

### Список литературы

1. Нефтегазовая микроэнциклопедия. – М.: Российский университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 345 с.
2. Автономный автоматизированный комплекс управления нефтегазосепаратором [Электронный ресурс]: <http://neftegaz.ru/anali>
3. Жданов О.П., Шаталов В.И. Система измерения уровня и межфазных границ многокомпонентных продуктов УМФ300 в решении актуальных технологических задач подготовки нефти // Сфера. Нефть и Газ. – 2011. – № 1. – С. 34–40.
4. Заргарьян К.Р. Специализированные датчики давления для нефтяной, химической и газовой промышленности [Электронный ресурс]: <http://www.bdsensors.ru/pdf/articles/special.pdf>
5. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности [Электронный ресурс]: [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/558493/neft\\_i\\_nefteprodukty\\_metody\\_opredeleniya\\_plotnosti.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/558493/neft_i_nefteprodukty_metody_opredeleniya_plotnosti.pdf)

УДК 004

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

Хожаев И.В., Езангина Т.А.

Научный руководитель: Гайворонский С.А.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [khozhaev.i@gmail.com](mailto:khozhaev.i@gmail.com), [eza-tanya@yandex.ru](mailto:eza-tanya@yandex.ru)

*The paper is dedicated to a development of a method of an adaptive control system synthesis. The main aim of considered research is to develop a method of synthesizing a control system, capable to keep stable desired control quality despite uncertain parameters. The research resulted into the method 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 aperiodic transient process, having constant setting time and zero overshoot despite uncertain parameters.*

**Key words:** control system, adaptive control, robust control, interval parameter, system pole, domination principle, aperiodic transient process.

**Ключевые слова:** система управления, адаптивное управление, робастное управление, интервальные параметры, полюсы системы, принцип доминирования, аperiodический переходный процесс.

### 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 аperiodический переходный процесс с постоянными значениями показателей качества.

### Разработка методики синтеза адаптивно-робастного регулятора

Качество переходного процесса в системе управления определяется расположением ее полюсов. Согласно принципу доминирования для обеспечения апериодического процесса необходимо разместить желаемым образом один доминирующий вещественный полюс, а остальные – максимально удалить от доминирующего. Ранее была разработана методика синтеза, позволяющая размещать доминирующий вещественный полюс в заданном интервале. Данная методика основана на представлении интервального характеристического полинома системы в виде:  $D(s) = A(s, s_0) \cdot B(s, \bar{K}, \bar{q}) + R(\bar{K}, \bar{q})$ , где  $s_0$  – интервальный доминирующий полюс системы, определяющий качество переходного процесса;  $\bar{K}$  – вектор параметров регулятора;  $\bar{q}$  – вектор интервальных параметров системы. При этом полином  $A(s, s_0)$  определяет положение доминирующего полюса; полином  $B(s, \bar{K}, \bar{q})$ , являющийся результатом деления  $D(s)$  на  $A(s, s_0)$ , определяет положение всех прочих полюсов;  $R(\bar{K}, \bar{q})$  – остаток от этого деления. Таким образом, задача размещения полюсов системы желаемым образом сводится к нахождению параметров регулятора, обеспечивающих одновременно равенство  $R(\bar{K}, \bar{q})$  нулю и гарантированную степень устойчивости  $B(s, \bar{K}, \bar{q})$ . При этом, коэффициенты свободного полинома и значение остатка вычисляются по формулам:

$$[b]_i = [b]_{i+1} + [a]_{i+2} \cdot [s_0]_i; i \in n-1 \dots 0; R(\bar{K}, \bar{q}) = \sum_{i=0}^m a_i \cdot [s_0]^i = D([s_0]).$$

Сформулируем алгоритм размещения вещественного доминирующего полюса системы с помощью адаптивно-робастного ПИ-регулятора. Для его параметрического синтеза необходимо задать значение доминирующего полюса системы; вычислить  $R(K_p, K_I, \bar{q})$ ; вычислить  $K_I(K_p, \bar{q})$  из условия равенства  $R(K_p, K_I, \bar{q})$  нулю; рассчитать коэффициенты свободного полинома  $B(s, K_p, \bar{q})$ ; вычислить значение пропорционального коэффициента ПИ-регулятора  $K_p$ , при котором корни свободного полинома лежат левее прямой  $\text{Re}(X) = \delta$ ; подставив найденное значение  $K_p$  в выражение  $K_I(K_p, \bar{q})$ , получить функциональную зависимость между значениями интервальных параметров системы и интегральным коэффициентом ПИ-регулятора.

### Числовой пример применения методики

Пусть передаточная функция объекта управления имеет вид:

$$W(s, p_0, p_1, p_2) = (p_2 \cdot s^2 + p_1 \cdot s + p_0)^{-1},$$

где  $p_0 = [10;15]$ ,  $p_1 = [2;3]$ ,  $p_2 = [0.05;0.15]$  – интервальные параметры системы. Необходимо обеспечить апериодический переходный процесс длительностью в 6 с. Желаемой длительности переходного процесса соответствует доминирующий полюс  $s_0 = -0,5$ . Для минимизации влияния свободных полюсов расположим их левее прямой  $\text{Re}(X) = -10$ .

Подставив  $s_0 = -0,5$  в выражение остатка, найдем зависимость между параметрами регулятора, обеспечивающую желаемое расположение доминирующего полюса:  $K_I(K_p, p_0, p_1, p_2) = 0.5 \cdot (K_p + p_0) - 0.25 \cdot p_1 + 0.125 \cdot p_2$ . Найдем выражение для свободного полинома:  $B(s, K_p) = [0.05;0.15] \cdot s^2 + [1.925;2.975] \cdot s + K_p + [8.512;14.037]$ . Проведем D-разбиение

в плоскости параметра  $K_p$ , получим, что при  $K_p > 5.113$  все свободные полюса системы располагается левее прямой  $\text{Re}(X) = -10$ . Выберем  $K_p = 6$ .

Подставив найденное значение  $K_p$  в выражение для  $K_I$ , получим зависимость коэффициента интегральной составляющей регулятора от параметров системы:  $K_I(p_0, p_1, p_2) = 0.5 \cdot p_0 - 0.25 \cdot p_1 + 0.125 \cdot p_2 + 3$ . На рис. 1 изображена область возможного расположения полюсов системы и соответствующая ей переходная характеристика.

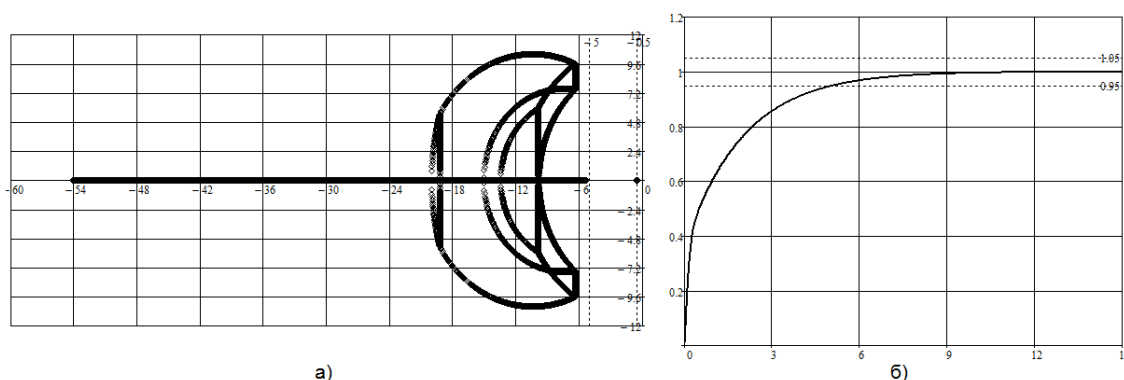


Рис. 1. Полученная система: а) корневой годограф; б) переходная характеристика

Из рис. 1 видно, что задача синтеза решена: стабилизирован апериодический переходный процесс необходимой длительности при любых значениях интервальных параметров.

### Заключение

Разработанная методика синтеза адаптивно-робастных регуляторов позволяет проектировать системы управления, учитывая неопределенность параметров модели объекта управления; при этом способность регулятора к адаптации обеспечивает более стабильные значения прямых показателей качества, чем при использовании только робастных настроек регуляторов.

УДК 004

## МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ковригина Т.С.

Научный руководитель: Берестнева О.Г., д.т.н., профессор

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kovriginatasia@gmail.com

*This article is devoted software for analytics subsystem of multifunctional web portal for social researches and notes some aspects of the analysis module design. Also it summarizes the elements of the Data Mining concept, used in the current system.*

**Key words:** XML, data analysis, data mining.

**Ключевые слова:** XML, анализ данных, сбор информации.