

УДК 681.511.22

## СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕРМИНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

© 2010 Б.К. Чостковский, С.А. Колпащиков

Самарский государственный технический университет

Предложен новый метод синтеза цифрового регулятора для систем позиционирования, основанный на модифицированном аperiodическом регуляторе. Искусственно вводимый корректирующий полином позволяет управлять как длительностью переходного процесса, так и его формой. Построенный по такому принципу регулятор в сочетании с возможностью тактирования его по пространственной координате позволяет обеспечить попадание объекта в заданную точку в регламентированный момент времени или прохождение объекта через заданные пространственные координаты.

*Система позиционирования, модифицированный аperiodический регулятор, форма и длительность переходного процесса*

Известной задачей автоматического управления является задача точного позиционирования объекта в заданный момент времени либо его перемещение по заданному закону, например, линейному. При этом синхронизация цифрового регулятора системы должна осуществляться либо по времени сигналом таймера, либо по некоторой пространственной координате, сигналом, например, датчика углового перемещения. В частности, подобной системой является система фотографирования объекта с известными координатами.

С точки зрения теории автоматического управления данную задачу можно определить как задачу синтеза цифровой управляемой системы с терминальными свойствами, при синтезе регулятора которой учитывается известная динамическая модель объекта управления, заданная в форме дискретной передаточной функции достаточно общего вида.

В качестве терминального регулятора предлагается использовать модифицированный цифровой аperiodический регулятор, при расчёте которого в используемую математическую модель объекта управления добавляются полиномы, определяющие виртуальные нули и полюса, равные, но не сокращаемые. При

этом время переходного процесса системы определяется числом введенных нулей и полюсов, а желаемая форма переходного процесса может быть задана видом вводимого корректирующего полинома  $K(z)$ , определяющего виртуальные нули и полюса.

Если дискретная передаточная функция объекта управления имеет вид:

$$G_0(z) = \frac{B(z)}{A(z)} \cdot \frac{K(z)}{K(z)}, \quad (1)$$

то передаточная функция модифицированного аperiodического регулятора строится в виде:

$$G_p(z) = \frac{q_0 A(z) K(z)}{1 - q_0 B(z) K(z)}, \quad (2)$$

где  $K(z)$  – искусственно введённый корректирующий полином, вид которого задаёт длительность и форму возмущённого процесса;  $q_0$  – величина, обратная сумме коэффициентов полинома  $B(z)$ .

Для случая отсутствия жёстких ограничений на форму переходного процесса предлагается выбирать корректирующий полином, имеющий  $n$  равных корней  $z_1$ :

$$K(z) = (1 - z_1 z^{-1})^n \quad (3)$$

Тогда с учётом (2) передаточная функция терминального аperiodического регулятора будет иметь вид:

$$G_p(z) = \frac{q_0 A(z) (1 - z_1 z^{-1})^n}{1 - q_0 B(z) (1 - z_1 z^{-1})^n}, \quad (4)$$

где  $q_0 = (B(z)|_{z=1})^{-1}$ .

Регулятору вида (4) соответствует передаточная функция замкнутой системы, имеющая вид:

$$G(z) = q_0 B(z) (1 - z_1 z^{-1})^n. \quad (5)$$

С другой стороны, передаточная функция замкнутой системы может быть определена через отсчёты импульсной характеристики замкнутой системы  $g(k)$ :

$$G(z) = \sum_{k=1}^{n+1} g(k) z^{-k}. \quad (6)$$

Сопоставление выражений (5) и (6) позволяет сделать вывод, что число введённых полюсов  $z_1$  определяет длительность, а величина этих полюсов влияет на форму переходного процесса. Управляющее воздействие регулятора (4) имеет вид кусочно-постоянной функции, которая может быть подвергнута квантованию по уровню, что позволяет адаптировать алгоритм к дискретным исполнительным механизмам.

В случае предъявления жёстких требований к форме переходного процесса предлагается выбирать корректирующий полином в виде:

$$K(z) = \prod_{i=1}^n (1 - z_i z^{-1}). \quad (7)$$

Соответственно передаточная функция замкнутой системы будет иметь вид:

$$G(z) = q_0 B(z) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - z_i z^{-1}). \quad (8)$$

Множество отсчётов импульсной характеристики системы  $\{g(k)\}$  в этом случае определяется выбираемым множеством полюсов  $\{z_i\}$ , что приводит к существенно большим возможностям в синтезе требуемых временных и частотных характеристик замкнутой системы с терминальным аperiodическим регулятором.

В случае, если известна форма управляющего сигнала, величины полюсов  $\{z_i\}$  могут быть найдены аналитически по виду изображения желаемой формы переходного процесса, определяемому его отсчётами.

Для единичного входного воздействия, имеющего изображение в виде:

$$X(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}}, \quad (9)$$

корректирующий полином имеет вид

$$K(z) = \frac{Y(z)(1 - z^{-1})}{q_0 B(z)} = \frac{\Delta Y(z)}{q_0 B(z)}, \quad (10)$$

где  $Y(z)$  – изображение желаемой переходной функции замкнутой системы, а  $\Delta Y(z)$  – её первая обратная разность.

Дополнительные возможности обеспечивает применение описанного метода синтеза цифрового регулятора при построении систем управления перемещением объекта в двухмерном и трёхмерном пространствах.

Рассматривается задача управления пространственными координатами объекта в условиях функциональной связи между ними (например,  $X+Y=const$ ) и значительной разнице в инерционности контуров стабилизации координат. Предлагается введение цифрового регулятора, связывающего локальные системы управления отдельными координатами объекта. Межконтурный цифровой регулятор при поступлении возмущающего воздействия в контур координаты с большей инерционностью (например,  $Y$ ), приводящего к появлению возмущающего процесса  $\Delta Y(t)$ , вводит быстродействующим контуром отклонение координаты  $\Delta X(t)$ , такое, что  $Z = X + \Delta X(t) + Y + \Delta Y(t) = X + Y = const$ .

Предлагаемый метод построения цифровой управляемой системы позволяет обеспечить гарантированную длительность переходного процесса, отработку объектом заданной траектории, а также автоматически

координировать независимые контура управления с целью обеспечения заданной функциональной зависимости, связывающей выходы этих контуров.

#### **Библиографический список**

1. Изерман Р. Цифровые системы управления – М.: Мир, 1984. – 542 с.
2. Чостковский Б.К. Аналитический метод синтеза межконтурного регулятора по заданному виду возмущённого процесса // Труды второй международной конференции «Аналитическая теория управления и её применения». Саратов. 2005. С. 128-130.
3. Чостковский Б.К. Структурный синтез систем оптимального управления обобщенными параметрами электрических кабелей связи // Вестник

СамГТУ. Сер. «Технические науки». – Вып. 1. – Самара, 2007. – С. 54-57.

#### **References**

1. Iserman R. Digital control systems – Moscow: Mir, 1984. – 542 p.
2. Chostrovskiy B.K. Analytic method of cross-loop regulator synthesis in accordance with defined shape of disturbance process // Papers of second international conference “Analytic theory of control and its applications”. Saratov. 2005. С. 128-130.
3. Chostrovskiy B.K. Structure synthesis of optimal control systems of generalized communication wiring cable parameter // Vestnik Samara state technical university «Technical sciences». – Vol. 1. – Samara, 2007. – С. 54-57.

## **DESIGN OF DYNAMIC OBJECT FINITE POSITIONING SYSTEM DIGITAL CONTROLLER**

© 2010 B.K. Chostkovskiy, S.A. Kolpashchikov

Samara State Technical University

A novel method for positioning automatic control systems is proposed. Aperiodic digital controller is modified by artifact polynom. This modification allows us to control duration and shape of transient response. The applications of proposed method for stay along and composition of positioning systems are discussed.

The method provide

*Positioning system, modified aperiodic controller, shape and duration of transient response*

#### **Информация об авторах**

**Чостковский Борис Константинович**, д.т.н., доцент, профессор, кафедра автоматики и управления в технических системах Самарского государственного технического университета. Область научных интересов: автоматическое управление, стохастические системы, цифровые регуляторы, частотные методы.

**Колпашиков Сергей Александрович**, к.т.н., доцент, кафедра автоматики и управления в технических системах Самарского государственного технического университета, [sKolpaschikov@mail.ru](mailto:sKolpaschikov@mail.ru). Область научных интересов: автоматическое управление, стохастические системы, цифровые регуляторы, частотные методы.

**Chostkovskiy Boris**, Doctor of Engineering Science, associate professor, professor, automation and control in technical systems department Samara state technical university, automation control, stochastic systems, digital controller, frequency-domain method.

**Kolpaschikov Sergey**, PhD in Technical Science, associate professor, automation and control in technical systems department Samara state technical university, [sKolpaschikov@mail.ru](mailto:sKolpaschikov@mail.ru). Research interests: automation control, stochastic systems, digital controller, frequency-domain method.