

УДК 621.18-5

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ РЕГУЛИРУЕМОЙ ВЕЛИЧИНОЙ

Кулик К.Ю.

Научный руководитель – Кулаков Г.Т., д.т.н., профессор

Системы автоматического регулирования (САР) с дифференцированием промежуточного сигнала широко используются в области автоматизации теплоэнергетических процессов [1-8]. Структурно-параметрическая оптимизация САР на базе модифицированного линейного упрядителя Смита позволяет повысить качество регулирования при основных возмущениях [9], однако данная структура системы требует реализации неполной и полной модели инерционного участка объекта регулирования с запаздыванием.

В связи с этим актуальной становится проблема структурно-параметрической оптимизации САР с использованием реальных пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов (РПИД) на базе микропроцессорных средств автоматизации [9].

Исходная структурная схема САР приведена на рис. 1.

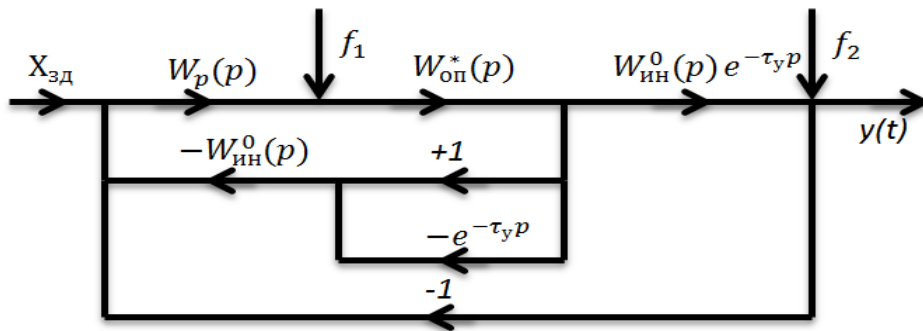


Рисунок.1. Структурная схема САР:

$W_p(p)$ – передаточная функция регулятора;

$W_{оп}^*(p) = \frac{K_{оп}}{T_{оп}p+1}$ – передаточная функция опережающего участка;

$W_{ин}^0(p) e^{-\tau_y p} = \frac{K_{ин} e^{-\tau_y p}}{T_{ин}p+1}$ – передаточная функция инерционного участка.

Передаточная функция стабилизирующего устройства:

$$W_{cy}(p) = W_{ин}^0(p)(1 - e^{-\tau_y p}) = \frac{K_{ин} \tau_y p}{(T_{ин}p+1)(\tau_y p+1)}, \tag{1}$$

где

$$(1 - e^{-\tau_y p}) = \frac{\tau_y p}{\tau_y p+1}. \tag{2}$$

Для выбора структуры основного регулятора используем передаточную функцию оптимального регулятора, которую находим по передаточной функции эквивалентного объекта регулирования:

$$W_{зкс}(p) = W_{ин}^0(p) \cdot W_{оп}^*(p) = \frac{K_{оп}}{(T_{оп}p+1)} \cdot \frac{K_{ин}}{(T_{ин}p+1)}. \tag{3}$$

Заданная передаточная функция системы при отработке задания:

$$W_{зд}(p) = \frac{1}{(T_{зд}p+1)^2}. \tag{4}$$

Оптимальная передаточная функция регулятора:

$$W_p^{opt}(p) = W_{зкс}^{-1}(p) \cdot W_{зд}^{pc}(p) = \frac{W_{зд}(p)}{W_{зкс}(p)} \cdot \frac{1}{1 - W_{зд}(p)}. \tag{5}$$

Подставив (3) и (4) в (5), получаем передаточную функцию реального ПИД-регулятора:

$$W_F^{opt}(p) = \frac{(T_{0n}p+1) \cdot (T_{ip}+1)}{2K_{0n}K_{ин}T_{зд}p \left(\frac{T_{зд}p}{2}+1\right)} \sim \text{РПИД}. \quad (6)$$

Графики отработки скачка задания при различных значениях постоянной времени $T_{зд}$ заданной передаточной функции (4) приведены на рис. 2., а отработки внешнего возмущения – на рис. 3.

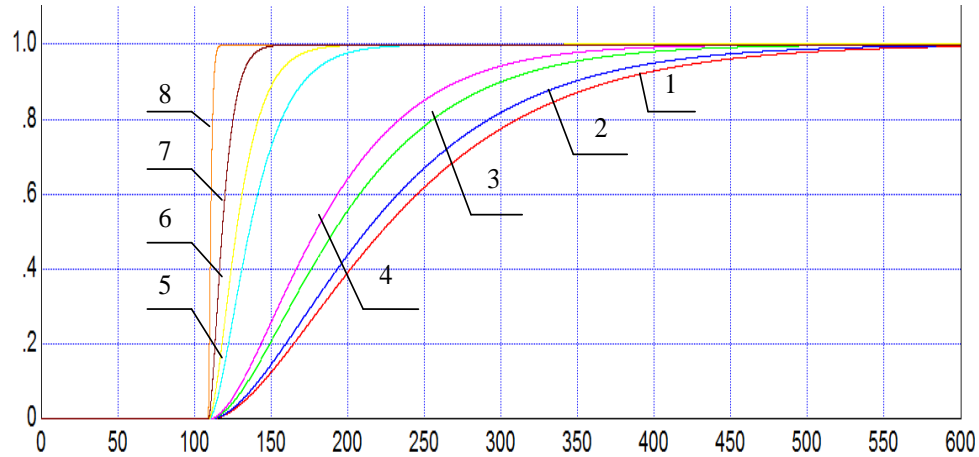


Рисунок 2. Графики отработки скачка задания $X_{зд}(t)$ при различных значениях $T_{зд}$

На рисунке обозначено: $T_{зд} = 0,618\tau_y$ – кривая 1; $T_{зд} = 0,56\tau_y$ – кривая 2; $T_{зд} = 0,44\tau_y$ – кривая 3; $T_{зд} = 0,382\tau_y$ – кривая 4; $T_{зд} = 0,146\tau_y$ – кривая 5; $T_{зд} = 0,1\tau_y$ – кривая 6; $T_{зд} = 0,05\tau_y$ – кривая 7; $T_{зд} = 0,009\tau_y$ – кривая 8.

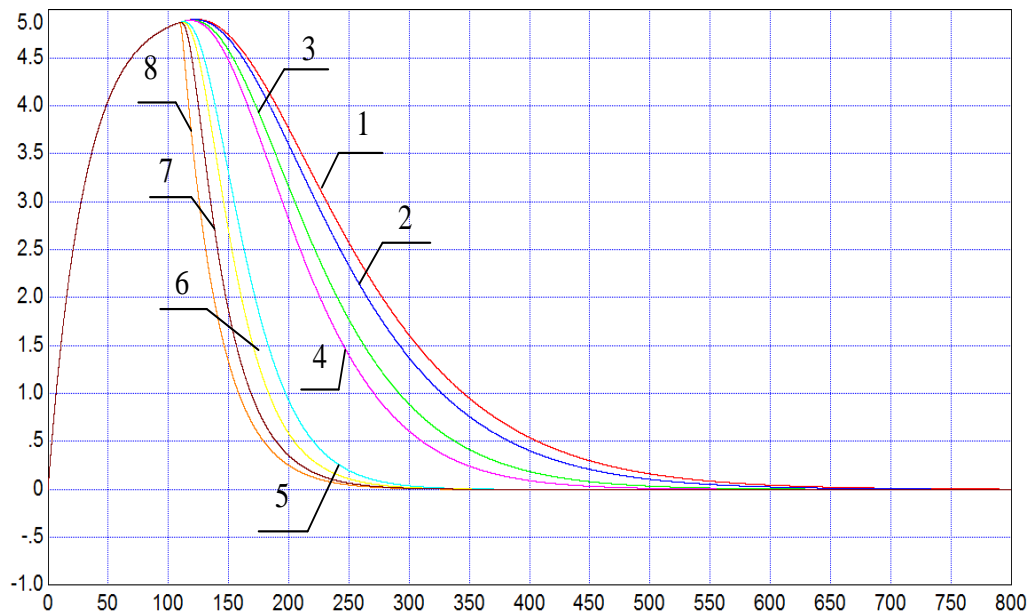


Рисунок 3. Графики отработки внешнего возмущения $f_2(t)$ при различных значениях $T_{зд}$
 На рисунке обозначено: $T_{зд} = 0,618\tau_y$ – кривая 1; $T_{зд} = 0,56\tau_y$ – кривая 2; $T_{зд} = 0,44\tau_y$ – кривая 3; $T_{зд} = 0,382\tau_y$ – кривая 4; $T_{зд} = 0,146\tau_y$ – кривая 5; $T_{зд} = 0,1\tau_y$ – кривая 6; $T_{зд} = 0,05\tau_y$ – кривая 7; $T_{зд} = 0,009\tau_y$ – кривая 8.

Выводы:

Предложен метод структурно-параметрической оптимизации САР с промежуточным сигналом, позволяющий значительно повысить качество регулирования при основных воздействиях с использованием реальных микропроцессорных ПИД-регуляторов: полное время регулирования при отработке сигнала задания стремится к τ_y , а при отработке внешнего возмущения – к $2\tau_y$.

Литература

1. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учеб. для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – 4-е изд. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 352 с.
2. Стефани, Е.П. Основы расчетов настройки регуляторов теплоэнергетических процессов / Е.П. Стефани. – 2-е изд. перераб. – М.: Энергия, 1972. – 376 с.
3. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления / В.Я. Ротач. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 295 с.
4. Кузьмицкий, И.Ф. Теория автоматического управления: учеб. пособие для студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Минск: БГТУ, 2006. – 486 с.
5. Кулаков, Г.Т. Комплексная методика оптимизации параметров динамической настройки регуляторов впрысков / Г.Т. Кулаков, М.Л. Горельшева // Энергетика Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2009. – № 3. – С. 59–66.
6. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: спр. пособие / Г.Т. Кулаков. – Минск: Высшейш. шк., 1984. – 192 с.
7. Смит, О.Дж. Автоматическое регулирование: пер. с англ. / О.Дж. Смит; под ред. Е.П. Попова. – М.: Физматгиз, 1962. – 848 с.
8. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования / Г.Т. Кулаков. – Минск: Технопринт, 2003. – 135 с.
9. Кулаков, Г.Т. Структурно-параметрическая оптимизация систем автоматического регулирования с дифференцированием промежуточного сигнала / Г.Т. Кулаков, А.Т. Кулаков [и др.] // Энергетика – Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2012. – № 3. – С. 64–71.
10. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009.