

УДК 681.51

**МОДЕРНИЗАЦИЯ АСР УРОВНЯ В ПОДОГРЕВАТЕЛЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**  
**MODERNIZATION OF THE ASR LEVEL IN HIGH PRESSURE HEATER**

В.В. Якимцова

Научный руководитель – С.И. Ракевич, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
rakevich95@tut.by

V. Yakimtsova

Supervisor – S. Rakevich, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной статье рассматривается модернизация системы автоматического регулирования уровня в подогревателе высокого давления.*

***Abstract:** this article discusses the modernization of the automatic level control system in the high pressure heater.*

***Ключевые слова:** подогреватель, давление, уровень, автоматизация, модернизация.*

***Keywords:** heater, pressure, level, automation, modernization.*

### **Введение**

Из не регулируемых отборов турбины, пар поступает в регенеративные подогреватели, тем самым подогревая питательную воду и конденсат. Пар поступает из отборов турбины с более высоким давлением обеспечивая постепенный подогрев воды от конденсатора к парогенератору. Дренаж греющего пара или отводится самотеком в паровую зону предыдущего по ходу воды подогревателя, либо подается насосом в питательную линию.

Снижение уровня конденсата в подогревателях не приемлемо, оголении дренажных патрубков в них может появиться пар («проскок» пара). Проскок пара понижает термодинамический КПД цикла, увеличивая расход пара из отборов более высокого давления, в этом случае дренаж подается самотеком в другой подогреватель. Возникновение проскока может вывести насос из строя при отводе дренажа. Из-за угрозы заброса воды в паропровод, переполнение корпуса ПВД водой до уровня врезки трубопровода греющего пара недопустимо. При отказе автоматических регуляторов уровня конденсата в корпусе ПВД или разрыве змеевиков питательной воды возникает опасность. Обратный клапан предусмотрен на случай если возникнет угроза заброса воды в трубопровод, соединяющем корпус ПВД с камерой нерегулируемого отбора. Конденсат собирается в нижней части ПВД и отводится через регулирующий клапан. Специальное защитное устройство воздействует на систему подачи питательной воды в обвод всей группы ПВД.

Улучшению качества регулирования станет следствием модернизации АСР уровня в ПВД, не менее чем в 2 раза, что в свою очередь позволит уменьшить затраты на расход топлива в котлоагрегате.

**Основная часть**

Модернизация АСР производится на базе существующей системы, а если быть точнее, то она строится на типовой КСАР.

Опережающий участок объекта представлен в виде инерционного звена второго порядка с различными постоянными времени  $T_{оп} \neq \sigma_{оп}$ :

$$W_{оп}(p) = \frac{K_{оп}}{(T_{оп}p + 1)(\sigma_{оп}p + 1)}$$

Инерционный участок объекта представлен в виде инерционного звена второго порядка с различными постоянными времени  $T_{ин} \neq \sigma_{ин}$  без запаздывания.

$$W_{ин}(p) = \frac{1}{T_1 p (\tau_1 p + 1)}$$

Передающая функция крайнего внешнего возмущения представлена в виде инерционного звена первого порядка с постоянной времени  $T_B$ :

$$W_B(p) = \frac{K_B}{T_B p}$$

Корректирующий и стабилизирующий ПИ-регуляторы представлены в виде передаточных функций:

$$W_{p1}(p) = \frac{K_{p1}(T_{и1}p + 1)}{T_{и1}p} \text{ — стабилизирующий регулятор,}$$

$$W_{p2}^{opt}(p) = [W_{ин}(p)]^{-1} W_{зд}^{pc(n=2)}(p) \text{ — корректирующий регулятор.}$$

Стабилизирующий регулятор необходимо настроить на оптимальную обработку внутреннего возмущения  $f_1$ , т.к. регулирующее возмущение алгебраический складывается с внутренним возмущением. Поэтому применяем МЧК и рассчитываем параметры оптимальной динамической настройки СР по передаточной функции опережающего участка.

КР настраиваем по передаточной функции оптимального регулятора. Настройку КР осуществляем по передаточной функции инерционного участка.

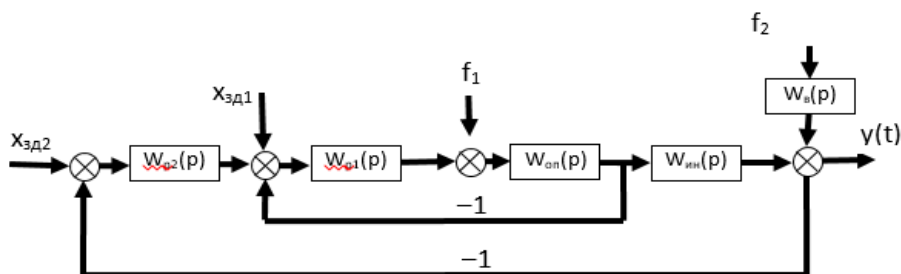


Рисунок 1 – Схема ТКСАР

Разложение двухконтурной САР на две одноконтурные:

1. Расчёт настройки СР по МЧК:

Блок управления (БУ1) КР переведём в положение «дистанционно», в результате получим первую одноконтурную систему:

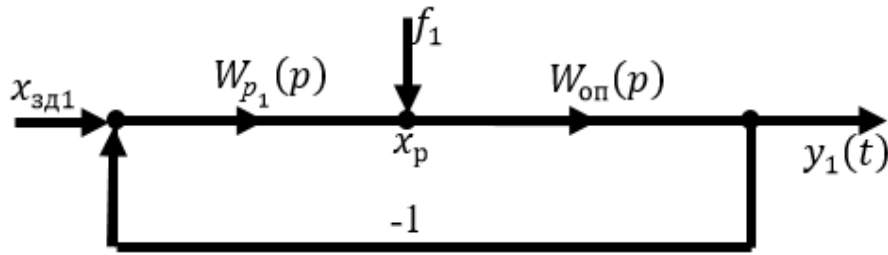


Рисунок 2 – Внутренний контур КСАР для расчета настройки СР

Относительное значение коэффициента передачи К:

$$K = (k_p \cdot k_{оп}) = 0,7395 \cdot T \left(1 + \frac{1}{T}\right)^2 - 1.$$

Относительная постоянная времени равна:

$$T = \frac{T_{оп}}{\sigma_{оп}}.$$

Относительное значение времени интегрирования равно:

$$I = \left(\frac{T_{и}}{\sigma_{оп}}\right) = \frac{6.36 \cdot K}{T \left(1 + \frac{1}{T}\right)^3}.$$

Тогда коэффициент передачи регулятора равен:

$$k_{p1} = \frac{K}{k_{оп}}.$$

Тогда время интегрирования равно:

$$T_{и1} = I \cdot \sigma_{оп}.$$

2. Расчет настройки КР по передаточной функции оптимального регулятора:

$$W_{зд}^{pc(n=2)}(p) = \frac{1}{2T_{зд2}p\left(\frac{T_{зд2}}{2}p+1\right)};$$

$$W_{p2}^{opt}(p) = [W_{ин}(p)]^{-1}W_{зд}^{pc(n=2)}(p) = \frac{T_1p(\tau_1p+1)}{2T_{зд2}p\left(\frac{T_{зд2}}{2}p+1\right)} = \frac{T_1(\tau_1p+1)}{2T_{зд2}\left(\frac{T_{зд2}}{2}p+1\right)};$$

$$T_{зд1} = \gamma_2\tau_1.$$

Модернизация ТКСАР для улучшения качества обработки основных воздействий. Структурная схема модернизированной ТКСАР представлена на рисунке 3.

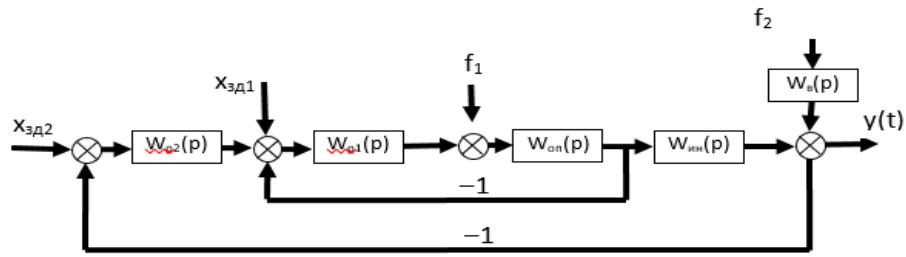


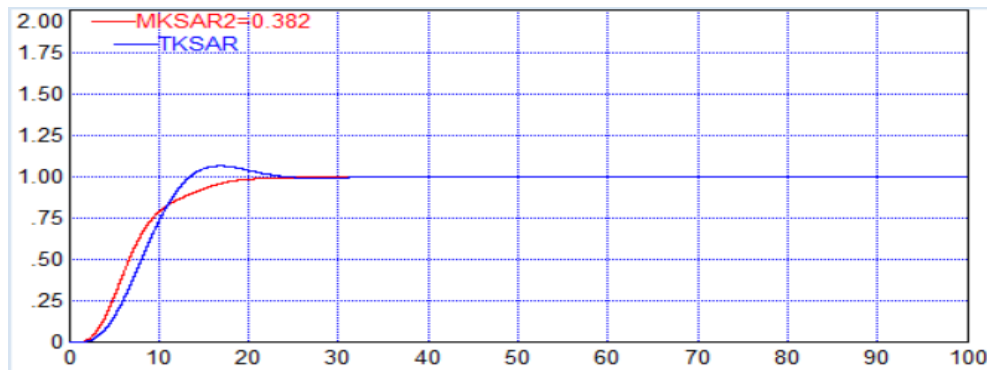
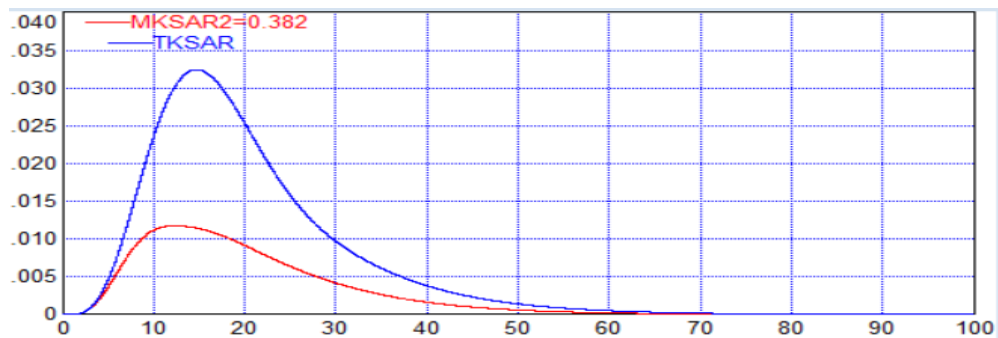
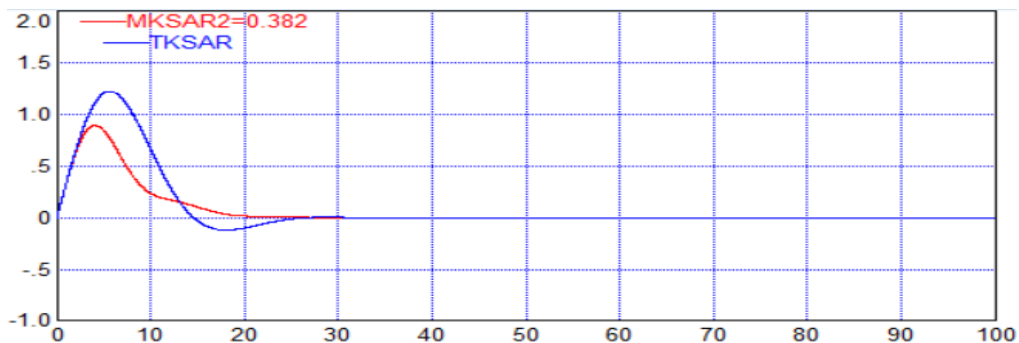
Рисунок 3 – Схема МТКСАР

Для улучшения качества регулирования стабилизирующий регулятор настраиваем с учетом измененных коэффициентов ПЗС:

Относительное значение коэффициента передачи К:

$$K = (k_p \cdot k_{оп}) = 1,382 \cdot T \left(1 + \frac{1}{T}\right)^2 - 1.$$

Графики переходных процессов:

Рисунок 4 – Отработка скачка задания  $x_{зд}$ Рисунок 5 – Отработка внутреннего возмущения  $f_1$ Рисунок 6 – Отработка внешнего возмущения  $f_2$

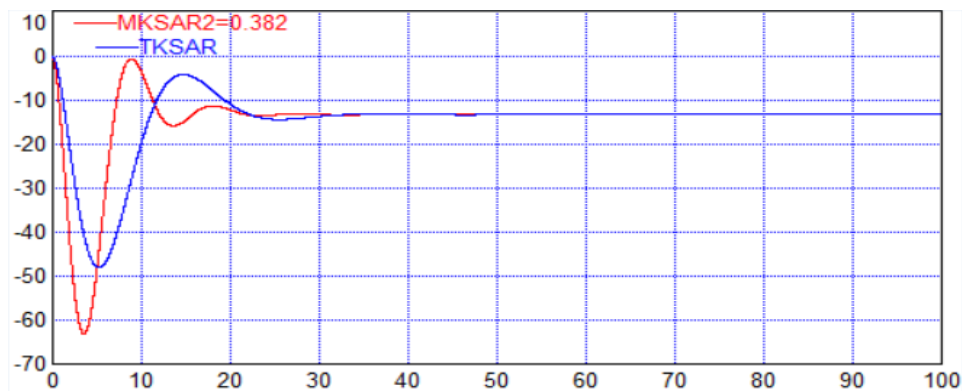


Рисунок 7 – Регулирующее воздействие  $x_p$  при обработке крайнего внешнего возмущения  $f_2$

### Заключение

Как видно из графиков МТКСАР является наиболее эффективной при обработке скачка задания, максимальная величина перерегулирования  $\sigma$  составляет 0%, что на 10% меньше, чем при ТКСАР. Время регулирования  $t_p$  при настройке МТКСАР является минимальным и составляет 26 с, что в 1,3 раза меньше, чем при ТКСАР.

При отработке внутреннего возмущения  $f_1$ , максимальная динамическая ошибка регулирования  $A_1^+$  при настройке МТКСАР наименьшая и составляет 0,011, что 2,7 раза меньше ТКСАР. Время регулирования при МТКСАР является минимальным и составляет 76 с, что в 1,06 раза меньше ТКСАР.

Так же при отработке внешнего возмущения  $f_2$ , минимальное время регулирования при настройке по МТКСАР1 является минимальным и составляет 26 с, что в 1.3 раза меньше ТКСАР.

Из всего вышеприведенного следует, что модернизированная ТКСАР обладает практически минимальным временем регулирования и значительно лучше обрабатывает остальные воздействия ( $x_{зд}, f_1, f_2, \dots$ ).

### Литература

1. Инженерные экспресс-методы расчёта промышленных систем регулирования / Г.Т. Кулаков. – М.: Высшэйшая школа, 1984. – 82 с.
2. Теория автоматического управления: учеб.-метод. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под общ. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: БНТУ, 2017. – 133 с.
3. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебник для вузов / В.Я. Ротач. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.