

ПСЕВДОЛИНЕЙНОЕ ДВУКАНАЛЬНОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Никифоров Д.Г., Скороспешкин М.В.

Научный руководитель: Скороспешкин М.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dmitryniki@sibmail.com

Среди нелинейных устройств, используемых для коррекции свойств систем автоматического управления, выделяют класс корректирующих устройств, эквивалентные амплитудно-фазовые частотные характеристики которых не зависят от амплитуды входного сигнала. Такие корректирующие устройства называют псевдолинейными [1].

Наиболее распространены следующие псевдолинейные корректирующие устройства (ПКУ) [2].

- Корректирующие устройства с амплитудным подавлением.
- Корректирующее устройство с фазовым опережением.
- Корректирующее устройство с раздельными каналами для амплитуды и фазы.

В настоящей работе проанализированы свойства корректирующего устройства с раздельными каналами для амплитуды и фазы на примере моделей систем автоматического управления (САУ) с объектами управления (ОУ) второго, третьего и четвертого порядков.

Исследование свойств ПКУ проводилось в среде MatLab. Модель САУ 2 порядка, состоящая из ПИД-регулятора, ОУ и единичной обратной связи, представлена на рисунке 1.

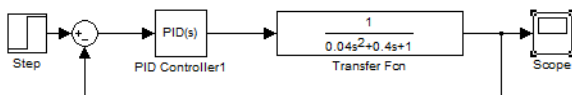


Рис.1. Система управления с ПИД-регулятором и ОУ 2 порядка

Настройки регулятора были найдены с помощью стандартной функции PID tuning tool и равны: $K_p=1.82$, $K_i=6.48$, $K_d=0.06$. Настройки найдены однажды и использованы в ПИД-регуляторах для всех исследованных САУ.

На рисунке 2 представлена реакция системы на единичное ступенчатое воздействие.

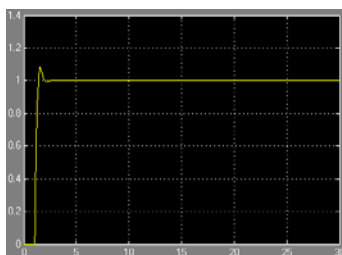


Рис.2. Реакция системы на единичное ступенчатое воздействие

Модель системы после изменения параметров ОУ представлена на рисунке 3.

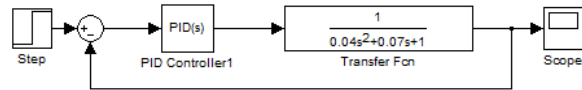


Рис.3. Система управления после влияния нестационарности

Реакция САУ после изменения параметров ОУ показана на рисунке 4. Ранее настроенный ПИД-регулятор не справляется со своей задачей, выросли колебательность и время регулирования.

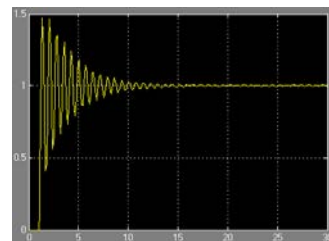


Рис.4. Реакция системы на единичное ступенчатое воздействие после изменения параметров ОУ

Для улучшения качества переходного процесса использовано ПКУ с раздельными каналами для амплитуды и фазы, настраиваемыми независимо друг от друга. ПКУ можно рассматривать как дополнительное средство, участвующее в формировании управляющего воздействия и повышающее качество управления. Структура псевдолинейного двухканального корректора показана на рисунке 5. Корректирующее устройство включается последовательно с регулятором и состоит из двух каналов: амплитудного (верхнего) и фазового (нижнего). Амплитудный канал состоит из апериодического звена и звена выделения модуля. Фазовый канал содержит интегрирующе-дифференцирующее звено [3].

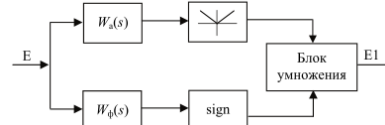


Рис.5. Структура ПКУ с раздельными каналами для амплитуды и фазы

Модель САУ с ПКУ с раздельными каналами для амплитуды и фазы представлена на рисунке 6.

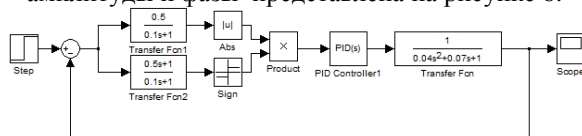


Рис.6. Модель САУ с ПКУ и ОУ 2 порядка

Передаточные функции (ПФ) амплитудного и фазового каналов в общем виде выглядят следующим образом [1]:

$$W_A = \frac{k}{T_1 s + 1}; \quad W_\Phi = \frac{T s + 1}{T_2 s + 1}$$

Полученные экспериментальным путем параметры ПКУ ($k=0.5$, $T_1=0.1$, $T=0.5$, $T_2=0.1$) позволили получить переходный процесс, представленный на рисунке 7. Использование ПКУ в САУ 2 порядка позволило получить аperiodический переходный процесс вместо колебательного и уменьшить время регулирования в 4 раза.

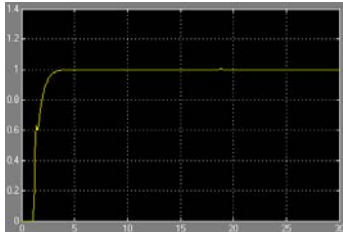


Рис.7. Реакция системы с ПКУ на единичное ступенчатое воздействие

Модели 3 и 4 порядков идентичны по структуре с моделями 2 порядка, меняется лишь ОУ. ПФ ОУ 3 и 4 порядка выглядят следующим образом:

$$W_3 = \frac{1}{0.04s^3 + 0.07s^2 + 11s + 1}$$

$$W_4 = \frac{1}{0.04s^4 + 5s^3 + s^2 + 10s + 1}$$

На рисунке 8 представлена реакция системы 3 порядка с ПИД-регулятором без ПКУ на единичное ступенчатое воздействие.

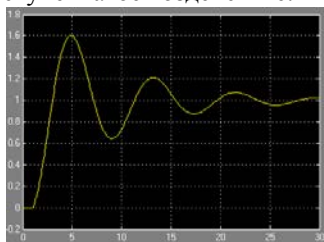


Рис.8. Реакция системы 3 порядка с ПИД-регулятором на единичное ступенчатое воздействие

На рисунке 9 представлена реакция системы 3 порядка с ПИД-регулятором и ПКУ ($k=1$, $T_1=5$, $T=1$, $T_2=0.1$) на единичное ступенчатое воздействие.

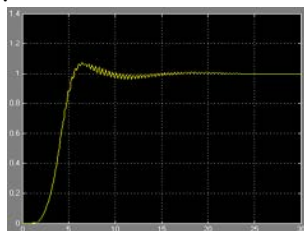


Рис.9. Реакция системы 3 порядка с ПИД-регулятором и ПКУ на единичное ступенчатое воздействие

Использование ПКУ в САУ 3 порядка позволило снизить время регулирования в 3 раза, а также уменьшить перерегулирование в 6 раз.

На рисунке 10 представлена реакция системы 4 порядка с ПИД-регулятором без ПКУ на единичное ступенчатое воздействие.

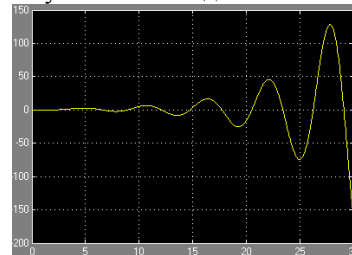


Рис.10. Реакция системы 4 порядка с ПИД-регулятором на единичное ступенчатое воздействие

На рисунке 11 представлена реакция системы 4 порядка с ПИД-регулятором и ПКУ ($k=0.01$, $T_1=0.1$, $T=10$, $T_2=1$) на единичное ступенчатое воздействие.

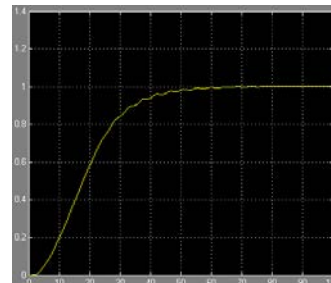


Рис.11. Реакция системы 4 порядка с ПИД-регулятором и ПКУ на единичное ступенчатое воздействие

Использование ПКУ в САУ 4 порядка позволило получить устойчивый аperiodический переходный процесс, однако время регулирования получилось высоким.

Согласно результатам моделирования, ПКУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы позволяет улучшить качество переходного процесса, снизить его длительность, уменьшить перерегулирование. Однако с ростом порядка системы эффективность ПКУ снижается.

Список литературы

1. Топчиев Ю. И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления. М.: Изд. Машиностроение, 1971.
2. Хлыпало Е. И. Расчет и проектирование нелинейных корректирующих устройств в автоматических системах. Л.: Энергоиздат, 1982. 272 с.
3. Зельченко В. Я., Шаров С. Н. Нелинейная коррекция автоматических систем. Л.: Судостроение, 1981. 167 с.