

Абрамов И.А., Горбаченко В.И., Кочегаров П.Ю., Мякишев Д.В. Применение методов нейроруправления в ПТК «УРАЛ-Атом» – концепция и перспективы. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVIII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2018. – С. 62-67.

УДК 004.415.2.031.43

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ В ПТК «УРАЛ-АТОМ» – КОНЦЕПЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

И.А. Абрамов, В.И. Горбаченко, П.Ю. Кочегаров, Д.В. Мякишев

APPLICATION OF NEUROCONTROL METHODS IN THE «URAL-ATOM» I&C PLATFORM – CONCEPT AND PROSPECTS

I.A. Abramov, V.I. Gorbachenko, P.Yu. Kochegarov, D.V. Myakishev

Аннотация. Рассматривается применение пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов с использованием нечеткой логики и нейронных сетей.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, нечеткая логика, нейронные сети.

Abstract. The use of proportional integral-differential regulators using fuzzy logic and neural networks is considered.

Keywords: PID controller, fuzzy logic, neural networks.

В настоящее время в системах контроля и управления (СКУ) технологическим оборудованием «львиную долю» составляют программно-аппаратные пропорционально-интегрально-дифференциальные контроллеры (ПИД-контроллеры), которые применяются для автоматического управления технологическими агрегатами, такими как запорная и регулирующая арматура, электродвигатели, насосы, нагревательные элементы и т.п. Не избежал этой участи и разрабатываемый АО «НПП «Рубин» программно-технический комплекс ПТК «УРАЛ-Атом», в состав которого включен ряд модулей индивидуального управления (МИУ), реализующих конфигурируемые ПИД-контроллеры различного назначения [1].

К достоинствам ПИД-контроллеров, обуславливающих их широкое применение, следует отнести относительную простоту реализации, высокую надежность и при условии их правильной настройки хорошее качество управления [2]. Основной недостаток ПИД-контроллеров – необходимость их перенастройки (изменения коэффициентов, уставок и пр.) при изменении параметров объекта управления (технологической среды и исполнительных механизмов). Практика показывает, что даже, казалось бы, такое незначительное изменение, как замена износившегося седла электромагнитного клапана, приводит к необходимости перенастройки соответствующего ПИД-регулятора. В условиях эксплуатирующей организации процедура перенастройки осуществляется персоналом «вручную» путем ввода управляющей информации в контроллеры с помощью инструментальных средств, таких как стенды, программаторы и т.п. При наличии в эксплуатации десятков, сотен, а иногда и тысяч контроллеров процедура перенастройки крайне трудоемка, требует привлечения большого количества квалифицированных сотрудников. Дополнительные трудности создает непрерывный (круглосуточный) режим работы оборуду-

дования, имеющий место на атомных и тепловых электростанциях и других подобных промышленных объектах. Кроме того, в подавляющем большинстве случаев отсутствуют или недоступны четкие критерии изменения коэффициентов и процесс перенастройки носит итеративный характер по методу «проб и ошибок».

В этой связи актуальной является проблема интеллектуализации процессов управления путем исключения или как минимум существенного снижения ручной настройки контроллеров с одновременным повышением качества управления за счет применения при их реализации современных методов управления. С целью решения данной проблемы при создании ПТК «УРАЛ-Атом» предлагается проведение отдельных исследований, охватывающих следующие направления [3–5]:

1. Создание самонастраивающихся контроллеров;
2. Создание контроллеров на основе нечеткой логики;
3. Создание контроллеров на основе нейронных сетей.

Результатом исследований должны стать работающие экспериментальные образцы контроллеров по трем направлениям, реализованные на базе модулей индивидуального управления из состава опытного образца ПТК «УРАЛ-Атом», и научно обоснованные рекомендации по их применению в СКУ различного назначения. Ниже следуют краткие пояснения по вышеперечисленным направлениям исследования.

Самонастраивающийся контроллер является разновидностью классического ПИД-контроллера, в который включена функция автоматической адаптации его параметров к параметрам объекта управления. На рис. 1 приведена структура такого контроллера.

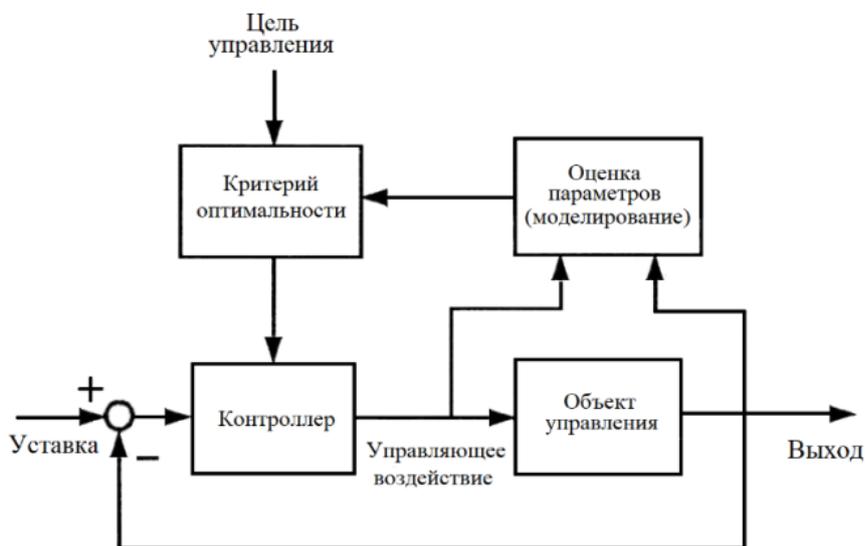


Рис. 1. Общая схема самонастраивающегося контроллера

Как видно, по сравнению с классическим вариантом добавлены два блока: оценка параметров и критерий оптимальности. Т. о., основные параметры ПИД-контроллера, в частности, коэффициенты пропорциональной, дифференциальной и интегральной составляющей, устанавливаются автоматически, исходя из теку-

¹Здесь и далее рисунки и основные определения заимствованы из книги [3].

щего состояния объекта управления. В настоящее время существует большое количество разнообразных математических методов и алгоритмов, обеспечивающих автонастройку ПИД-контроллеров. Собственно, цель исследований – выбор одного или нескольких из них, наиболее подходящих к реализации в ПТК «УРАЛ-Атом». По-видимому, данный подход будет реализован исключительно за счет программного обеспечения, без доработки технических средств.

Контроллеры на основе нечеткой логики реализует алгоритм управления, отличный от ПИД. В его основе лежит нечеткая логика, которая в свою очередь базируется на теории нечетких множеств (fuzzysets), являющейся расширением классической теории множеств [4].

Нечеткий контроллер состоит из набора условных лингвистических операторов, или правил (называемых нечеткими ассоциативными матричными правилами, или НАМ-правилами), задающих конкретные ситуации управления по типу если <исходная ситуация> то <ответная реакция> (рис. 2). Эти условные лингвистические операторы могут быть получены из соображений здравого смысла или из технических сведений об объекте, которым требуется управлять. НАМ-правила (от 1 до n) включаются параллельно, создавая на основе множества Q выходное нечеткое множество M . Затем выполняется "ликвидация нечеткости": преобразование M в числовую величину V .

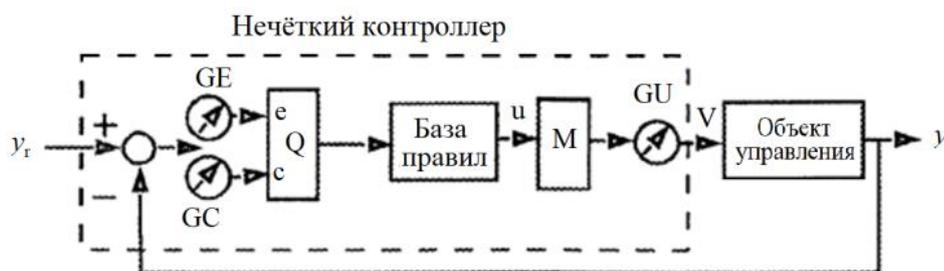


Рис. 2. Система управления на основе нечёткой логики, где GE, GC, GU – коэффициенты масштабирования для рассогласования, изменения рассогласования и управляющего сигнала контроллера соответственно

По-видимому, данный подход также будет реализован исключительно за счет программного обеспечения, без доработки технических средств.

Доминирующая черта нейронных сетей (НС) – способность к обучению [5]. Именно это свойство НС наиболее привлекательно для их использования в контуре управления динамическими объектами, зачастую нелинейными. Другим характерным свойством НС является имманентный параллелизм, в свою очередь приводящий к таким важным характеристикам, как производительность и устойчивость.

В настоящее время известно колоссальное количество методов применения НС в управлении, каждый из которых имеет присущие ему достоинства и недостатки. Выбор одного из них применительно к ПТК «Урал-Атом» и является одной из главных задач предлагаемого исследования.

Можно выделить два аспекта применения НС в управлении объектами: в качестве основного элемента управления; в качестве вспомогательного элемента. В первом случае НС-контроллер используется вместо «обычного» контроллера (рис. 3).

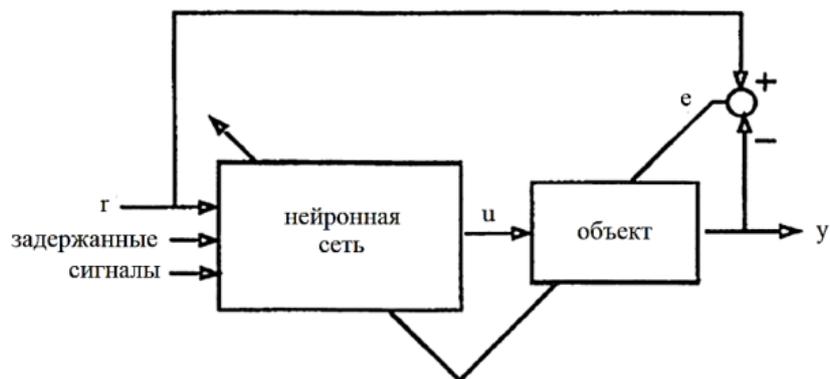


Рис. 3. Архитектура специализированного обучения. Модель нейронной сети непосредственно обучается на инверсной модели объекта управления (на основе обратного распространения ошибки)

Во втором случае – в паре с «обычным» контроллером, подобно варианту самонастраивающегося контроллера (рис. 4).

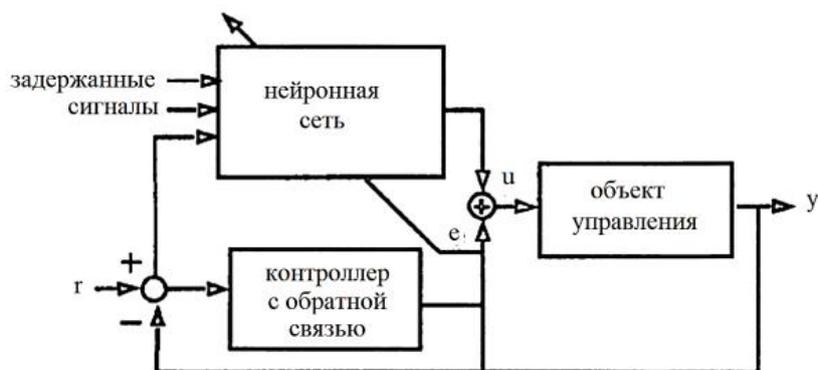


Рис. 4. Архитектура обучения с ошибкой обратной связи. Модель нейронной сети непосредственно обучается на инверсной модели объекта управления путём распространения выходного сигнала контроллера с обратной связью

Относительно технической реализации НС-контроллеров также возможны варианты одномодульной структуры и многомодульной структуры.

В первом варианте представляется интересной реализация специализированного модуля НС-контроллера с использованием нескольких ПЛИС, обеспечивающих параллельную обработку. Второй вариант может быть реализован на существующей в ПТК «УРАЛ-Атом» многомодульной структуре. В этом случае «нейросеть» обеспечивается исключительно программным путем.

Результаты исследований, несомненно, будут полезны для продвижения ПТК «УРАЛ-Атом» на рынке средств автоматизации. Наличие в его составе контроллеров, реализующих адаптивные методы управления, включая методы на основе нечёткой логики и нейронных сетей, обеспечит серьёзное конкурентное преимущество ПТК по сравнению с большинством аналогичных изделий.

Библиографический список

1. Безяев В.С, Кочегаров П.Ю, Мякишев Д.В. Программно-технический комплекс «УРАЛ-Атом» – продолжение традиции // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 12. С. 30–36
2. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. 2006. № 4. С. 66–74.
3. Сигеру Омату С., Халид М., Юсоф Р. Нейроуправление и его приложения. М.: ИПРЖР, 2000. 272 с.
4. Бураков М.В. Нечёткие регуляторы. СПб.: ГУАП, 2010. 237 с.
5. Бураков М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры. СПб.: ГУАП, 2013. 284 с.

Абрамов Игорь Анатольевич

Пензенский государственный
университет,
г. Пенза, Россия

Abramov I.A.

Penza State University,
Penza, Russia

Горбаченко Владимир Иванович

Пензенский государственный
университет,
г. Пенза, Россия
E-mail: gorvi@mail.ru

Gorbachenko V.I.

Penza State University,
Penza, Russia

Кочегаров Павел Юрьевич

АО «НПП «Рубин»,
г. Пенза, Россия

Kochegarov P.Yu.

SC «SIE «Rubin»,
Penza, Russia

Мякишев Дмитрий Владимирович

АО «НПП «Рубин»,
г. Пенза, Россия

Myakishev D.V.

SC «SIE «Rubin»,
Penza, Russia