

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ФАЗОВЫМ ОПЕРЕЖЕНИЕМ

*М.В. Скороспешкин, к.т.н., доц.,  
А.В. Веретехин, студент гр. 8ТМ91  
Томский политехнический университет  
E-mail: avv48@tpu.ru*

## Введение

Системы автоматического управления, содержащие в своем составе только функционально необходимые элементы, служащие для реализации какого-либо принципа управления, имеют меньшие значения ошибки по сравнению с системами без автоматического управляющего устройства, но зачастую не способны достигать требуемых показаний качества. Для стабилизации системы и улучшения показателей качества переходного процесса, необходимо соответствующим образом прибегнуть к изменению частотных характеристик системы, т.е. осуществить коррекцию системы [1].

К средствам коррекции относят, в частности, и корректирующие звенья с определенными передаточными функциями. Внесение в систему такого дополнительного элемента, который определенным образом будет корректировать свойства исходной автоматической системы. Если этот элемент достаточно сложен, то он называется корректирующим устройством [1].

Все корректирующие устройства, применяемые в системах автоматического управления, можно разделить на линейные, нелинейные. Линейные корректирующие устройства, преимуществом которых являются простота и эффективность в реализации имеют ограниченные возможности в получении высоких показателей качества и точности процессов управления. Нивелировать недостатки позволяют нелинейные корректирующие устройства, частным случаем которых являются псевдолинейные корректирующие устройства.

Псевдолинейные корректирующие устройства уменьшают амплитуду с ростом частоты без фазовых соотношений или вызывают фазовое опережение без изменения амплитуды. Существуют и такие псевдолинейные корректирующие устройства, у которых с падением амплитуды происходит возрастание фазовой характеристики [2].

В данной работе будет описан процесс моделирования псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением в системе автоматического регулирования с объектом второго порядка.

## Описание моделирования

Для исследования был выбран объект управления второго порядка. Вид передаточной функции объекта представлен на рисунке 1. Структурная схема ПКУ представлена на рисунке 1.

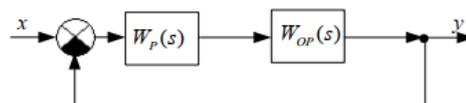


Рис. 1. Система с ОУ второго порядка

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{OP}(s) = \frac{K_0}{T_2^2 s^2 + T_1^2 s + 1}, \quad (1)$$

где  $K_0$  – статистический коэффициент передачи ОУ,  $T_2$ ,  $T_1$  – постоянные времени. Параметры данного объекта управления были взяты значения:  $K_0 = 8$ ;  $T_2 = 10$ ;  $T_1 = 6$ .

Далее была произведена ручная настройка ПИД-регулятора. Зная принцип влияния каждого из коэффициентов на переходный процесс, можно постепенно найти оптимальные значения. Для начала настраивают пропорциональную составляющую, исключая из системы интегральную и дифференциальную, затем настраивают интегральную и в последнюю очередь дифференциальную [5]. Данную процедуру можно выполнить на основе базы правил, которые применяются для ручной настройки. Данные правила получены из теоретического анализа и опыта.

Они имеют следующие заключения:

- увеличение коэффициента пропорциональности увеличивает быстродействие и снижает запасы устойчивости;
- с понижением интегральной составляющей ошибка регулирования в течение времени также уменьшается быстрее;
- уменьшение величины постоянной интегрирования уменьшает запасы устойчивости;
- увеличение дифференциальной составляющей повышает запасы устойчивости и быстродействие.

Перечисленные выше правила используются также для регуляторов, применяющих методы нечеткой логики.

Итоговые параметры ПИД-регулятора приняты равными:  $K_p=0.8; K_i=0.13; K_d=1.2$ .

В Matlab Simulink была собрана схема, моделирующая работу ПКУ. Схема состоит из трех частей: САР с объектом второго порядка без применения корректирующего устройства, САР с объектом второго порядка с запаздыванием (запаздывание может быть достигнуто путем добавления апериодического звена первого порядка, вносящего в систему отрицательный сдвиг фазы или при помощи блока Transport Delay) и без него. Схема представлена на рисунке 2.

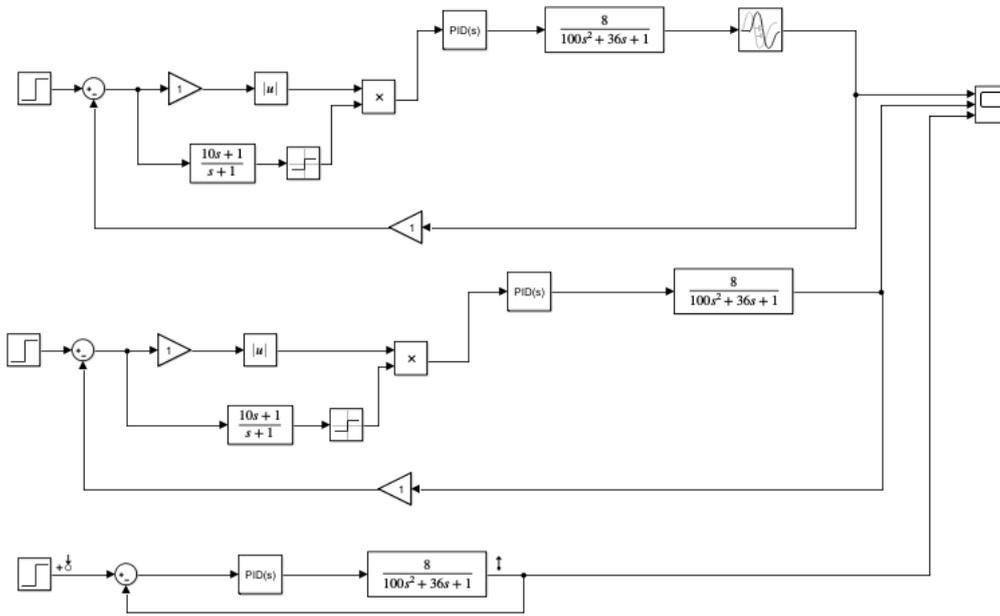


Рис. 2. Моделирование работы САР в Matlab Simulink

На рисунке 3 представлен график переходного процесса в САР без применения корректирующего устройства. Показатели качества системы также представлены на графике.

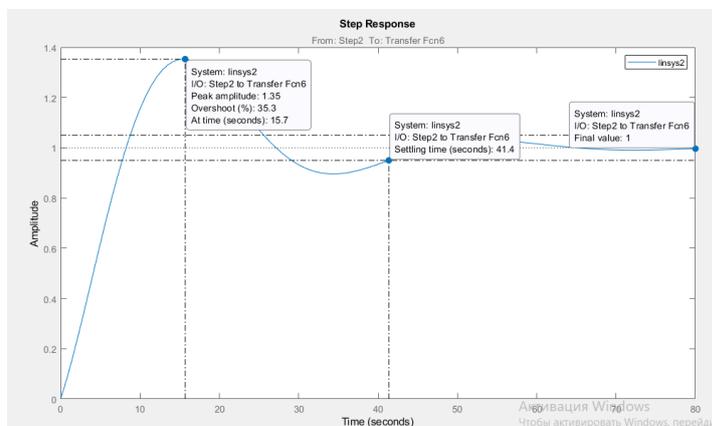


Рис. 3. Переходный процесс САР без КУ

Сравнительная графическая характеристика переходных процессов в САР без КУ, САР с КУ без запаздывания и САР с КУ с запаздыванием приведена на рисунке 4.

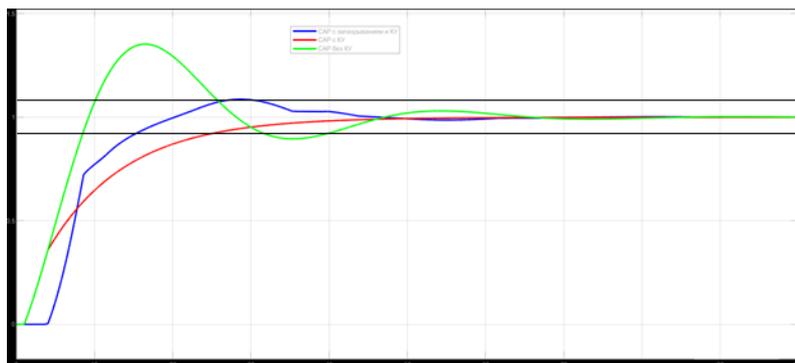


Рис. 4. Переходные характеристики САР при различных конфигурациях

Из рисунка 4 видно, что при применении корректирующего устройства значительно повышается качество переходного процесса: происходит уменьшение перерегулирования и времени переходного процесса. Если сравнивать между собой работу КУ в системах с запаздыванием и без, то можно увидеть, что в САР с запаздыванием качество регулирования заметно хуже (большее время переходного процесса и значение перерегулирования, наблюдается более неравномерное и колебательное изменение переходной характеристики) чем для аналогичной САР, но без запаздывания.

Далее был произведен анализ влияния вида передаточной функции интегро-дифференцирующего звена КУ с фазовым опережением на качество переходного процесса. При неизменном коэффициенте  $T=1$ , было проведено изменение коэффициента  $T_1$ . График переходных процессов САР с запаздыванием и КУ с фазовым опережением при различных значениях параметра  $T_1$  представлен на рисунке 5.

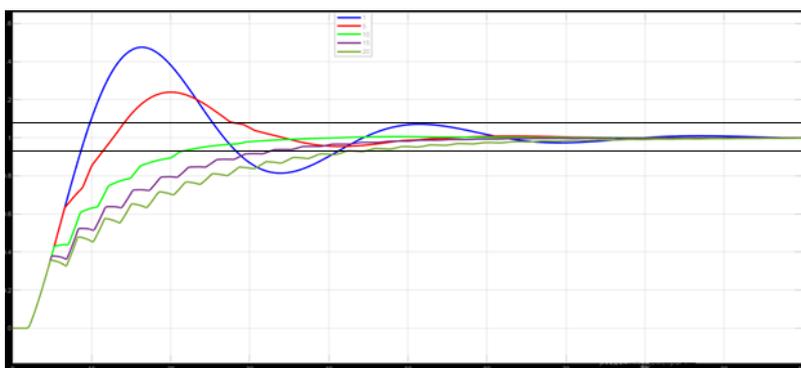


Рис. 5. Графики переходных процессов при различных значениях  $T_1$  (1;5;10;15;20)

Можно сделать вывод, что чем больше коэффициент  $T_1$ , тем меньше значение перерегулирования, однако с его ростом постепенно достигается нулевое перерегулирование, в то время как время переходного процесса продолжает увеличиваться, поэтому нужно подбирать его так, чтобы достигалось оптимальное соотношение данных величин.

### Заключение

В представленной работе было проведено моделирование псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением. Был проведен анализ качества переходного процесса в САР без применения корректирующего устройства и с ним, а также анализ зависимости качества переходного процесса от вида передаточной функции корректирующего устройства. Моделирование показало, что использование корректирующего устройства может значительно повысить эффективность регулирования в САР при условии правильной его настройки.

### Список использованных источников

1. Попов Е.П., Пальтов И.П. Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем. – М.: Физматгиз, 1960. – 790с.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – Киев: Выща школа, 1989. – 431с.
3. Лучко С.В., Федоров С.М. О синтезе псевдолинейных корректирующих устройств, Извн. АН СССР, Техническая кибернетика, 1974. – №5.