

Отсюда видно, что $U(x)$ имеет квадратичный вид. При этом сечение находящихся на участке $0 < x \leq L$ перемещается в направлении ОХ.

Естественно, защемленные концы не перемещаются, т.е. $U(x=0)=U(x=L)=0$.

Заключение. На основе фундаментальных законов сохранения энергии разработан вычислительный алгоритм и метод исследования установившегося термо-физического состояния теплоизолированного стержня ограниченной длины при одновременной наличии теплового потока и теплообмена. Выявлено, что законы распределения температуры, упругих и температурных составляющих будут линейными. В то время значения термоупругой составляющей деформации и напряжения будут постоянными. Закон распределения перемещения будет иметь квадратичный характер, и все сечения стержня будет перемещается слева в право если $q \leq 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1 Tashenova Zh.M., Nurlybaeva E.N., Kudaykulov, A., Zhumadillaeva A.K. Numerical study of established thermo-mechanical state of rods of limited length, with the presence of local heat flows, temperatures, heat insulation and heat transfer // Advanced Science Letters. .-№ 19.- P.2395-2397.

2 Tashenova Zh.M., Nurlybaeva E.N., Kudaykulov A. Developing a Computational Modeling Algorithm for Thermostressed Condition of Rod made of Heat-resistant Material ANB-300 type // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 19. – P. 4562-4566.

3 Nicolas X., Benzaoui A., Xin S. Numerical simulation of thermoconvective flows and more uniform depositions in a cold wall rectangular APCVD reactor // J. Cryst. Growth. – 2008. – № 1(310). – P.174-186.

4 Chen W.R. A numerical study of laminar free convection heat transfer between inner sphere and outer vertical cylinder // Int. J. Heat and Mass Transfer. – 2007. – № 13-14(50). – P. 2656-2666.

СТАБИЛИЗАЦИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ИНТЕРВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНО-РОБАСТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ

*И.В. Хожяев, С.А. Гайворонский, Т.А. Езангина
(г. Томск, Томский политехнический университет)
e-mail: khozhaev.i@gmail.com, saga@tpu.ru, eza-tanya@yandex.ru*

ADAPTIVELY-ROBUST OSCILLATORY TRANSIENT PROCESS STABILIZATION BY PLACING INTERVAL CONTROL SYSTEM POLES

*I.V. Khozhaev, S.A. Gayvoronskiy, T.A. Ezangina
(Tomsk, Tomsk polytechnic university)*

The paper is dedicated to a development of an adaptive control system synthesis method. The aim of the research is to develop a method of synthesizing an adaptive controller capable to keep stable oscillatory transient process with desired quality despite system's uncertainties. The newly developed method, in which the research resulted, is based on a previously developed robust control system synthesis method and system poles allocation according to a domination principle. The method allows to synthesize a system with an oscillatory transient process, having constant setting time and an oscillation degree despite interval parameters.

Keywords: control system, adaptive control, robust control, interval parameter, system pole, domination principle, oscillatory transient process.

Введение. Адаптивно-робастный подход к размещению полюсов систем с интервальными параметрами позволяет одновременно учесть неопределенность параметров системы и точно задать желаемое качество регулирования. Разработаем методику синтеза адаптивно-робастного регулятора, обеспечивающего в интервальной системе колебательный переходный процесс с постоянными значениями показателей качества.

Вывод основных соотношений. Для обеспечения колебательного переходного процесса необходимо зафиксировать в желаемом положении два доминирующих комплексно-сопряженных полюса, а остальные разместить левее доминирующих. Пусть передаточная функция объекта управления имеет вид: $W(s, \bar{p}) = (\sum_{i=0}^n p_i \cdot s^i)^{-1}$, где p – интервальные параметры системы, n – порядок системы. Интервальный характеристический полином системы с таким объектом управления, ПИД-регулятором и единичной главной обратной связью можно представить в виде: $D(s) = A(s, s_1, s_2) \cdot B(s, \bar{K}, \bar{q}) + R(s, \bar{K}, \bar{q})$, где $s_{1,2}$ – комплексно-сопряженные полюсы системы, определяющие качество переходного процесса; \bar{K} – вектор параметров регулятора; \bar{q} – вектор интервальных параметров системы. При этом полином $A(s, s_1, s_2)$ определяет положение доминирующих полюсов; полином $B(s, \bar{K}, \bar{q})$, являющийся результатом деления $D(s)$ на $A(s, s_1, s_2)$, определяет положение всех прочих полюсов; $R(s, \bar{K}, \bar{q})$ – остаток от этого деления. Таким образом, задача расположения сводится к обеспечению равенства $R(s, \bar{K}, \bar{q})$ нулю и обеспечению гарантированной степени устойчивости $B(s, \bar{K}, \bar{q})$. Коэффициенты свободного полинома и остаток можно рассчитать по выражениям:

$$[b_i] = [a_{i+2}] + [x] \cdot [b_{i+1}] - [y] \cdot [b_{i+2}]; i \in n-2 \dots 0, \quad (1)$$

$$R(s) = ([a_1] + [x] \cdot [b_0] - [y] \cdot [b_1]) \cdot s + [a_0] - [y] \cdot [b_0]. \quad (2)$$

где b_i – коэффициенты свободного полинома; a_i – коэффициенты, а n – порядок исходного характеристического полинома, x – сумма комплексно-сопряженных доминирующих полюсов, y – их произведение;

Алгоритм синтеза. На основе выражений (1) и (2) сформулируем алгоритм размещения двух комплексно-сопряженных доминирующих полюсов с помощью адаптивно-робастного ПИД-регулятора. Для выполнения процедуры синтеза требуется:

- 1) задать положение доминирующих полюсов системы;
- 2) вычислить $R(s, K_p, K_I, \bar{q})$ по выражению (2);
- 3) исходя из условия равенства $\text{Re}(R(j\omega, K_p, K_I, \bar{q}))$ и $\text{Im}(R(j\omega, K_p, K_I, \bar{q}))$ нулю, найти $K_p(K_D, \bar{q})$ и $K_I(K_D, \bar{q})$;
- 4) рассчитать коэффициенты свободного полинома $B(s, K_D, \bar{q})$ по выражению (1);
- 5) найти область значений коэффициента дифференциальной составляющей ПИД-регулятора K_D , при которых свободные полюсы лежат левее прямой $\text{Re}(X) = \delta$;
- 6) найти область значений коэффициента дифференциальной составляющей ПИД-регулятора K_D , при которых свободные полюсы лежат внутри сектора, ограниченного прямыми $\text{Im}(X) = -|\text{Re}(X)|$; $\text{Im}(X) = |\text{Re}(X)|$;
- 7) из пересечения найденных областей устойчивости выбрать значение K_D ;

8) подставив K_D в $K_p(K_D, \bar{q})$ и $K_i(K_D, \bar{q})$, получить зависимости между интервальными параметрами системы и коэффициентами ПИД-регулятора, обеспечивающие желаемое расположение доминирующих полюсов.

Пример. Пусть передаточная функция объекта управления имеет вид: $W(s, p_0, p_1, p_2, p_3) = (p_3 \cdot s^3 + p_2 \cdot s^2 + p_1 \cdot s + p_0)^{-1}$, $p_0 = [20; 25]$, $p_1 = [10; 15]$, $p_2 = [2; 3]$, $p_3 = [0.05; 0.15]$ – интервальные параметры системы. Необходимо обеспечить в системе колебательный переходный процесс длительностью 1-2 с. Желаемому переходному процессу соответствует расположение доминирующих полюсов: $s_{1,2} = -2 \pm j \cdot 3$, свободные полюса расположим левее прямой $\text{Re}(X) = -15$.

С помощью выражения (1) рассчитаем коэффициенты свободного полинома. В результате D-разбиения в плоскости K_D получено, что при $K_D > 115$ свободные полюсы располагаются желаемым образом. Выберем $K_D = 116$.

С помощью выражения (2) рассчитаем остаток и из условия его равенства нулю найдем выражения для адаптации пропорционального и интегрального коэффициентов регулятора: $K_p = -p_0 + 4 \cdot p_1 - 3 \cdot p_2 - 40 \cdot p_3 + 464$; $K_i = 13 \cdot p_1 - 52 p_2 + 39 \cdot p_3 + 1508$.

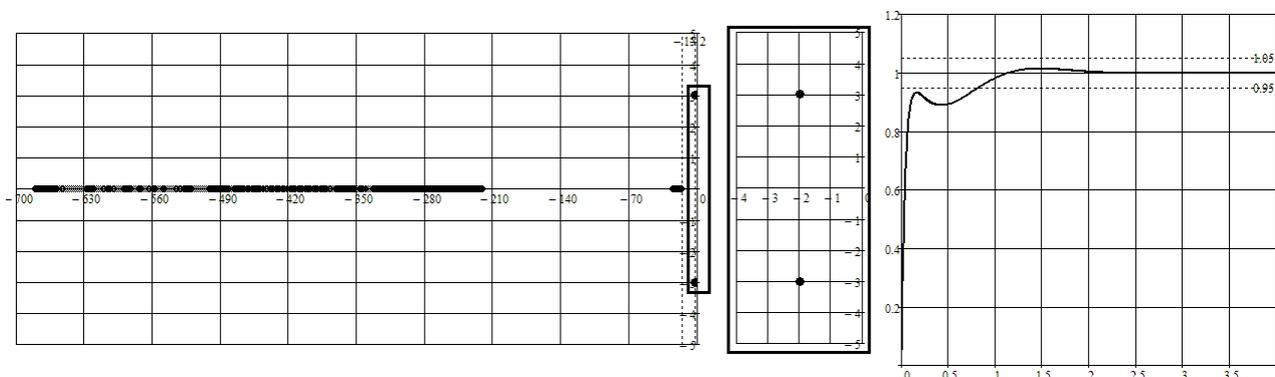


Рис.1. Расположение полюсов и переходная характеристика системы

Заключение. В результате решения поставленной задачи разработан алгоритм размещения комплексно-сопряженных доминирующих полюсов на основе адаптивно-робастного ПИД-закона регулирования. Разработанная методика позволяет учесть при синтезе регулятора неопределенности в модели объекта управления; способность регулятора к адаптации обеспечивает более стабильное качество регулирования, чем при использовании только робастных настроек регулятора.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ ИТ-ПРОЕКТОВ

О.Н. Хузягалева

(*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», Магнитогорск*)

APPLICATION OF EXPERT METHODS IN RISK MANAGEMENT OF IT PROJECTS

O.N. Khuzyagaleeva

(*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk*)

The article deals with a problem as the risks of IT projects and the use of expert method in their management. The author analyzes the different definitions, considering the classification, pros and cons of