

РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА CONCERT

Предлагается просто реализуемый и эффективный подход к генерированию нечетких управляющих правил автоматически в соответствии с традиционной линейной стратегией управления. Нечеткие правила генерируются автоматически через нечеткие входные переменные, затем по упрощенной нечеткой схеме логического вывода формируется соответствующее управляющее воздействие. Посредством особой комбинации ПИ- и ПД-алгоритмов стратегия нечеткого ПИД-управления реализована с помощью двух входных переменных, что значительно снижает количество управляющих правил без ухудшения качества регулирования. Гибкость регулирования выражается в настройке фазовой плоскости решений. Параметры регулирования могут настраиваться в режиме on-line.

The simply sold and effective approach to generation of fuzzy managing rules is offered automatically according to traditional linear strategy of management. The fuzzy rules are generated automatically through fuzzy entrance variable, and then the appropriate managing influence under the simplified fuzzy circuit of a logic conclusion is formed. By means of the special combination PI- and PD- of algorithms, the strategy fuzzy PID of management is realized with the help two entrance variable, that considerably reduces quantity of managing rules without deterioration of quality of regulation. The flexibility of regulation is expressed in adjustment of a phase plane of the decisions. The parameters of regulation can be adjusted in a mode on-line.

Методы нечеткого управления широко используются в промышленных процессах, особенно в ситуациях, где трудно применить обычные методы управления*. Однако использование методов сдерживается сложностью получения управляющих правил.

Количество правил, учитывающих все возможные комбинации нечеткого ПИД-регулятора, $n_1 \times n_2 \times n_3$, где n_1, n_2, n_3 – число лингвистических термов трех входных переменных. Для $n_1 = n_2 = n_3 = 7$ количество правил $p = 343$. При практическом применении разработка и внедрение такой большой базы правил – утомительная задача, кроме того, она требует больших ресурсов памяти и времени. Существуют разнообразные подходы к преодолению этой проблемы. Типичный подход к уменьшению числа правил – разделить ПИД-регулятор на две отдельные ПИ- и ПД-части.

Обычно при анализе нечеткие множества E, C, U разбиваются следующим образом: $E = \{-N, \dots, -1, 0, 1, \dots, N\}$, $C = \{-N, \dots, -1, 0, 1, \dots, N\}$, $U = \{-M, \dots, -1, 0, 1, \dots, M\}$, где N, M – нечеткие числа, обозначающие различные лингвистические термы в нечетких множествах. Определим регулирующий коэффициент как $\gamma = M/N$, а параметр K учтем в соответствующем масштабном коэффициенте. Тогда при $K = 1$

$$U(n) = \gamma[\alpha E + (1 - \alpha)C]. \quad (1)$$

Без потери общности нечеткую стратегию управления (1) можно описать в форме обычных нечетких правил следующего вида:

$$R_i : \text{if } e \text{ is } E_i \text{ and } \Delta e \text{ is } C_i \text{ then } u \text{ is } U_i, \quad (2)$$

где R_i обозначает i -е правило, $E_i \in X_1$, $C_i \in X_2$, $U_i \in U$, U_i рассчитывается по (1).

В процессе генерирования базы правил параметр α должен быть определен заранее. При различных значениях параметра α имеет место различный набор управляющих

* Деменков Н.П. Нечеткий логический регулятор в задачах управления / Н.П.Деменков, И.А.Мочалов // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 2. С.30-35.

правил. Если α постоянен, то имеем линейную стратегию управления и управляющие правила, рассчитанные по (1), подобно тем, что используются в обычных нечетких регуляторах*. Качество управления нечеткого регулятора значительно улучшается при введении саморегулирующегося весового коэффициента α :

$$\alpha = \frac{|E|}{N}(\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_1, \quad 0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq 1. \quad (3)$$

Коэффициент α является функцией $|E|$, что дает возможность саморегулироваться весовому коэффициенту в зависимости от вариации ошибки. С помощью (3) влияние ошибки на управляющее воздействие будет автоматически возрастать с увеличением ошибки и наоборот. Свойство самонастройки параметра α делает управляющие правила адаптивными и гибкими, а стратегию управления (1) нелинейной.

Для увеличения эффективности логического вывода сгенерируем управляющие правила на нечеткой фазовой плоскости решений (E - C плоскость), которая отражает взаимосвязь между условиями и заключением базы нечетких правил. На нечеткой фазовой плоскости решений любая точка означает входную пару P_i (E_i, C_i). Предположим, что все входные нечеткие множества поделены одинаково, т.е. $a_{ij} = a = 1$, тогда степень принадлежности между текущим входом P_i (E_i, C_i) и условиями нечетких правил может быть измерена следующим образом:

$$m_{ij} = 1 - d_{ij}, \quad (4)$$

где d_{ij} – евклидово расстояние между P_i и ее соседними узлами, определяемое как

$$d_{ij} = \begin{cases} \|r_{ij} - p_i\|/\sqrt{2}; & \|r_{ij} - p_i\|/\sqrt{2} \leq a_{ij}; \\ 1; & \text{Иначе,} \end{cases} \quad (5)$$

где r_{ij} – входная пара, соответствующая узлу n_{ij} .

Область соседних узлов A_{ni} определяется как окружность с центром в p_i и радиусом a :

$$A_{ni} : \|p - p_i\| \leq a_{ij}. \quad (6)$$

Необходимо вычислить максимум четыре правила, соответствующих входной паре. Применим метод нахождения центра тяжести, тогда вычисление управляющего сигнала на выходе сводится к нахождению

$$u_k = \frac{\sum_{j=1}^q n_{ij} m_{ij}(p_i)}{\sum_{j=1}^q m_{ij}(p_i)}, \quad (7)$$

где n_{ij} – значение узла в области A_{ni} ; $m_{ij}(p_i)$ – степень принадлежности входной точки p_i условиям j -го правила; q – количество вычисляемых правил.

Используя алгоритм (7), управляющий выходной сигнал вычислим только по $q = 2^l$ правилам в случае l нечетких входов.

В процедуре нахождения управляющего сигнала нет вычислений функций принадлежности, что дает, по меньшей мере, два преимущества: 1) численное значение управляющего выходного сигнала может быть получено непосредственно из входных данных без подробных процедур фазификации и дефазификации; 2) значительно возрастает скорость логического вывода.

Преимуществом этого подхода является значительное упрощение базы управляющих правил и, таким образом, значительное увеличение эффективности логического вывода. К недостаткам метода следует отнести то, что параметры регулятора связаны друг с другом и должны настраиваться совместно. Эта проблема может быть решена введением параметробоучающего и оптимизационного алгоритмов, что и было сделано средствами пакета Concept.

* Деменков Н.П. Использование пакета Concept для нечеткого управления работой парового котла // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 7. С.20-22.