

УДК 681.51: 537.528

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫМИ УСТАНОВКАМИ

С.С.Козырев<sup>1</sup>, канд.техн.наук, Л.Е.Овчинникова<sup>2</sup>, канд.техн.наук,<sup>1</sup> – Национальный университет кораблестроения,  
пр. Героев Сталинграда, 9, Николаев, 54025, Украина;<sup>2</sup> – Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43 А, Николаев, 54018, Украина.

Разработана интеллектуальная система управления электроимпульсными установками на основе нечетких моделей с использованием нейросетевого регулятора для коррекции параметров функций принадлежности в процессе работы и динамического синтеза базы правил. Библ. 2, рис. 1.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система управления, электроимпульсные установки, нечеткие модели, нейросетевой регулятор.

Электроимпульсная установка как объект управления относится к дискретно-непрерывным многомерным стохастическим нестационарным системам [1]. Оператор соответствия между координатами входного и выходного векторов объекта и статистические характеристики информационных координат зависят от положения в пространстве состояний, т.е. от параметров разрядного контура, параметров среды и объектов обработки, которые могут непредвиденно изменяться в процессе выполнения технологических операций. Это вызывает необходимость изменения значений коэффициентов блоков системы управления, области значений лингвистических переменных и функций принадлежности нечетких регуляторов и, как следствие, динамического синтеза базы правил.

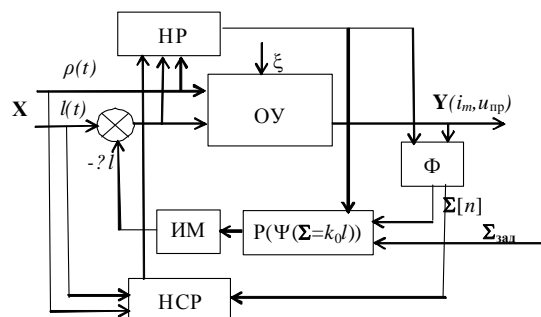
Для решения указанных задач предлагается использовать преимущества нечеткой логики в сочетании с возможностями методов обучения нейронных сетей путем включения в систему управления нейросетевых регуляторов. Нейросетевой регулятор дает возможность решить проблему параметрического синтеза путем подстраивания параметров выбранных функций принадлежности нечетких регуляторов. Наиболее сложной операцией синтеза системы управления является формирование соответствующей базы правил. В существующих системах управления формирование базы правил выполняют в процессе проектирования на основании экспериментальных данных с использованием теории нечетких множеств и методов fuzzy-аппроксимации [2]. Задачу формирования базы правил можно переложить на нейронную сеть и формировать ее динамично в процессе работы, учитывая текущие значения параметров технологического процесса. В таком случае структурно-параметрический синтез с помощью искусственной нейронной сети можно разбить на два этапа:

– первый – формирование функций принадлежности для каждого входа на основании метода статистической группировки с помощью нейросети;

– второй – оптимизация параметров функций принадлежности с использованием модификации генетического алгоритма, который обеспечивает получение различных видов функций принадлежности в зависимости от значения текущих параметров технологического процесса и скорости их изменения.

На втором этапе синтеза используется такой тип функций активации нейронов нейрорегулятора, который обеспечивает получение различных видов функций принадлежности – гауссовскую, треугольную или трапециидальную, – в зависимости от скорости изменения координат вектора состояния.

Структурная схема системы управления электроимпульсными установками с нейросетевым регулятором (НРС) показана на рисунке.



в пространстве состояний. Исполнительный механизм (ИМ), получив сигнал с регулятора (P), изменяет управляющую координату  $l[t]$ , замыкая отрицательную обратную связь по выходной координате  $\Sigma[n]$ .

Для динамического формирования базы правил и корректировки параметров и вида функций принадлежности нечеткого регулятора в зависимости от значения координат вектора состояния и скорости их изменения в процессе работы используется нейросетевой регулятор (НРС). НРС построен с помощью искусствен-

Входными переменными являются координаты вектора состояния объекта управления (ОУ):  $l[t]$  – длина разрядного промежутка,  $\rho[t]$  – удельное сопротивление технологической жидкости. На выходе нечеткого регулятора (НР) в соответствии с базой правил синтезируются сигналы коррекции коэффициентов устройства оценки информационной координаты ( $\Phi$  – адаптивный фильтр), а также сигналы коррекции зоны нечувствительности релейной функции  $\Psi$  и передаточного коэффициента  $k_0$  регулятора (P), которые зависят от дисперсии  $\sigma^2_{\Sigma}$  информационной координаты  $\Sigma[n]$  и базы правил, сформированной нейросетевым регулятором (НРС), которые, в свою очередь, определяются положением объекта

ной нейросети с обратным распространением сигнала. На первом этапе построения функций принадлежности использование алгоритма кластеризации данных позволило с помощью полученных функций принадлежности перекрыть только те области, где в текущий момент размещены данные, и тем самым эффективно распределить ресурсы нейронной сети. В процессе обучения при синтезе базы правил применяется функция обратного распространения сигнала, с помощью которой желаемый выход передается в сеть. Для синтеза правил используется алгоритм конкурентного обучения. После процесса обучения веса соединений определяют существование соответствующих правил. Приоритетными являются соединения с большим значением веса. При оптимизации параметров функций принадлежности полученная база правил остается неизменной, нейронная сеть в данном случае распространяет сигнал только в прямом направлении. Выбор для оптимизации модифицированного параллельного генетического алгоритма при увеличении количества оптимизируемых параметров не приводит к усложнению оптимизационного алгоритма и позволяет осуществить синтез регулятора при отсутствии аналитической зависимости между параметрами регулятора и целевой функцией.

Результаты исследования системы управления электроимпульсными установками с нейросетевым регулятором показывают, что она позволяет увеличить точность поддержания траектории движения над обрабатываемой поверхностью, уменьшает перерегулирование и увеличивает быстродействие системы, в результате чего повышается производительность разрядноимпульсной обработки на 15–20%.

1. *Вовк И.Т., Дримирецкий В.Б., Кривицкий Е.В., Овчинникова Л.Е.* Управление электрогидроимпульсными процессами. – Киев: Наукова думка, 1984. – 186 с.

2. *Козырев С.С.* Адаптивная система управления электроимпульсной установкой с использованием нечеткого регулятора // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2006. – №37. – С. 92–100.

### **Інтелектуальна система керування електроімпульсними установками**

**С.С.Козирев<sup>1</sup>, канд.техн.наук, Л.Є.Овчиннікова<sup>2</sup>, канд.техн.наук,**

<sup>1</sup> – **Національний університет кораблебудування,  
пр. Героїв Сталінграда, 9, Миколаїв, 54025, Україна;**

<sup>2</sup> – **Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України,  
пр. Жовтневий, 43 А, Миколаїв, 54018, Україна.**

*Розроблено інтелектуальну систему керування електроімпульсними установками на основі нечітких моделей з використанням нейромережевого регулятора для корекції параметрів функцій приналежності в процесі роботи та динамічного синтезу бази правил. Бібл. 2, рис. 1.*

**Ключові слова:** інтелектуальна система керування, електроімпульсні установки, нечіткі моделі, нейромережевий регулятор.

### **Intellectual control system for electropulse installations**

**S.S.Kozyrev<sup>1</sup>, L.E.Ovchinnikova<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup> – **National University of Shipbuilding,  
pr. Geroiv Stalingrada, 9, Mykolaiv, 54025, Ukraine,**

<sup>2</sup> – **Institute of pulse processes and technologies National Academy of Science of Ukraine,  
pr. Zhovtnevyi, 43 A, Mykolaiv, 54018, Ukraine.**

*The intellectual automated control system, based on fuzzy-logic, was developed for the electropulse installations. The neuronet controller was used for membership function parameters correction in a process of operation. Also a rule base is dynamically synthesized using a neuron network. References 2, figure 1.*

**Key words:** intellectual control system, electropulse installations, fuzzy models, neuronet controller.

1. *Vovk I.T., Drumiretskii V.B., Krivitskii E.V., Ovchinnikova L.E.* Control of electropulse process. – Kyiv: Naukova dumka, 1984. – 186 p. (Rus.)

2. *Kozyrev S.S.* Adaptive control system of electropulse installations by fuzzy control // Vestnik Natsionalnogo Tekhnicheskogo Universiteta «KhPI». – 2006. – №37. – С. 92–100. (Rus.)

Надійшла 03.01.2012

Received 03.01.2012