

ПОД- СЕКЦІЯ 3. Інформатика, вычислительная техника и автоматизация.

Надеев А.Ф.
 профессор, д. ф.-м.н.,
 профессор каф. РТС КНИТУ им. А.Н. Туполева - КАИ
 Иванченко А.Я.
 магистр техники и технологий,
 аспирант кафедры РТС КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЁТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ПОДСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО – ИНТЕГРАЛЬНО – ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА

Несмотря на множество современных разработок в области проектирования сложных регуляторов, подавляющее большинство промышленных систем управления основаны на простейших пропорциональных регуляторах, пропорционально – интегральных регуляторах и пропорционально – интегрально – дифференциальных (ПИД) регуляторах (см. Рисунок 1). Последние, (ПИД – регуляторы), наиболее часто применяются в системах автоматизации (90-95%) [1].

$$\begin{array}{c}
 \text{ПИД – регулятор} \\
 \hline
 \text{ПИ – регулятор} \\
 \hline
 \text{П – регулятор} \\
 \hline
 u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{e(t)}
 \end{array}$$

Рисунок 1.

П - регулятор – это простой усилитель с передаточной функцией $W(p) = K_p$. Выходной сигнал регулятора $u(t)$ представляет собой ошибку управления $e(t)$ умноженный на коэффициент K_p . С помощью П - регулятора можно управлять любым устойчивым объектом, однако он имеет ненулевую статическую ошибку и дает относительно медленные переходные

процессы. Для того, чтобы решить проблему статической ошибки в установившемся режиме, в регулятор вводят интегральное звено с коэффициентом усиления K_i . Интегратор выдает сигнал, пропорциональный накопленной ошибке, поэтому переходный процесс немного замедляется, но за счет интегрального звена обеспечивается нулевая ошибка в установившемся режиме при ступенчатом возмущении и ступенчатом изменении задающего сигнала. Для ускорения переходных процессов добавляют дифференциальное звено с коэффициентом усиления K_d , и в результате мы получаем ПИД – регулятор, который хорошо зарекомендовал себя в практических задачах, почему и является наиболее популярным инструментом управления современными системами управления. Однако главным недостатком дифференциального звена является большое влияние высокочастотных помех на его работу, что является существенным, например, при управлении антенной радиолокатора.

Кроме того, наличие в классических ПИД – регуляторах только трёх регулируемых параметров часто оказывается недостаточным для получения высокого качества регулирования. Также к недостаткам работы с традиционным регулятором стоит отнести тот факт, что подбор коэффициентов усиления ПИД – регулятора является трудоёмким по времени. Поэтому и предлагается применить нечёткое управление для осуществления самонастройки параметров классического ПИД - регулятора.

Задачей любой системы регулирования является оценивание состояния системы, учёт внешних воздействий и диагностирование состояния системы, а также высокое быстродействие системы. Кроме того, должен быть учтён ряд параметров, который может быть описан только качественными характеристиками, влияние которых должно быть учтено при комплексном решении задачи управления. Все эти задачи в совокупности, могут быть учтены при нечётком регулировании, основанном на нечёткой логике.

Символическая нечёткая логика основывается на понятии t-нормы, после выбора которой появляется возможность определить основные операции над пропозициональными переменными: конъюнкцию, дизъюнкцию, импликацию, отрицание и другие. Определение основных операций, перечисленных выше, приводит к формальному определению базисной нечёткой логики, которая имеет много общего с классической булевой логикой.

Основное понятие нечёткой логики — это нечёткое множество, определяемое при помощи обобщенного понятия характеристической функции. Затем вводятся понятия объединения, пересечения и дополнения множеств, понятие нечёткого отношения, а также одно из важнейших понятий — понятие лингвистической переменной. На основе нечёткой логики может быть построен нечёткий регулятор, позволяющий корректировать поведение всей системы [4].

Если передаточная функция ПИД регулятора имеет вид:

$$W(t) = K_p e(t)dt + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{e(t)}$$

то K_p - коэффициент передачи регулятора, T_i - постоянная времени интегрирования, T_d - постоянная времени дифференцирования. База правил системы нечёткого вывода состоит из трёх правил:

если модуль сигнала рассогласования «малый», то (K_p «малый») и (T_i «большой») и (T_d «малый»);

если модуль сигнала рассогласования «средний», то (K_p «средний») и (T_i «средний») и (T_d «средний»);

если модуль сигнала рассогласования "большой", то (K_p большой») и (T_i «малый») и (T_d «большой»).

Функции принадлежности входных и выходных переменных – гауссовские. В качестве алгоритма нечеткого вывода используется алгоритм Mamdani [5].

Нечеткий логический контроллер воспринимает информацию с двух входов (по ошибке и по производной ошибки) системы. На выходе нечеткого регулятора осуществляется настройка коэффициентов усиления K_p , K_i и K_d ПИД регулятора. Рисунок 2 показывает моделирования нечеткого регулятора.

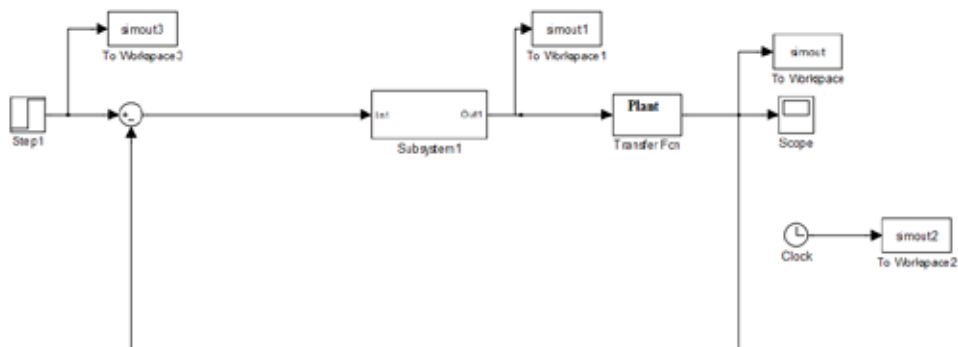


Рисунок 2

Применение нечеткого регулятора позволяет автоматически регулировать параметры усиления K_p , K_i и K_d ПИД регулятора. При этом происходит изменение передаточной функции объекта управления [6].

Применение нечёткого управления для адаптивной подстройки параметров ПИД регулятора является перспективным, так как традиционные ПИД - регуляторы не удовлетворяют, предъявляемым к системам. Применение нечёткого управления приводит к хорошим результатам для объекта управления 2-го и 3-го порядка, о чём свидетельствуют результаты моделирования. Проведенные эксперименты показали, что рассмотренный автоматически настраивающийся адаптивный ПИД - регулятор может решать проблему автоматической настройки параметров регулятора и коррекции параметров классического регулятора обеспечивая оптимальность процессов управления.

Литература:

1. Mann G.K.I., Bao-Gang Hu, Gosine R.G. Analysis of direct action fuzzy PID controller structures // ICEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B. June 1999 Vol. 29. Issue 3. P. 371-378.
2. Smidth F. L. Computing with a human face. New Scientist, 6 may, 1982.
3. Sangalli A., and Klir G.R. Fuzzy logic goes to market, New Scientist, 8 Feb., 1992.
4. Прикладные нечеткие системы: Перевод с япон./ К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. - М.: Мир, 1993.
5. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. Matlab 6. М., ДИАЛОГ-МИФИ, 496 с., 2002.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.: Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия-Телеком, 2006.