

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С КОНТРОЛЛЕРОМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Александровский С.В., Петренко Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

В последние годы в системы автоматизации технологических процессов и производств начали активно внедряться модели, методы и технические средства, основанные на теории нечетких множеств. Широкому распространению fuzzy -систем управления в немалой степени способствует программная система MATLAB, в составе которой имеется пакет программ по fuzzy -логике – Fuzzy Logic Toolbox.

Кроме того, система MATLAB включает в себя пакет моделирования динамических систем Simulink, который в свою очередь позволяет при помощи стандартных блоков, входящих в его библиотеку, сформировать одноконтурную или многоконтурную систему автоматического управления с аналоговым или fuzzy-регулятором [1].

Модуль fuzzy позволяет строить нечеткие системы двух типов – Мамдани и Сугэно. В системах типа Мамдани база знаний состоит из правил вида “Если  $x_1$ =низкий и  $x_2$ =средний, то  $y$ =высокий”, т.е. задается нечеткими терминами. В системах типа Сугэно база знаний состоит из правил вида “Если  $x_1$ =низкий и  $x_2$ =средний, то  $y=a_0+a_1 \cdot x_1+a_2 \cdot x_2$ ”, т.е. задается как линейная комбинация входных переменных.

При разработке базы правил контроллера нечеткой логики (КНЛ) на основе системы типа Мамдани воспользуемся правилами в общей форме:

$$\left\{ \begin{array}{l} M1: \text{ЕСЛИ } x_1 \text{ есть } A_{11} \text{ И } \dots \text{ } x_n \text{ есть } A_{1n} \text{ ТО } u \text{ есть } Z(u_1) \\ \text{ELSE} \\ M2: \text{ЕСЛИ } x_2 \text{ есть } A_{21} \text{ И } \dots \text{ } x_n \text{ есть } A_{2n} \text{ ТО } u \text{ есть } Z(u_2) \\ \text{ELSE} \\ \dots \dots \dots \\ M_r: \text{ЕСЛИ } x_r \text{ есть } A_{r1} \text{ И } \dots \text{ } x_n \text{ есть } A_{rn} \text{ ТО } u \text{ есть } Z(u_r) \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $x_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) - лингвистические переменные, представляющие пространство состояний объекта;

$A_{ij}$  ( $j=1, \dots, r$ ) - нечеткие наборы, представляющие лингвистические переменные  $x_i$ ;

$u$  - лингвистическая переменная, представляющая управление;

$Z(u_r)$  - нечеткие одноэлементарные множества (ОЭМ) с  $\mu(u_j)=1$ . Каждое ОЭМ определяется функционированием переменных состояния объекта в виде:

$$u_j = u_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

Далее полагаем, что каждая переменная состояния является разностью между выходной управляемой величиной объекта и ее заданием. Набор правил (2) представляет собой нечеткий алгоритм функционирования КНЛ.

Выходная величина сигнала управления в соответствии с величинами  $x_1, \dots, x_n$  переменных может быть получена, используя метод центра тяжести:

$$u = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot u_{j0}}{\sum_{j=1}^n a_j} \quad (3)$$

где  $u_{j0} = u_j(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0})$ ;

$a_j$  - степень заполнения  $j$ -ого правила управления.

Величина  $a_j$  может быть вычислена:

$$a_j = \mu_{A_j1}(x_{10}) * \mu_{A_j2}(x_{20}) * \dots * \mu_{A_jn}(x_{n0}) \quad (4)$$

где  $\mu_{A_ji}(x_{i0})$  - степень принадлежности  $x_{i0}$  к  $A_{ji}$  и оператор  $*$  означает треугольную нормализацию. Среди разнообразия треугольной нормализации наиболее широко используется алгебраическая сумма (минимальный оператор).

Переход от сигналов физических величин к лингвистической переменной КНЛ осуществляется в блоках фазификации в соответствии с функцией принадлежности (рисунок 1).

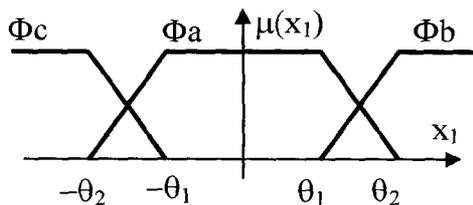


Рисунок 1 - Функции принадлежности нечеткого множества

КНЛ определенный согласно (1) - (4) вырабатывает различные управляющие сигналы на основе сигналов обратной связи  $u_j$  (2) подобно системе управления с переменной структурой. Однако в отличие от последней, переключение от одной к другой происходит плавно, как это определено нечетким алгоритмом базы правил (1) и тем, что имеет место усреднение более чем одного правила управления [2].

Модель КНЛ совместно с моделью вентильно-индукторного привода позволяет исследовать динамические свойства автоматизированной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

Петренко, Ю.Н. Исследование работы мостового крана с контроллером нечеткой логики на основе трехмерной имитационной модели / Ю.Н. Петренко, С.Э Алави, С.В. Александровский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2011. – №3. – С. 20–25.

Александровский, С.В. Разработка математической и имитационной модели вентильно-индукторного двигателя / С.В. Александровский, Ю.Н. Петренко // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2011. – №2. – С. 15–22.