моделирование и идентификация объектов управления. – Алматы, 2009. – 15 с.

4 *Плетнев Г. П.* Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок электрических станций. – М.: "Энергия", 1976. - 261 с.

5 *Асаубаев К. Ш., Куандыков А. А., Имангалиев Ш. И.* Интеллектуальная система управления непрерывными технологическими процессами. – Алматы: "Ғылым", 1995. – 25 с.

6 *Зах Р. Г.* Котельные установки. – М.: Энергия, 1968. – 385 с.