

УДК 622.532:004.4.

А.Е. Медведев, К.П. Волюков

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОДАЧЕЙ УГЛЯ В ТОПКУ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА

Водогрейные котлы являются важнейшими элементами в системах отопления и горячего водоснабжения. Эти котлы могут работать на различных видах топлива – газе, мазуте, угольной пыли, кусковом угле. В связи с постоянно растущими ценами на газ и мазут актуальна замена этих дорогих энергоносителей более дешевым угольным топливом, особенно для Кузбасса, являющегося крупнейшим производителем угля в России.

Для повышения эффективности функционирования водогрейных котлов, работающих на кусковом угле, в работе [1] предлагается современная система автоматического регулирования режима работы котла, содержащая подсистемы регулирования подачи воздуха в топку, температуры горячей воды на выходе котла, разрежения в топке котла и скорости движения колосниковой решетки.

Возможны различные способы автоматического управления подачей угля в топку, выполненные на принципе стабилизации на заданном уровне параметров: а) расхода угля; б) температуры в топке; в) температуры горячей воды на выхо-

де котла; г) тепловой нагрузки котла. Практический интерес представляет САУ подачи угля в топку (рис. 1), в которой объединены варианты б) и г) в каскадную систему автоматического регулирования температуры горячей воды на выходе котла с автоматической коррекцией уставки по температуре наружного воздуха (окружающей среды).

Управляющая часть системы – сумматоры $\Sigma 1$ и $\Sigma 2$, автоматические регуляторы РГВ и РТ выполнены программным способом на базе программируемого логического контроллера ПЛК. Уставка УСТ температуры горячей воды на выходе котла формируется персональным компьютером ПК оператора котельной установки.

Температуры нагрева воды в котле заданная и фактическая вычисляются сумматорами в зависимости от температуры наружного воздуха по выражениям:

$$T_{НЗ} = УСТ - T_{НВИ}, \quad (1)$$

$$T_{НФ} = T_{ГВИ} - T_{НВИ} \quad (2)$$

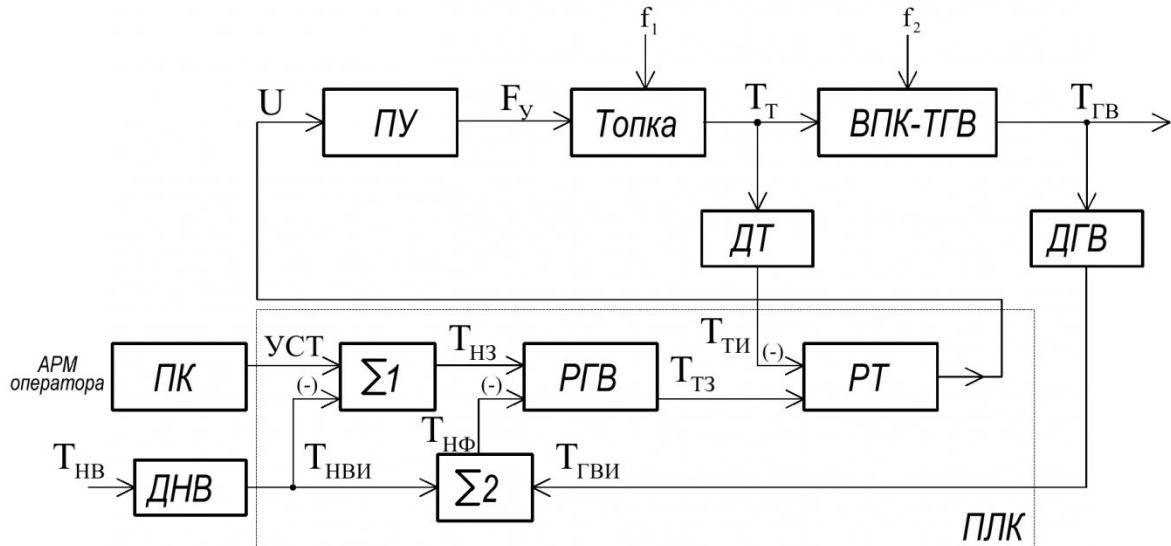


Рис. 1. САУ подачи угля в топку котла: ПК – персональный компьютер оператора котельной; ПЛК – программируемый логический контроллер; $\Sigma 1$, $\Sigma 2$ – сумматоры сигналов; ДНВ, ДТ, ДГВ – датчики температуры, соответственно, наружного воздуха, в топке котла, горячей воды; РГВ, РТ – автоматические регуляторы температуры, соответственно, горячей воды и в топке; ПУ – питатель угля; ВПК-ТГВ – водонагревательная поверхность котла - трубопровод горячей воды на выходе котла; $T_{ГВ}$, $T_{Т}$, $T_{НВ}$ – температура, соответственно, горячей воды, в топке котла, наружного воздуха; $T_{ГВИ}$, $T_{ТИ}$, $T_{НВИ}$ – измеренные значения температуры, соответственно, горячей воды, в топке котла, наружного воздуха; $T_{НЗ}$, $T_{НФ}$ – заданная и фактическая температура нагрева воды в котле; $T_{ТЗ}$ – заданная температура в топке котла; U – сигнал управления питателем угля; F_{y} – расход (подача) угля в топку; f_1 – эквивалентное возмущающее воздействие, включающее в себя показатели качества угля (крупность, влажность, зольность); f_2 – эквивалентное возмущающее воздействие, определяемое расходом горячей воды, состоянием трубопровода.

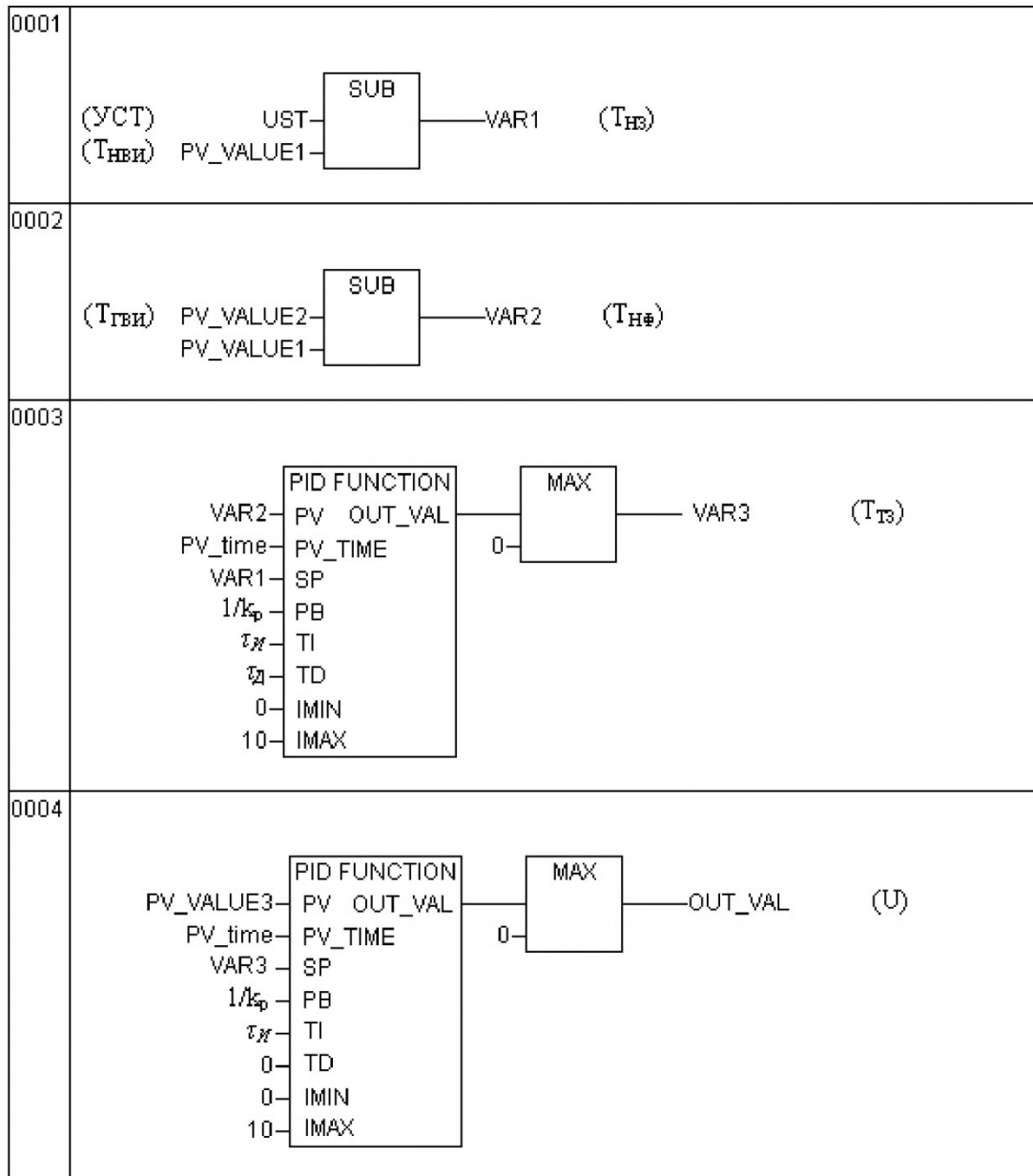


Рис. 2. Программа управления подачей угля в топку

В процессе моделирования каскадной САУ температуры горячей воды [2] установлено, что автоматические регуляторы РГВ и РТ должны реализовать, соответственно, ПИД и ПИ законы регулирования. Выходной сигнал ПИД-регулятора рассчитывается по формуле:

$$y_{pi} = \frac{1}{x_p} \left(E_i + \tau_d \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{ИЗМ}} + \frac{1}{\tau_I} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{ИЗМ} \right) \quad (3)$$

где x_p – полоса пропорциональности регулятора ($x_p = 1/k_p$);

E_i – рассогласование;

τ_d , τ_I – постоянные времени дифференцирования и интегрирования;

ΔE_i – разность между соседними измерениями E_i и E_{i-1} ;

$\sum_{i=0}^n E_i$ – накопленная в i -ый момент времени

сумма рассогласований (интегральная сумма);

$\Delta t_{ИЗМ}$ – время между двумя соседними измерениями регулируемого параметра.

Как видно из (3) сигнал управления является суммой трех составляющих: пропорциональной (1-е слагаемое), дифференциальной (2-е слагаемое) и интегральной (3-е слагаемое). Полагая в выражении $\tau_d = 0$, получим ПИ-закон регулирования.

Для реализации САУ режимом работы водогрейного котла, включающей и систему управления подачей угля в топку, принимается отечественный контроллер ОВЕН ПЛК 150. К его достоинствам следует отнести надежную среду про-

граммирования CoDeSys, поставляемую бесплатно, работу в сети с использованием 3-х встроенных интерфейсов *RS485/RS232/Ethernet*, наличие аналоговых и дискретных входов/выходов, возможность их расширения путем подключения удаленных модулей ввода/вывода, высокую производительность и относительно низкую стоимость.

Система программирования CoDeSys сегодня является самым распространенным в Европе инструментом создания управляющих программ. Система включает 5 специализированных редакторов для каждого из стандартных языков программирования: список инструкций (IL), функциональные блок-схемы (FBD), релейно-контактные схемы (LD), структурированный текст (ST), последовательные функциональные схемы (SFC). Помимо средств подготовки программ CoDeSys включает встроенный отладчик, эмулятор, инструменты визуализации и управления проектом, конфигураторы контроллера и сети, библиотеки наиболее популярных функций, например таких, как регуляторы, сумматоры и др. CoDeSys компилирует прикладные программы в машинный код, поэтому создаваемые пользователем Программы имеют наивысшее быстродействие.

Управляющая программа для САУ подачи угля в топку котла, реализующая логику управления температурой горячей воды по каскадной схеме с учетом температуры наружного воздуха (см. рис. 1), представлена на рис. 2. Программа написана на языке FBD с использованием стандартных функциональных блоков библиотеки

CoDeSys – блоков вычитания и ПИД-регулирувания.

Входы/выходы функционального блока ПИД-регулирувания:

PV: REAL – значение регулируемой величины (сигнал обратной связи, приходящей с датчика);

PV_TIME: WORD – время получения значений регулируемой величины (циклическое время), используется для вычисления интегральной и дифференциальной составляющих;

SP: REAL – уставка регулятора;

PB: REAL – полоса пропорциональности (в единицах регулируемой величины) – величина, обратная коэффициенту пропорциональности регулятора;

TI: DINT – постоянная интегрирования (4-байтовое целое число со знаком, в секундах);

TD: REAL – постоянная дифференцирования;

IMIN: REAL – минимальное ограничение накопления интегральной составляющей в диапазоне от -100 до +100%;

IMAX: REAL – максимальное ограничение накопления интегральной составляющей в диапазоне от -100 до +100%;

OUT: REAL – выходной сигнал регулятора, от -100 до +100% относительной мощности.

Блоки вычитания SUB вычисляют по выражениям (1,2) температуры нагревания воды в котле заданную и фактическую. Входы/выходы этих блоков представлены данными типа REAL.

Блоки MAX предназначены для выделения только положительных значений выходных сигналов регуляторов, так как последние функционируют с исполнительным механизмом (питатель угля) типа «Нагреватель».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев А.Е., Волыков К.П.* Автоматическое регулирование режима работы водогрейного котла со слоевой угольной топкой // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва, 2009. – №3. С. 65-68.

2. *Медведев А.Е., Волыков К.П.* Исследование САР температуры горячей воды на выходе водогрейного котла // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва, 2009. №4. С.38-41.

□ Авторы статьи:

Медведев
Алексей Елисеевич
– канд. техн. наук, доц. каф. электропривода и автоматизации КузГТУ, тел.: 8(384-2)58-23-29

Волыков
Кирилл Павлович
– студент группы ЭА-051 КузГТУ, тел.: 8(384-2)28-44-62