

## СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ОСОБЕННОСТЯМИ

*Бир класстагы объекттерди автоматтуу түрдө башкаруу маселелри каралган.*

*Рассматривается задача автоматического регулирования одного класса объектов, обладающих определенными особенностями.*

*Considered the problem of automative regulation of objects of one class, possessing definite peculiarities.*

При проектировании систем автоматизации управления технологическими процессами широко используется классическая структура регулирования, которая представлена на рис.1.

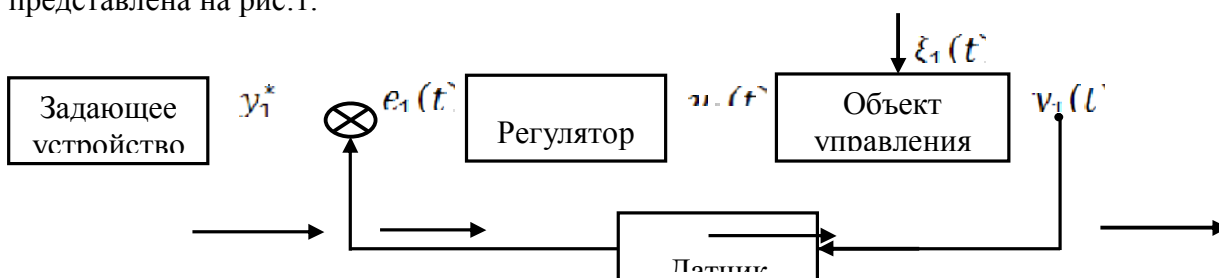


Рис.1. Общая структура системы управления

Обозначения имеют следующий смысл:  $y_1(t)$  – текущее значение управляемой переменной в момент времени  $t$ ;  $y_1^*$  – требуемое (желаемое) значение  $y_1(t)$ ;  $u_1(t)$  – управляющее воздействие;  $\xi_1(t)$  – внешнее возмущающее воздействие;  $e_1(t)$  – ошибка управления:

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

$$t \in [t_0, t_k],$$

где  $t_0, t_k$  – моменты начала и окончания процесса регулирования.

На основе анализа априорных данных можно выделить класс объектов, обладающих следующими особенностями:

1. Дискретный характер управляющих воздействий  $u_1(t)$  на объекты. Они принадлежат к множеству прямоугольных импульсов с одинаковыми амплитудами (рис.2). При этом модули последних имеют постоянные значения, т.е.  $\max |u_1(t)| = u_1^* (u_1^* = \text{const})$ .

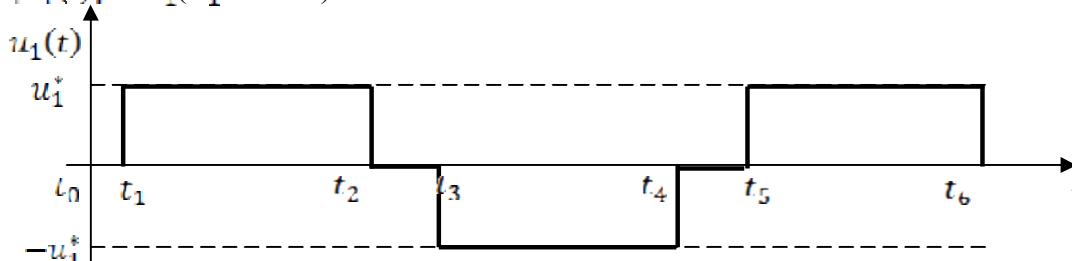


Рис.2. Управляющие импульсы

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.

2. Характерной чертой динамики управляемого объекта является то, что при подаче управляющего импульса с положительной амплитудой ( $u_1(t)=u_1^*$ ) управляемая переменная  $y_1(t)$  возрастает (или уменьшается), а при подаче отрицательного импульса, последняя уменьшается (или увеличивается). Поэтому закон управления  $u_1(t)$  объектом целесообразно формировать по следующему алгоритму:

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

$$t \in [t_0, t_k],$$

где  $h_1^+$  - малая положительная величина, определяющая точность процесса регулирования;  $t_0, t_k$  - моменты начала и окончания процесса управления.

Как известно, широкий класс объектов управления обладают указанными выше особенностями. Синтез управляющей подсистемы (регулятора) на основе традиционных методов расчета систем автоматического управления (САУ) [1-4] в таких случаях представляет определенные трудности.

Далее рассмотрим задачу синтеза регулятора системы управления одномерным объектом (рис.1), имеющим указанные выше особенности.

Качество управления будем оценивать максимальной ошибкой управления:

$$e_1^{max} = \max_t |e_1(t)|, \quad t \in [t_0, t_k]. \quad (3)$$

Предполагается, что задана следующая исходная информация для динамического проектирования САУ:

1. Цель управления в виде задающего воздействия  $y_1^*$  ( $y_1^* = const$ ).
2. Требования к точности управления (стабилизации):

$$e_1^{max} < \Delta_1^{max}, \quad (4)$$

где  $\Delta_1^{max}$  – максимально допустимое значение ошибки управления  $e_1(t)$ .

Задача синтеза состоит в определении алгоритма управления  $u_1(t)$ , структура которого задана соотношением (2), так, чтобы выполнялось критериальное условие (4).

Основной принцип решения сформулированной задачи состоит в конструировании такой штрафной функции  $S_1(t)$ , структура которой в некоторой степени идентична структуре закона управления  $u_1(t)$ , определяемого соотношением (2). Для этой цели вначале определим модифицированную (смещенную) ошибку управления (рис.3, b):

$$\tilde{e}_1(t) = e_1(t) + \Delta e_1(t). \quad (5)$$

При этом переменная  $\Delta e_1(t)$  определяется через параметр  $h_1^+$ , входящий в выражение для искомого алгоритма управления (2), по следующей формуле:

$$\Delta e_1(t) = -h_1^+ \text{sign}[e_1(t)], \quad (6)$$

где сигнум-функция:

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

Теперь введем вспомогательные функции (рис.3, c, d):

$$\varepsilon_1(t) = \tilde{e}_1(t) \text{sign}[e_1(t)] = |e_1(t)| - h_1^+, \quad (7)$$

$$\beta_1(t) = \varepsilon_1(t) + |e_1(t)|. \quad (8)$$

Рассмотрим следующую функцию:

$$S_1(t) = \dot{e}_1(t) \cdot \beta_1(t). \quad (9)$$

Анализ соотношения (9) показывает, что функция  $S_1(t)$  по своей структуре идентична структуре искомого закона управления  $u_1(t)$ , определяемого формулой (2). Таким образом, функцию  $S_1(t)$  можно принять в качестве оценочной (штрафной) функции (рис.3, е). В результате искомым алгоритм управления определяется следующим соотношением:

$$u_1(t) = u_1^+ \text{sign}[S_1(t)]. \quad (10)$$

На рис.2 (а, b, с, d, е, f) иллюстрируется процесс формирования закона управления  $u_1(t)$ . В рассматриваемом случае моменты переключения управляющих импульсов определяются моментами изменения знаков штрафной функции  $S_1(t)$ , что соответствует моментам времени  $t_i (i=1, 2, 3, \dots)$ .

Значение параметра  $h_1^+$  можно определить путем компьютерного моделирования системы управления с алгоритмом управления (10) с учетом внешнего возмущающего воздействия  $\xi_1(t)$ .

Структура синтезированного регулятора, имеющего закон управления (10), показана на рис.4.

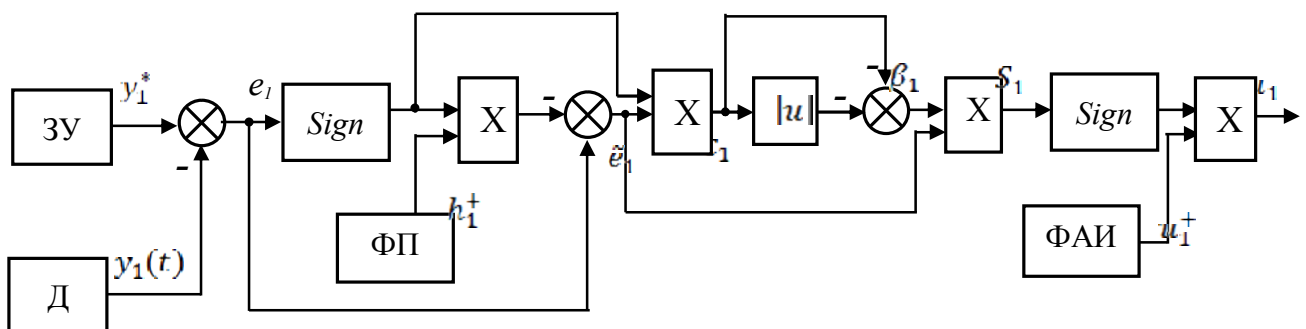


Рис.4. Структура регулятора САУ

На рис.4 обозначения имеют следующий смысл: ЗУ – задающее устройство; Д – датчик; ФАИ – формирователь амплитуды импульсов; ФП – формирователь параметра  $h_1^+$ .

Таким образом, для класса одномерных объектов управления сформулирован принцип построения САУ с учетом их особенностей. На основе этого принципа синтезирована структура регулятора системы управления без предварительной идентификации модели управляемого объекта.

#### Список литературы

1. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования /Под ред. Солодовникова В.В. – М.: Машиностроение, 1967, 1968. – Кн.1,2,3.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления.–М.: Профессия, 2004. –747 с.
3. Porter, V. Modal Control / В. Porter, T.R. Crossley. – London: Taylor & Francis, 1972.- 270 p.
4. Оморов Т.Т., Курманалиева Т.Т. Многокритериальный синтез систем управления по показателям качества и сложности.– Бишкек: Илим, 2007. – 136с.

