

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ С FUZZY РЕГУЛЯТОРОМ

In work are considered principles of the building and using fuzzy of the regulator for governing linear object. The influences of the change parameter object are studied on qualitative system factors of the regulation.

Под нечетким управлением (fuzzy control) понимается область применения общей методологии теории нечетких множеств и нечеткой логики для решения практических задач управления.

Нечеткое управление базируется на использовании не столько аналитических или теоретических моделей, сколько на практическом применении знаний, которые можно представить в форме так называемых лингвистических баз правил.

Нечеткое управление может использоваться в том случае, когда существует определенный опыт экспертов и его можно записать некоторым формальным образом. Все это позволяет воспользоваться доступными знаниями с целью улучшить процессы управления и решить ряд задач. В частности управление с обратной связью или без обратной связи, с одним или многими переменными, для линейных или нелинейных систем.

Нечеткое управление становится стандартом и доступно для пользователей программируемых логических контроллеров. Нечеткое управление может комбинироваться с классическими методами управления.

Применение нечеткого управления может быть эффективным в тех случаях, когда отсутствует явная модель процесса и аналитическая модель является сложной для представления.

С точки зрения информационных технологий системы нечеткого управления являются продукционными экспертными системами. С точки зрения теории систем управления, системы нечеткого управления являются контроллерами с нелинейными параметрами регулирования. При этом текущее значение выходных переменных зависит только от текущих значений входных переменных и не зависит от предыстории этих значений.

Нечеткое управление базируется на системе нечеткого вывода. Процесс нечеткого вывода представляет собой некоторый алгоритм получения нечетких заключений на основе нечетких условий или предпосылок с использованием нечеткой логики. Системы нечеткого вывода предназначены для преобразования входных переменных процесса управления в выходные переменные на основе использования нечетких правил продукций. Для этого системы нечеткого вывода должны содержать базу правил не-

четких продукций и реализовывать нечеткий вывод заключений на основе условий, представленных в форме нечетких лингвистических высказываний.

Основными этапами нечеткого вывода являются: формирование базы правил систем нечеткого вывода, фазификация входных переменных, агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций, активизация подзаключений в нечетких правилах продукций, аккумуляция заключений в нечетких правилах продукций, дефазификация.

В работе рассматривается применение fuzzy(нечеткого) регулятора для управления линейными объектами и изучение влияния изменения параметров объекта на качественные показатели системы регулирования.

В качестве выходного сигнала объекта принято значение унифицированного сигнала 0–5 мА снимаемого с выхода преобразователя. Примем, что при 2.5 мА на выходе объекта регулируемая величина, имеет заданное значение и при единичном коэффициенте передачи объекта выход fuzzy регулятора будет также равен 2.5 мА.

Для формирования базы правил системы нечеткого вывода необходимо предварительно определить входные и выходные лингвистические переменные.

В качестве входной переменной fuzzy регулятора принято отклонение регулируемой величины, а в качестве выходной – значение унифицированного сигнала 0–5 мА. Сформируем базу правил системы нечеткого вывода.

ПРАВИЛО 1. ЕСЛИ «отклонение отрицательное большое(NB)», ТО «выход fuzzy регулятора минимальный(Z)».

ПРАВИЛО 2. ЕСЛИ «отклонение отрицательное среднее(NM)», ТО «выход fuzzy регулятора ниже нормы(LN)».

ПРАВИЛО 3. ЕСЛИ «отклонение ноль(Z)», ТО «выход fuzzy регулятора норма(N)».

ПРАВИЛО 4. ЕСЛИ «отклонение положительное среднее(PM)», ТО «выход fuzzy регулятора выше нормы(GN)».

ПРАВИЛО 5. ЕСЛИ «отклонение положительное большое(PB)», ТО «выход fuzzy регулятора максимальное значение (B)».

Осуществляем фазификацию переменных. На этом этапе устанавливаются соответствия между конкретным значением отдельной переменной системы нечеткого вы-

вода и значением функции принадлежности соответствующего ей термина входной лингвистической переменной. В качестве термножества первой лингвистической пере-

менной будем использовать множество $ERR = \{ "NB", "NM", "Z", "PM", "PB" \}$ с кусочно-линейными функциями принадлежности, изображенными на рис. 1

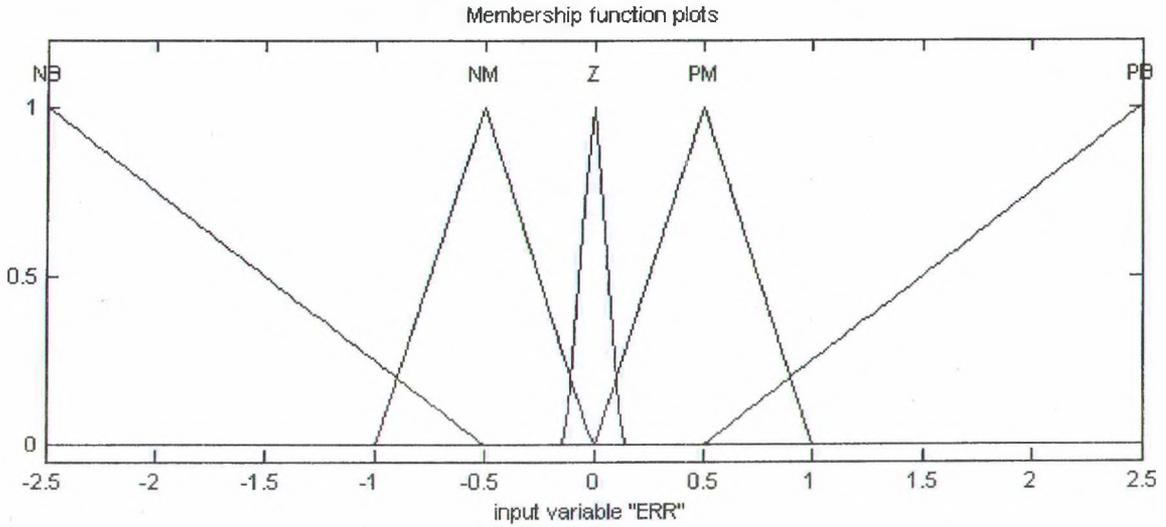


Рис. 1

В качестве термножества второй лингвистической переменной будем использовать множество $OUT = \{ "Z", "LN", "N",$

$"GN", "B" \}$ с кусочно-линейными функциями принадлежности, изображенными на рис. 2.

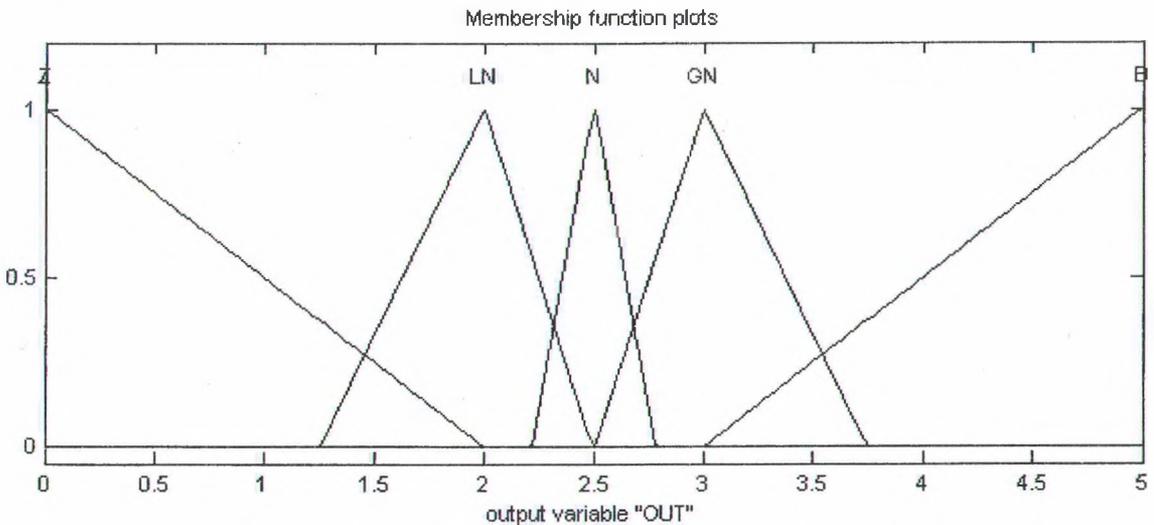


Рис. 2

Далее выполняются этапы агрегирования, активизации, аккумуляции и дефаззификации. В результате получаем обычное количественное значение выходной переменной, которое используется в дальнейшем для регулирования. Зависимость выходной переменной от входной переменной системы нечеткого вывода, рассчитанная по алгоритму Мамдани представлена на рис. 3.

Система с fuzzy регулятором про-

моделирована с использованием пакета MATLAB. Динамические характеристики систем с объектами первого порядка ($K=1, T=10$ с), второго порядка ($K=1, T_1=10$ с, $T_2=6$ с) и третьего порядка ($K=1, T_1=10$ с, $T_2=6$ с, $T_3=4$ с) представлены на рис. 4, а; 4, б; 4, в соответственно.

Динамические характеристики систем с объектами первого порядка ($K=1, T=1$ с), второго порядка ($K=1, T_1=1$ с, $T_2=6$ с) и третьего порядка ($K=1, T_1=1$ с, $T_2=6$ с, $T_3=4$ с) представлены на рис. 5, а; 5, б; 5, в.

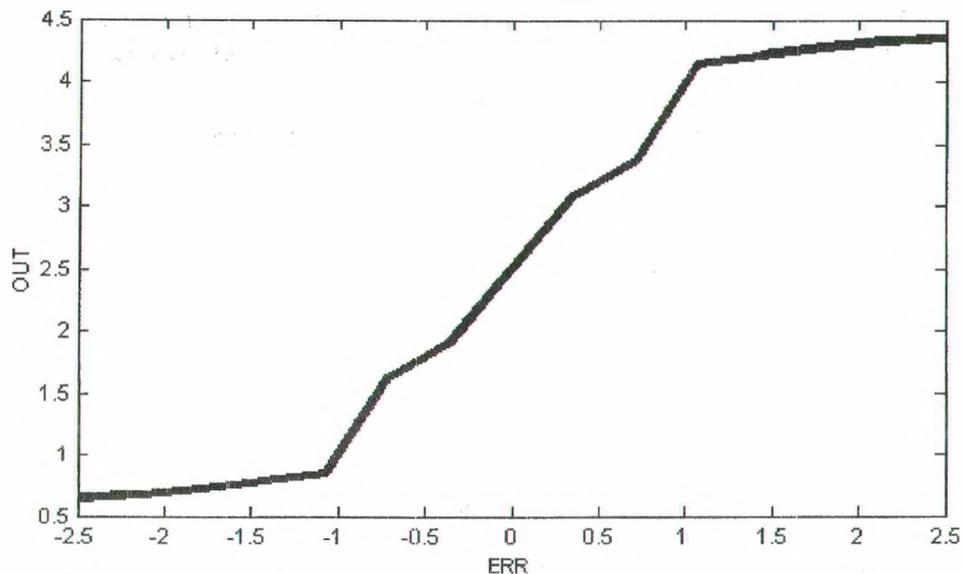


Рис. 3

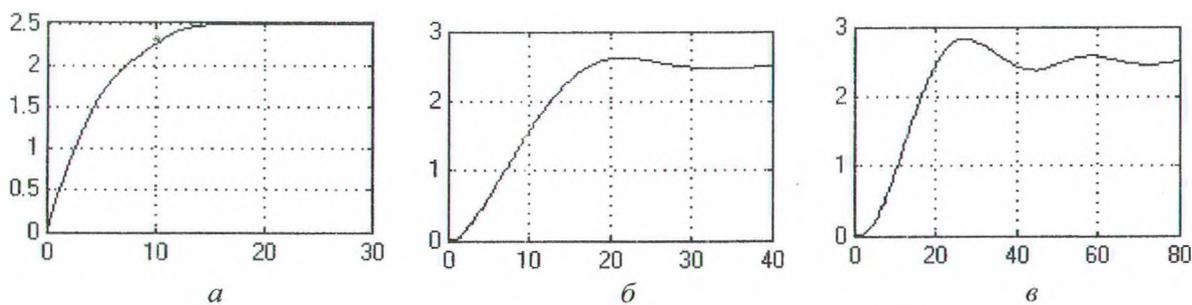


Рис. 4

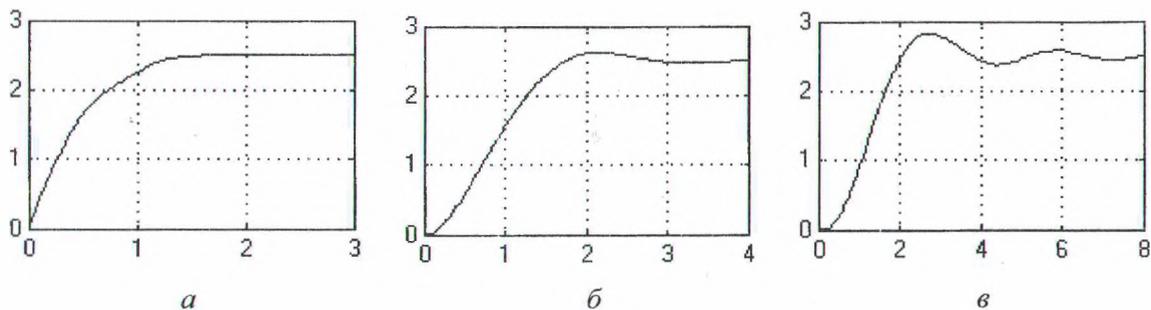


Рис. 5

Как видно из графиков, при изменении каждой из постоянных времени на порядок, характер переходных процессов не изменяется, изменяется только масштаб времени. При этом с возрастанием порядка возрастает величина перерегулирования и время регулирования.

На рис. 6, а, б, в представлены динамические характеристики рассматриваемых объектов первого, второго и третьего порядков при введении в систему запаздывания, равного 0.3 большей постоянной времени.

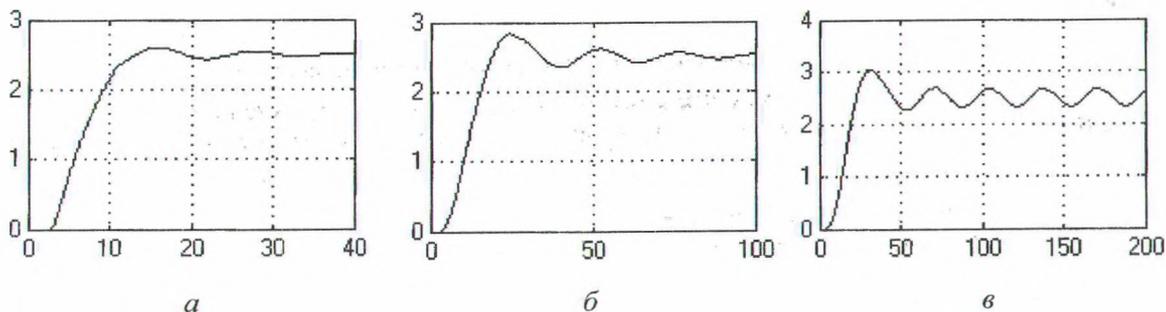


Рис. 6

Введение запаздывания ухудшает качественные показатели системы регулирования. С увеличением времени запаздывания увеличивается перерегулирование и система переходит в режим автоколебаний с амплитудой, зависящей от величины времени запаздывания. Чем выше порядок системы, тем меньше время запаздывания, при кото-

ром система переходит в режим автоколебаний.

На рис. 7, а, б, в представлены характеристики рассматриваемых объектов первого, второго и третьего порядков при изменении коэффициента передачи объекта на 30 % в сторону увеличения, а на рис. 8, а, б, в на 30 % в сторону уменьшения.

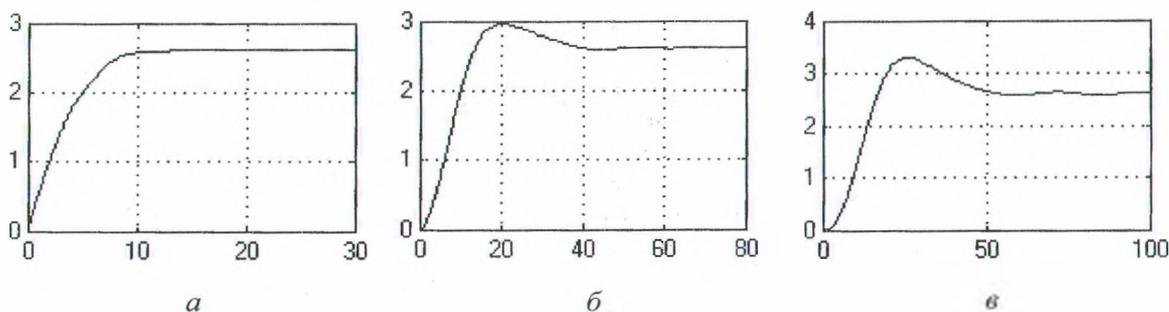


Рис. 7

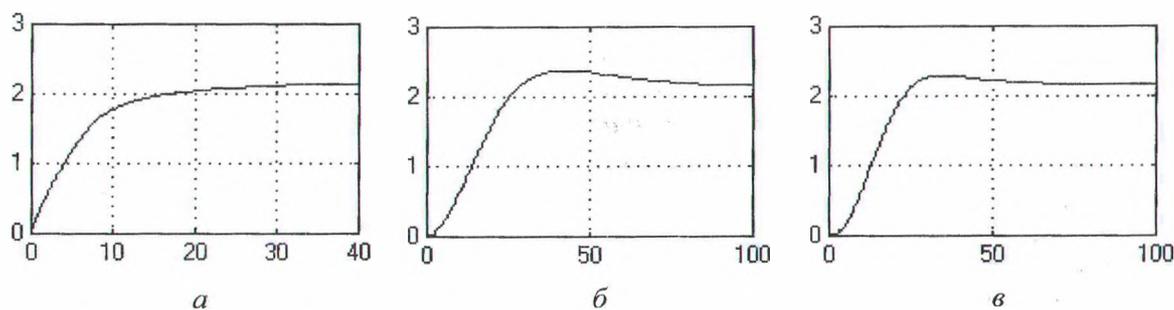


Рис. 8

Из графиков видно, что при увеличении коэффициента передачи объекта возрастает величина перерегулирования для объектов более высокого порядка и величина установившегося значения превышает заданное значение на 4 %. С уменьшением коэффициента передачи объекта величина перерегулирования уменьшается и

величина установившегося значения меньше заданного на 14 %.

Литература

Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB fuzzy TECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.