

ПСЕВДОЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Чжэньбэй Л.¹, Скороспешкин М.В.²

¹Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ21 e-mail: chzhenbey1@tpu.ru

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: smax@tpu.ru

Введение

В настоящее время для управления объектами с запаздыванием применяются специализированные регуляторы, например регулятор Смита. Особенностью объектов с запаздыванием является задержка сигнала между входом и выходом. Если в таких условиях применять классический ПИД-регулятор, то качество управления может оказаться неудовлетворительным.

В данной работе предложен подход к управлению объектом с запаздыванием на основе псевдолинейного регулятора, состоящего из классического ПИД-регулятора и псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением.

Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением

Данное устройство обеспечивает постепенное уменьшение амплитуды с увеличением частоты, сохраняя при этом фазу сигнала практически неизменной. На рисунке 1 показана структурная схема данного корректирующего устройства [1].

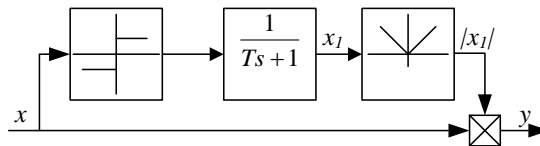


Рис. 1. Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением

Входной сигнала проходит через два канала. В верхнем канале находятся блок сигнатуры, фильтр низких частот и блок выделения модуля. Сигнал на выходе фильтра формируется путем перемножения входных сигналов из обеих ветвей:

$$y = |x_1| \cdot x. \quad (1)$$

Если предположить, что на входе фильтра присутствует сигнал, который можно описать как синусоидальную волну, то можно получить решение.

$$x_1 = x_{10} e^{-\frac{t}{T}} \pm (1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad (2)$$

где $x_{10} = \mp \frac{1 - e^{-\frac{\pi}{\omega T}}}{1 - e^{-\frac{\pi}{\omega T}}}$.

Для линейной аппроксимации нелинейной функции фильтра используются коэффициенты гармонической линеаризации, которые позволяют выразить нелинейную функцию через линейную функцию гармонической формы:

$$a = \frac{2}{\pi A} \int_0^{\pi} (|x_1| A \sin \omega t) \sin \omega t \, d(\omega t), \quad b = \frac{2}{\pi A} \int_0^{\pi} (|x_1| A \sin \omega t) \cos \omega t \, d(\omega t) \quad (3)$$

Коэффициенты гармонической линеаризации а и b являются функциями частоты. Если при расчете пренебречь влиянием более высоких гармоник сигнала-меандра $\text{sign } x$, то можно использовать упрощенные формулы для вычисления коэффициентов а и b [1].

$$a = \frac{8}{\pi^2 \sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \left(1 + \frac{1}{3} \cos 2\theta\right) \quad b = \frac{8}{\pi^2 \sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \left(\frac{1}{3} \sin 2\theta\right) \quad (4)$$

где $\theta = -\arctg \omega T$.

На рисунке 2 приведены графики АЧХ и ФЧХ данного корректирующего устройства. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют значениям параметра настройки постоянной времени T фильтра низких частот, равной 1, 5 и 10 с. соответственно.

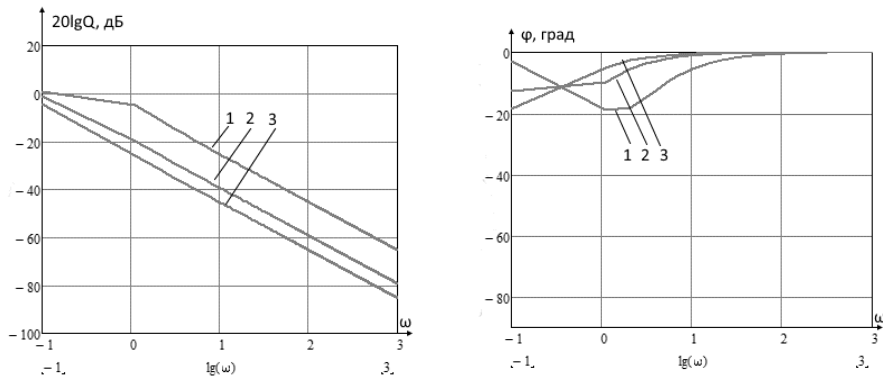


Рис. 2. АЧХ и ФЧХ корректирующего устройства с амплитудным подавлением [1]

Из рисунка видно, что чем больше постоянная времени T , тем сильнее происходит подавление амплитуды, а фазовый сдвиг, вносимый данным корректором, составляет не больше -20 град. Используя это свойство ослабление амплитуды практически без изменения фазового сдвига можно улучшить качество системы управления.

Моделирование системы управления с помощью ППП MATLAB

Для исследования был выбран типовой объект управления второго порядка с передаточной функцией (5).

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 5s + 4} \quad (5)$$

Настройки ПИД-регулятора приняты равными: $Kp = 90$, $Ki = 20$, $Kd = 5$, параметр настройки псевдолинейного корректирующего устройства $T=0,01$ с.

На рисунке 3 представлены модели систем автоматического управления объектом, описанным выше с классическим ПИД-регулятором и псевдолинейным регулятором.

На рисунке 4 представлены кривые переходных процессов каждой из систем. Запаздывание объекта управления принято равным $\tau=0,1$ с.

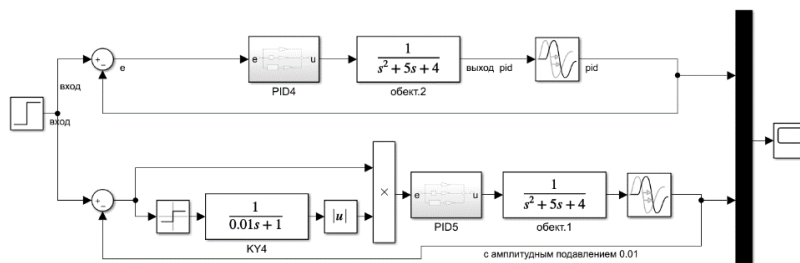


Рис. 3. Модели систем в ППП Matlab

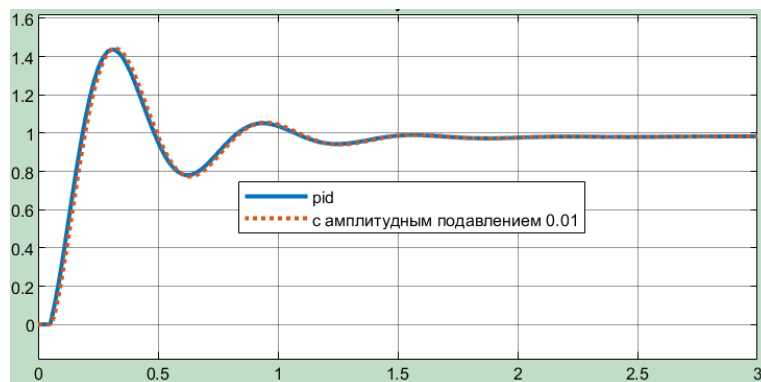


Рис. 4. Кривые переходных процессов

Из рисунка 4 видно, что качество управления обеих систем удовлетворительное и практически одинаковое. Время регулирования системы составляет 1.3 секунды, а перерегулирование – 46 %

На рисунке 5 представлены кривые переходных процессов обеих систем, при значении времени запаздывания объекта управления равным $\tau = 0,5$ с.

При увеличении запаздывания объекта управления до значения $\tau = 0,5$ с. Система управления с ПИД-регулятором становится неустойчивой, и подстройка ПИД-регулятора не дает результата. Система с псевдолинейным регулятором при подстройке постоянной времени фильтра низких частот корректора до значения $T = 100$ с. является устойчивой. Время регулирования системы составляет 13.2 секунды, а перерегулирование равно нулю.

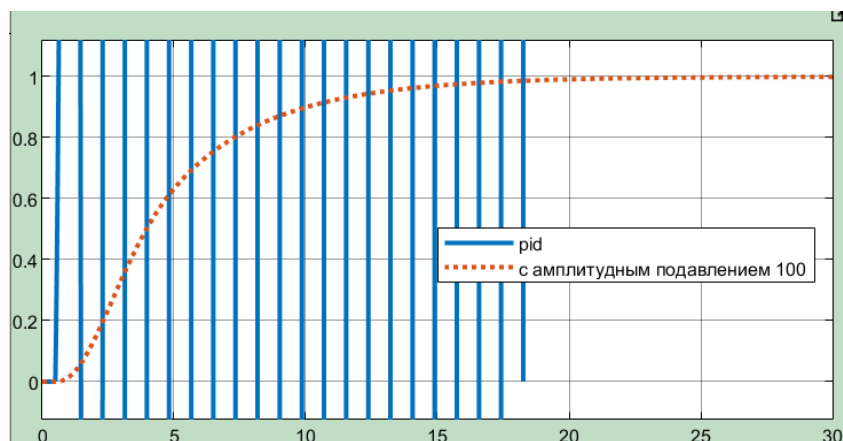


Рис. 5. Кривые переходных процессов

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что представленный в работе псевдолинейный регулятор является работоспособным и позволяет улучшить качество работы системы управления при изменении запаздывания объекта управления.

Список использованных источников

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления – М.: Машиностроение, 1971. –466 с.