

Автор ер.

К 90

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В. Ломоносова

Аспирант Г.Т. Кулаков

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА КОТЛОАГРЕГАТА В ШИРОКОМ
ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗОК

(специальность 198 "Автоматизация производственных процессов")

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса 1968

сн

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В. Ломоносова

Аспирант Г.Т. Кулаков

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА КОТЛОАГРЕГАТА В ШИРОКОМ
ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗОК

(специальность 198 "Автоматизация производственных процессов")

~~Принят 1985~~

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

V.001472

Одесский технологический
институт
им. М. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

Одесса 1968

Работа выполнена в Белорусском филиале энергетического института имени Г.М.Кржижановского (г.Минск).

Научный руководитель
Кандидат технических наук, доцент Г.И. Хутский

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор И.И. Кринецкий.
2. Кандидат технических наук, доцент В.Н. Станишевский.

Ведущее предприятие - Главное управление энергетики и электрификации при СМ БССР (служба автоматики и вычислительной техники).

Автореферат разослан "14" мая 1968 года.

Защита диссертации состоится "21" мая 1968 года на заседании Совета по присуждению ученых степеней при Одесском технологическом институте имени М.В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас принять участие в обсуждении диссертации на защите или прислать отзыв (в двух экземплярах) по адресу: г. Одесса, ГСП-7, ул.Свердлова, 112, Одесский технологический институт им. М.В.Ломоносова, ученому секретарю Совета.

О дне, времени и месте защиты за 10 дней будет объявлено в газете.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
Л.А. Запорожец

В В Е Д Е Н И Е

Современный этап развития тепловых энергетических систем характеризуется непрерывным наращиванием единичной мощности энергетических блоков и повышением параметров пара. Для целей регулирования в объединенных энергосистемах начинают привлекаться крупные агрегаты. Работа блоков в переменных режимах требует повышения эксплуатационной надежности и экономичности работы оборудования. Важную роль в деле выполнения этой задачи играет автоматическое регулирование температуры перегретого пара.

Вопросам регулирования температуры перегретого пара посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных авторов. Однако большинство исследований проведено для систем регулирования температуры пара котлов, работающих в базовом режиме. Вместе с тем известно, что динамические свойства пароперегревателей имеют ярко выраженную зависимость от паровой нагрузки котельного агрегата. Параметры динамической настройки системы регулирования температуры перегретого пара имеют обычно фиксированные значения, обеспечивающие качественное регулирование только для одной из нагрузок котла, по динамическим характеристикам которой они рассчитывались. В связи с работой котельных агрегатов в переменных режимах актуальным становится создание системы регулирования, обеспечивающей оптимальное качество регулирования во всем диапазоне изменения нагрузок блока. Настоящая диссертация посвящена исследованию системы автоматического регулирования температуры перегретого пара котельных агрегатов, работающих в широком диапазоне нагрузок.

В главе I приведены результаты исследований динамических характеристик пароперегревателей различных котельных агрегатов в зависимости от паровой нагрузки и методика расчета характерных параметров пароперегревателя для любой нагрузки котла по данным расчетной нагрузки.

Глава II посвящена выбору критерия качества регулирования

температуры перегретого пара.

В главе III на основании выбранного критерия качества работы системы регулирования температуры перегретого пара разработана методика расчета ее оптимальной динамической настройки.

В главе IV приведены результаты исследования системы регулирования температуры перегретого пара в широком диапазоне изменения нагрузок котельного агрегата.

Глава V посвящена описанию систем регулирования температуры перегретого пара с корректирующими устройствами, прошедшим промышленные испытания. Работу завершают общие выводы.

**1. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И РАЗРАБОТКА
МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК В ШИРОКОМ
ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗОК**

В настоящей главе описана предлагаемая автором методика расчета характерных параметров пароперегревателей при нагрузках, отличных от проектно-расчетных.

Как известно, для получения разгонных характеристик по температуре пара на выходе из участка в относительных единицах при различных видах возмущений необходимо рассчитать значения следующих характерных параметров:

$$K = \frac{\alpha_2^* F_{вн}}{D \cdot c_p}, \quad (1)$$

$$T = 3600 \frac{c_m G_m}{\alpha_2^* F_{вн}} \quad \text{сек.} \quad (2)$$

$$t = \frac{l}{w} \quad \text{сек.} \quad (3)$$

- Здесь α_2^* - условный коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, учитывающий термическое сопротивление стенки, ккал/м²·час·°С;
- $F_{вн}$ - внутренняя поверхность змеевиков пакета, омываемая паром, м²;
- D - расход пара через пакет при нагрузке, для которой определяются разгонные характеристики, кг/час;
- c_p - усредненная теплоемкость пара, проходящего через пакет, ккал/кг·°С;
- G_m - вес металла змеевиков пакета на рассматриваемом участке, кг;
- c_m - теплоемкость металла, ккал/кг·°С;
- l - длина пути пара от входа до выхода обогреваемой поверхности нагрева, м;
- w - средняя скорость пара, м/сек;
- t - время прохода пара через пакет, сек.

Коэффициенты, входящие в три характерных параметра, берутся на основании данных тепловых расчетов и конструктивных размеров пароперегревателей. Однако проектный тепловой расчет на-

роперегревателя выполняется обычно только для одной, реже для двух нагрузок котла. В связи с этим при расчете динамических характеристик пароперегревателей во всем диапазоне изменения нагрузок обычными методами необходимо произвести тепловой расчет парогенератора для нескольких уровней нагрузок, что требует больших затрат труда и времени. Чтобы избежать этого, разработана методика, позволяющая определить динамические свойства пароперегревателя для любой нагрузки котла по характерным параметрам одной нагрузки и найти закон изменения динамических характеристик объекта в зависимости от нагрузки котла.

На основе уравнений (1), (2) и (3) в диссертации получены аналитические зависимости относительных величин K/K_0 , T/T_0 и t/t_0 в функции относительной нагрузки котла D/D_0 . Здесь и ниже с индексом "0" обозначены параметры при максимальном расходе пара D_0 . Зависимость $\frac{K}{K_0} = f\left(\frac{D}{D_0}\right)$ имеет вид

$$\frac{K}{K_0} = \frac{(1+C)(D_0/D)}{C + (D_0/D)^{0,8}}, \quad (4)$$

где

$$C = \frac{0,2 d_{вн} d_{20} \rho_n d_n}{\lambda_m d_{вн}}. \quad (5)$$

Здесь d_{20} - истинный коэффициент теплоотдачи от стенки к пару при максимальной нагрузке котла, ккал/м² час °С;

$d_{вн}$ - внутренний диаметр трубки пароперегревателя, м;

d_n - наружный диаметр трубки, м;

λ_m - коэффициент теплопроводности металла, ккал/м час °С.

С помощью коэффициента C учитывается термическое сопротивление стенки. Для пароперегревателей, термическим сопротивлением стенок которых можно пренебречь ($C = 0$), из уравнения (4) получается:

$$K/K_0 = \left(\frac{D_0}{D}\right)^{0,2}. \quad (6)$$

Зависимость относительного параметра T/T_0 от относительной нагрузки D/D_0 определяется уравнением

$$\frac{T}{T_0} = \frac{C + (D_0/D)^{0,8}}{1 + C}. \quad (7)$$

Без учета термического сопротивления стенки пароперегревателя имеем:

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{D_0}{D} \right)^{0,8} \quad (8)$$

Зависимость относительного времени прохода пара через пакет $\frac{t}{t_0}$ от относительной нагрузки котла $\frac{D}{D_0}$ выражается уравнением

$$\frac{t}{t_0} = \frac{D_0}{D} \cdot \frac{(\varepsilon - 1) [1 + 6(D/D_0)^2]}{\varepsilon(1 + 6) - [1 + 6(D/D_0)^2]}, \quad (9)$$

где

$$\varepsilon = \frac{P_0 - P_m}{P_m},$$

$$\varepsilon = \frac{(0,00474\theta_0 + 1,283)(0,9\theta_0 - 110)}{P_0}.$$

Здесь θ_0 - средняя температура пара в пакете пароперегревателя, град;

P_0 - среднее давление перегретого пара в пароперегревателе, ата;

P_m - давление перегретого пара перед турбиной, ата.

Для получения разгонных характеристик пароперегревателей в абсолютных значениях отклонений температуры пара необходимо определить коэффициенты усиления пароперегревательного участка. Для расчета параметров оптимальной настройки системы автоматического регулирования (САР) температуры перегретого пара обычно необходимо располагать динамическими характеристиками объекта по каналу регулирующего воздействия. В связи с этим в работе получены также аналитические зависимости относительных коэффициентов усиления опережающего и инерционного участков пароперегревателя в функции относительной нагрузки котла.

Относительный коэффициент усиления опережающего участка в функции относительной нагрузки $\frac{K_{оп}}{K_{оп0}}$ определяется из уравнения

$$\frac{K_{оп}}{K_{оп0}} = \frac{(D_0/D)(Z - 0,73) - 0,27}{Z - 1}, \quad (10)$$

где

$$Z = \frac{L_{10}}{L_{6пр0}}.$$

Здесь l_{10} — энтальпия перегретого пара перед пакетом за местом впрыска, ккал/кг;

$l_{впр0}$ — энтальпия впрыскиваемой воды, ккал/кг.

Зависимость относительного коэффициента усиления инерционного участка пароперегревателя $\frac{K_{ин}}{K_{ин0}}$ от относительной нагрузки имеет вид

$$\frac{K_{ин}}{K_{ин0}} = \exp(-BL), \quad (II)$$

где

$$B = \frac{K_0 \bar{m}_0}{1 + \bar{m}_0};$$

$$L = 1 - \frac{(1 + \bar{m}_0) (D_0/D)^{0,36}}{1 + \bar{m}_0 \left[\frac{C + (D_0/D)^{0,8}}{1 + C} \right] \left(\frac{D}{D_0} \right)^{0,36}};$$

$$\bar{m}_0 = \frac{\alpha_{10} \cdot F_H}{\alpha_{20} \cdot F_{вн}} (1 + C).$$

Здесь α_{10} — коэффициент теплоотдачи от греющей среды к стенке, ккал/м²час⁰С;

F_H — наружная поверхность пароперегревателя, м².

По полученным аналитическим зависимостям (4), (7), (9), (10) и (II) построены номограммы.

Исследование динамики пароперегревателей при переменных режимах можно проводить при наличии динамических характеристик объектов для номинальной нагрузки парогенераторов. В связи с этим в данной главе работы собрано и обработано большое количество расчетов пароперегревателей отечественных котельных агрегатов. Всего рассмотрено 43 пароперегревательных участка различных парогенераторов, охватывающих диапазон паропроизводительностей от 50 до 2500 т/час при давлениях первичного пара от 40 до 320 ата и температурах от 450 до 655⁰С. Установлено, что для отечественных пароперегревателей значения безразмерного параметра K лежат в пределах 1,0 + 15, величины T в пределах от 1,0 до 40 сек, значения характерного параметра t_0 — в диапазоне 0,3 + 6,25 сек. Условное запаздывание кривой разгона пароперегревателей составляет 0 + 110 сек, время разгона —

16,2 ± 300 сек, отношение запаздывания ко времени разгона — 0 ± 0,5.

Для определения регулировочной способности пароперегревателей в работе приведена обобщенная зависимость $\tau / T_a = f(K)$, полученная при обработке данных расчетов характерных параметров пароперегревателей.

На основе предложенной методики проведено исследование влияния нагрузки котлоагрегата на динамические свойства пароперегревателей. Проведенные расчеты показали, что для большинства пароперегревателей значение коэффициента C (5) лежит в пределах от 0 до 0,3. При этих условиях величина характерного параметра K в диапазоне изменения нагрузок котлоагрегата от 100 до 30% изменяется на 27 ± 45%, а величина T изменяется более существенно: в 2,25 ± 2,61 раза. Относительное время прохождения пара через участок увеличивается в 3 раза. Несмотря на то, что увеличение параметра K при снижении нагрузки котла невелико, оно оказывает существенное влияние на динамические свойства пароперегревателя. Например, при изменении D / D_0 от 1,0 до 0,3 для пароперегревателей, имеющих значение $K_0 = 9,0$, относительная величина времени разгона T_a / T_{a0} увеличивается в 3,4 раза, относительное запаздывание τ / τ_0 — в 4,6 раза.

Подробное исследование динамических характеристик пароперегревателя для основных возмущений при переменных нагрузках выполнено применительно к котлу 67-2 СП (Л.1). Частотные характеристики объекта регулирования рассчитывались на электронной цифровой вычислительной машине. Расчетные характеристики для одной из нагрузок котла сравнивались с экспериментальными. Рассогласование опытных данных с теоретическими расчетами не превышает 10%. Результаты исследования показали, что регулируемый объект по разному реагирует на основные возмущения. Вместе с тем при всех возмущениях при глубоком снижении нагрузки динамические характеристики пароперегревателя существенно ухудшаются.

В настоящей главе проведено также исследование влияния режима переменного давления перегретого пара перед турбиной на динамические свойства пароперегревателя, как объекта регулиро-

вания температуры пара, в сравнении с характеристиками, полученными при работе блока в режиме постоянного давления перегретого пара. Установлено, что уменьшение давления перегретого пара перед турбиной с понижением нагрузки котельного агрегата при возмущении по температуре пара на входе в участок ухудшает динамические характеристики объекта по сравнению со случаем постоянного давления перегретого пара перед турбиной.

В приложении к данной главе приведено сопоставление результатов расчета динамических характеристик пароперегревателя котла Пп-1600/250 по предложенной автором методике и по методу МО ЦКТИ. Рассогласование в значениях трех характерных параметров K , T и t не превышает 5%. Величины запаздывания и времени разгона, определенные по обобщенной зависимости, отличаются от величин, полученных обычным путем, на 10%.

II. ВЫБОР КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

В настоящей главе проведен анализ работ, в которых изучалось влияние периодических колебаний температуры пара на основные характеристики сталей. Исследования показали, что колебания температуры при всех напряжениях, амплитудах и периодах вызывают увеличение скорости ползучести, снижают предел длительной прочности сталей по сравнению с характеристиками, полученными в условиях постоянной средней температуры.

В работе получены уравнения, позволяющие определять максимальные температурные напряжения, возникающие в металле при периодических колебаниях температуры пара по простому гармоническому закону. Показано, что снижения температурных напряжений, возникающих в металле, возможно достигнуть за счет уменьшения амплитуды колебаний температуры перегретого пара.

На основе известных работ Ларсона-Миллера, Профоса автором проведено исследование влияния качества регулирования температуры перегретого пара на срок службы металла пароперегревателя. Получено аналитическое уравнение, связывающее относительный срок службы металла пароперегревателя $\frac{T}{T_0}$ с величиной среднеквадратичного отклонения температуры ξ :

$$\frac{\bar{\tau}_1}{\bar{\tau}_0} = \frac{\sqrt{2\pi}}{\int_{-\infty}^{+\infty} \exp \left[\frac{2,303 (\bar{C} + \lg \bar{\tau}_0)}{\frac{T_0}{\varepsilon x} + 1} - \frac{x^2}{2} \right] dx} \quad (12)$$

Здесь T_0 — абсолютная температура металла, $^{\circ}\text{K}$;

$\bar{\tau}_1$ — число часов работы металла до разрыва, час;

$\bar{\tau}_0$ — проектный срок службы металла пароперегревателя, равный 100000 часов;

x — переменная интегрирования;

\bar{C} — константа, определяемая свойствами металла.

Зависимость $\frac{\bar{\tau}_1}{\bar{\tau}_0} = f(\varepsilon)$ для сталей перлитного ($\bar{C} = 24$) и аустенитного ($\bar{C} = 16$) классов рассчитывалась на ЭЦВМ методом Симпсона для двух значений номинальных температур металла $T_0 = 803^{\circ}\text{K}$ (температура перегретого пара 500°C) и $T_0 = 873^{\circ}\text{K}$ (температура пара 570°C). Полученная зависимость показывает, что величина среднеквадратичного отклонения температуры оказывает существенное влияние на долговечность металла пароперегревателя. Например, уменьшение ε для сталей перлитного класса с 5 до 4°C увеличивает срок службы металла на 3000 часов.

Исходя из условия долговечности работы металла, для оценки качества переходных процессов системы регулирования температуры перегретого пара выбрана совокупность двух критериев: квадратичная интегральная оценка $J = \int_0^{\infty} x^2 dt$ ($x \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$) и заданная степень затухания $\psi = \text{const}$.

III. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА С ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ПО НАГРУЗКЕ

Предметом анализа данной работы является САР температуры пара с опережающим скоростным сигналом. При этом к обычной системе регулирования параллельно надстраивается дополнительный контур адаптации, корректирующее устройство которого осуществляет автоматическую подстройку параметров динамической на-

стройки регулятора температуры в зависимости от нагрузки парогенератора. Система регулирования имеет четыре изменяемых параметра настройки: коэффициент усиления K_p и время издромы T_i собственно регулятора, коэффициент усиления K_d и постоянную времени T_d дифференциатора. Расчет настройки обычной системы сводится к определению таких значений четырех параметров K_p , T_i , K_d и T_d , которые обеспечивают оптимум выбранного критерия качества. Для получения оптимального качества поддержания температуры парогенератора, работающего в широком диапазоне изменения нагрузок, необходимо найти алгоритм изменения параметров настройки САР с устройством коррекции в функции нагрузки.

Исходя из выбранного критерия качества регулирования, обеспечивающего наибольшую долговечность металла на основе синтеза существующих методов, предложенных Дудниковым Е.Г., Ротачем В.Я., Цирлиным А.М. и Александровой Н.Д., автором разработана методика расчета параметров оптимальной настройки САР температуры перегретого пара. Исходными данными для определения параметров настройки системы регулирования служат величины a_1 и a_2 , представляющие собой коэффициенты соответственно при членах с p и p^2 в знаменателе передаточной функции объекта, которая представлена в виде отношения коэффициента усиления, деленного на полином от p .

Двухконтурная система регулирования при малой инерционности внутреннего контура для расчета параметров настройки САР преобразуется обычно в две эквивалентные одноконтурные системы.

В диссертации получены аналитические формулы для расчета параметров оптимальной настройки S_0 и S_1 одноконтурной системы регулирования:

$$S_0 = (1+m^2) J_m^{-1}(m, \omega_p) \omega_p = (1+m^2) \omega_p^2 (a_1 - 2m\omega_p a_2); \quad (I3)$$

$$S_1 = m J_m^{-1}(m, \omega_p) - R\bar{e}^{-1}(m, \omega_p) = 2m\omega_p a_1 + \omega_p^2 a_2 (1-3m^2) - 1. \quad (I4)$$

Здесь $R\bar{e}^{-1}(m, \omega_p)$ и $J_m^{-1}(m, \omega_p)$ — вещественная и мнимая части расширенной инверсной характеристики объекта регулирования при рабочей частоте ω_p .

Рабочая частота при расчете САР для возмущений вида скачка определяется по формуле

$$\omega_p = \frac{0,413}{m} \cdot \frac{a_1}{a_2} \quad (15)$$

При этом степень колебательности выбирается в соответствии с заданной степенью затухания переходного процесса. Для возмущающего воздействия со спектральной плотностью вида $S_f(\omega) = b_0 \omega^2 + b_1 + \frac{b_2}{\omega^2}$ рабочая частота при степени затухания переходного процесса $\Psi = 0,75$ находится из уравнения

$$\omega_p = 1,873 \frac{a_1}{a_2} \left(1 + 0,075 \sqrt[3]{\bar{b}_0 + \bar{b}_1} \right) \quad (16)$$

Здесь
$$\bar{b}_0 = \frac{b_0}{b_2} \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^4 ; \quad \bar{b}_1 = \frac{b_1}{b_2} \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^2 .$$

При расчете настройки регулятора с учетом внешних возмущений рабочая частота определяется также по уравнению (16). При этом в (16) следует подставить коэффициенты \bar{b}_0'' и \bar{b}_1'' приведенной спектральной плотности, которая вычисляется с учетом спектральных плотностей внешних возмущающих воздействий и возмущений, идущих по основному каналу. Для пароперегревателей, передаточные функции которых при скачкообразном возмущении подводом тепла к участку или расходом пара через участок аппроксимируются аperiodическим звеном с постоянной времени T_λ , рабочая частота при расчете настройки САР определяется из условия

$$\omega_p = 1,873 \frac{a_1}{a_2} \left[1 + 0,075 \sqrt{\left(\frac{a_1}{T_\lambda} \right)^2} \right] \quad (17)$$

В настоящей главе получены аналитические зависимости относительных величин параметров динамической настройки регулятора температуры перегретого пара в функции относительной нагрузки котла. Расчеты показали, что из четырех параметров оптимальной настройки САР при глубоком снижении нагрузки котла наиболее значительно изменяются только два: коэффициент усиления регулятора и постоянная времени дифференциатора.

В приложении к данной главе приведены пример расчета параметров оптимальной настройки регулятора температуры при ос-

новных возмущениях и алгоритм изменения динамической настройки САР в зависимости от нагрузки для конкретного пароперегревателя.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗОК ПАРОГЕНЕРАТОРА

Исследование системы автоматического регулирования температуры перегретого пара при основных возмущениях в широком диапазоне изменения нагрузок котла проведено на аналоговой моделирующей установке МНБ-1, выход которой был подключен к электронному потенциометру ЭПП-09. Исследование переходных процессов системы регулирования температуры перегретого пара котла 67-3СП при внутренних возмущениях описано в (Л.2).

Результаты исследования САР температуры перегретого пара этого и других котельных агрегатов свидетельствуют о том, что фиксированная настройка системы не обеспечивает качественного регулирования в широком диапазоне нагрузок.

Исследование системы регулирования температуры пара при различных возмущениях и постоянной настройке регулятора показало, что САР, настроенная на оптимальную отработку внутренних возмущений, вполне удовлетворительно справляется с внешними воздействиями обогревом и расходом пара.

Для определения достаточного числа корректируемых параметров настройки системы проведено исследование влияния каждого из четырех параметров на характер переходного процесса при постоянной нагрузке. При этом на моделирующей установке исследовалась линейная модель САР. Проводилось также исследование системы, объект которой набирался на МНБ-1, а в качестве регулятора использовалась реальная регулирующая аппаратура: электронный блок регулятора РПИК-Т и дифференциатор ДД-Т. В результате проведенных исследований установлено, что из варьируемых параметров настройки системы регулирования температуры наиболее целесообразно при изменении нагрузки котла корректировать только два: коэффициент усиления регулятора и постоянную времени дифференциатора. Коррекция параметров динамической настройки САР в зависимости от паровой нагрузки котла

обеспечивает качественное регулирование температуры перегретого пара в широком диапазоне нагрузок котельного агрегата.

У. ОПИСАНИЕ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА С КОРРЕКТИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ, ПРОШЕДШИМИ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

В настоящей главе приведено описание двух вариантов устройств коррекции настройки САР в функции нагрузки котла. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара с электронным корректирующим устройством подробно описана в (Л. 3). Данный вариант корректирующего устройства выполнен на триггерах Шмидта, второй — представляет собой электро-механическое устройство. Корректирующие устройства получают сигнал по расходу перегретого пара и в зависимости от нагрузки котла осуществляют подключение к регулирующим приборам расчетных сопротивлений уставок параметров динамических настроек, соответствующих выбранным уровням нагрузок котлоагрегата. Конструктивно корректирующие устройства выполнены в виде отдельных блоков, размещенных в корпусе стандартного электронного регулятора системы ВТИ. Одно корректирующее устройство может одновременно изменять четыре параметра динамической настройки. С учетом того, что наиболее целесообразным является изменение "скорости связи" регулятора и постоянной времени дифференциатора, такое устройство может быть использовано для коррекции настройки регулятора температуры двух регулирующих устройств. Разработанные устройства коррекции параметров динамической настройки САР температуры перегретого пара прошли промышленные испытания на электростанциях Белорусской энергосистемы. Испытания показали, что коррекция настройки системы регулирования в зависимости от нагрузки котельного агрегата приводит к повышению качества регулирования температуры, повышает надежность и экономичность эксплуатации котельных агрегатов.

ВЫВОДЫ

1. В результате выполненной работы создана методика расчета характерных параметров пароперегревателя, позволяющая определить его динамические характеристики для любой нагрузки котельного агрегата по данным расчетного режима. На основе предложенной методики найдены закономерности изменения динамических характеристик пароперегревателей в функции нагрузки котельного агрегата.

2. Проведенные исследования показали, что динамические свойства пароперегревателя, как объекта регулирования температуры, при всех основных возмущениях значительно ухудшаются при глубоком снижении нагрузки.

3. Специальному анализу был подвергнут выбор критерия качества регулирования температуры перегретого пара. Исходя из условия долговечности работы металла пароперегревателя, в качестве критерия оптимума качества принято минимальное значение интеграла среднеквадратичного отклонения температуры пара при заданном значении степени затухания. Получены аналитические зависимости относительного срока службы металла от величины квадрата среднего отклонения температуры для сталей перлитного и аустенитного классов.

4. С учетом выбранного критерия качества предложена методика расчета оптимальных параметров настройки системы автоматического регулирования температуры пара. Методика позволяет определять искомые параметры настройки для возмущений любого вида, а также учитывает возмущения, действующие не по основному каналу.

5. В результате проведенных исследований установлено, что оптимизировать процесс регулирования температуры в широком диапазоне нагрузок котла возможно за счет коррекции параметров настройки системы в зависимости от нагрузки. Показано, что наиболее целесообразным при изменении нагрузки котельного агрегата является коррекция постоянной времени дифференциатора и коэффициента усиления регулятора САР температуры с опе-

режающим скоростным сигналом.

6. На основе предложенной методики расчета найден закон изменения параметров оптимальной настройки САР в зависимости от нагрузки котельного агрегата.

7. В диссертации разработаны два варианта корректирующих устройств, осуществляющих подстройку параметров настройки САР температуры в зависимости от нагрузки котла. Устройства коррекции прошли промышленные испытания и могут быть рекомендованы также для других систем регулирования котельных агрегатов, работающих в широком диапазоне изменения нагрузок.

Основные результаты работы изложены в 4 отчетах Белорусского филиала ЭНИНа и доложены на научно-техническом семинаре отдела № 9 Центрального Котлотурбинного института им. И.И.Ползунова (г. Ленинград, октябрь 1967 г.), а также на семинаре лаборатории автоматизации энергоустановок Белорусского филиала ЭНИНа (г. Минск, февраль 1968 г.).

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Г.И.Хутский, Г.Т.Кулаков, А.Н.Вексин. Исследование динамических характеристик пароперегревателя для основных возмущений при переменных нагрузках котельного агрегата. "Изв. вузов СССР - Энергетика", № 1, 1968.

2. Г.И.Хутский, Г.Т.Кулаков, А.А.Томашев, А.Н.Вексин. О возможности оптимального регулирования температуры перегретого пара котлоагрегата. "Теплоэнергетика", № 12, 1967.

3. Г.И.Хутский, Г.Т.Кулаков. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара с устройством коррекции параметров динамической настройки. "Теплоэнергетика", № 3, 1968.

4. Г.И.Хутский, Г.Т.Кулаков. О применении приспособляющихся систем для регулирования котельных агрегатов. "Промышленность Белоруссии", № 1, 1968.

№ 0.0. 1472