

Осмонова Р. Ч.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ОБЪЕКТА

R. Ch. Osmonova

DESIGN OF DISCRETE LAW MANAGEMENT FOR CONTINUOUS OBJECT

УДК: 681.5

Бир ченемдүү үзүлтүксүз башкаруу объектисин автоматтык жөнө салуу маселеси каралат. Башкаруу белгилерин кеңири-импульстук модуляция кылуучу дискреттик регуляторду синтездөө алгоритми сунушталат. Регулятордун функционалдык элементтери жараткан белгилердин баяндамасы келтирилет. Айтылган маселе-лерди чечүү үчүн компьютердик моделдөө жүргүзүлгөн

Негизги сөздөр: башкаруу объектиси, регулятор, кеңири-импульстук модуляция, башкаруу мыйзамы, дискреттик башкаруу алгоритмин синтездөө.

Рассматривается задача автоматического регулирования непрерывного одномерного объекта управления. Предлагается алгоритм синтеза дискретного регулятора с широтно-импульсной модуляцией управляющих сигналов. Приводится описание сигналов, формируемых функциональными элементами регулятора. Для выполнения указанных задач проведено компьютерное моделирование синтезированной замкнутой системы управления.

Ключевые слова: объект управления, регулятор, широтно-импульсная модуляция, закон управления, синтез дискретного алгоритма управления.

The problem of continuous automatic control of dimensional control object. An algorithm for the synthesis of discrete control with pulse width modulation control signal. The description of the signals generated by the functional elements of the controller. To perform these tasks carried out computer simulations of synthetic closed-loop control.

Key words: facility management, control, pulse width modulation, the control law, the synthesis of discrete control algorithm.

В практике автоматического управления локальными техническими объектами наиболее широко используется структура регулирования с обратной связью [1] (рис. 1).

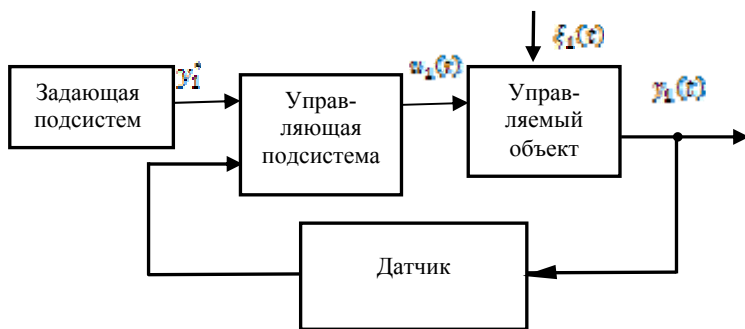


Рис. 1. Общая структура системы регулирования.

Основная функция управляющей подсистемы (регулятора) состоит в формировании управляющего

воздействия $u_1(t)$, обеспечивающего при наличии внешнего возмущающего воздействия $\xi_1(t)$ поддержание управляемой переменной $y_1(t)$ на заданном (желаемом) уровне y_1^* так, чтобы ошибка управления имела допустимые значения.

$$e_1(t) = y_1^* - y_1(t) \quad (1)$$

При этом управляющее воздействие $u_1(t)$ на объект часто имеет дискретный характер и принадлежит к множеству прямоугольных импульсов с одинаковыми амплитудами (рис. 2). При этом модули последних имеют постоянные значения, т.е. $\max |u_1(t)| = u_1^*$ ($u_1^* = \text{const}$).

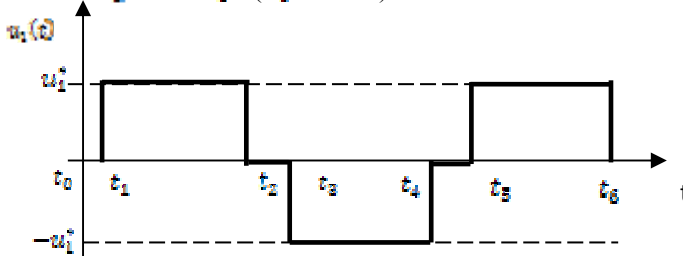


Рис. 2. Управляющие импульсы

Поддержание требуемого уровня y_1^* выхода объекта $y_1(t)$ достигается за счет широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала $u_1(t)$ путем варьирования длительностей управляющих импульсов в соответствии с заданными критериальными условиями.

Синтез регулятора на основе традиционных методов расчета систем автоматического управления (САУ) [1-5] в таких случаях представляет определенные трудности. В работе [5] предложена структура регулятора (рис. 3), функционирующего по следующему алгоритму:

$$u_1(t) = \begin{cases} u_1^*, & \text{если } e_1(t) > h_1^*, \\ 0, & \text{если } |e_1(t)| \leq h_1^*, \\ -u_1^*, & \text{если } e_1(t) < -h_1^*, \end{cases} \quad (2)$$

$$t \in [t_p, t_k],$$

где h_1^* - малая положительная величина, определяющая точность процесса регулирования; t_p, t_k - моменты начала и окончания процесса управления.

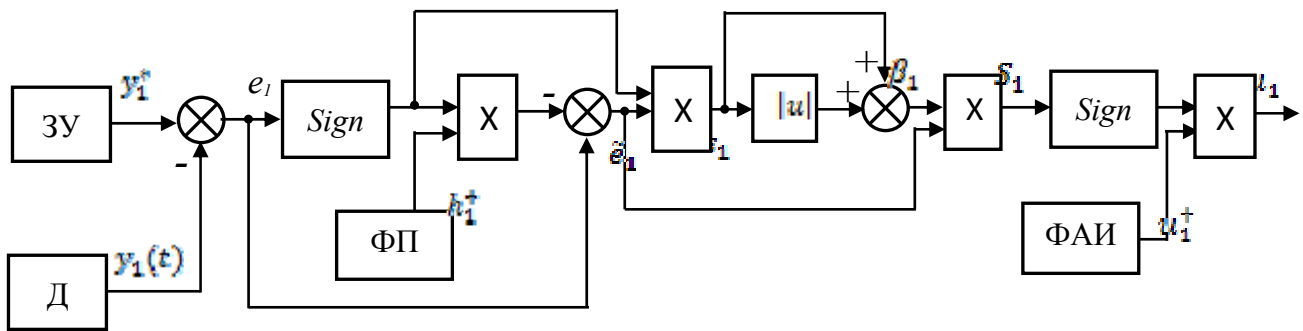


Рис. 3. Структура регулятора САУ

На рис.3 обозначения имеют следующий смысл: ЗУ – задающее устройство; Д – датчик выхода объекта; ФАИ – формирователь амплитуды импульсов; ФП – формирователь параметра h_1^+ .

Сигналы, формируемые функциональными элементами регулятора, описываются следующими соотношениями:

- модифицированная (смещенная) ошибка управления:

$$\tilde{e}_1(t) = e_1(t) - h_1^+ \text{sign}[e_1(t)]. \quad (3)$$

где сигнум-функция:

$$\text{sign}[e_1(t)] = \begin{cases} 1, & \text{если } e_1(t) > 0, \\ 0, & \text{если } e_1(t) = 0, \\ -1, & \text{если } e_1(t) < 0; \end{cases}$$

- вспомогательные функции:

$$e_2(t) = \tilde{e}_1(t) \text{sign}[e_1(t)] = |e_1(t)| - h_1^+, \quad (4)$$

$$\beta_1(t) = e_2(t) + |e_1(t)|; \quad (5)$$

- штрафная функция

$$S_1(t) = \tilde{e}_1(t) \cdot \beta_1(t). \quad (6)$$

Искомый закон управления $u_1(t)$, соответствующий алгоритму (2), определяется следующим соотношением:

$$u_1(t) = u_1^+ \text{sign}[S_1(t)]. \quad (7)$$

Значение параметра h_1^+ можно определить путем компьютерного моделирования системы управления с алгоритмом управления (7) с учетом внешнего возмущающего воздействия $\xi_1(t)$.

В целях иллюстрации работоспособности разработанного регулятора, структура которого показана на рис.3, рассмотрим следующую модельную задачу.

Пусть динамика объекта управления по ошибке описывается уравнением:

$$\ddot{x}_1(t) + a_1 \dot{x}_1(t) + a_0 x_1(t) = k_1 u_1(t) + \xi_1(t). \quad (8)$$

Переменные модели (8) имеют прежний смысл. Предположим, что на объект действует гармоническое внешнее возмущающее воздействие:

$$\xi_1(t) = A_1 \sin \omega t,$$

где A_1, ω – амплитуда и частота возмущения.

Требуется для объекта (8) синтезировать регулятор, обеспечивающий ошибку управления $e_1(t)$ с приемлемой точностью.

В целях проведения расчета САУ уравнение (8) запишем в пространстве состояния. Примем следующие переменные: $x_1 = e_1, x_2 = \dot{e}_1$. Тогда уравнения объекта в переменных состояния имеют вид:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = -a_0 x_2 - a_1 x_1 + k_1 u_1(t) + \xi_1(t). \quad (9)$$

Для решения сформулированной задачи синтеза рассмотрим возможность использования закона управления (7). Структурная схема модели САУ, включающей соответствующий регулятор, с использованием функциональных элементов программной системы MATLAB Simulink [6] представлена на рис.4. Результаты компьютерного моделирования синтезированной замкнутой системы управления приведены на рис. 5-8. При моделировании приняты следующие значения параметров объекта, закона управления $u_1(t)$ и внешнего возмущения $\xi_1(t)$:

$$\begin{aligned} a_0 &= 1.0, & a_1 &= 0.7, & k_1 &= 0.5, \\ u_1^+ &= 1.0, & A_1 &= 0.1, & \omega &= 0.25, \\ h_1^+ &= 0.005. \end{aligned}$$

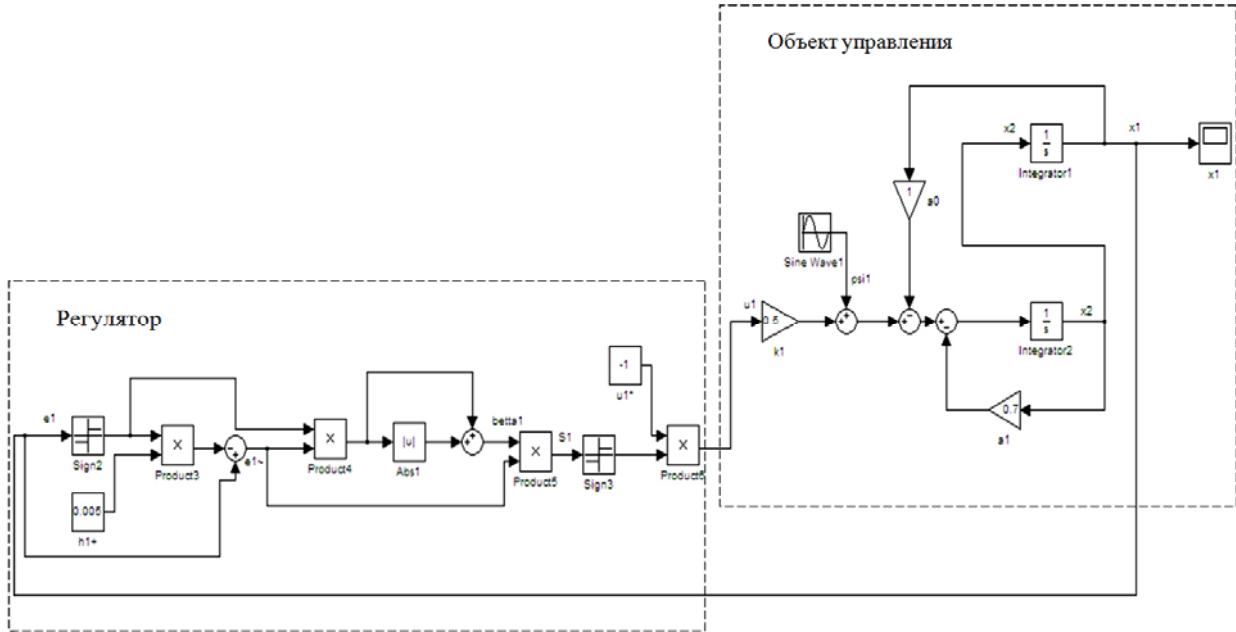


Рис. 4. Схема компьютерного моделирования САУ

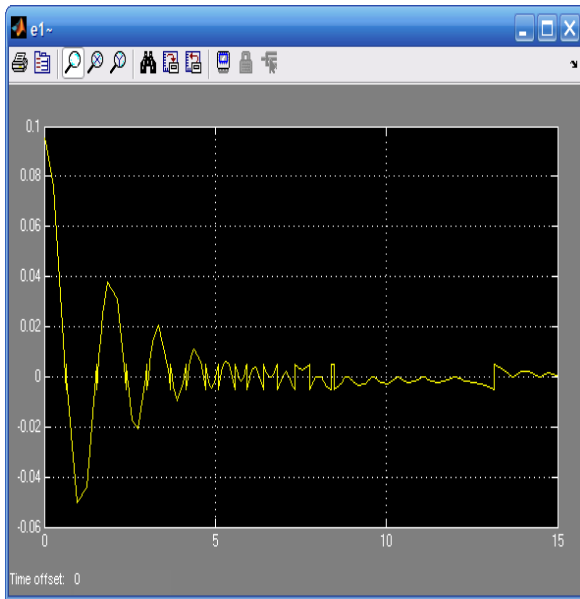


Рис. 5. Динамика модифицированной ошибки управления $e_1(t)$

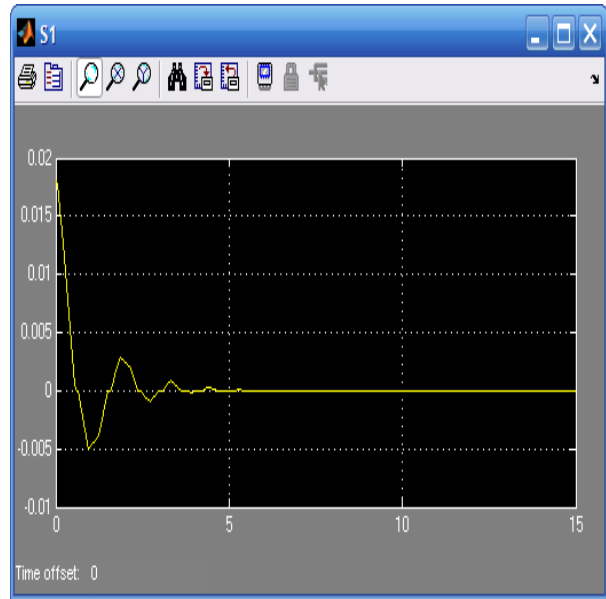


Рис. 6. Динамика штрафной функции $S_1(t)$

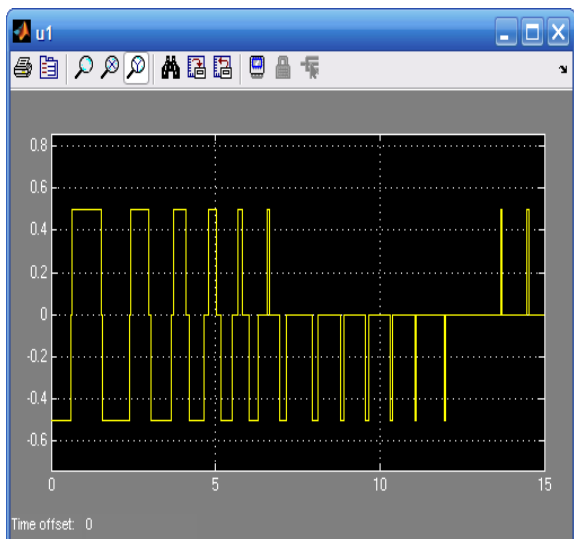


Рис. 7. Закон управления $u_1(t)$

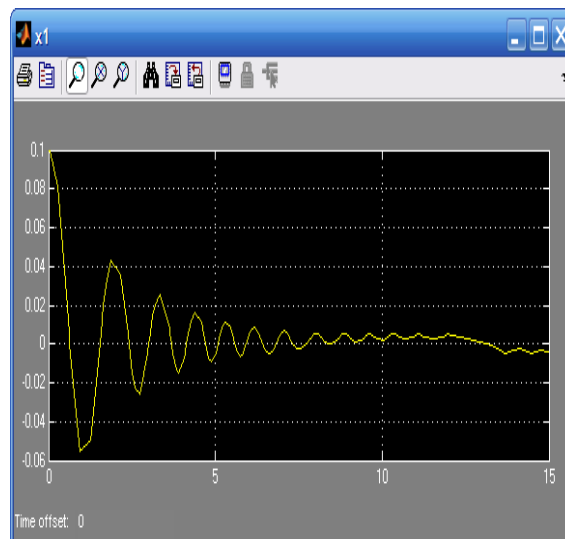


Рис. 8. Переходный процесс по ошибке управления $e_1(t)$

Полученные результаты показывают, что предложенная структура и параметры регулятора, имеющего закон управления (7), обеспечивают приемлемое качество процессов регулирования.

Литература:

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления.–М.: Профессия, 2004. –747 с.
2. Porter, B. Modal Control / B. Porter, T.R. Crossley. – London: Taylor & Francis, 1972.- 270 p.
3. Летов, А.М. Математическая теория процессов управления – М.: Наука, 1981. – 255 с.
4. Оморов Т.Т., Курманалиева Т.Т. Многокритериальный синтез систем управления по показателям качества и сложности.– Бишкек: Илим, 2007. – 136с.
5. Осмонова Р.Ч. Синтез регулятора для объекта управления с особенностями. – Бишкек: Вестник КГУСТА, 2015.
6. Черных И.В. "Simulink: Инструмент моделирования динамических систем". <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>.

Рецензент: д.т.н., профессор Джолдошев Б.О.