

Ильюшин Юрий Валерьевич

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ
КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА**

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/4/29.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по данному вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 4 (59). С. 97-103. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/4/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Список литературы

1. Арнольд И. В. Основы научных исследований в лингвистике. М.: Высшая школа, 1991.
2. Борозенец Г. К. Формирование иноязычной коммуникативной компетенции будущих специалистов: интегрированный подход. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2003.
3. Миролюбов А. А. История отечественной методики обучения иностранным языкам. М.: Ступени, 2002.
4. Щукин А. Н. Обучение иностранным языкам: теория и практика: учебное пособие для преподавателей и студентов. М.: Филоматис, 2004.

УДК 681.5

Технические науки

Юрий Валерьевич Ильюшин

Пятигорский государственный гуманитарно-технологический университет

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА[©]

Техническим устройством, призванным поддерживать заданный диапазон температур в туннельной печи конвейерного типа, служит автоматический регулятор. Для выполнения поставленной задачи регулятор формирует управляющее воздействие, призванное компенсировать влияние возмущений на режим работы системы [3].

На Рис. 1 приведена схема САР температуры в туннельной печи конвейерного типа для обжига кирпича.

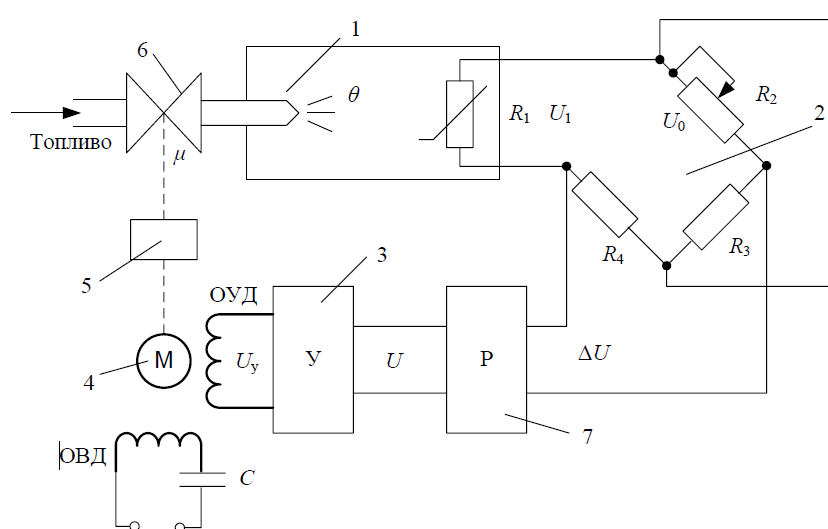


Рис. 1. Схема САР: 1 - печь; 2 - измерительная мостовая схема; 3 - дифференциальный магнитный усилитель; 4 - двухфазный электродвигатель; 5 - редуктор; 6 - клапан; 7 - регулятор

В данной системе туннельная печь представляет собой объект регулирования, регулируемой величиной которого является температура θ , а регулирующим (управляющим) воздействием - линейное перемещение клапана μ , от величины которого зависит количество топлива, подаваемого в форсунку (количество теплоты). Внешним возмущающим воздействием f является совокупность разнообразных факторов: исходной влажности, температуры обжигаемого кирпича, изменения температуры и влажности атмосферного воздуха. При исследовании системы можно ограничиться учетом влияния на объект регулирования исходной влажности кирпича, рассматривая ее как основное возмущающее воздействие. Мостовая схема сравнивает напряжение U_1 , пропорциональное температуре в туннельной печи конвейерного типа θ , с задающим напряжением U_0 , т.е. она помимо функций задающего органа (ЗО) выполняет функции сравнивающего органа (элемента). Напряжение разбаланса мостовой схемы ΔU (сигнала рассогласования) подается на регулятор (Р), синтез которого необходимо выполнить в работе [2]. Управляющее воздействие U усиливается усилителем (У), выходное напряжение которого управляет исполнительным двигателем (М). Последний через редуктор перемещает клапан, т.е. изменяет регулирующее воздействие μ , на входе объекта регулирования.

Динамические свойства объекта регулирования и элементов САР описываются следующими уравнениями [1]:

$$T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_0 \mu - k_1 f \quad \text{- объект регулирования.}$$

$$U = k_2 \theta \quad \text{- датчик температуры.}$$

$$T_1 \frac{dU_y}{dt} + U_y = k_3 U \quad \text{- магнитный усилитель.}$$

$$\Delta U = U_0 - U_1 \quad \text{- сравнивающий орган.}$$

$$T_2 \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_4 U \quad \text{- исполнительный двигатель с редуктором и клапаном.}$$

Здесь T_0, T_1, T_2 - постоянные времени, с; θ - значение температуры в печи, °C; k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 - коэффициенты передачи; μ - линейное перемещение клапана, см; f - возмущающее воздействие на объекте регулирования; U_1 - падение напряжения на терморезисторе, В; U_0 - падение напряжения на задающем резисторе R_2 , В; ΔU - сигнал разбаланса мостовой схемы (сигнал рассогласования), В; U_y - напряжение на выходе усилителя, В [5]. Значения параметров САР указаны в Табл. 1. Выходное напряжение магнитного усилителя ограничено уровнем 200 В [Там же]. Заданное значение температуры в туннельной печи конвейерного типа 950°C.

Таблица. Основные параметры САР

T_0	k_0	k_1	k_2	k_3	T_2	k_4	f	T_1	ν	σ
с	$\frac{^\circ\text{C}}{\text{см}}$	$\frac{^\circ\text{C}}{\%}$	$\frac{\text{В}}{^\circ\text{C}}$	-	с	$\frac{\text{см}}{\text{В} \cdot \text{с}}$	%	с	%	%
4,5	10	15	1,4	2	0,026	0,01	45	0,06	0,5	30

Согласно описанию системы, уравнение, описывающее объект управления имеет вид:

$$T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_0 \mu - k_1 f$$

Преобразуем уравнение, приняв $\frac{d}{dt} = p$:

$$(T_0 p + 1)\theta = k_0 \mu - k_1 f$$

Тогда собственный оператор имеет вид:

$$Q(p) = T_0 p + 1$$

Оператор воздействия по входу μ :

$$P_1(p) = k_0$$

Оператор воздействия по входу f :

$$P_2(p) = -k_1$$

Тогда передаточная функция по входу μ принимает вид:

$$W_{\text{об}}(p) = \frac{P_1(p)}{Q(p)} = \frac{k_0}{T_0 p + 1}$$

а передаточная функция по возмущающему воздействию:

$$W_{\text{воз}}(p) = \frac{P_2(p)}{Q(p)} = -\frac{k_1}{T_0 p + 1}$$

Согласно описанию системы, уравнение, описывающее магнитный усилитель имеет вид:

$$T_1 \frac{dU_y}{dt} + U_y = k_3 U$$

Преобразуем уравнение, приняв $\frac{d}{dt} = p$:

$$(T_1 p + 1)U_y = k_3 U$$

Тогда собственный оператор имеет вид:

$$Q(p) = T_1 p + 1$$

Оператор воздействия по входу U :

$$P(p) = k_3$$

Тогда передаточная функция по входу U принимает вид:

$$W_{\mu y}(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{k_3}{T_1 p + 1}$$

Согласно описанию системы, уравнение, описывающее исполнительный двигатель с редуктором и клапаном имеет вид [4]:

$$T_2 \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_4 U$$

Преобразуем уравнение, приняв $\frac{d}{dt} = p$:

$$(T_2 p^2 + p)\mu = k_4 U$$

Тогда собственный оператор имеет вид:

$$Q(p) = T_2 p^2 + p$$

Оператор воздействия по входу U :

$$P(p) = k_4$$

Тогда передаточная функция по входу U принимает вид:

$$W_{\text{двиг}}(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{k_4}{T_2 p^2 + p}$$

Согласно описанию системы, уравнение, описывающее исполнительный двигатель с редуктором и клапаном имеет вид [19]:

$$U = k_2 \theta$$

Преобразуем уравнение, приняв $\frac{d}{dt} = p$:

$$U = k_2 \theta$$

Тогда собственный оператор имеет вид:

$$Q(p) = 1$$

Оператор воздействия по входу θ :

$$P(p) = k_2$$

Тогда передаточная функция по входу U принимает вид:

$$W_{\theta}(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{k_2}{1}$$

Передаточная функция системы по управляющему воздействию в разомкнутом виде:

$$W_{u\theta p}(p) = W_{\mu y} W_{\text{двиг}} W_{\theta} = \frac{k_0 k_3 k_4}{(T_1 p + 1)(T_2 p^2 + p)(T_0 p + 1)} = \frac{k_0 k_3 k_4}{T_1 T_2 T_0 p^4 + (T_2 T_0 + T_1 T_2 + T_1 T_0) p^3 + (T_2 + T_0 + T_1) p^2 + p}$$

В замкнутом виде:

$$W_{u\theta z}(p) = \frac{W_{u\theta p}}{1 - W_{\text{конт}}}$$

$$W_{\text{конт}}(p) = -W_{\mu y} W_{\text{двиг}} W_{\theta} W_{\theta} = -W_{\theta} W_{u\theta p} = -\frac{k_0 k_2 k_3 k_4}{T_1 T_2 T_0 p^4 + (T_2 T_0 + T_1 T_2 + T_1 T_0) p^3 + (T_2 + T_0 + T_1) p^2 + p}$$

$$W_{u\theta z}(p) = \frac{k_0 k_3 k_4}{T_1 T_2 T_0 p^4 + (T_2 T_0 + T_1 T_2 + T_1 T_0) p^3 + (T_2 + T_0 + T_1) p^2 + p + k_0 k_2 k_3 k_4}$$

Передаточная функция системы по возмущающему воздействию в разомкнутом виде [6-8; 17]:

$$W_{f\theta p}(p) = W_{\text{воз}} = -\frac{k_1}{T_0 p + 1}$$

В замкнутом виде:

$$W_{f\theta z}(p) = \frac{W_{f\theta p}(p)}{1 - W_{\text{конт}}(p)}$$

$$W_{\text{конт}}(p) = -W_{\mu y} W_{\text{двиг}} W_{\theta} W_{\theta} = -W_{\theta} W_{u\theta p} = -\frac{k_0 k_2 k_3 k_4}{T_1 T_2 T_0 p^4 + (T_2 T_0 + T_1 T_2 + T_1 T_0) p^3 + (T_2 + T_0 + T_1) p^2 + p}$$

$$W_{f\theta z}(p) = -\frac{k_1 (T_1 T_2 p^3 + (T_2 + T_1) p^2 + p)}{T_1 T_2 T_0 p^4 + (T_2 T_0 + T_1 T_2 + T_1 T_0) p^3 + (T_2 + T_0 + T_1) p^2 + p + k_0 k_2 k_3 k_4}$$

Попытаемся поредеть значения коэффициента усилителя. В том случае, когда имеются варьируемые параметры, корни характеристического уравнения системы зависят от этих параметров, и пространство параметров можно разбить на области, которым соответствует фиксированное количество левых корней.

Поэтому для определения зависимости устойчивости системы от значений данного параметра воспользуемся методом D-разбиения [9-13; 18; 20; 21].

Уравнение замкнутой системы без регулятора имеет вид:

$$W_{\text{отз}}(p) = \frac{k_0 k_3 k_4}{T_1 T_2 T_0 p^4 + (T_2 T_0 + T_1 T_2 + T_1 T_0) p^3 + (T_2 + T_0 + T_1) p^2 + p + k_0 k_2 k_3 k_4}$$

Обозначим коэффициент усилителя (k_3) как μ и подставим в передаточную функцию по управляющему воздействию коэффициенты из Табл. 1:

$$W_{\text{отз}}(p) = \frac{0,1\mu}{0,00702p^4 + 0,38856p^3 + 4,586p^2 + p + 0,14\mu}$$

Составим характеристический полином замкнутой системы:

$$Q(\lambda) = 0,00702\lambda^4 + 0,38856\lambda^3 + 4,586\lambda^2 + \lambda + 0,24\mu$$

Из-за того, что корни переходят из одной полуплоскости в другую через мнимую ось, уравнение кривой D-разбиения получаем из характеристического уравнения $Q(\lambda) = 0$, подставляя в него $\lambda = i\omega$:

$$Q(i\omega) = 0,00702(i\omega)^4 + 0,38856(i\omega)^3 + 4,586(i\omega)^2 + (i\omega) + 0,24\mu = 0$$

Разрешив это уравнение относительно комплексного параметра:

$$\bar{\mu} = \mu + i\mu'$$

получим:

$$\mu = -0,3\omega^4 + 19,11041667\omega^2$$

$$\mu' = 1,679416667\omega^3 - 4,166666667\omega$$

Проведем компьютерное моделирование в среде *MatLab*, для этого составим программу, для построения кривой D-разбиения. Код программы:

```
mu=[]; mu1=[];
omega=0; i=1;
while omega < 1000
mu(i)=-0.3*omega^4+19.11041667*omega^2;
mu1(i)=1.679416667*omega^3-4.166666667*omega;
omega=omega+0.01;
i=i+1;
end
plot(mu,mu1,mu,-mu1),grid on
```

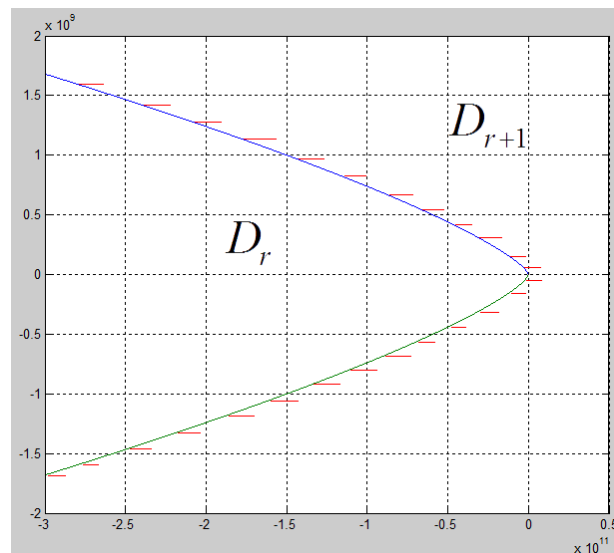


Рис. 2. График кривой D-разбиения

Как видно из Рис. 2 система устойчива при $\mu(0; +\infty)$. Приняв коэффициент усиления $\mu = 5$, проведем анализ на устойчивость по критерию Гурвица [14-16; 22]:

$$Q(\lambda) = 0,00702\lambda^4 + 0,38856\lambda^3 + 4,586\lambda^2 + \lambda + 1,2$$

Так как все коэффициенты ($a_0 = 0,0702, a_1 = 0,38856, a_2 = 4,586, a_3 = 1, a_4 = 1,2$) положительны, то необходимое условие устойчивости выполняется. В соответствии с условием [5] достаточно вычислить определитель Δ_3 :

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,38856 & 1 & 0 \\ 0,0702 & 4,586 & 1,2 \\ 0 & 0,38856 & 1 \end{vmatrix} = 1,530561512 > 0$$

Следовательно, замкнутая система устойчива. Теперь проведем анализ на устойчивость при коэффициенте $\mu = -1$:

$$Q(\lambda) = 0,00702\lambda^4 + 0,38856\lambda^3 + 4,586\lambda^2 + \lambda - 0,24$$

Так как коэффициент $a_4 < 0$, то необходимое условие устойчивости не выполняется, следовательно, при коэффициенте $\mu = -1$ система неустойчива. Таким образом, подтверждено, что система устойчива при значениях коэффициента $\mu(0; +\infty)$.

Расчет параметров регулятора

Передаточная функция системы в замкнутом виде:

$$W_{\text{ззп}} = \frac{0,2}{0,00702p^4 + 0,38856p^3 + 4,586p^2 + p}$$

Для того чтобы решить задачу синтеза, а именно чтобы перерегулирование не превышало 30% и ошибка как по управляющему, так и по возмущающему воздействиям была равна нулю, необходимо взять в качестве нормированную ПФ, ПФ с астатизмом третьего порядка, так как она должна обеспечивать наши требования. Порядок астатизма 3, т.е. $\nu = 3$ и наш объект содержит одно интегрирующее звено, т.е. $\nu_0 = 1$, получаем, что степень астатизма будет равна

$$r = 3 - 1 = 2$$

Возьмём полином знаменателя шестой степени.

$$G_6(q) = q^6 + 36q^5 + 251q^4 + 485q^3 + 251q^2 + 26q + 1$$

Желаемая функция принимает вид:

$$W_n(q) = \frac{1}{q^6 + 36q^5 + 251q^4 + 485q^3 + 251q^2 + 26q + 1}$$

Числитель и знаменатель передаточной функции объекта раскладываются на множители:

$$W_{\text{об}}(s) = \frac{P(s)}{R(s)} = \frac{P^-(s)P^+(s)}{R^-(s)R^+(s)}$$

Полиномы с левыми нулями:

$$P^-(s) = 1, R^-(s) = 0,00702s^3 + 0,38856s^2 + 4,586s + 1$$

Полиномы с правыми и нейтральными нулями:

$$P^+(s) = 0,2, R^+(s) = s$$

Степени всех полиномов равны:

$$n_G = 6, n_{p^-} = 0, n_{p^+} = 0, n_{R^-} = 3, n_{R^+} = 1$$

Условия разрешимости принимают вид:

$$\begin{cases} n_G \leq n_M + n_N + 1 \\ n_G = n_{R^+} + n_N + r \\ n_{R^-} + n_M \leq n_{p^-} + n_N + r \end{cases} \begin{cases} 6 \leq n_M + 3 + 1 \\ 6 = 1 + n_M + 2 \\ 3 + n_M \leq 0 + 3 + 2 \end{cases} \begin{cases} n_M \geq 2 \\ n_N = 3 \\ n_M \leq 2 \end{cases}$$

Этим условиям удовлетворяют $n_N = 3, n_M = 2$, соответственно:

$$N(s) = a_0s^3 + a_1s^2 + a_2s + a_3, \quad M(s) = b_0s^2 + b_1s + b_2$$

При подстановке этих полиномов в полиномиальное уравнение, оно принимает вид:

$$0,2(b_0s^2 + b_1s + b_2) + s^3(a_0s^3 + a_1s^2 + a_2s + a_3) = q^6 + 36q^5 + 251q^4 + 485q^3 + 251q^2 + 26q + 1$$

Приравняв коэффициенты при одинаковых степенях, получаем:

$$a_0 = 1, \quad b_0 = 1255,$$

$$a_1 = 36, \quad b_1 = 130,$$

$$a_2 = 251, \quad b_2 = 5.$$

$$a_3 = 485,$$

Отсюда:

$$N(s) = s^3 + 36s^2 + 251s + 485, \quad M(s) = 1255s^2 + 130s + 5$$

Подставляя эти полиномы, а также $P^-(s)$ и $R^-(s)$ в $W_p(s) = \frac{R^-(s)M(s)}{P^-(s)N(s)s^r}$, получим передаточную функцию регулятора:

$$W_p(s) = \frac{8,81010s^5 + 488,55540s^4 + 5805,97790s^3 + 1853,12280s^2 + 152,930s}{s^5 + 36s^4 + 251s^3 + 485s^2}$$

Составим модель системы в пакете *Simulink*:

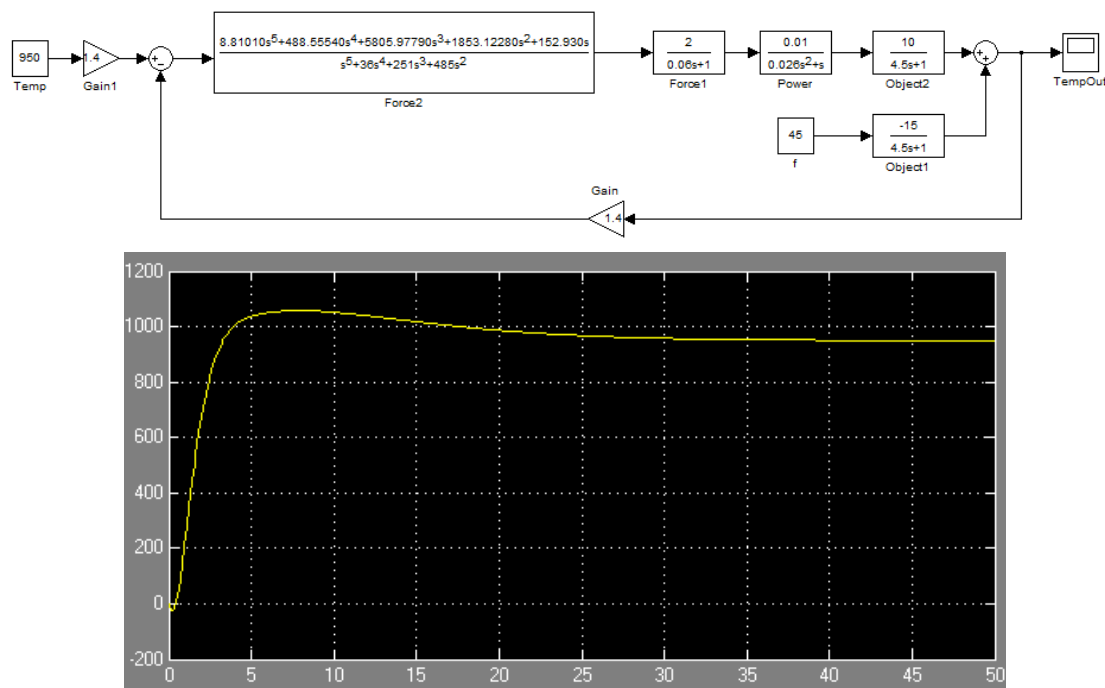


Рис. 3. Управляющее воздействие = 950, возмущающее воздействие = 45

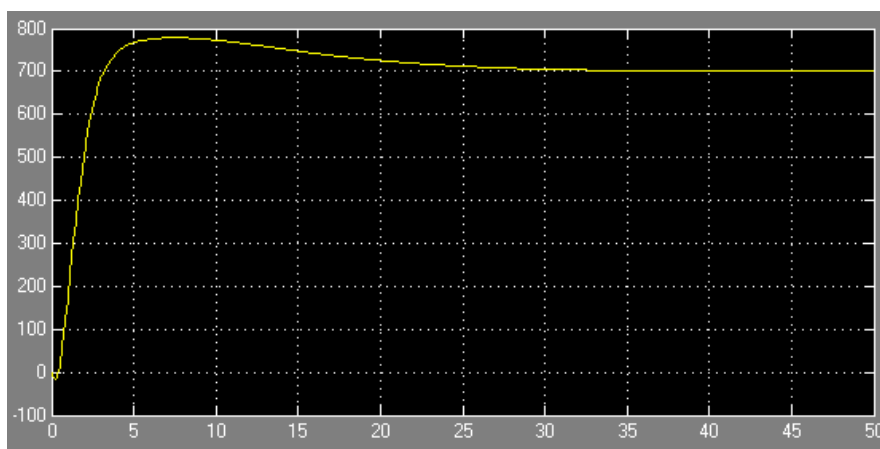


Рис. 4. Управляющее воздействие = 700, возмущающее = 30

Анализируя результаты моделирования замкнутой системы в различных режимах, мы можем сказать, что скоростная и позиционная ошибки равны нулю, перерегулирование не превышает 30%. Синтезированный нами регулятор обеспечивает предъявляемые к нему требования.

Список литературы

1. Веселов Г. Е. Компьютерное управление техническими объектами: учебное пособие. Таганрог, 2008.
2. Веселов Г. Е. Синергетический синтез иерархических взаимосвязанных робототехнических комплексов // Синергетика и проблемы теории управления / под ред. А. А. Колесникова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. С. 268-287.
3. Веселов Г. Е., Колесников А. А. Аналитическое конструирование векторных законов управления асинхронными электроприводами // Известия ТРТУ. 1999. № 2 (12). С. 58.
4. Веселов Г. Е., Колесников А. А. Синергетическое управление нелинейными электроприводами - III: векторное управление асинхронными электроприводами // Известия вузов. Электромеханика. 2006. № 2. С. 25-36.
5. Веселов Г. Е., Колесников А. А. и др. Синергетические методы управления сложными системами: механические и электромеханические системы. М.: КомКнига, 2006.
6. Ильюшин Ю. В. Излучение // Актуальные вопросы современной науки: сборник научных трудов: в 2-х ч. / под общ. ред. С. С. Чернова. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2011. Ч. 1. Вып. 17. С. 214-223.

7. **Ильюшин Ю. В.** Инновационное развитие производства строительной керамики и фарфора // Актуальные проблемы развития профессионального образования в современных социально-экономических условиях: материалы всероссийской научно-практической конференции. Кисловодск: Тьютор, 2011. С. 101-104.
8. **Ильюшин Ю. В.** Исследование запаса устойчивости систем автоматического управления // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 1 (56). С. 26-37.
9. **Ильюшин Ю. В.** Математическая модель одномерного объекта управления с дискретно расположенными импульсными нагревательными элементами // Перспективные вопросы мировой науки - 2011: материалы VII международной научно-практической конференции. София, 2011. Т. 27. Физика. Математика. С. 43-46.
10. **Ильюшин Ю. В.** Основы теплопроводности твердых тел // Наука и инновации. Новые информационные технологии. Архитектура и строительство: материалы VII международной научно-практической конференции. Перемышль, 2011. Т. 15. Физика. Математика. С. 8-12.
11. **Ильюшин Ю. В.** Параметрический синтез управляющих воздействий для стабилизации температурного поля изотропного стержня // Системный синтез и прикладная синергетика: 4-я международная научная конференция: сб. докладов. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. С. 205-212.
12. **Ильюшин Ю. В.** Поведение теплового поля на основе функции Грина в релейной системе управления // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2011. № 3 (46). С. 78-87.
13. **Ильюшин Ю. В.** Применение функции Грина к уравнению Шредингера для исследования волновых процессов // Дни науки: научные труды. Пятигорск: Технологический университет, 2010. № 33. Ч. 4. С. 19-21.
14. **Ильюшин Ю. В.** Синтез управляющих воздействий на основе импульсных переходных функции // Наука и образование без границ - 2011: материалы VII международной научно-практической конференции. Перемышль, 2011. Т. 29. Технические науки. Физика. С. 97-102.
15. **Ильюшин Ю. В.** Стабилизация температурного поля в пространственно двухмерном объекте на основе функции Грина // Перспективы развития информационных технологий: сборник материалов 2-й ежегодной всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2011. С. 45-49.
16. **Ильюшин Ю. В.** Стабилизация температурного поля на основе функции Грина // Управление и информационные технологии: межвузовский сборник. Пятигорск: РИА-КМВ, 2010. С. 61-65.
17. **Ильюшин Ю. В., Чернобай О. С.** Метод А. М. Ляпунова по исследованию устойчивости нелинейных систем // Системный синтез и прикладная синергетика: международная научная конференция: сб. докладов. Пятигорск: РИА-КМВ, 2009. С. 212-215.
18. **Ильюшин Ю. В., Чернобай О. С.** Методы анализа устойчивости линейных и линеаризованных систем // Дни науки: научные труды. Пятигорск: Технологический университет, 2010. № 33. Ч. 4. С. 21-25.
19. **Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б.** Анализ устойчивости распределенной системы с релейным принципом управления // Анализ и прогнозирование систем управления: труды XI международной научно-практической конференции. СПб., 2010. С. 413-417.
20. **Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б.** Математическая модель распределенной системы с дискретным управлением // Перспективы развития информационных технологий: сборник материалов 2-й ежегодной всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2010. С. 135-139.
21. **Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б.** Нахождение функции начального нагрева двухмерного объекта управления // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2010. № 8 (39). С. 52-56.
22. **Kolesnikov A., Veselov G., Monti A., Ponci F., Santi E., Dougal R.** Synergetic Synthesis of DC-DC Boost Converter Controllers: Theory and Experimental Analysis // IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition: proceedings. Dallas, TX, 2002.

УДК 681.5

Технические науки

*Юрий Валерьевич Ильюшин, Алена Леонидовна Кравцова, Михаил Максимович Мардоян
Пятигорский государственный гуманитарно-технологический университет*

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ[©]

Важнейшей задачей анализа динамических систем управления является решение вопроса об их устойчивости. Техническое понятие устойчивости систем автоматического управления отражает свойство технической системы не только стабильно работать в нормальных режимах, но и «не уходить вразнос». При отклонении всевозможных параметров системы от номинала и влиянии на систему дестабилизирующих воздействий, т.е. способности системе возвращаться к равновесному состоянию, из которого она выводится возмущающими или управляющими воздействиями. Устойчивость системы - техническое требование в ряду более сложных требований, связанных с показателями качества и точности системы автоматического управления (САУ).

Понятие устойчивости системы. Система находится в состоянии равновесия, если при отсутствии воздействия на систему возмущающих факторов ошибка регулирования (разность между заданным и фактическим состоянием системы) стремится к нулю. Под устойчивостью понимается способность динамической системы возвращаться в равновесное состояние после окончания действия возмущения, нарушившего это равновесие.

[©] Ильюшин Ю. В., Кравцова А. Л., Мардоян М. М., 2012