

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ишин А.А., Знобищев С.Ю. (каф. ИПУ, ТГТУ, г.Тамбов, Россия)

Данная работа непосредственно относится к глобальной проблеме экономии энергоресурсов. В соответствии с Федеральным Законом РФ «Об энергосбережении» и Федеральной целевой программой «Энергосбережение России» большую роль играет снижение потерь топливно-энергетических ресурсов за счет оптимизации режимных параметров энергопотребления. Важным резервом в решении проблемы энерго- и ресурсосбережения является оптимальное по минимуму затрат энергии или расхода топлива управление динамическими объектами малой энергетики [1].

Модульная котельная, как объект малой энергетики, обеспечивает выполнение следующих функций:

- теплоснабжение потребителей по отопительному графику;
- горячее водоснабжение потребителей с поддержанием температуры воды на заданном уровне;
- автоматическую подпитку тепловой сети;
- остановку котельной в аварийных ситуациях;
- передачу данных об аварии на удаленный диспетчерский пульт.

Основным аппаратом при производстве горячей воды в модульных котельных является водогрейный котел, поэтому в качестве объекта исследования рассматривается процесс нагрева воды дымовыми газами в котле. Неэффективное ведение данного процесса приводит к значительному перерасходу энергоносителей.

Котел представляет собой агрегат, внутри которого расположены трубки с циркулирующей по ним водой. Обогрев трубок осуществляется дымовыми газами, образующимися в результате горения топлива (природного газа). Горячая вода из котла поступает на пластинчатый теплообменник, где происходит нагрев воды, поступающей потребителю.

Целью данной работы является разработка системы регулирования температуры горячей воды на выходе из котла, адаптивной к действию возмущений в виде различных расходов воды потребителями.

Упрощенная схема водогрейного котла с системой регулирования температуры горячей воды представлена на рисунке 1.

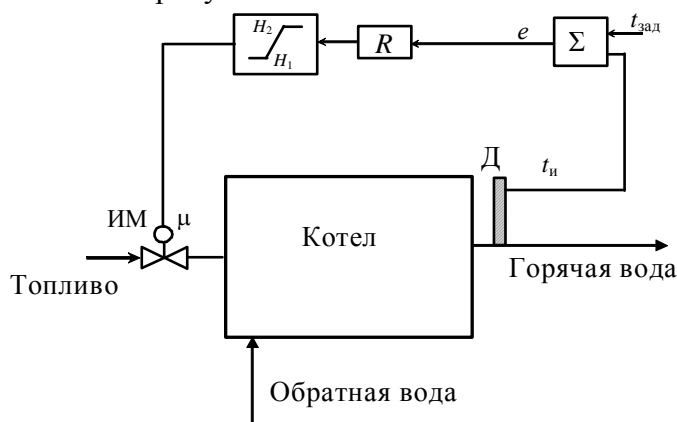


Рис. 1. Упрощенная схема водогрейного котла с САР температуры горячей воды
 $t_{зад}$ – заданное значение температуры; t_n – измеренное значение температуры;
 e – ошибка регулирования; H_1, H_2 – ограничение выхода регулятора

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Для расчета системы автоматического регулирования необходимо иметь математическую модель объекта управления. При разработке математической модели приняты следующие допущения:

1. Объем газового пространства считается объектом с сосредоточенными параметрами и принимается идеальное перемешивание в объеме.
2. Объем водного пространства считается объектом с распределенными параметрами и принимается идеальное вытеснение в объеме.
3. Потеря тепла через ограждения в окружающую среду не происходит.
4. Удельные теплоемкости воды, газовой смеси постоянны.
5. Давление в камере сгорания постоянно.

Математическая модель содержит уравнения материального и энергетического балансов для горячей воды и газовой смеси. Они представляют собой систему дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями [2].

Помимо собственно объекта управления в систему управления входят уравнения чувствительного элемента (Д), исполнительного механизма с регулирующим органом (ИМ) и регулятора (R).

Расчет АСР заключается в определении настроечных параметров функции R. В практике автоматизации промышленных объектов широкое распространение получили ПИ-регуляторы. При заданном законе регулирования расчет системы управления сводится к определению оптимальных настроечных параметров регулятора с учетом выполнения ограничения на запас устойчивости системы.

Наиболее часто в качестве критерия качества используется интегральный квадратичный критерий при ограничении на степень затухания.

Моделирование системы регулирования температуры горячей воды на выходе из водогрейного котла производилось в среде многофункциональной интегрированной системы автоматизации математических и научно-технических расчетов MATLAB 7.1 [3].

Цель моделирования: реализация предложенной структуры системы регулирования и определение ее параметров.

На рисунке 2 представлена модель автоматической системы регулирования нагрева воды, реализованная с помощью пакета моделирования динамических систем Simulink.

Решение уравнений в частных производных осуществлено переходом к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, численное интегрирование которых производилось методом Рунге-Кутты 4-5-го порядка ODE45.

Для повышения качества системы управления температурой горячей воды в работе предлагается система управления нагревом воды с автоматической настройкой коэффициента усиления Kreg ПИ-регулятора (рис. 2).

Для поиска значений коэффициента Kreg была проведена серия компьютерных экспериментов по модели при различных значениях расхода воды g_v и определены коэффициенты передачи ПИ-регулятора, обеспечивающие приемлемое качество переходных процессов и точность в установившемся режиме. Далее найденная зависимость $K_{reg}=K_{reg}(g_v)$ аппроксимируется полиномиальной функцией 8-го порядка в блоке Interpolator (рис. 2).

В предположении безынерционности датчика расхода воды (на рисунке не показан) получены графики переходных процессов в системе при различных значениях расхода воды (рис. 3) и различных задающих воздействиях $t_{зад}$ (рис. 4).

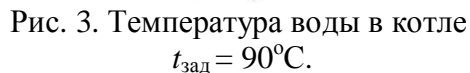
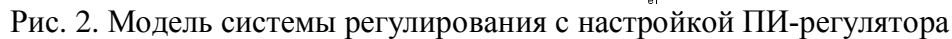


Рис. 4. Температура воды в котле
 $g_B = 0,5 \text{ кг/с}$.

$$1 - t_{\text{зад}} = 70^{\circ}\text{C}, \quad 2 - t_{\text{зад}} = 80^{\circ}\text{C}, \quad 3 - t_{\text{зад}} = 90^{\circ}\text{C}$$

Список литературы: 1. Концепция развития и использования возможностей малой энергетики в энергетическом балансе России. – М. : Минтопэнерго, 1994. – 121 с. 2. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. – М. : Энергия, 1993. – 340 с. 3. Шампайн Л.Ф., Гладвел И., Томпсон С., Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием MATLAB. Учебное пособие. 1-е издание. СПб.: Лань, 2009. 304 с.

193