

ПОЛУЧЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛ DEADBEAT РЕГУЛЯТОРА ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Гринюк Д.А., Олиферович Н. М., Сухорукова И.Г., Кузьмицкий Д.В., Бойко Ф.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

В современных системах управления практически все алгоритмы реализуются в цифровом виде. В то же время, за редким исключением, при стабилизации технологических параметров используются аналоговые методы синтеза. При этом использование цифровых подходов позволяет получить некоторые преимущества, так как данные методы синтеза поддаются алгоритмизации в большей степени, а также лучше подходят при использовании цифровых средств управления.

Одним из видов цифровых регуляторов являются deadbeat регуляторы. В [1] было показано, что данные виды регуляторов очень хорошо приспособлены для использования в условиях ограничения на управляющее воздействие. В этой же работе, в дополнение к [2], были получены расчетные формулы для растягивания переходного процесса на два и три такта.

Система управления deadbeat – это, в первую очередь, цифровая система управления. В данной работе рассмотрение синтеза производится на основании функции z -преобразования элементов систем управления. Общая структура системы управления показана на рисунке 1.

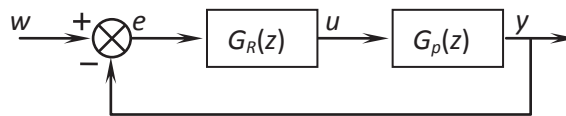


Рис. 1. Структура deadbeat регулятора: w – сигнал задания; e – сигнал ошибки; u – управляющее воздействие; y – выход системы

Полученные результаты нашли свое применение в разработке нового метода синтеза настроек ПИД-регулятора [3]. Метод был проверен для объектов с различной динамикой и с различными показателями качества переходного процесса. Однако необходимо учитывать, что присутствуют определенные ограничения в применении метода, обусловленные теоретическими или экспериментальными методами при идентификации объектов управления, которые могут позволить получить различный порядок и структуру объекта управления. Несмотря на то, что с практической точки зрения, передаточную функцию объекта управления обычно ограничивают первым-вторым порядком с запаздыванием или без, легко столкнуться с повышением требований по расчетным формулам.

Так, при переходе в z -область передаточной функции

$$W(s) = \frac{m_0 + m_1 \exp(-\tau t)}{n_2 s^2 + n_1 s + 1}$$

мы получим пятый порядок, а для функции

$$W(s) = \frac{m_0 + m_1 \exp(-\tau t)}{n_3 s^3 + n_2 s^2 + n_1 s + 1}$$

седьмой порядок.

При получении расчетных формул использовался подход, который описан в [1-2]. Единственным отличием является минимизация преобразований при получении полных уравнений. Вывод проводился из условия равенства первых импульсов управления при изменении сигнала задания.

Для порядка системы $m = 4$ выражения для базового коэффициента q'_0

$$q'_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^m b_i} - q_0(1 - a_2 - a_3 + 2a_2a_1 - a_1 + a_1^2 - a_1^3);$$

для $m = 5$ тактов

$$q'_0 = q_0(1 - a_1 + a_1^2 - a_1^3 + a_1^4 - a_2 - a_3 - a_4 + 2a_1a_2 + 2a_1a_3 + a_2^2 - 3a_1^2a_2) - \frac{1}{\sum_{i=1}^m b_i},$$

где a_1, a_2, \dots и b_1, b_2, \dots коэффициенты передаточной функции в z -области.

В общем случае можно получить формула:

$$q'_0 = (-1)^m q_0 D + \frac{1}{\sum_{i=1}^m b_i},$$

где

$$D = (1 - a_{m-1} - a_{m-2}(1 - a_1) - a_{m-3}(1 - a_2 - a_1(1 - a_1)) - \dots - a_1(1 - a_{m-2} - a_{m-3}(1 - a_1) - \dots))$$

Максимальные значения первых управляющих воздействий можно определить в общем виде

$$U_{\max} = -\frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^m b_i}}{(H - (-1)^m D)},$$

где

$$H = (a_m - a_{m-1}a_1 - a_{m-2}(a_2 - a_1^2)) - a_{m-1}(a_{m-1} - a_{m-2}a_1 - a_{m-3}(a_2 - a_1^2)) - \dots$$

Литература

1. Deadbeat регулятор с прогнозируемым уровнем сигнала управления / Н. М. Олиферович [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. - Минск : БГТУ, 2018. - № 2 (212). - С. 89-95.
2. N. Oliferovich, D. Hryniuk, I. Orobei and I. Suhorukova, "Increasing the robustness of the digital controller," *2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)*, Vilnius, 2018, pp. 1-6. doi: 10.1109/eStream.2018.8394120
3. Isermann R. *Digital Control Systems*. 2nd edn. Springer, Berlin, 1989. 565 p.
4. Гринюк, Д. А. Метод настройки ПИД-регулятора через deadbeat-регулятор на различные интегральные критерии / Д. А. Гринюк, Н. М. Олиферович, И. Г. Сухорукова // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. - Минск : БГТУ, 2019. - № 2 (224). - С. 66-73.