

Д.А. Гринюк, канд. техн. наук, доц.;
 Н.М. Олиферович, ассист.; М.Д. Карпович, инж.;
 П.О. Карпюк, студ. (БГТУ, г. Минск)

ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ КВАНТОВАНИЯ КАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ С КОМПЕНСАТОРОМ

Современные системы управления массово строятся на базе программируемых логических контроллеров в цифровом виде. Алгоритмы аналоговой обработки, к которой относится ПИД, реализуются путем преобразования аналоговой формы к дискретной [1]. Наибольшее распространение получили две формы цифрового регулятора

$$y_1(z) = kp + T_I T_s \frac{1}{z-1} + T_d \frac{1}{T_s} \frac{z-1}{z} \quad \text{или} \quad y(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}}; \quad (1)$$

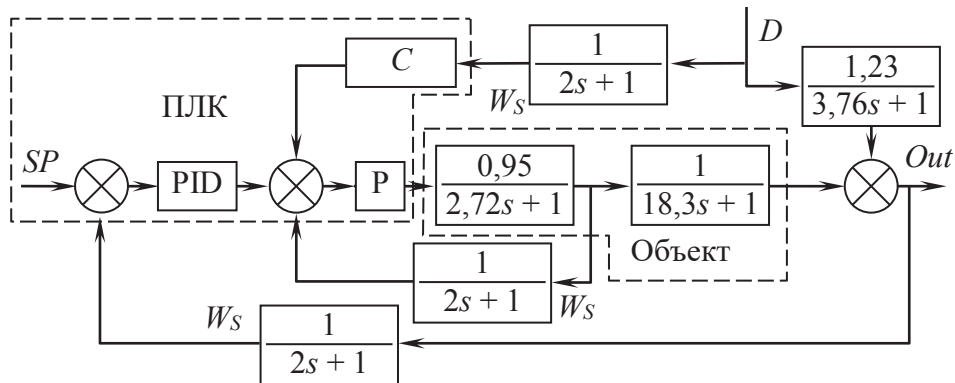
$$y_2(z) = kp + T_I T_s \frac{1}{z-1} + T_d \frac{1}{T_s} \frac{N}{1 + N T_s \frac{1}{z-1}}, \quad (2)$$

где kp , T_I , T_d – классические параметры настройки ПИД-регулятора; T_s – sample time; N – коэффициент аппроксимации дифференцирования. Sample time, как и kp , T_I , T_d , оказывает влияние на эффективность обработки данных. Современные программируемые логические контроллеры (ПЛК) имеют возможность настройки данного параметра. Особенно это касается средних и больших ПЛК. Проведение такой оптимизации особенно актуально при использовании электрических исполнительных механизмов. В этом случае увеличение sample time позволяет улучшить энергетические показатели работы. При использовании нагревателей, мощность для которых регулируется путем широтно-импульсной модуляции силовых ключей, оптимизация sample time может повлиять на энергетические показатели.

В случае простых локальных контуров регулирования в литературе можно найти расчетные формулы оптимального диапазона T_s , тогда как при более сложных структурах, особенно с нелинейностями, определение T_s более сложная задача. С целью оптимального выбора проведем оптимизацию sample time путем проверки эффективности работы синтезированной каскадной АСР при различном значении sample time. Рассмотренная структура представлена на рис. 1. Численные параметры на схеме указаны в минутах. Параметры PID и С найдены по интегральному критерию [2-3]

$$I_1 = \int_0^{td} |e(t)| t^2 dt \quad (3)$$

где t_d – время наблюдения; $e(t)$ – сигнал ошибки.



C – компенсатор; W_s – датчик; D – сигнал возмущения;
 SP – сигнал задания; PID – ПИД-регулятор основного параметра;
 P – П-регулятора вспомогательного параметра; Out – выход

Рисунок 1 – Структурная схема управления

Возможность вариации sample time с одной стороны ограничены быстродействием ПЛК, с другой – устойчивостью системы. Критичным значением для системы на рис. 1 является $T_s = [0,005 \dots 1,2]$ сек.

В процессе исследования оценивали такие параметры как перерегулирование, время переходного процесса по уровню 5%, интегральный критерий и среднеквадратичное отклонение (СКО). Нормированные результаты можно видеть на рис.1–5.

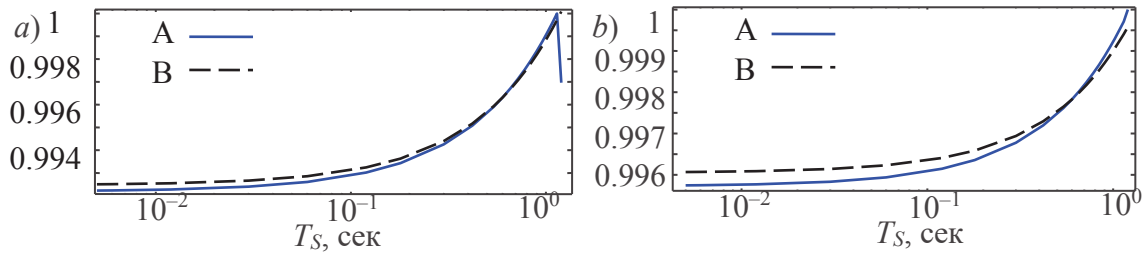


Рисунок 2 – Зависимость время регулирования (a) и интегрального критерия I_2 (b) от sample time при использовании ПИД как (1) – А; как (2) – В при изменении SP

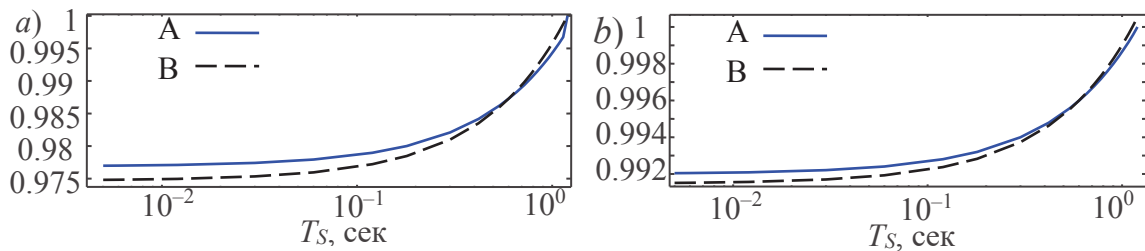


Рисунок 3 – Зависимость перерегулирования (a) и СКО (b) от sample time при использовании ПИД как (1) – А; как (2) – В при изменении SP

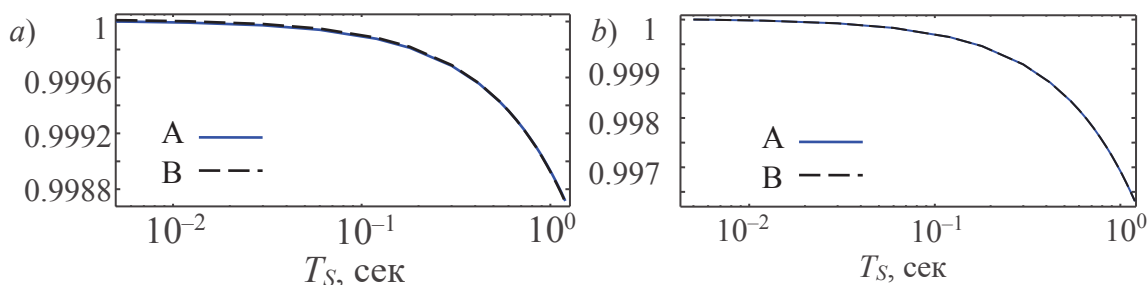


Рисунок 4 – Зависимость время регулирования (a) и интегрального критерия I_2 (b) от sample time при использовании ПИД как (1) – А; как (2) – В при изменении D

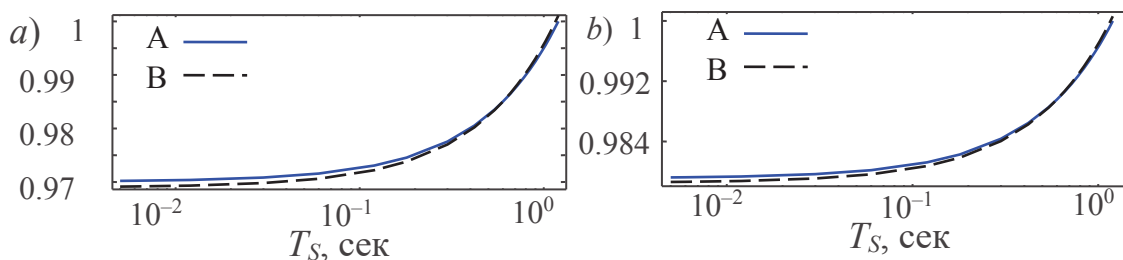


Рисунок 5 – Зависимость перерегулирования (a) и СКО (b) от sample time при использовании ПИД как (1) – А; как (2) – В при изменении D

Время T_S больше всего влияет на значение перерегулирования. При этом для данной системы, выбор цифровой формы ПИД-регулятора оказывает больше влияние. Sample time по-разному влияет на время регулирования и критерий I_2 при изменении возмущения и сигнала задания. Из этого следует, что использование sample time в 100 мс для данной системы является оптимальным. Одна следует заметить, что T_S может по-разному влиять на регулирование [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Oliferovich N., Hryniuk D., Orobei I., Suhorukova I. Increasing the robustness of the digital controller// 2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream) 1-6
2. Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г., Олиферович Н. М., Оробей И. О. Использование нелинейных регуляторов в каскадных системах регулирования при одновременной настройке четырех параметров // Труды БГТУ. Сер. 3, Физ.-мат. науки и информ. - Минск : БГТУ, 2020. - № 2 (236). - С. 61-68.
3. Hryniuk D., Suhorukova I., Oliferovich N., Orobei I. Complex tuning of the PID controller according to integral criteria // 2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences. P. 1-4.
4. Гринюк Д.А., Оробей И. О., Сухорукова И.Г., Оптимизация каскадной системы регулирования для распределенный объектов на основе интегральных критериев // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. - 2007. - Вып. XV. - С.97-100.