

## НЕЧЕТКОЕ ПСЕВДОЛИНЕЙНОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Фам Ван Дай, Скороспешкин В.Н.

Научный руководитель: Скороспешкин В.Н., к.т.н., доцент  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [phamvandaibk@gmail.com](mailto:phamvandaibk@gmail.com)

Среди нелинейных корректирующих устройств для систем автоматического регулирования, выделяют класс устройств, эквивалентные амплитудно-фазовые частотные характеристики которых не зависят от амплитуды входного сигнала. Такие корректирующие устройства называются псевдолинейными [1]. Наиболее широкое распространение нашли следующие псевдолинейные корректирующие устройства (ПКУ) [1]: корректирующие устройства с амплитудным подавлением, корректирующее устройство с фазовым опережением и корректирующее устройство с отдельными каналами для амплитуды и фазы.

В настоящей работе проведено исследование свойств системы автоматического регулирования с нечетким псевдолинейным корректирующим устройством с фазовым опережением.

Структура нечеткого псевдолинейного корректирующего устройства представлена на рисунке 1 [2]

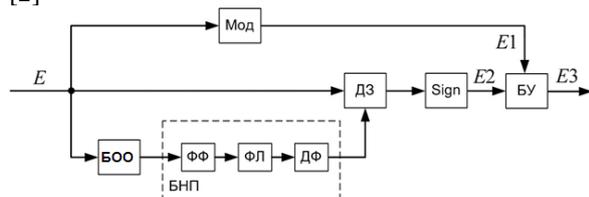


Рис. 1. Структура нечеткого корректирующего устройства

В этой схеме использованы следующие обозначения: Sign – блок определения знака; ДЗ – динамическое звено; МОД – блок выделения модуля; БУ – блок умножения; БОО – блок определения интегральной квадратичной ошибки САР; БНП – блок нечетких преобразований; ФФ – блок фаззификации; ФЛ – блок фаззи-логики; ДФ – блок дефаззификации; E – ошибка регулирования; E3 – выходной сигнал корректирующего устройства; E1 – выходной сигнал блока определения модуля; E2 – выходной сигнал блока определения знака.

Корректор выполнен на базе интегро-дифференцирующего звена с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{T_1 p + 1}{T_2 p + 1}$$

Корректор осуществляет фазовый сдвиг, величина которого зависит от значения постоянных времени  $T_1$  и  $T_2$ . Выходной сигнал корректора формируется в результате перемножения входного сигнала, прошедшего через блок определения модуля, и сигнала, прошедшего через интегро-дифференцирующее звено и блок определения знака. Изменение фазового сдвига в данной схеме

осуществляется блоком нечетких преобразований. При появлении в САР колебаний регулируемой величины, а следовательно и ошибки, в корректоре автоматически происходит увеличение постоянной времени дифференцирования, и в результате этого происходит подавление колебаний регулируемой величины путем изменения фазовой частотной характеристики САР. [2] Параметры настройки ПИД-регулятора не меняются в процессе работы САР.

Блок нечетких преобразований состоит из трех блоков: ФФ – блока фаззификации, ФЛ – блока фаззи-логики и ДФ – блока дефаззификации. В блоке фаззификации формируются функции принадлежности входной переменной, в нашем случае переменной является интегральная квадратичная ошибка на определенном интервале времени. Переменная носит имя «I». Для данной переменной задаются две функции принадлежности типа «трапеция» с названиями – «small» и «big» и одна функция принадлежности типа «треугольник» – «avg». После задания функций принадлежности входной переменной задаются функции принадлежности выходной переменной, которые используются в блоке дефаззификации. Выходной переменной является значение постоянной времени дифференцирования  $T_I$  интегро-дифференцирующего звена (для простоты реализации САР, постоянная времени  $T_2$  фиксирована). Переменная носит имя «T». Для этой переменной задаются также две функции принадлежности типа «трапеция» с названиями – «small» и «big» и одна функция принадлежности типа «треугольник» – «avg». Вид диалоговых окон задания функций принадлежности входной и выходной переменных изображены соответственно на рисунках 2 и 3.

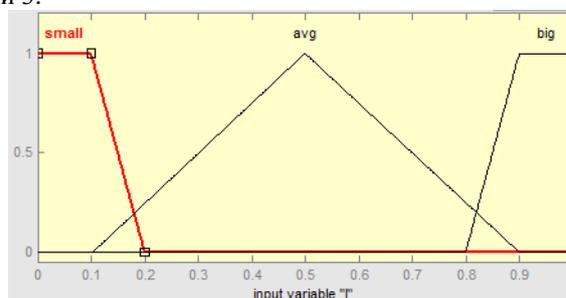


Рис. 2. Функции принадлежности входной переменной

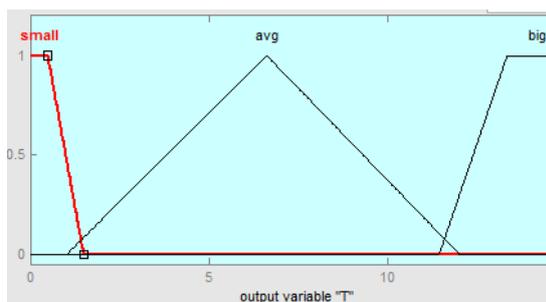


Рис. 3. Функции принадлежности выходной переменной.

После задания функций принадлежности входной и выходной переменных создается база правил, по которым будет осуществляться принятие решения о значении выходной переменной. В данной работе использована следующая база правил:

- Если ошибка  $I$  малая, то постоянная времени  $T_1$  малая.
- Если ошибка  $I$  средняя, то постоянная времени  $T_1$  средняя.
- Если ошибка  $I$  большая, то постоянная времени  $T_1$  большая.

Для дефазификации использован метод центра тяжести.

Проверка работоспособности нечеткого корректирующего устройства проводилась в среде Simulink на примере САР с объектом второго порядка. Используемая для проверки работоспособности схема САР представлена на рисунке 4.

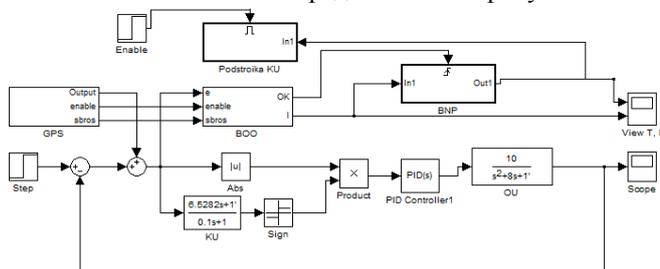


Рис. 4. Схема САР в среде Simulink

Передаточная функция объекта управления, используемая при моделировании работы САР, имеет вид:

$$W_{OV}(s) = \frac{K}{T_1 s^2 + T_2 s + 1}$$

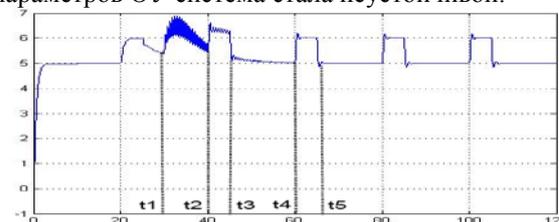
В процессе моделирования, постоянная времени  $T_1$  объекта управления менялась в диапазоне от 0.1 до 1 сек, постоянная времени  $T_2$  менялась в диапазоне от 5 до 8 сек, а статический коэффициент передачи  $K$  менялся в диапазоне от 1 до 10. Изменение параметров объекта управления приводило к уменьшению запаса устойчивости и ухудшению качества САР.

Определение значения интегральной квадратичной ошибки проводилось после подачи на вход системы прямоугольного импульса длительностью, равной 5 сек.

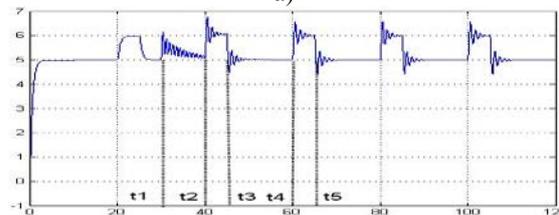
На рисунке 5-а представлена кривая переходного процесса в САР, в состав которой входит

нечеткое псевдолинейное корректирующее устройство. В момент времени  $t_1$  происходило изменение параметров ОУ, и как следствие этого появилось колебание регулируемой величины. В момент времени  $t_2$  на вход САР был подан пробный импульс. После окончания импульса в момент времени  $t_3$  происходила подстройка параметра нечеткого ПКУ. На рисунке видно, что со следующих импульсов качество регулирования улучшилось.

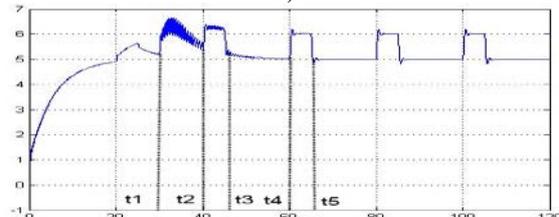
На рисунке 5-б представлена кривая переходного процесса в САР, в состав которой входит только обычное псевдолинейное корректирующее устройство при параметрах настройки корректора  $T_1=0.5$  сек,  $T_2=0.1$  сек, а на рисунке 5-в при  $T_1=5$  сек,  $T_2=0.1$ сек. Из рисунков видно, что качество регулирования хуже чем в САР с нечетким корректирующим устройством. В то же время в САР без корректирующих устройств после изменения параметров ОУ система стала неустойчивой.



а)



б)



в)

Рис. 5. Кривые переходного процесса САР

Таким образом, результаты моделирования САР, с предложенным нечетким корректирующим устройством, показали, что корректирующее устройство обеспечивает устойчивости и хорошее качество регулирования при изменении параметров объекта управления в широких пределах.

#### Список литературы

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления. М.: Изд. Машиностроение, 1971. 462с
2. Скороспешкин М.В. Адаптивные псевдолинейные корректоры динамических систем автоматического регулирования. //Известия Томского политехнического университета. – 2006. –Т309. – №7. –С 172 -176.