

УДК 681.511.4

**АДАПТИВНОЕ НЕЧЕТКОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ
УСТРОЙСТВО СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ**М.В. Скороспешкин, В.Н. Скороспешкин,
В.С. АврамчукТомский политехнический университет
E-mail: smax@tpu.ru**Скороспешкин Максим
Владимирович**, канд. техн.
наук, доцент кафедры
автоматики и компьютерных
систем Института кибернетики
ТПУ.E-mail: smax@aics.ruОбласть научных интересов:
адаптивные системы
управления, корректирующие
устройства систем
автоматического управления.**Скороспешкин Владимир
Николаевич**, канд. техн. наук,
доцент кафедры автоматки и
компьютерных систем
Института кибернетики ТПУ.E-mail: space@aics.ruОбласть научных интересов:
адаптивные системы
управления, цифровые
регуляторы.**Аврамчук Валерий
Степанович**, 1978 г.р., канд.
техн. наук, доцент кафедры
автоматики и компьютерных
систем Института кибернетики
ТПУ.E-mail: avs@tpu.ruОбласть научных интересов:
применение аппарата нечеткой
логики в системах управления,
спектральный анализ сигналов.

Показана возможность создания адаптивной системы автоматического регулирования на основе применения псевдолинейного фазового корректирующего устройства, подстройка которого осуществляется на основе аппарата нечеткой логики. Установлено, что применение такого корректора позволяет повысить запас устойчивости и качество системы автоматического регулирования. Сделан вывод о том, что такие системы целесообразно применять как при регулировании параметров нестационарных объектов, так и объектов, на которые поступают возмущения, приводящие к возникновению колебаний регулируемой величины с амплитудой, превышающей допустимую.

Ключевые слова:

Адаптивная система автоматического регулирования, корректирующее устройство, качество регулирования, нечеткая логика.

Key words:

Adaptive system of automatic control, correcting device, quality of control, fuzzy logic.

Одной из разновидностей промышленных регуляторов является нечеткий ПИД-регулятор [1, 2]. Однако на сегодняшний день установлено, что нечеткий ПИД-регулятор не обеспечивает улучшение качества систем автоматического регулирования (САР) в сравнении с традиционным ПИД-регулятором [3]. В этой связи в последнее время предлагаются адаптивные системы регулирования с подстройкой коэффициентов ПИД-регулятора с использованием аппарата нечеткой логики [4]. Существуют и другие варианты реализации адаптивных систем на базе ПИД-регулятора с применением для адаптации аппарата нечеткой логики.

В настоящей работе рассматривается и исследуется реализация адаптивной системы на базе ПИД-регулятора и последовательного адаптивного нечеткого фазового корректора динамических характеристик САР. Используемый корректор представляет собой псевдолинейное корректирующее устройство, осуществляющее изменение фазового сдвига сигналов при возникновении колебаний. Применение корректора позволяет повысить запас устойчивости и качество САР.

Структура системы автоматического регулирования с нечетким адаптивным фазовым корректором представлена на рис. 1.

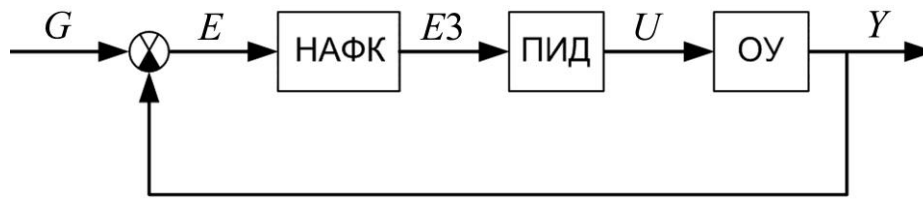


Рис. 1. Структура САР с нечетким адаптивным фазовым корректором

На рис. 1 использованы следующие обозначения: НАФК – нечеткий адаптивный фазовый корректор; ПИД – пропорционально-интегро-дифференциальный регулятор; ОУ – объект управления; G – задающее воздействие; E – ошибка регулирования; $E3$ – выходной сигнал корректирующего устройства; U – управляющее воздействие; Y – выходная величина объекта регулирования.

На рис. 2 представлена структурная схема нечеткого адаптивного фазового корректора.

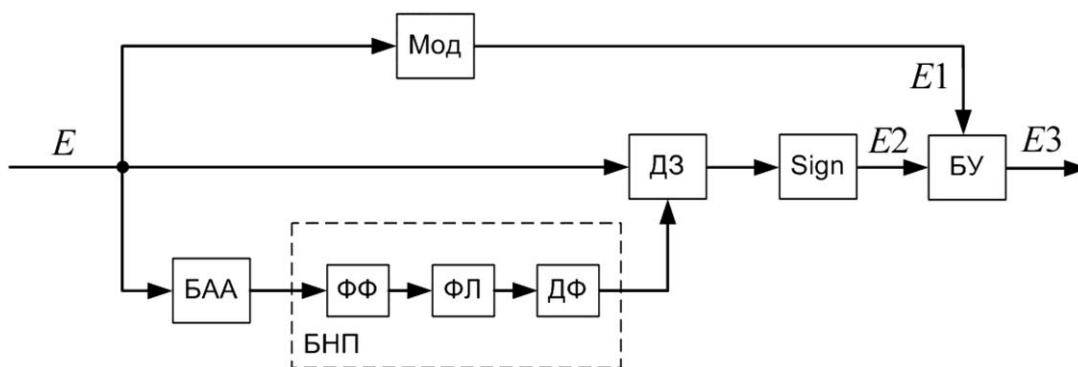


Рис. 2. Структурная схема нечеткого адаптивного фазового корректора

На рис. 2 использованы следующие обозначения: Sign – блок определения знака; ДЗ – динамическое звено; МОД – блок выделения модуля; БУ – блок умножения; БАА – блок анализа амплитуды ошибки САР; БНП – блок нечетких преобразований; ФФ – блок фазификации; ФЛ – блок фазии-логики; ДФ – блок дефазификации; E – ошибка регулирования; $E3$ – выходной сигнал корректирующего устройства; $E1$ – выходной сигнал блока определения модуля; $E2$ – выходной сигнал блока определения знака.

Адаптивный корректор выполнен на базе интегро-дифференцирующего звена с передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{T1 \cdot p + 1}{T2 \cdot p + 1}.$$

Данный корректор осуществляет фазовый сдвиг, величина которого зависит от значения постоянной времени $T1$. Входной сигнал, разветвляясь, проходит по трем каналам. По верхнему каналу проходит абсолютное значение ошибки, средний канал состоит из интегро-дифференцирующего звена, блока определения знака (блока сигнатуры) и блока умножения. Нижний канал обеспечивает подстройку постоянной времени дифференцирования в интегро-дифференцирующем звене. Сигнал на выходе корректора равен произведению выходных сигналов верхнего и среднего каналов:

$$E3 = E1 \cdot E2.$$

При возникновении в САР колебаний регулируемой величины, а, следовательно, и ошибки, автоматически в корректоре происходит увеличение постоянной времени дифференцирования. Другими словами происходит подавление колебаний регулируемой величины путем изменения фазовой частотной характеристики САР.

Определение постоянной времени дифференцирования происходит в блоке БНП. Данный блок состоит из трех блоков: ФФ – блока фазификации, ФЛ – блока фазии-логики и ДФ – блока дефазификации. В блоке фазификации создаются функции принадлежности входной

переменной, в нашем случае переменной является ошибка регулирования. Переменная носит имя «oshibka». Для данной переменной задаются две функции принадлежности типа «трапеция» с названиями – «malenkaya» и «bolshaya» и одна функция принадлежности типа «треугольник» – «srednaya». После задания функций принадлежности входной переменной задаются функции принадлежности выходной переменной, которые используются в блоке дефазификации. Выходной переменной является значение постоянной времени дифференцирования T_I интегро-дифференцирующего звена. Переменная носит имя «koefficient». Для этой переменной задаются также две функции принадлежности типа «трапеция» с названиями – «malenkii» и «bolshoy» и одна функция принадлежности типа «треугольник» – «srednii». Вид диалоговых окон задания функций принадлежности входной и выходной переменных изображены соответственно на рис. 3 и 4.

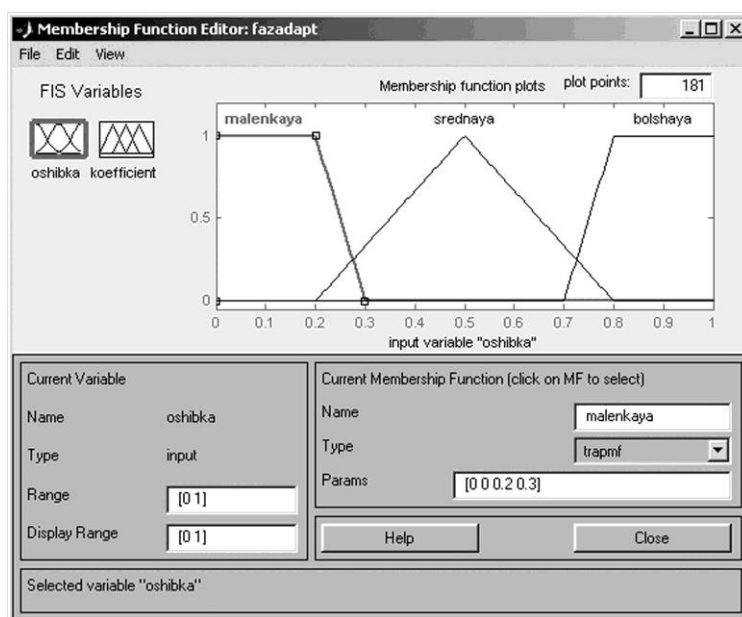


Рис. 3. Вид диалогового окна задания функций принадлежности входной переменной

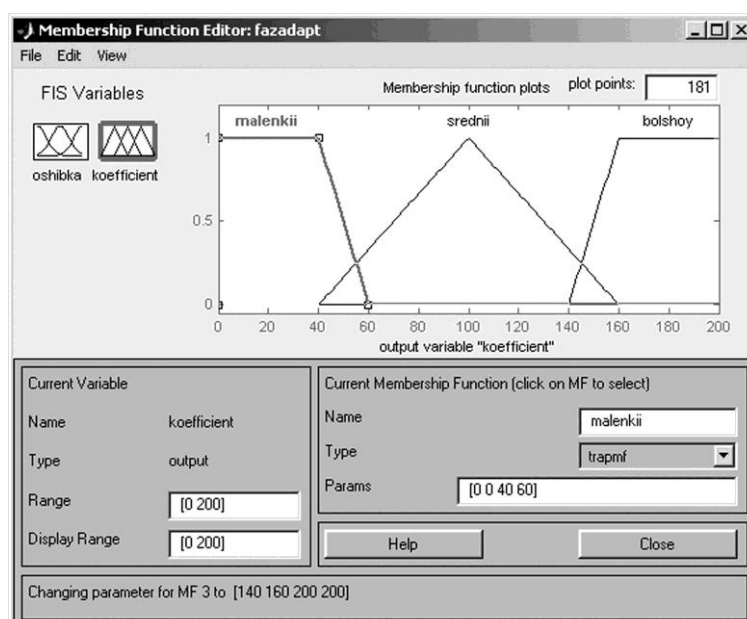


Рис. 4. Вид диалогового окна задания функций принадлежности выходной переменной

После задания функций принадлежности входной и выходной переменных создаётся система правил, по которым будет осуществляться принятие решения о значении выходной переменной. На рис. 5 показан вид диалогового окна механизма принятия решений.

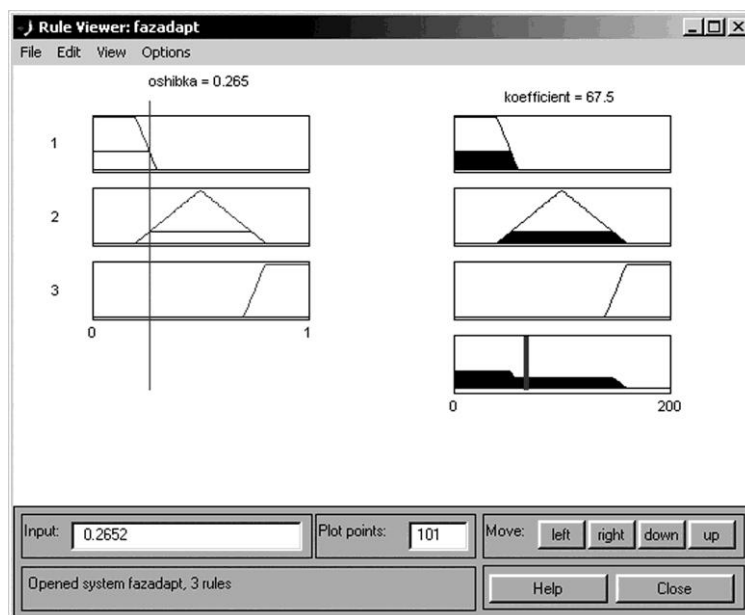


Рис. 5. Вид диалогового окна механизма принятия решений

В данной системе алгоритмом вывода является алгоритм «Mamdani». В этом алгоритме значение выходной переменной определяется методом центра массы фигуры.

На рис. 6 представлены кривые, характеризующие реакцию САР объектом второго порядка на ступенчатое задающее воздействие.

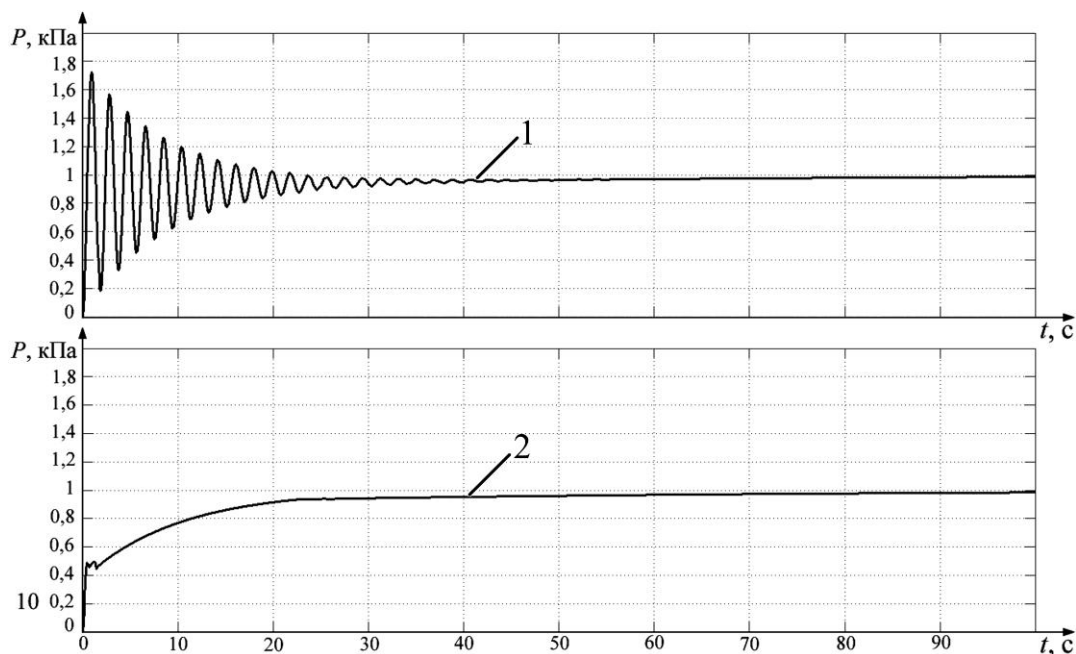


Рис. 6. Реакция САР объектом второго порядка на ступенчатое задающее воздействие

Передаточная функция объекта управления имеет вид:

$$W(p) = \frac{20}{10 \cdot p^2 + 2.5 \cdot p + 10}.$$

Кривая 1 соответствует САР с ПИД-регулятором, а кривая 2 – САР с ПИД-регулятором и описанным выше корректором с подстройкой постоянной времени дифференцирования. Настройки у ПИД-регуляторов одинаковые.

В блоке БАА происходит определение амплитуды колебаний ошибки. Если амплитуда превышает установленный порог, то с помощью аппарата нечеткой логики происходит увеличение постоянной времени дифференцирования T_I до тех пор, пока амплитуда не уменьшится и не станет меньше порогового значения.

Использование функций принадлежности других типов, например, «Гауссовских» функций принадлежности незначительно влияет на результат переходного процесса и применяется в основном для более точной настройки значения выходной переменной. В результате проведенных исследований наиболее оптимальным оказалось использование функций принадлежности типа «Трапеция» и «Треугольник».

Результаты исследования САР с данным корректором, проведенные в среде MatLab показали, что такие системы целесообразно применять как при регулировании параметров нестационарных объектов, так и объектов, на которые поступают возмущения, приводящие к возникновению в САР колебаний регулируемой величины с амплитудой, превышающей допустимую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломейцева М.Б., Хо Д.Л. Синтез адаптивной системы управления на базе нечёткого регулятора для многомерного динамического объекта // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2002. – № 3. – С. 34–37.
2. Усков А.А. Эмпирический принцип синтеза нечётких логических регуляторов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 1. – С. 16–18.
3. Ротач В.Я. Возможен ли синтез нечётких регуляторов с помощью теории нечётких множеств? // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 1. – С. 33–34.
4. Хо Д.Л. Синтез адаптивных систем управления нелинейными динамическими объектами на базе нечетких регуляторов и нейросетевой технологии: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2002. – 39 с.

Поступила 04.10.2011 г.