

## **МЕТОДИКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ЦИФРОВОГО НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА САУ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ УПРАВЛЕНИЯ**

Д.В. Кирьянов

(Полтавский военный институт связи)

*В статье представлена усовершенствованная методика параметрического синтеза цифрового нечеткого регулятора систем автоматического управления нестационарными объектами управления. Данная методика позволяет построить оптимальный по заданному критерию качества перестраиваемый нечеткий регулятор.*

***параметрический синтез, цифровой нечеткий регулятор, системы автоматического управления, нестационарные объекты управления***

**Постановка проблемы.** Работа систем автоматического управления (САУ) во многих случаях связана с неопределенностями, вызванными, например, изменением параметров объекта управления (ОУ) [1].

Отличительной особенностью системы автоматического управления для подъема антенной мачты является то, что параметры антенной мачты, как объекта управления, в процессе ее подъема изменяются в достаточно широких пределах [4].

**Анализ литературы.** В работах [2, 3] предложена методика параметрического синтеза цифрового нечеткого регулятора (НР). Регулятор, синтезированный по указанной методике, способен обеспечить заданное качество САУ в некоторых пределах изменения входного воздействия. В работе [3] рассмотрены вопросы синтеза цифрового нечеткого регулятора САУ для объектов управления с переменными параметрами. Для решения данной задачи предложено поочередное включение нескольких нечетких регуляторов, заранее оптимально настроенных на определенный набор внутренних параметров объекта управления. Недостатком такого подхода является наличие переходных процессов при подключении очередного оптимально настроенного регулятора.

**Целью исследования** является усовершенствование методики параметрического синтеза цифрового нечеткого регулятора САУ для нестационарных объектов управления.

Примером нестационарного объекта управления может служить антенная мачта подвижных средств радиосвязи во время вертикального подъема [7]. В процессе автоматического подъема антенной мачты из-

меняются параметры объекта управления в зависимости от высоты подъёма. Поэтому регулятор для такой САУ должен обеспечивать оптимальное управление в системе в каждой точке подъёма в условиях динамических ветровых нагрузок.

Суть методики заключается в определении оптимальных параметров настройки цифрового нечеткого регулятора в зависимости от изменения параметров объекта управления для построения перестраиваемого регулятора.

Разработанная методика отличается от существующих тем, что с ее помощью определяются оптимальные значения параметров настройки цифрового нечеткого регулятора. Полученные параметры вводятся в НР в процессе работы САУ в зависимости от изменения параметров нестационарного объекта управления для получения оптимального по заданному критерию качества управления.

**Решение задачи.** Параметрический синтез нечеткого регулятора предлагается осуществлять путём определения зависимости оптимальных параметров настройки нечеткого регулятора от изменения параметров объекта управления. При этом весь диапазон  $W(l)$  изменения параметров  $a, b, c$  объекта управления разбивается на  $n$ -интервалов с шагом  $l_0$ . Путем математического моделирования замкнутой системы автоматического управления с цифровым нечетким регулятором для каждого из  $n$ -интервалов параметров объекта управления определяются оптимальные значения параметров настройки регулятора  $M(A, B, C, D)$  на основе выбранного критерия качества. По результатам моделирования определяется зависимость соответствия изменения оптимальных параметров НР от изменения параметров объекта управления.

На рис. 1 представлена структурная схема имитационной модели системы автоматического управления на основе разработанной методики параметрического синтеза для объектов управления с переменными параметрами. На прямой вход сумматора  $\sum_1$  поступает заданное значение входного воздействия  $u(t)$ , а на его инверсный вход сигнал реакции системы автоматического управления. При этом на выходе сумматора формируется сигнал ошибки  $\theta(t)$ . В объекте управления, представленном передаточной функцией  $G(s)$ , изменяются значения параметров  $W(l)$  сформированных для  $j$ -го поддиапазона.

Для каждого набора параметров  $W(l)$  производится настройка параметров нечеткого регулятора  $A, B, C, D$ , где  $A = \pm \theta_{\max}$ ;  $B = \pm \dot{\theta}_{\max}$ ;  $C = \pm \ddot{\theta}_{\max}$ ;  $D = \pm m_{\max}$ . Оптимальные значения  $A_j, B_j, C_j, D_j$  фиксируются в блоке запоминания. Так как нечеткий регулятор работает с дискретными сигналами, для преобразования аналоговой формы сигнала ошибки  $\theta(t)$  в приемлемый для НР дискретный вид служит аналогово-

цифровой преобразователь (АЦП) с шагом дискретизации  $h$ . Для обратного преобразования дискретного управляющего воздействия  $m(k)$  в аналоговую форму в схему включен фиксатор ЦАП.

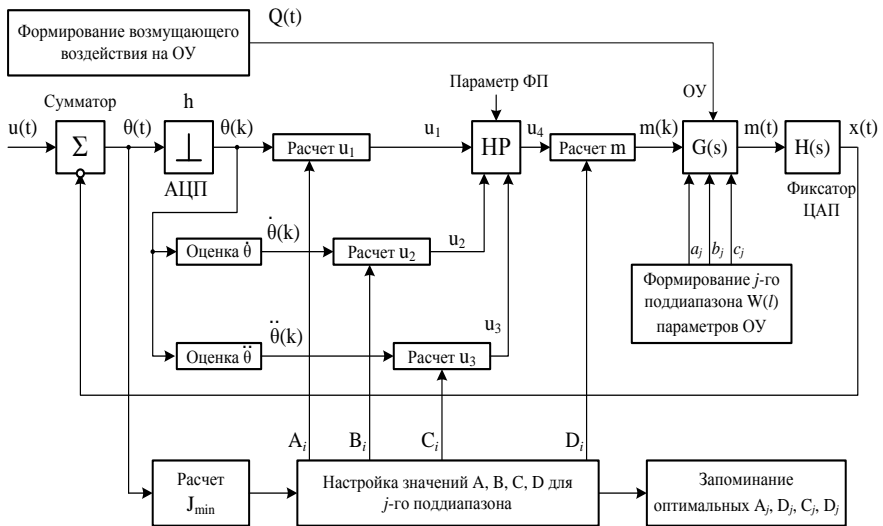


Рис. 1. Структурная схема оптимизационной модели САУ

Основные этапы выполнения методики параметрического синтеза цифрового нечеткого регулятора САУ для нестационарных объектов управления:

1. Определяем пределы изменения набора параметров  $W(l)$  нестационарного объекта управления. Диапазон изменения параметров  $W(l)$  разбивается на  $p$ -интервалов (поддиапазонов).

2. В качестве входных переменных НР используем ошибку  $\theta$ , первую производную  $\dot{\theta}$  и вторую производную  $\ddot{\theta}$  ошибки. Выходная переменная – управляющее воздействие на объект управления  $m$ .

3. Производим выбор вида функций принадлежности (ФП) нечетких термов, оценивающих входные и выходную переменные НР на универсальном множестве  $[0,1]$ . Число термов для каждой переменной выбираем равным двум, например, ошибка – отрицательная, положительная. При этом ФП – непрерывные на универсальном множестве, симметричные (одна убывающая, другая возрастающая), пересекающиеся при значении абсциссы 0,5.

4. Формируем два (по числу термов) лингвистических правила управления и осуществляем формализацию лингвистических правил управления системой логических уравнений.

5. Задаем начальные значения оптимизируемых параметров НР – диапазонов изменения входных и выходной переменных НР и параметров ФП.

6. Задаем шаг квантования  $h$  в системе, временной интервал наблюдения, выбираем критерий качества и метод параметрической оптимизации.

7. Рассчитываем с шагом моделирования  $h_0$  ( $h_0 \leq h$ ) критерий качества замкнутой системы при заданных входном и возмущающем воздействиях для выбранного интервала наблюдения. При этом выполняем следующие шаги:

а) производим переход от значений входных переменных НР, выраженных в физических величинах, к соответствующим значениям универсального множества, на котором заданы ФП нечетких термов;

б) осуществляем выбор метода дефаззификации и производим расчет выхода НР ( $u_c^*$ ) на универсальном множестве;

в) производим переход от полученного значения выхода НР на универсальном множестве к значению управляющего воздействия  $m^*$ ;

г) осуществляем расчет выходного параметра объекта управления при данном  $m^*$ ;

е) определяем значение текущей ошибки в замкнутой системе автоматического управления для каждого  $h_0$ ;

ж) для выбранного временного интервала наблюдения рассчитываем значение критерия качества  $J$ .

8. Процедуру повторяем (с другими значениями диапазонов изменения входных и выходной переменных и параметров ФП) до тех пор, пока не будет получено либо минимальное значение критерия качества либо удовлетворяющее разработчика качество системы управления с НР. Соответствующие этой ситуации значения параметров НР (диапазонов изменения входных и выходной переменных и параметров ФП) выбираем в качестве оптимальных.

9. Производим настройку параметров НР для всех  $n$ -интервалов набора параметров  $W(l)$  нестационарного объекта управления. Устанавливаем зависимость изменения оптимальных параметров настройки НР от изменения набора параметров ОУ во всем диапазоне изменения параметров  $W(l)$ .

10. Программируем нечеткий регулятор в соответствии с полученными оптимальными параметрами настройки в зависимости от изменения набора параметров объекта управления, получая при этом оптимальный по заданному критерию перестраиваемый нечеткий регулятор.

В качестве примера нестационарного объекта управления был взят процесс подъема телескопической антенной мачты, модель которой представлена в [7].

Результаты моделирования в интерактивной среде MATLAB работы САУ с цифровым нечетким регулятором, синтезированным по приведенной выше методике, подтверждает высокое качество управления при значительном изменении параметров объекта управления.

На рис. 2 изображена зависимость выходного параметра настройки  $D$  перестраиваемого нечеткого регулятора в зависимости от высоты подъема мачты  $l$ . В данном случае перестройка выходного параметра  $D$  позволяет получить минимальную ошибку рассогласования  $\theta(t)$  в системе управления при заданном быстродействии.

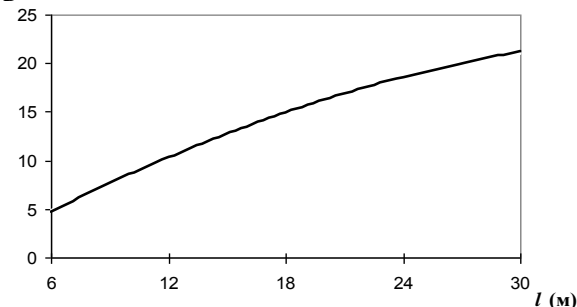


Рис. 2. Зависимость выходного параметра  $D$  настройки НР от высоты  $l$  подъема антенной мачты

**Выводы.** Таким образом, обеспечение оптимальных параметров настройки нечеткого регулятора позволяет получить максимальное качество системы автоматического управления по заданному критерию при изменении параметров объекта управления. Применение перестраиваемых цифровых нечетких регуляторов в САУ нестационарными объектами управления является целесообразным и перспективным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дорф Р., Бишоп Р. *Современные системы управления*. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 832 с.
2. Гостев В.И. *Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления*. – К.: Радиоаматор, 2005. – 708 с.
3. Захарчук О.В. *Методика параметричного синтезу цифрового нечіткого регулятора // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ»*. – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2005. – № 5. – С. 66-70.
4. Савицкий Г.К. *Основы проектирования антенных конструкций*. – М.: Связь, 1973. – 112 с.
5. Ротштейн А.П. *Медицинская диагностика в нечеткой логике*. – Винница: Континент. – ПРИМ, 1996. – 132 с.
6. Гостев В.И., Ключас С.И., Захарчук О.В. *Синтез нечетких регуляторов следящих координаторов // Артиллерийское и стрелковое вооружение*. – К.: НТЦ, 2003. – № 7. – С. 41-47.
7. Кирьянов Д.В. *Модель САУ для подъема антенной мачты в условиях ветровых нагрузок на основе нечеткого регулятора // Радіоелектронні та комп'ютерні системи*. – 2006. – № 7. – С. 40-43.

Поступила 10.04.2006

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор В.С. Харченко,  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».