

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

**УДК 622.532:004.4**

**А.Е.Медведев, К.П. Волыков**

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОДАЧЕЙ ВОЗДУХА В ТОПКУ ПАРОВОГО ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗЗИ-РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Система автоматического управления работой котла в основном режиме должна обеспечить экономичность сжигания угольной пыли (полное ее сгорание), минимизировать потребление электроэнергии и тепловые потери. Функциональная схема парового котла представлена на рис. 1.

Система содержит следующие функциональные узлы: систему подачи воды, систему подачи угольной пыли, систему подачи воздуха, систему удаления дымовых газов, барабан котла, топку с горелочными устройствами. Заданные значения регулируемых параметров формируются компьютером АРМ оператора. Регулирование подачи воздуха, угольной пыли и удаления дымовых газов осуществляются изменением частоты вращения дутьевого вентилятора, пылепитателя и дымососа соответствующими регуляторами, воздействующими на их частотные электроприводы. Применение частотных

преобразователей позволяет существенно снизить потребление электроэнергии и создать условия для экономии расхода топлива при работе котла с различными тепловыми нагрузками.

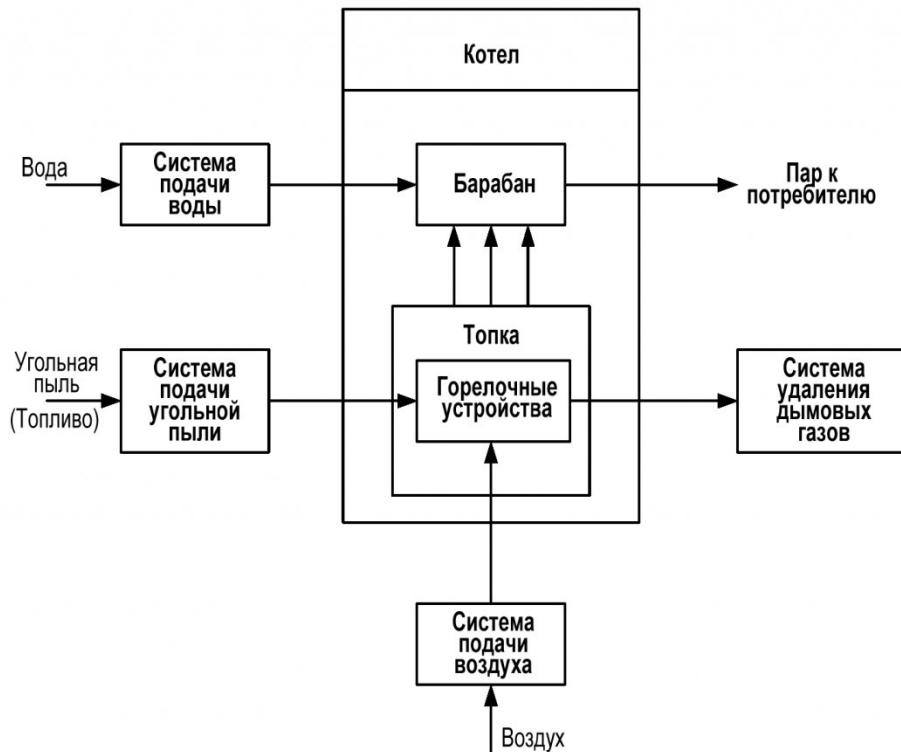
Система автоматического управления режимными параметрами парового пылеугольного котла представлена на рис. 2.

На схеме приняты следующие обозначения элементов и переменных:

РДП, РПВ, РРТ, РУВ – автоматические регуляторы, соответственно, давления пара, подачи воздуха, разряжения в топке, уровня воды в барабане;

ПП, В, Д – соответственно, пылепитатель, вентилятор подачи воздуха, дымосос с регулируемыми электроприводами по системе ПЧ-АД;

1...6 – датчики, соответственно, давления пара Р<sub>п</sub>, уровня воды L, расхода топлива F<sub>т</sub>, расхода воздуха F<sub>в</sub>, разряжения в топке P<sub>т</sub>, содержания кисло-



*Рис. 1. Функциональная структура парового пылеугольного котла*

рода  $O_2$  в отходящих (дымовых) газах;

индекс «з» – заданные значения регулируемого параметра;

$F_D$  – расход дымовых газов;

$P_{Bz}$ ,  $F_{Bz}$ ,  $L_3$ ,  $P_{Tz}$  – заданные (базовые) значения регулируемых параметров, соответственно, давления пара, расхода воздуха, уровня воды в барабане, разряжения в топке.

В системе автоматического управления подачей воздуха в топку котла предлагается использовать корректирующий фаззи-регулятор КФР (рис. 3), формирующий сигнал коррекции заданного расхода воздуха по правилам нечеткой логики. Нечеткие логические регуляторы позволяют на основании лингвистической информации, полученной от

опытного оператора, эффективно управлять сложными, недостаточно формализованными процессами, в частности процессом горения в топке котла, обеспечивая его высокую экономичность и качество регулирования.

Заданное значение расхода воздуха в данной системе определяется выражением:

$$F_{Bz} = F_{Bo} + \Delta F_B,$$

где  $F_{Bo}$  – базовое задание расхода воздуха, определяемое выбранным режимом работы котла;

$\Delta F_B$  – поправка расхода воздуха, формируемая фаззи-регулятором по результатам измерения отклонений содержания кислорода и расхода топлива.

Отклонения содержания кислорода в отходящих

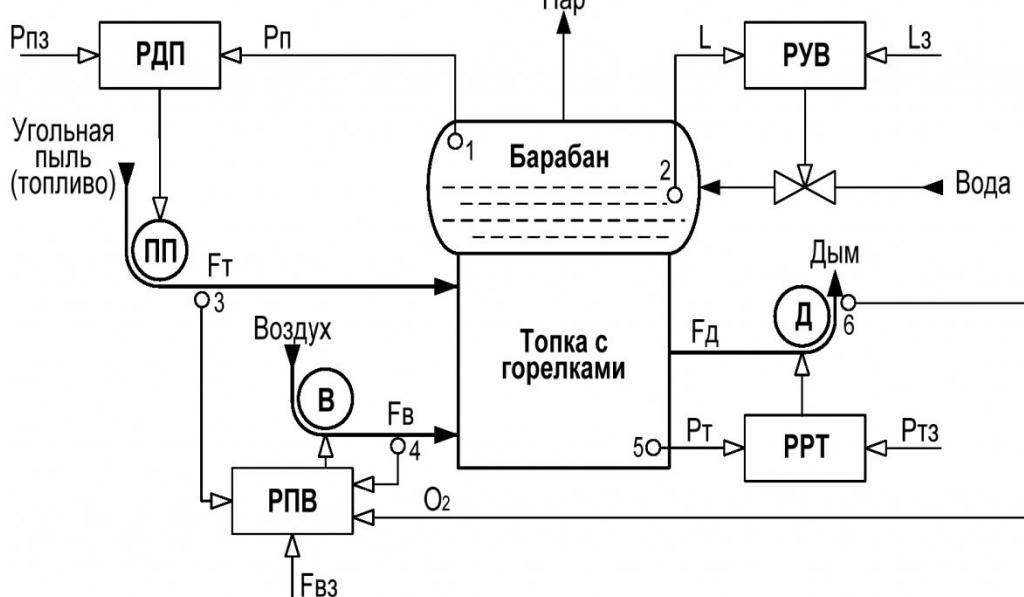


Рис. 2. САУ режимными параметрами парового пылеугольного котла

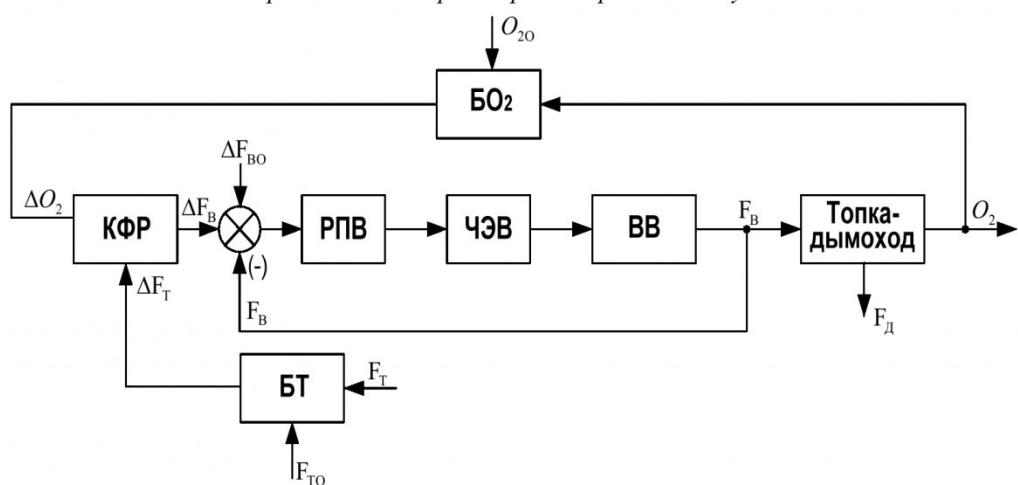


Рис. 3. САУ подачи воздуха в топку

КФР – корректирующий фаззи-регулятор; РПВ – ПИ-регулятор подачи воздуха; ЧЭВ – частотный электропривод дутьевого вентилятора; ВВ – воздуховод; БО<sub>2</sub>, БТ – блоки измерения отклонений, соответственно, содержания кислорода  $\Delta O_2$  в отходящих газах и расхода топлива  $\Delta F_T$  от заданных (базовых) значений  $O_{20}$  и  $F_{T0}$

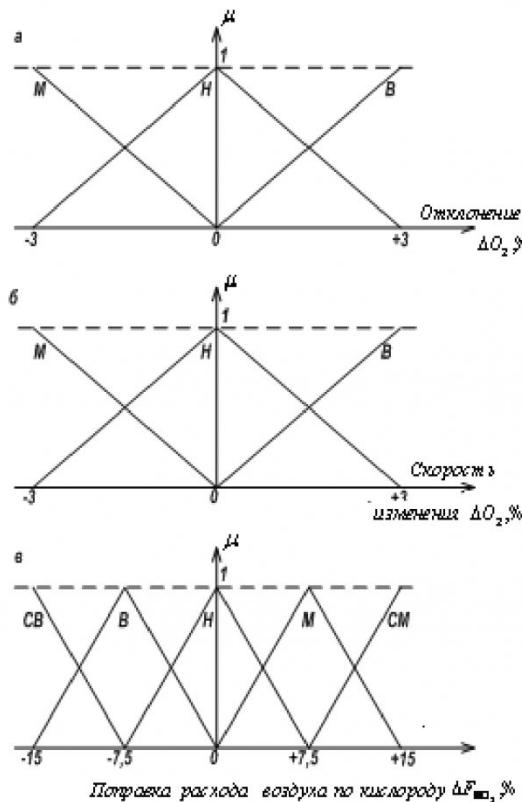


Рис. 4. Функции принадлежности отклонения  $\Delta O_2$  (а), скорости  $\Delta O_2$  (б) и поправки расхода воздуха по кислороду  $\Delta F_B$  (в)

газах и расхода топлива, подаваемого в топку, определяются в блоках БО<sub>2</sub> и БТ из выражений:

$$\Delta O_2 = O_2 - O_{20}, \quad \Delta F_T = F_T - F_{\text{то}}.$$

Для лингвистических переменных фаззирегулятора используем следующие термы: СМ – сильно уменьшить, М – уменьшить, НМ – немнога уменьшить, Н – норма, НВ – немнога увеличить, В – увеличить, СВ – сильно увеличить.

Базы нечетких правил для определения отдельно поправок расхода воздуха по содержанию кислорода и по расходу топлива, составленные с учетом экспертных оценок оперативного персонала котельного цеха Новокемеровской ТЭЦ и с использованием вышеназванных термов, см. в табл. 1 и 2.

Для определения итоговой поправки расхода воздуха  $\Delta F_B$  с одновременным учетом отклонений по кислороду и топливу используется база данных, представленная в табл. 3.

Таблица 1. База правил определения поправки расхода воздуха по  $\Delta O_2$

Отклонение $\Delta O_2$	Скорость изменения $\Delta O_2$		
	М	Н	В
М	СВ	В	Н
Н	В	Н	М
В	Н	М	СМ

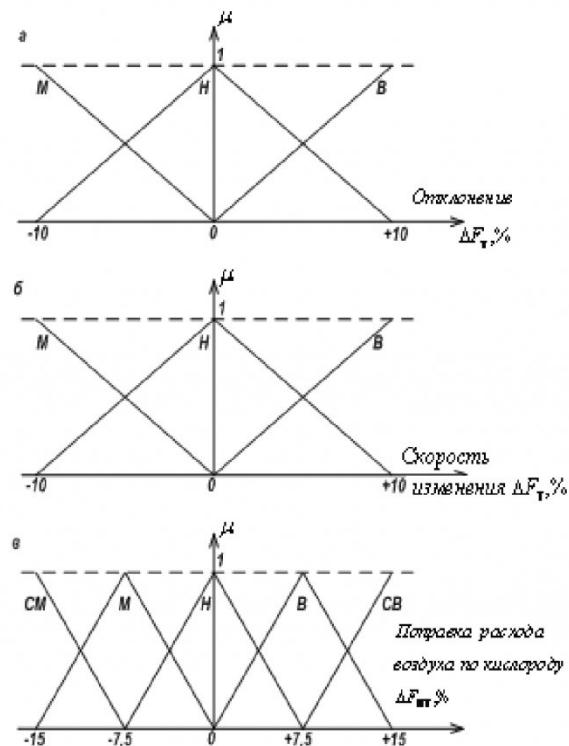


Рис. 5. Функции принадлежности отклонения  $\Delta T$  (а), скорости  $\Delta T$  (б) и поправки расхода воздуха по кислороду  $\Delta F_B$  (в)

Таблица 2. База правил определения поправки расхода воздуха по  $\Delta F_T$

Отклонение $\Delta F_T$	Скорость изменения $\Delta F_T$		
	М	Н	В
М	СМ	М	Н
Н	М	Н	В
В	Н	В	СВ

Таблица 3. База правил определения итоговой поправки расхода воздуха  $\Delta F_B$

Поправка расхода воздуха	По кислороду $\Delta F_B$				
	СМ	М	Н	В	СВ
По топливу	СМ	СМ	СМ	М	НМ
	М	СМ	М	НМ	Н
	Н	М	НМ	Н	НВ
	В	НМ	Н	НВ	В
	СВ	Н	НВ	В	СВ

Функции принадлежности значений координат фаззирегулятора соответствующим термам для заданных диапазонов их изменения см. на рис. 4-6.

Для устранения нечеткости окончательного результата (дефазификации) существует большое количество методов перехода от нечетких выводов к точным значениям управляющего сигнала [1]. Одним из них является метод полной интерпретации,

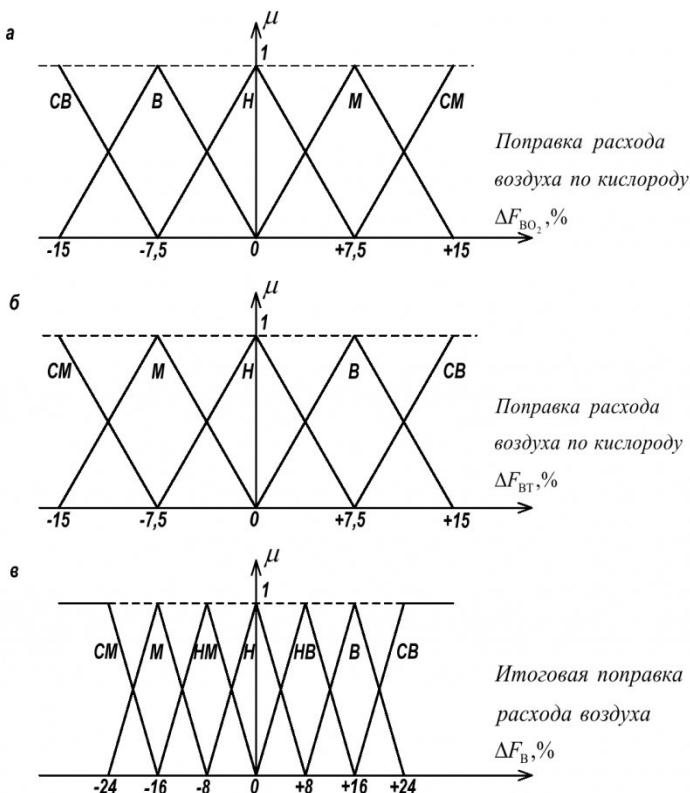


Рис. 6. Функции принадлежности поправок расхода воздуха по кислороду (а), по топливу (б) и итоговая поправка (в)

по которому точное значение выводимой переменной определяется как значение «центра тяжести» функции принадлежности для нечеткого значения. При этом учитываются все возможные комбинации и вычисляется принимаемое средневзвешенное значение выходной координаты регулятора КФР

$$\Delta F_B = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta F_{Bi} \cdot \mu_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i},$$

где  $\Delta F_{Bi}$  – значение поправки расхода воздуха в  $i$ -ом наборе исходов;

$\mu_i$  – степень принадлежности выхода  $i$ -му набо-

ру.

В другом методе дефазификации – методе Максимума, в качестве точного значения выводимой переменной принимается комбинация, имеющая максимальную степень принадлежности.

Для реализации фаззи-регулятора могут быть использованы микроконтроллеры 68HC11, 68HC12 фирмы Motorola, MCS-96 фирмы Intel, а так же другие, поддерживающие нечеткую логику.

Процесс проектирования фаззи-регулятора существенно облегчается и ускоряется применением пакетов прикладных программ, в частности программного комплекса для проектирования в среде Matlab нечеткого логического регулятора [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. – Киев: Радиоаматор, 2008г. – 972с.
- Грунина Г.С., Деменков Н.П. Программный комплекс для проектирования нечеткого логического регулятора // Приборы и системы управления. – 1997. – №8. – С 19-21.

□Авторы статьи:

Медведев  
Алексей Елисеевич  
– канд. техн. наук, доц. каф. электропри-  
вода и автоматизации КузГТУ,  
тел. 8(384-2)39-63-54

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