

УДК 681.5.013

**СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДНЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ
ПРЯМОТОЧНОГО КОТЛА УГОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ****Д.А. Суворов, Г.А. Французова, А.С. Востриков***Новосибирский государственный технический университет*

В работе рассмотрена задача синтеза регулятора для выходного нагревателя прямоточного котла, модель которого в первом приближении представлена набором передаточных функций, зависящих от конкретного режима работы. Особенностью объекта является возможность измерения не только выходной температуры пара, но и промежуточной, что позволило применить каскадный принцип построения системы автоматического управления. Поскольку скорости протекания переходных процессов во внешнем и внутреннем контурах управления отличаются на порядок, предложено рассчитывать для них регуляторы независимо друг от друга. С учетом нестационарного характера параметров выходного нагревателя для каждого контура был синтезирован свой регулятор на основе метода локализации. Данный метод предполагает организацию обратных связей по производным, для оценки которых были использованы дифференцирующие устройства, называемые дифференцирующими фильтрами. Представлены результаты имитационного моделирования процессов в системе для различных режимов работы, которые иллюстрируют работоспособность рассмотренного подхода.

Ключевые слова: выходной нагреватель прямоточного котла, метод локализации, каскадное управление, дифференцирующий фильтр, разнотемповые процессы.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-1-94-103

Введение

Важной областью человеческой жизнедеятельности в наши дни является электроэнергетика. Растущие цены на энергоносители и возрастающая сложность энергосетей предъявляют все более высокие требования к системам управления электростанций всех видов, причем зачастую данные требования являются абсолютно новыми в сравнении с теми, что выдвигались 10 или 20 лет назад. В связи с этим создание имитационных моделей объектов управления и основанный на этих моделях синтез систем управления становятся все более и более важными задачами в рамках работ по проектированию систем энергоснабжения.

Поскольку одним из основных энергоносителей на настоящий момент является уголь, то задача эффективного управления прямоточным котлом, одним из основных элементов угольной электростанции, является актуальной. С точки зрения управления такой котел является многоканальным нелинейным объектом высокого порядка, разделенный на множество подсистем, для каждой из которых требуется своя система регулирования. Таким образом, система управления в целом имеет огромное число параметров, регуляторов, нелинейностей и возмущений.

В настоящей работе рассматривается только один элемент контура высокого давления системы подогрева пара – выходной нагреватель, модель которого зависит от режима работы и имеет нестационарный характер.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по государственному заданию № 2014/138, тема проекта «Новые структуры, модели и алгоритмы для прорывных методов управления техническими системами на основе наукоемких результатов интеллектуальной деятельности».

1. Описание объекта управления

Поддержание температуры пара на уровне заданной уставки является основной задачей выходного нагревателя системы подогрева пара. Схема подсистемы выходного нагревателя с исполнительным элементом (состоит из клапана и пароохладителя) изображена на рис. 1.

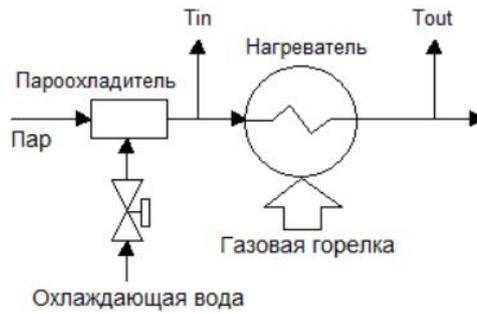


Рис. 1 – Функциональная схема нагревателя
 Fig. 1 – Functional scheme of superheater

Рассматриваемый объект управления может быть описан при помощи линеаризованной модели [1, 2], которая имеет только одну входную величину – позицию клапана (Δv) и две выходные – температуру пара на входе (ΔT_{in}) и выходе нагревателя (ΔT_{out}). Остальные величины являются внутренними, могут меняться в зависимости от уровня нагрузки котла, а в модели реализованы в виде нестационарных передаточных функций объекта управления (рис. 2). Таким образом, в каждом отдельно взятом режиме работы, определяемом текущим уровнем нагрузки, линеаризованная модель имеет различные параметры. В данной работе рассмотрены рабочие режимы с уровнями нагрузки 50 %, 70 %, 90 % и 100 %; обоснование такого выбора представлено в [3].

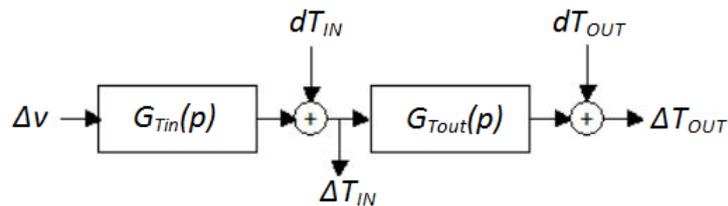


Рис. 2 – Структурная схема линеаризованной модели нагревателя
 Fig. 2 – Linearized model structure scheme

Величины dT_{in} и dT_{out} представляют собой влияние возмущения. Передаточные функции, составляющие объект управления, имеют следующий вид:

$$G_{Tin}(p) = \frac{k_{Tin}}{(T_{Tin1}p + 1)(T_{Tin2}p + 1)(T_{Tin3}p + 1)}, \tag{1}$$

$$G_{Tout}(p) = \frac{k_{Tout}}{(T_{Tout1}p + 1)(T_{Tout2}p + 1)(T_{Tout3}p + 1)}. \tag{2}$$

Численные значения параметров передаточных функций (1) и (2) в зависимости от выбранного уровня нагрузки Q приведены соответственно в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1 / Table 1

Значения параметров $G_{Tin}(p)$ при различных уровнях нагрузки
Numerical parameters $G_{Tin}(p)$ according to power load level

Q	k_{in}	T_{Tin1}	T_{Tin2}	T_{Tin3}
50 %	-118,7	1,69	1,82	3,8
70 %	-73,69	1,69	1,82	3,8
90 %	-48,99	1,69	1,82	3,8
100 %	-40,63	1,69	1,82	3,8

Таблица 2 / Table 2

Значения параметров $G_{Tout}(p)$ при различных уровнях нагрузки
Numerical parameters $G_{Tout}(p)$ according to power load level

Q	k_{out}	T_{Tout1}	T_{Tout2}	T_{Tout3}
50 %	1,0675	51,4641	51,2095	53,5572
70 %	1,1313	39	39	39
90 %	1,1723	28	28	28
100 %	1,1948	25	25	25

Линеаризованная модель нагревателя была исследована в прикладном пакете *MATLAB Simulink* [2]. Как видно из сравнения параметров $G_{Tin}(p)$ и $G_{Tout}(p)$, процессы во внутренней части объекта протекают существенно быстрее, чем во внешней. Учет эту особенность при формировании регулятора.

2. Постановка задачи управления

Требуется синтезировать систему управления для объекта (см. рис. 2), обеспечивающую выполнение заданных требований при ограниченном ресурсе управления. Поскольку исполнительным элементом в системе является клапан, то управляющее воздействие может изменяться только в диапазоне от 0 до 1. При этом к системе управления предъявляются следующие требования.

- Соответствие значения выходной переменной (температуры пара на выходе нагревателя) заданной уставке, т. е. температуре 575 °С.
- Работоспособность системы должна быть обеспечена для каждой выбранной рабочей точки, соответствующей определенному уровню нагрузки. Причем на период переходных процессов этот уровень нагрузки остается постоянным.
- Качество переходных процессов должно удовлетворять требованиям:

$$t_p \leq 1000c; \quad \sigma \leq 10 \%; \quad \delta \leq 5 \%; \quad (3)$$

где t_p – время процесса, σ – перерегулирование, δ – относительная статическая ошибка.

Кроме того, система должна обеспечивать подавление влияния возмущений на выходе системы в установившемся режиме.

3. Выбор регулятора

В силу наличия естественного разделения скорости протекания процессов в отдельных частях объекта управления, а также возможности измерения выходной переменной первого блока ΔT_{in} целесообразно организовать управление по каскадному принципу [4–6], с предварительной стабилизацией процессов во внутреннем контуре. Поскольку применение типовых регуляторов (даже с учетом их оптимизации [7]) не дает желаемого эффекта, то регулятор для каждого контура предлагается формировать на основе метода локализации [8, 9]. Суть этого метода заключается в использовании старшей производной выходного сигнала, что позволяет в каждый момент времени иметь в неявном виде информацию о переменных характеристиках объекта и внешних возмущениях.

Проведенные ранее исследования [10] показали, что применение простейшего закона управления в обоих контурах не позволяет удовлетворить требования по ограничению ресурса управления объекта. Это обусловлено низкой инерционностью управляющего контура и большим собственным коэффициентом усиления внешнего контура. Возможным решением является усложнение закона управления внешнего контура путем внесения дополнительного интегратора в замкнутую систему. Такая добавка позволяет достигать нулевой статической ошибки без применения большого коэффициента усиления внешнего контура, что позволяет избавиться от значительных колебаний управляющего воздействия на начальных этапах переходных процессов.

Таким образом, закон управления внешнего контура с добавкой интегратора, реализуемый регулятором $P_{\text{внешн}}$, имеет следующий вид:

$$u_{out} = \frac{k_{out}}{p} \left[F_{out}(r, \Delta T_{out}, \Delta \dot{T}_{out}, \Delta \ddot{T}_{out}) - \Delta \ddot{T}_{out} \right], \quad (4)$$

где k_{out} – коэффициент усиления регулятора; ΔT_{out} – выходная переменная, r – входное воздействие (уставка); $F_{out}(\cdot)$ – желаемое дифференциальное уравнение внешнего контура, формируемое с учетом требований к показателям качества процессов (3) при помощи выбора соответствующего корневого портрета [5].

Закон управления для внутреннего контура (регулятор $P_{\text{внутр}}$) имеет вид

$$u_{in} = k_{in} \left[F_{in}(u_{out}, \Delta T_{in}, \Delta \dot{T}_{in}, \Delta \ddot{T}_{in}) - \Delta \ddot{T}_{in} \right], \quad (5)$$

где k_{in} – коэффициент усиления регулятора внутреннего контура; желаемое уравнение $F_{in}(\cdot)$ формируется с учетом быстрогодействия, чтобы процессы во внутреннем контуре заканчивались, как минимум, на порядок быстрее, чем во внешнем.

4. Реализация системы управления

Как следует из алгоритмов управления (4) и (5), для их реализации необходимо оценивать в текущем времени производные выходных переменных каждого каскада управления (ΔT_{in} и ΔT_{out}). С этой целью будем использовать специальные устройства ($D\Phi_{\text{внутр}}$ и $D\Phi_{\text{внешн}}$), называемые дифференцирующими фильтрами [5, 6]. В результате схема двухкаскадной системы управления для выходного нагревателя прямоточного котла принимает вид, представленный на рис. 3.

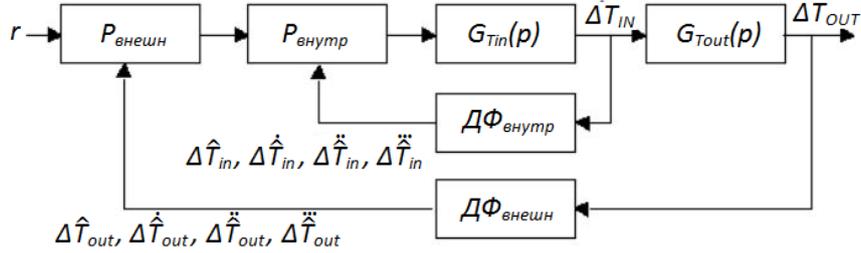


Рис. 3 – Функциональная схема замкнутой двухкаскадной системы

Fig. 3 – Functional scheme of closed two-cascaded loop

Дифференцирующие фильтры представляют собой линейные динамические звенья одинаковой структуры для каждого контура управления:

$$G_{in}(p) = \frac{\Delta \hat{T}_{in}}{\Delta T_{in}} = \frac{1}{\mu_{in}^3 p^3 + A_1 \mu_{in}^2 p^2 + B_1 \mu_{in} p + 1}, \quad (6)$$

$$G_{out}(p) = \frac{\Delta \hat{T}_{out}}{\Delta T_{out}} = \frac{1}{\mu_{out}^3 p^3 + A_2 \mu_{out}^2 p^2 + B_2 \mu_{out} p + 1}, \quad (7)$$

где $\Delta \hat{T}_{in}$ и $\Delta \hat{T}_{out}$ – оценки значения выходных переменных соответствующего контура управления; μ_{in} и μ_{out} – малые параметры, определяющие инерционности фильтров и точность оценки переменных; параметры A_i и B_i ($i = 1, 2$) выбираются из условия устойчивости возникающих в этом случае дополнительных быстрых процессов [5].

Реализуются дифференцирующие фильтры (6) и (7) на интеграторах, что позволяет получать оценки не только выходных переменных двух контуров, но и оценки производных $(\Delta \hat{T}_{in}, \Delta \dot{T}_{in}, \Delta \ddot{T}_{in})$ и $(\Delta \hat{T}_{out}, \Delta \dot{T}_{out}, \Delta \ddot{T}_{out})$, которые необходимы для реализации законов управления (4) и (5). В результате в замкнутой системе возникает несколько видов разнотемповых процессов, причем основные процессы по управлению во внешнем контуре являются медленными [6].

Для корректной работы системы следует подбирать параметры регуляторов и дифференцирующих фильтров таким образом, чтобы соблюдалось следующее разделение движений по скорости их протекания.

- Процессы в дифференцирующем фильтре внутреннего контура ($ДФ_{внутр}$) должны заканчиваться за сотни миллисекунд.
- Процессы во внутреннем контуре – за секунды.
- Процессы в дифференцирующем фильтре внешнего контура ($ДФ_{внешн}$) – за десятки секунд.
- Процессы во внешнем контуре нагревателя – за сотни секунд.

5. Результаты исследования замкнутой системы

В качестве основного режима работы для расчета параметров регуляторов использовался режим с уровнем нагрузки 50 %. Рассчитанные значения коэффициентов регуляторов (4) и (5) имеют соответственно значения $k_{out} = 2,64 \cdot 10^6$, $k_{in} = -2$. На основе требований (3) сформированы желаемые уравнения контуров в виде

$$\Delta \ddot{T}_{out} = -0,15\Delta \ddot{T}_{out} - 0,0075\Delta \dot{T}_{out} - 0,000125\Delta T_{out} + 0,000125r,$$

$$\Delta \ddot{T}_{in} = -3\Delta \ddot{T}_{in} - 3\Delta \dot{T}_{in} - \Delta T_{in} + u_{out}.$$

Параметры дифференцирующих фильтров (6) и (7) следующие: $\mu_{in} = 0,05$, $\mu_{out} = 1$, $A_1 = A_2 = 8$ и $B_1 = B_2 = 20$.

Результаты моделирования процессов в замкнутой системе при различных уровнях нагрузки представлены на рис. 4 и 5.

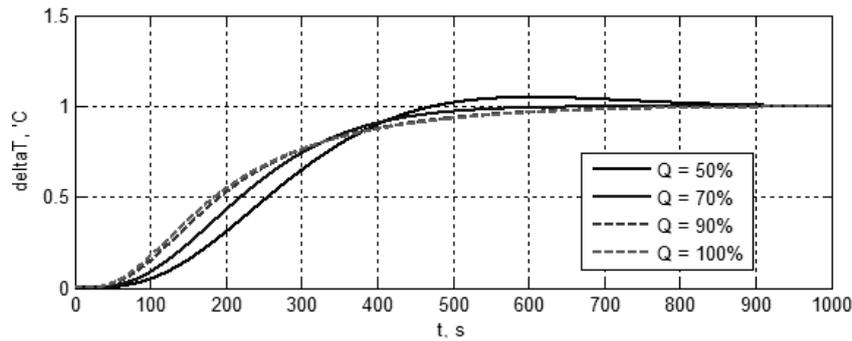


Рис. 4 – Графики изменения выходной переменной системы

Fig. 4 – Output variable curve of closed loop processes

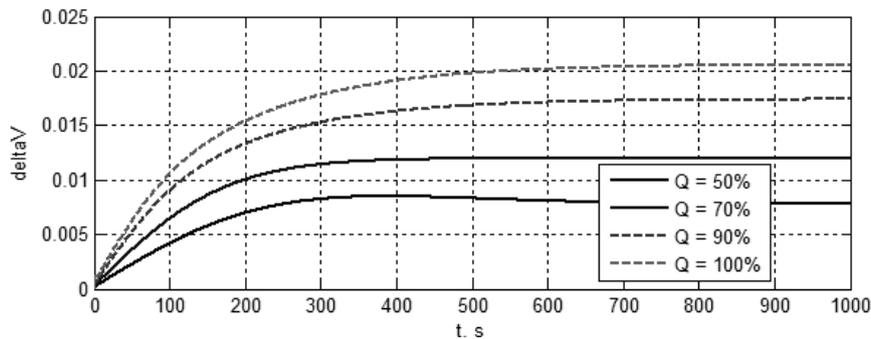


Рис. 5 – Графики изменения управляющего воздействия

Fig. 5 – Actuating variable curve of closed loop processes

Приведенные графики показывают, что применение каскадного управления на базе метода локализации с дополнительным интегратором во внешнем контуре позволяет удовлетворить требованиям, предъявляемым к замкнутой системе. На графике изменения выходной переменной ΔT_{out} видны различия в переходных процессах при различных уровнях нагрузки, однако все варианты удовлетворяют предъявляемым к замкнутой системе требованиям. При этом управляющее воздействие u_{out} не выходит за пределы ограниченного диапазона.

Результаты моделирования процессов в системе при действии линейно возрастающего возмущения ($dT_{out} = 0,05t$; $t \in [1000, 1100]$) в установившемся режиме представлены на рис. 6 и 7.

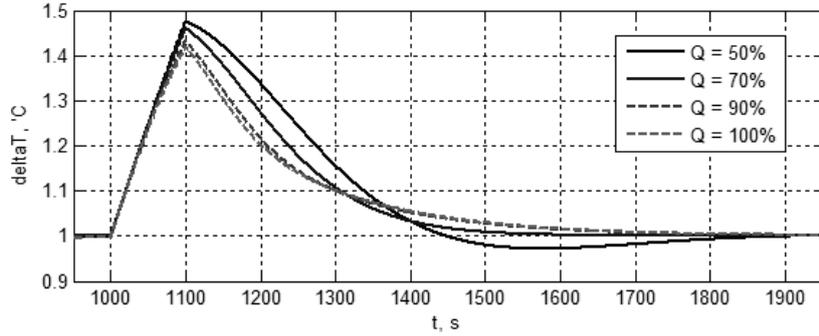


Рис. 6 – Изменение выходной переменной при наличии внешних возмущений
 Fig. 6 – Output variable curve of closed loop processes with disturbance addition

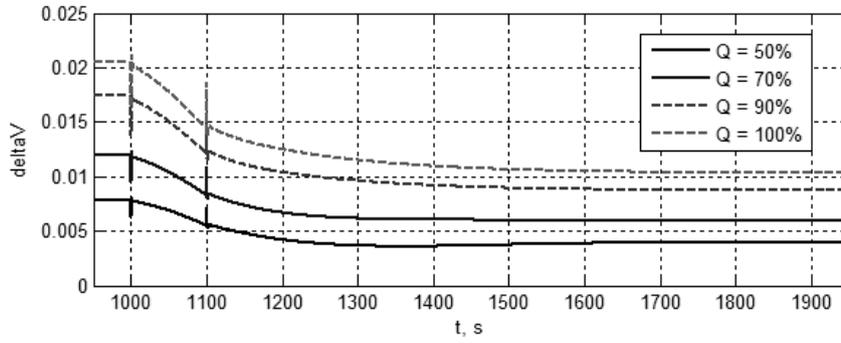


Рис. 7 – Графики изменения управляющего воздействия при наличии возмущения
 Fig. 7 – Actuating variable curve of closed loop processes with disturbance addition

Как видно, процессы в системе и при наличии возмущения удовлетворяют заданным требованиям. Действие возмущения приводит к возникновению дополнительных колебаний управляющего воздействия u_{out} .

На рис. 8 и 9 представлены результаты моделирования процессов в системе со ступенчатым изменением уровня нагрузки Q с 50 до 70 % в установившемся режиме.

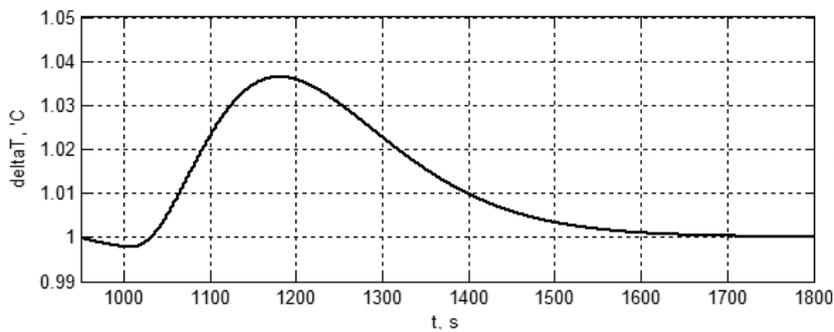


Рис. 8 – Влияние изменения нагрузки в установившемся режиме на выход
 Fig. 8 – Output variable with power load level change in steady state

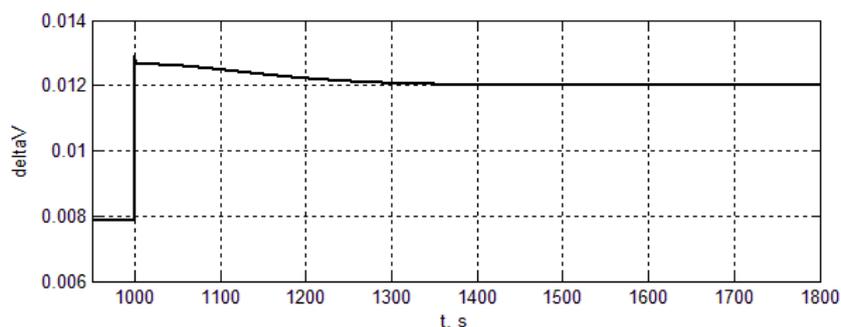


Рис. 9 – График изменения управляющего воздействия

Fig. 9 – Actuating variable curve of closed loop processes

Видно, что требования, предъявляемые к системе, выполняются и в этом случае. Полная отработка «скачка» выходной переменной занимает некоторое время, однако колебания ее значений являются незначительными.

Заключение

Проведенные исследования показали возможность реализации эффективного управления по каскадному принципу при условии измерения внутренней температуры пара в нагревателе. При этом в каждом контуре применяется свой регулятор сравнительно невысокого порядка, основанный на методе локализации. В соответствии с этим методом организованы обратные связи по производным (включая старшие производные выходных переменных), что обеспечило в неявном виде текущую информацию об объекте и подавление влияния внешних возмущений и нестационарных параметров внутри системы. Добавление интегратора в регулятор внешнего контура управления позволило уменьшить «броски» управления на начальном этапе и обеспечить астатические свойства системы.

Таким образом, рассчитанная двухкаскадная система управления для выходного нагревателя проточного котла угольной электростанции является работоспособной, полностью удовлетворяя всем предъявляемым требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hubka L., Modrlák O. The practical possibilities of steam temperature dynamic models application // Proceedings of the 13th International Carpathian Control Conference (ICCC 2012), 28–31 May 2012. – High Tatras, Slovakia, 2012. – P. 237–242. – doi: 10.1109/Carpathian CC.2012.6228646.
2. Opalka, J., Nahlovsky T. Continuously switched linearized models of the nonlinear on- through boiler model // Proceedings of the International Conference on Process Control (PC), 18–21 June 2013. – Strbske Pleso, Slovakia, 2013. – P. 263–267. – doi: 10.1109/PC.2013.6581420.
3. Hlava J., Hubka L., Tuma L. Multi model predictive control of a power plant heat exchanger network based on gap metric // Proceedings of the 16th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC 2012), 12–14 Oct. 2012. – Sinaia, Romania, 2012. – P. 497–502.
4. Никулин Г.Л., Французова Г.А. Система управления для электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2006. – № 10. – С. 16–21.
5. Kessler G. Ein Beitrag zur Theorie mehrschleifiger Regelungen // Regelungstechnik. – 1960. – Vol. 8, N 8. – P. 261–266.
6. Французова Г.А. Двухконтурные системы экстремального регулирования с формированием заданной динамики // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – № 5. – С. 7–11.
7. Zhmud V., Yadrishnikov O. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function // Proceedings of the 8th International Forum on Strategic

- Technology 2013 (IFOST–2013), 28 June–1 July, Mongolian University of Science and Technology. – Ulaanbaator, Mongolia: IEEE organized, 2013. – Vol. 2. – P. 265–270.
8. **Востриков А.С., Французова Г.А.** Теория автоматического управления. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 365 с.
 9. **Востриков А.С.** Синтез систем регулирования методом локализации: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 252 с.
 10. **Suvorov D.A., Frantsuzova G.A., Hubka L.** Nonlinear process control – once-through boiler // 12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE–2014), Novosibirsk, 2–4 Oct. 2014: proceedings. – Novosibirsk: NSTU Publ., 2014. – Vol. 1. – P. 701–709. – doi: 10.1109/APEIE.2014.7040778.

DESIGNING A CONTROL SYSTEM FOR THE OUTPUT SUPERHEATER OF THE ONCE-THROUGH BOILER AT THE COAL POWER PLANT

Suvorov D.A., Frantsuzova G.A., Vostrikov A.S.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

The paper presents an algorithm of designing a control system for the output superheater of the once-through boiler at the coal power plant. The suggested controller can be described by a set of linearized transfer functions whose parameters depend on the chosen operation mode. One of its features is a possibility to measure both output and intermediate steam temperatures of the superheater, which makes it possible to use the cascade control principle (2 cascades). The speed of transient processes in the inner and outer loops differs by two orders; therefore, controllers for these loops should be designed separately. Taking into account nonstationarity of the output superheater parameters, the localization method was used to design a controller for each cascade. This method implies providing derivative feedbacks; therefore, special devices for their evaluation were used. These devices are called derivation filters. Simulation results of closed loop control processes for different operation modes are presented.

Keywords: output superheater of the once-through boiler, localization method, cascade control, derivation filter, different rate processes.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-1-94-103

REFERENCES

1. Hubka L., Modrlak O. The practical possibilities of steam temperature dynamic models application. *Proceedings of the 13th International Carpathian Control Conference (ICCC 2012)*, High Tatras, Slovakia, 28–31 May 2012, pp. 237–242. doi: 10.1109/CarpathianCC.2012.6228646
2. Opalka J., Nahlovsy T. Continuously switched linearized models of the nonlinear once-through boiler model. *Proceedings of the International Conference on Process Control (PC 2013)*, Strbske Pleso, Slovakia, 18–21 June 2013, pp. 263–267. doi: 10.1109/PC.2013.6581420
3. Hlava J., Hubka L., Tuma L. Multi model predictive control of a power plant heat exchanger network based on gap metric. *Proceedings of the 16th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC 2012)*, Sinaia, Romania, 12–14 Oct. 2012, pp. 497–502.
4. Nikulin G.L., Frantsuzova G.A. Sistema upravleniya dlya elektromekhanicheskogo usilitelya rulevogo upravleniya avtomobilya [Control system for electromechanical power steering of motorcar]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie – Mechatronics, Automation, Control*, 2006, no. 10, pp. 16–21.
5. Kessler G. Ein Beitrag zur theorie mehrschleifiger regelungen. *Regelungstechnik*, 1960, vol. 8, no. 8, p. 261–266.
6. Frantsuzova G.A. Dvukhkonturnye sistemy ekstremal'nogo regulirovaniya s formirovaniem zadannoi dinamiki [Two-contour systems of extreme control with formation of given dynamics]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie – Mechatronics, Automation, Control*, 2008, no. 5, pp. 7–11.
7. Zhmud V., Yadrishnikov O. Numerical optimization of PID-regulators using the improper moving detector in cost function. *Proceedings of the 8th International Forum on Strategic Technology (IFOST–2013)*, 28 June–1 July, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaator, Mongolia, IEEE organized, 2013, vol. 2, pp. 265–270.

8. Vostrikov A.S., Frantsuzova G.A. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya* [Automatic control theory]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2003. 365 p.
9. Vostrikov A.S. *Sintez sistem regulirovaniya metodom lokalizatsii* [Synthesis of control systems by the localization method]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2007. 252 p.
10. Suvorov D.A., Frantsuzova G.A., Hubka L. Nonlinear process control – once-through boiler. *Proceedings of 12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE–2014)*, Novosibirsk, NSTU Publ., 2–4 Oct. 2014, vol. 1, pp. 701–709. doi: 10.1109/APEIE.2014.7040778

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Суворов Дмитрий Алексеевич – родился в 1991 году, аспирант кафедры автоматике Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: синтез регуляторов для объектов с нестационарными параметрами. Опубликовано 2 научных работы. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. Email: oknorbl@yandex.ru).

Suvorov Dmitry Alekseevich (b. 1991) – a postgraduate of the Automation department in the Novosibirsk State Technical University, His research interests are currently focused on controllers design for nonstationary plants. He is author of 2 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: oknorbl@yandex.ru).



Французова Галина Александровна – д-р техн. наук, профессор кафедры автоматике Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: методы анализа и синтеза нелинейных систем управления с нестационарными параметрами. Опубликовано 197 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. Email: frants@ac.cs.nstu.ru).

Frantsuzova Galina Aleksandrovna – Doctor of Sciences (Eng.), Professor of the Automation Department in the Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on the analysis and design methods for nonlinear control systems with nonstationary parameters. She is author of 197 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: frants@ac.cs.nstu.ru).



Востриков Анатолий Сергеевич – д-р техн. наук, профессор кафедры автоматике Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: методы анализа и синтеза нелинейных систем управления с нестационарными параметрами. Опубликовано 268 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. Email: vostrikov@sintez.nstu.ru).

Vostrikov Anatoly Sergeevich – Doctor of Sciences (Eng.), Professor of the Automation Department in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on the analysis and design methods for nonlinear control systems with nonstationary parameters. He is author of 268 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: vostrikov@sintez.nstu.ru).

*Статья поступила 12 января 2015 г.
Received January 12, 2015*

To Reference:

Suvorov D.A., Frantsuzova G.A., Vostrikov A.S. Sintez sistema upravleniya vykhodnym nagrevatelem pryamotochnogo kotla ugol'noi elektrostantsii [Designing a control system for the output superheater of the once-through boiler at the coal power plant]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2015, no. 1 (26), pp. 94–103. doi: 10.17212/1727-2769-2015-1-94-103