

ПСЕВДОЛИНЕЙНЫЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР ДЛЯ СИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Очиров В.В., Скороспешкин М.В.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики
vvo1@tpu.ru

В настоящее время ПИД регуляторы широко распространены в системах автоматического регулирования (САР) для получения необходимого качества переходного процесса и точности. Данный регулятор хорошо справляется со своими функциями при статических параметрах объекта управления САР. Однако существует множество объектов управления с динамическими параметрами, то есть изменяющимися с течением времени.

Для повышения качества систем используются корректирующие устройства, которые позволяют изменять фазо-частотные характеристики.

К корректирующим устройствам относятся, в частности, корректирующие звенья, представляющие собой динамические звенья с определенными передаточными функциями. [1]

Коррекция осуществляется включением в систему корректирующих устройств [2], которые должны изменить динамику всей системы в нужном направлении.

Основная задача корректирующих устройств состоит в улучшении точности системы и качества переходных процессов. Однако наряду с этим путем введения корректирующих устройств можно сделать систему устойчивой, если она была без них неустойчивой, и добиться желаемого качества процесса регулирования. [3]

В данной работе приведены результаты исследования работы САР объектом управления (ОУ) второго порядка с использованием псевдолинейного ПИД-регулятора.

В состав данного регулятора включены следующие звенья: пропорциональное звено, интегрирующее звено, дифференцирующее звено и псевдолинейное фазопережающее звено.

Структурная схема псевдолинейного ПИД-регулятора представлена на рисунке 1.

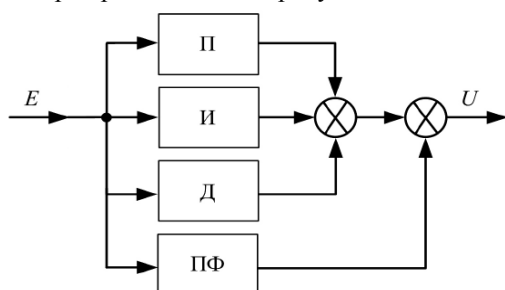


Рис.1. Структурная схема псевдолинейного регулятора.

На Рис.1. представлены следующие обозначения: П – пропорциональное звено, И – интегрирующее звено, Д – дифференцирующее звено и ПФ – псевдолинейное фазопережающее звено.

Примером схемы псевдолинейной коррекции, позволяющей получить фазовое опережение без изменения амплитуды, может служить схема, приведенная на Рис. 2.

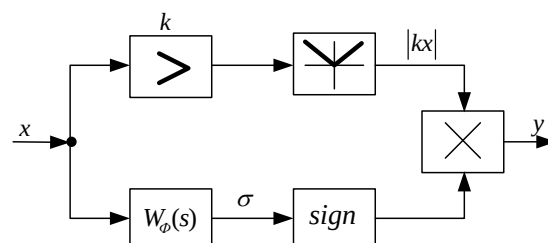


Рис.2. Структурная схема псевдолинейного фазопережающего звена.

Входной сигнал, разветвляясь, также проходит по двум каналам. Верхняя ветвь устройства состоит из усилителя и блока взятия модуля. Нижняя ветвь – из линейного фильтра и блока сигнатуры. Сигнал на выходе получается как произведение модуля сигнала $|kx|$ на функцию знака $\text{sign}(x)$, где σ является выходом линейного фильтра $W_\phi(s)$, создающего фазо-частотное опережение.

Характерным свойством псевдолинейного фазопережающего звена является независимость частотных характеристик звена от амплитуды входного сигнала.

$$a = \frac{1}{\pi}(\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha); \quad b = \frac{1}{\pi}(\pi - \cos 2\alpha),$$

$$\text{где } \alpha = \arctg \frac{\omega T_1(1-v)}{1 + \omega^2 T_1^2 v}; \quad v = \frac{T_2}{T_1}$$

Анализ частотных характеристик звена показывает, что при изменении частоты и варьировании постоянных времени звена T_2 от 1 до 0,01 с, T_1 от 1 до 10 с, ФЧХ претерпевает изменения в пределах от 0 до 78° , а логарифмически АЧХ изменяется от 0 до -4 дБ. Такое изменение АЧХ не показывает существенное влияние на запас устойчивости САР. Данное псевдолинейное звено с фазовым опережением осуществляет фазовый сдвиг, величина которого зависит от значений постоянных времени T_2 и T_1 .

Для исследования работы псевдолинейного ПИД-регулятора была реализована модель САР в среде Matlab, которая показана на рисунке 3.

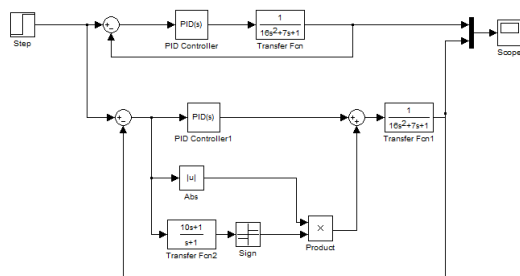


Рис.3. Модель САР в среде Matlab.

В системе используется объект управления (ОУ) второго порядка, имеющий передаточную функцию вида:

$$W_o = \frac{K_o}{T_{o2}^2 s^2 + T_{o1} s + 1'}$$

где K_o – статический коэффициент передачи ОУ, T_{o1} и T_{o2} – постоянные времени.

Параметры ОУ имеют следующие значения:

$$K_o = 1; T_{o1} = 7 \text{ с.}; T_{o2} = 4 \text{ с.}$$

Для данного объекта управления методом Циглера-Никольса были рассчитаны параметры классического ПИД-регулятора для обеспечения апериодического переходного процесса. Коэффициенты регулятора имеют следующие значения:

$$K_p = 1.0753; K_i = 0.1331; K_d = 0.7462$$

Для исследования свойств системы регулирования была проведена настройка псевдолинейного ПИД-регулятора: значения пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих были приняты равными значения классического ПИД-регулятора. Параметры настройки фазопережающего звена были приняты равными:

$$T_{o1} = 10 \text{ с.}; T_{o2} = 1 \text{ с.}$$

На рисунке 4 приведены кривые переходных процессов для двух систем с параметрами ОУ и настройками регуляторов, описанными выше:

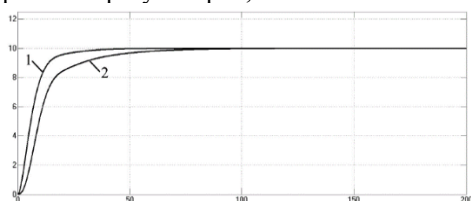


Рис.4. Кривые переходных процессов.

Кривая 1 соответствует системе с классическим ПИД-регулятором, а кривая 2 – системе с псевдолинейным ПИД-регулятором.

Как видно из рисунка характер переходных процессов является апериодическим. В системе с псевдолинейным

На рисунке 5 приведены кривые переходных процессов для этих же САР, с изменившимися параметрами ОУ. Значения изменившихся параметров ОУ являются следующие:

$$K_o = 1; T_{o1} = 7 \text{ с.}; T_{o2} = 7 \text{ с.}$$

При этом параметры псевдолинейного и классического ПИД-регулятора остались неизменными.

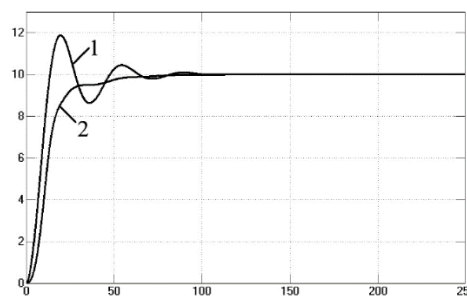


Рис.5. Кривые переходных процессов.

Кривая 1 соответствует системе с классическим ПИД-регулятором, а кривая 2 – системе с псевдолинейным ПИД-регулятором.

Как видно из рисунка качество регулирования САР с псевдолинейным ПИД-регулятором при изменившихся параметрах ОУ является намного лучше, чем качество регулирования с классическим.

Выполненные исследования систем регулирования с предложенным регулятором показывают, что псевдолинейный ПИД-регулятор эффективно работает в условиях, когда параметры объекта управления меняются в широком диапазоне. Таким образом такой регулятор можно рассматривать, как робастный.

В данной работе рассмотрено псевдолинейное фазопережающее звено, фазовая характеристика которого изменяется в пределах от 0 до 78°. При необходимости подъема фазо-частотной характеристики на большую величину можно использовать псевдолинейное корректирующее устройство с фазовым опережением [4]. Данное звено обеспечивает подъем фазо-частотной характеристики до 175°.

Список использованных источников

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. – М: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975. –768с.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – К.: Высшая школа. Головное издательство, 1989. –421с.
3. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для вузов. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1989. –304с.
4. Скороспешкин М.В., Скороспешкин В.Н. Псевдолинейное корректирующее устройство с фазовым опережением // Патент на полезную модель №104332 (RU 104332 U1) По заявке №2010149922/08 от 03.12.2010. Опубликовано: 10.05.2011 RU БИМП №13.