

УДК 621.1

ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЩЕГО ВОЗДУХА

Слущкий А.Н.

Научный руководитель – к.э.н, доцент Кравченко В.В.

АСР расхода общего воздуха является составной частью АСР процесса горения в котле. Ее структура зависит от АСР расхода топлива, его вида и сорта, от характера работы электростанции в графике нагрузки энергосистемы.

Обычно в топку подается несколько больше воздуха, чем его требуется для полного сгорания топлива. Отношение количества воздуха, подаваемого в топку, к количеству воздуха, теоретически необходимого для полного сжигания топлива, называется коэффициентом избытка воздуха α . Оптимальные $\alpha_{\text{опт}}$, которые обычно кроме всего прочего зависят от нагрузки котла, либо устанавливаются заводом-изготовителем котельного оборудования, либо определяются наладочной организацией в процессе режимных испытаний котла.

Исходя из назначений АСР – поддержание расхода воздуха, обеспечивающего наиболее экономичное сжигание топлива, самым простым и правильным было бы строить схему АСР на измерении расходов топлива и воздуха с последующим их поддержанием на заданном соотношении.

Регулирование экономичности по соотношению топливо-воздух. При постоянном качестве топлива его расход и количество воздуха, необходимое для обеспечения требуемой полноты сгорания, связаны прямой пропорциональной зависимостью, устанавливаемой в результате режимных испытаний. Если измерение расхода топлива выполняют достаточно точно, то поддержание оптимального избытка воздуха можно реализовать, используя схему регулирования, известную под названием топлив-воздух. При газообразном топливе требуемое соотношение между количествами газа и воздуха осуществляют сравнением перепадов давлений на сужающих устройствах, устанавливаемых на газопроводе и на воздухоподогревателе, или же на специальном измерительном устройстве расхода воздуха. Разность этих сигналов подается на вход автоматического регулятора экономичности, управляющего подачей дутьевых вентиляторов. Непрерывное измерение расхода твердого топлива, как уже отмечалось, является нерешенной проблемой. Иногда расход пылевидного топлива оценивают, например, по положению регулирующего органа (траверсы плоского контроллера), которое определяет лишь частоту вращения питателей, но не расход пыли. Такой способ регулирования не учитывает качественного изменения состава и расхода топлива, связанного с увеличением или уменьшением скорости транспортирующего воздуха или с нарушением нормальной работы питателей пыли. Поэтому применение схемы топливо – воздух оправдано лишь при наличии жидкого или газообразного топлива постоянного состава.

В данном случае мы будем использовать метод с коррекцией по разности O_2 и CO на базе системы топливо воздух. Таким образом мы добьемся более полного сжигания топлива, что положительно повлияет на экологию и экономичность.

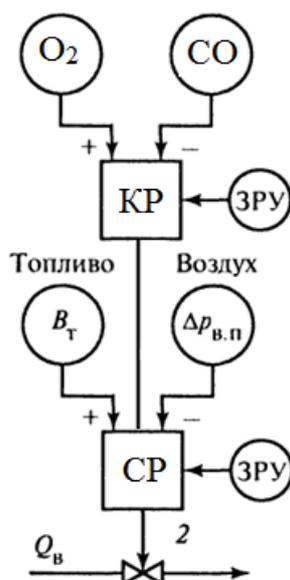


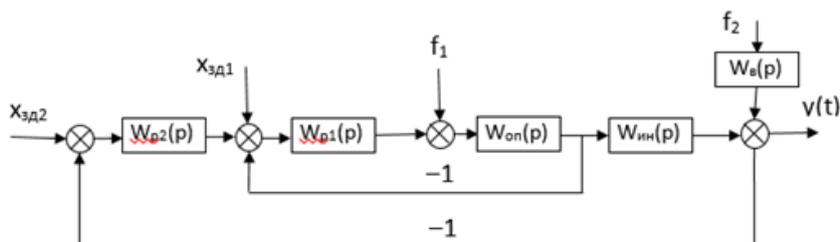
Рисунок 1. Структурная схема автоматической системы регулирования расхода общего воздуха с коррекцией по разности O₂ и CO: B_T – сигнал по расходу топлива; O₂ – концентрация кислорода в уходящих газах; CO – концентрация оксида углерода в уходящих газах; ЗРУ – задатчик ручного управления; Δp_{в.п.} – перепад давления на сужающем устройстве на входе в котел

Таким образом мы получаем обычную КСАР. Далее проведем настройку и структурно-параметрическую оптимизацию данной системы с целью выбрать лучшим метод.

Динамика объектов регулирования:

$K_{оп} = 3,7 \frac{^{\circ}C}{T/ч}$	$K_{ин} = 1$
$T_{оп} = 23,5 \text{ с}$	$T_{ин} = 104 \text{ с}$
$\sigma_{оп} = 2,45 \text{ с}$	$\sigma_{ин} = 21,3 \text{ с}$
	$\tau_y = 41 \text{ с}$

2. Структурная схема каскадной САР:



3. Стабилизирующий регулятор:

$$W_{p1}(p) = \frac{K_{p1}(T_{u1}p + 1)}{T_{u1}p} \tag{1}$$

4. Корректирующий регулятор:

$$W_{p2}(p) = \frac{K_{p2}(T_{u2}p + 1)}{T_{u2}p} \tag{2}$$

5. Опережающий участок объекта регулирования:

$$W_{он}(p) = \frac{K_{он}}{(T_{он} * p + 1)} = \frac{3,7}{(25,9p + 1)} \tag{3}$$

6. Инерционный участок объекта регулирования:

$$W_{ин}(p) = \frac{K_{ин} e^{-\tau_y p}}{(T_{ин} p + 1)(\sigma_{ин} p + 1)} = \frac{e^{-41p}}{(104p + 1)(21,3p + 1)} \tag{4}$$

7. Крайнее внешнее возмущение:

$$W_{\epsilon}(p) = \frac{10}{30p + 1} \tag{5}$$

**Расчет параметров оптимальной динамической настройки типовой КСАР
Стабилизирующий регулятор**

Стабилизирующий регулятор направлен на оптимальную обработку внутреннего возмущения f_1 , поэтому расчет выполняется по МЧК с различными коэффициентами Вышнеградского по передаточной функции опережающего участка объекта регулирования

Корректирующий регулятор

Корректирующий регулятор направлен на оптимальную обработку крайнего внешнего возмущения f_2 , поэтому расчет выполняется по МПК в ЧВ с различным коэффициентом демпфирования по передаточной функции инерционного участка объекта регулирования $W_{ин}(p)$.

Модифицированный линейный упредитель Смита

Сущность МЛУС заключается в том, что на вход корректирующего регулятора со знаком плюс мы подаем полную инерционную модель объекта с запаздыванием, а со знаком минус неполную инерционную модель объекта без запаздывания.

Систему с МЛУС будем создавать на базе ТКСАР, рассмотренной выше.

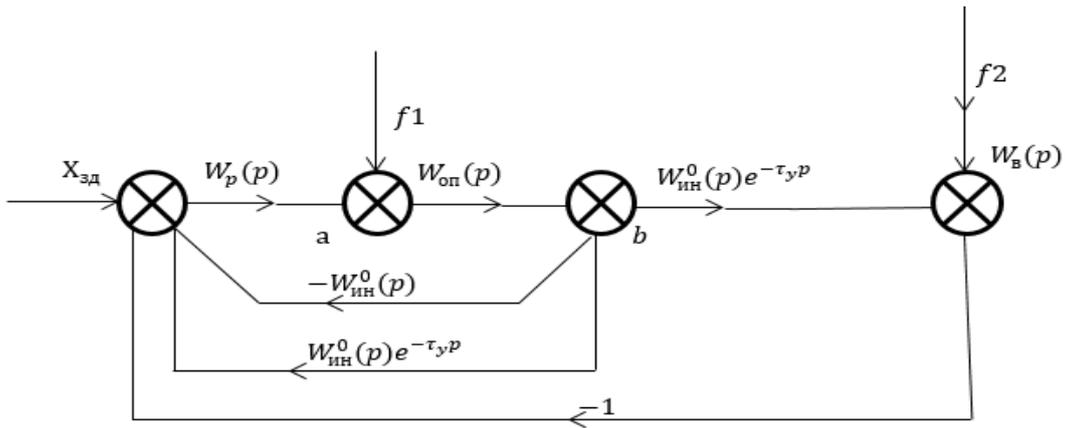


Рисунок 2. Структурная схема системы с МЛУС на базе типовой КСАР

Структурно параметрическая оптимизация КСАР

Структурно параметрическая оптимизация представляет собой изменение настроек и структуры системы регулирования с целью улучшения прямых показателей качества.

Структурно-параметрическая оптимизация Стабилизирующего регулятора

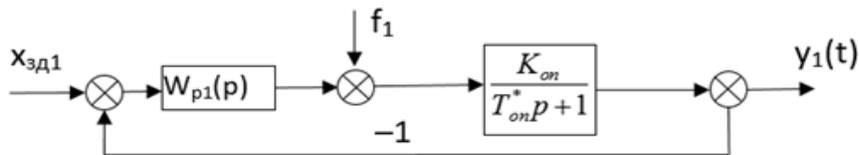


Рисунок 3. Структура внутреннего контура КСАР

$$W_{p1}(p) = \frac{W_{зд}^0(p)}{W_{он}^0(p)} \cdot \frac{1}{1 - W_{зд}(p)}, \tag{6}$$

где $W_{з\partial 1}(p) = \frac{1}{T_{з\partial 1}p + 1}$ (7)

Таким образом $W_{p1}(p) = \frac{T_{он}^*p + 1}{K_{он}(T_{з\partial 1}p + 1)} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{T_{з\partial 1}p + 1}} = \frac{T_{он}^*p + 1}{K_{он}T_{з\partial 1}p}$ (8)

Выбор оптимального $T_{з\partial 1}$ производится по правилу “Золотого сечения”, принимая за целое $T_{он}^*$, с учетом максимальной величины регулирующего воздействия.

Структурно-параметрическая оптимизация Корректирующего регулятора

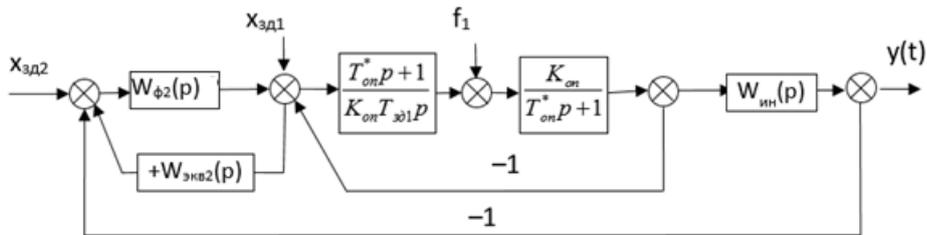


Рисунок 4. Структура внешнего контура КСАР

Запишем функцию эквивалентного объекта учитывая внутреннюю контур КСАР

$$W_{экв2}(p) = \frac{k_{ин} e^{-\tau_y p}}{(T_{ин} p + 1)(\sigma_{ин} p + 1)(T_{з\partial 1} p + 1)} \quad (9)$$

По передаточной функции эквивалентного участка выбираем структуру $W_{з\partial 2}(p)$:

$$W_{з\partial 2}(p) = \frac{e^{-\tau_y p}}{(T_{з\partial 2} p + 1)^3} \quad (10)$$

Передаточная функция фильтра в данном случае:

$$W_{\phi 2}(p) = \frac{W_{з\partial}(p)}{W_{экв2}(p)} = \frac{W_{з\partial}^o(p)}{W_{экв2}^o(p)} \quad (11)$$

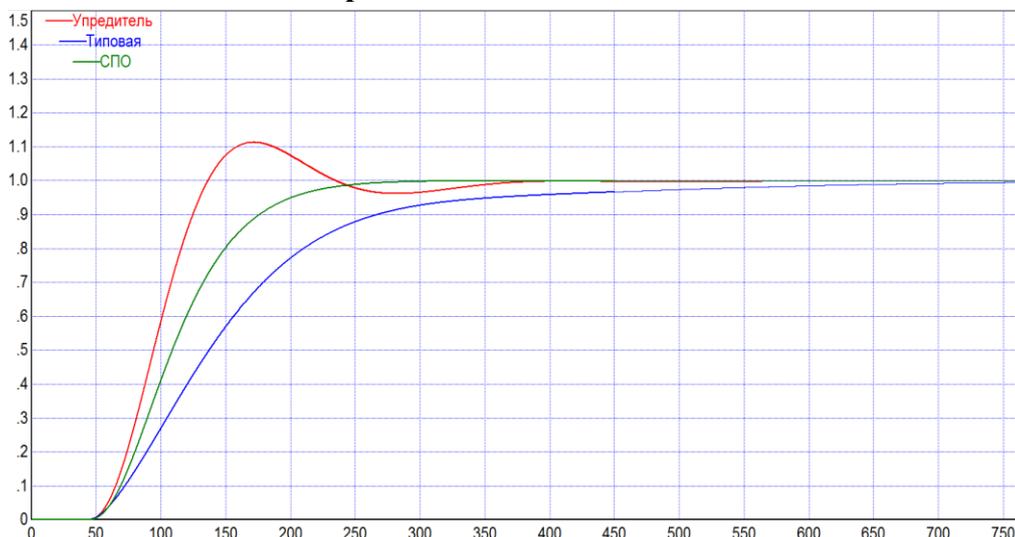
Подставляем формулы и получаем:

$$W_{\phi 2}(p) = \frac{(T_{ин} p + 1)(\sigma_{ин} p + 1)(T_{з\partial 1} p + 1)}{k_{ин}(T_{з\partial 2} p + 1)^3} \quad (12)$$

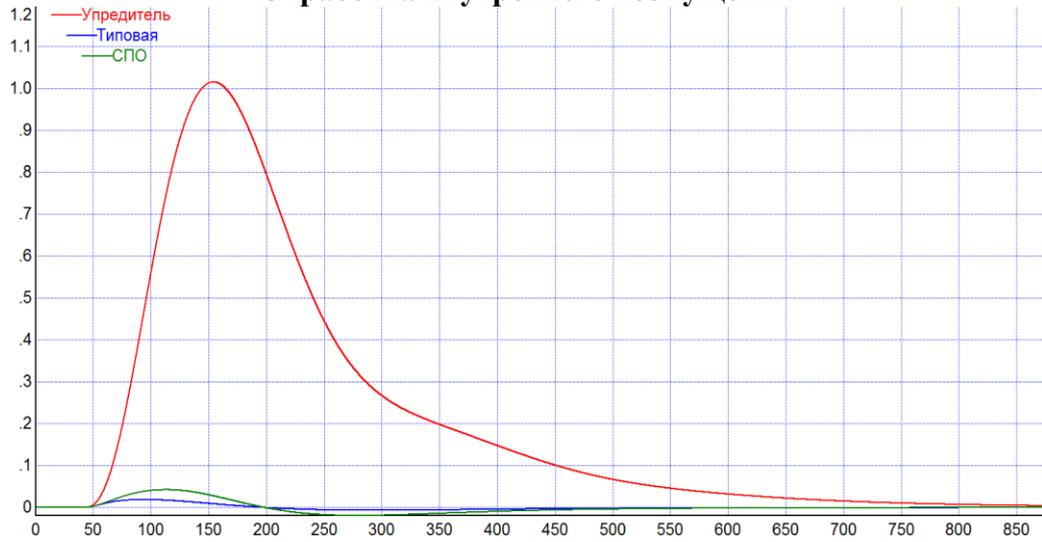
Выбор оптимального $T_{з\partial 2}$ производится по правилу “Золотого сечения”, принимая за целое τ_y , с учетом максимальной величины регулирующего воздействия.

Проведем математическое моделирование данных систем:

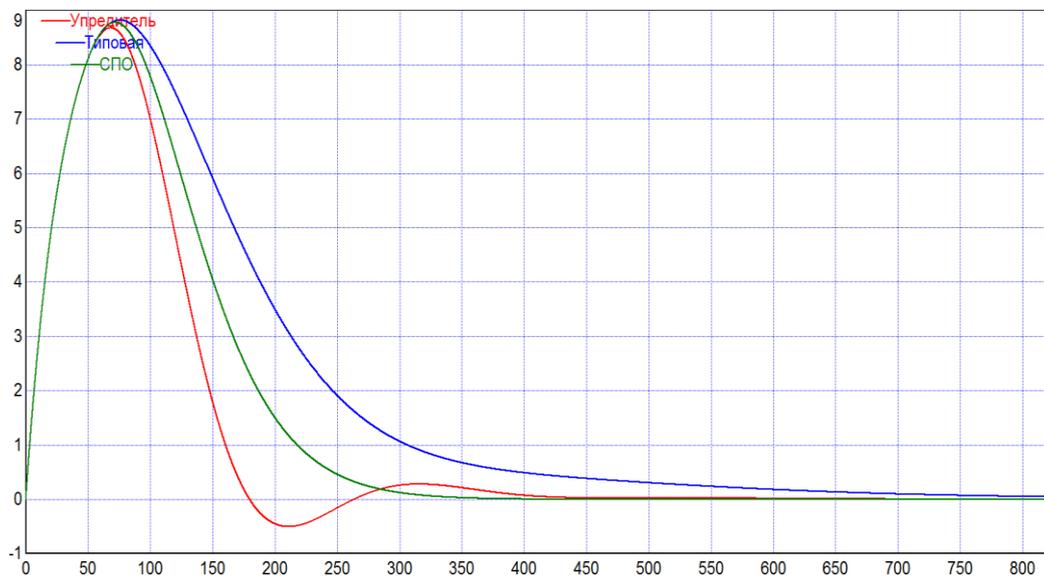
Отработка скачка задания



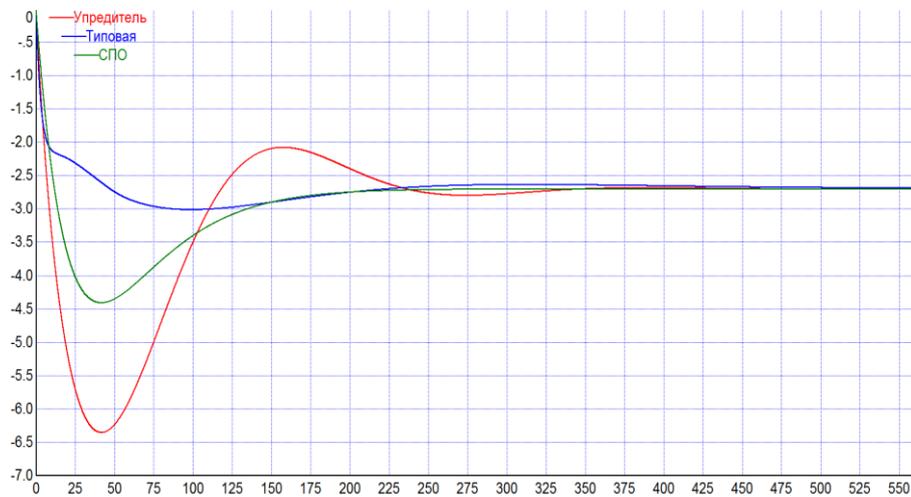
Отработка внутреннего возмущения



Отработка крайнего внешнего возмущения



Регулирующее воздействие x_p при отработке крайнего внешнего возмущения



ВЫВОД: Как видно из графиков применение МЛУС на базе типовой КСАР позволяет незначительно улучшить качество регулирования, при наименьшем регулирующем воздействии, но значительно ухудшает отработку внутреннего возмущения. Лучшие результаты оказались при применении методов структурно-параметрической оптимизации, улучшить качество регулирования по некоторым параметрам удалось увеличить в 2-2.5 раза, при этом регулирующее воздействие выросло незначительно.

Литература

1. Назаров, В. И. Обоснование выбора параметра контроля качества процесса горения газомазутного топлива / В. И Назаров // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). - 1999. - № 5. - С. 64-70.
2. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов и вузов / Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352с., ил.
3. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования / Г.Т. Кулаков. - Минск: Вышэйш. шк., 1984. - 192 с.