

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мешкова Е.В. Методика построения классификатора текста на основе гибридной нейросетевой модели // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 212-215.
2. Мешкова Е.В. Разработка гибридной нейросетевой модели для автоматической классификации текста // Информационные системы и технологии. Теория и практика: сб. науч. трудов / Под редакцией А.Н. Береза. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – С. 96-113.

Козоброд Андрей Вячеславович

Волгодонский институт сервиса.

E-mail: neasea.ak@gmail.ru.

347375, г. Волгодонск, ул. Черникова, 6.

Тел.: +79281574449.

Кафедра информатики; аспирант.

Мешков Владимир Евгеньевич

E-mail: vmhome@rambler.ru.

Тел.: +79081927613.

Кафедра информатики; к.т.н.; профессор.

Мешкова Екатерина Владимировна

E-mail: namy_@rambler.ru.

Кафедра информатики; к.т.н.; доцент.

Kozobrod Andrej Vyacheslavovich

Volgodonsk Institute of Service.

E-mail: neasea.ak@gmail.ru.

6, Chernikova Street, Volgodonsk, 347375, Russia.

Phone: +79281574449.

Department of Informatic; Postgraduate Student.

Meshkov Vladimir Evgen'evich

E-mail: vmhome@rambler.ru.

Phone: +79081927613.

Department of Informatic; Cand. of Eng. Sc.; Professor.

Meshkova Ekaterina Vladimirovna

E-mail: namy_@rambler.ru.

Department of Informatic; Cand. of Eng. Sc.; Associated Professor.

УДК 681. 51;681.52

В.В. Борисов, А.А. Бошляков, Д.А. Иванов, А.Ю. Лебедев**РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ПЬЕЗОДВИГАТЕЛЕМ**

Описывается нейросетевой регулятор для перспективного пьезоэлектрического привода для робототехнических комплексов. Нейросетевой регулятор синтезируется в три этапа: формируется обучающее множество, выбирается структура регулятора, проводится настройка его весовых коэффициентов. Для экспериментальной проверки полученных теоретических результатов разрабатывается макет мехатронного пьезоэлектрического модуля. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили эффективность принятых решений.

Нейронная сеть; пьезодвигатель; универсальный микроконтроллер; нейросетевой регулятор; робототехника.

V.V. Borisov, A.A. Boshlyakov, D.A. Ivanov, A.Yu. Lebedev

NEURAL NET REGULATOR IMPLEMENTATION FOR PIEZOELECTRIC MOTOR

In this paper a neural net regulator for a prospect piezoelectric actuator of robotic systems is described. The neural net regulator is designed in three stages: generating data for a training procedure, choosing a suitable structure of the regulator, tuning up its weights. For experimental checking a piezoelectric actuator prototype was developed. Experimental studies have confirmed efficiency of the taken decisions.

Neural net; piezoelectric motor; universal microcontroller; neural net regulator; robotics.

Ни один современный робот не обходится без системы технического зрения в том или ином виде. Распространенным решением задачи сканирования окружающего пространства с помощью камеры является вращение группы зеркал перед объективом.

Перспективным решением для такой системы является использование привода на основе пьезоэлектрического двигателя вращения (ПДВ) [1].

Экспериментальное исследование работы ПДВ показало возможность в расчетах описывать поведение двигателя дифференциальным уравнением третьего порядка [2]. Это позволяет проводить оценку качества работы НС методами математического моделирования.

Теоретические исследования показали возможность выделить три этапа при синтезе НС регулятора для ПДВ.

Первым этапом синтеза ИНС является формирование информативного множества экспериментальных данных. На основании требований к режиму работы ПДВ были выбраны следующие параметры, определяющие это множество: частота дискретизации 100 Гц, количество данных для обучения 1000 выборок, диапазон изменения управляющего сигнала -1 и 1, что соответствует реальному диапазону изменения управляющего сигнала при использовании соответствующего масштабного коэффициента. Для нелинейных объектов необходимо, чтобы во множестве экспериментальных данных были представлены все возможные комбинации амплитуд и частот из рабочего диапазона системы, поэтому в качестве тестового сигнала был выбран сигнал определяемый как

$$u(t) = \begin{cases} u(t-1) & \text{с вероятностью } \alpha \\ e(t) & \text{с вероятностью } 1-\alpha \end{cases}$$

где $e(t)$ белый шум с дисперсией σ_e^2 .

Ковариационная плотность сигнала определяется в соответствии с выражением:

$$R_x(\tau) = \alpha^{\tau} \sigma_e^2.$$

Спектральная плотность сигнала определяется следующим выражением:

$$\varphi(\omega) = \frac{\sigma_e^2}{2\pi} \frac{1-\alpha}{1+\beta^2 - 2\alpha \cos \omega}.$$

Вторым этапом синтеза является выбор структуры НС. Анализ литературы показал, что подавляющее большинство НСУ применяемых в практических задачах строятся на трехслойных персептронах НС (рис. 1) [3]. Это определяется тем, что теоретически трехслойная сеть может идентифицировать нелинейный объект с

любой требуемой точностью [4] и сложность реализации НС возрастает с увеличением количества слоев.

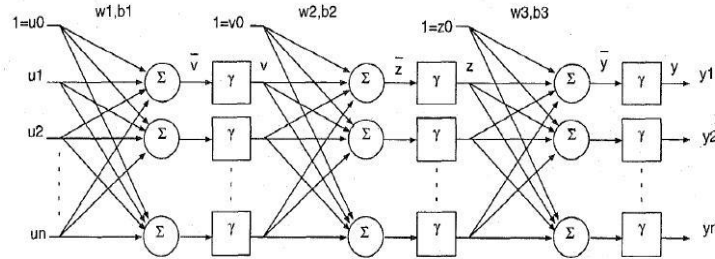


Рис. 1. Трехслойная нейросеть

Был выбран идентификатор, который отображает динамику работы ПДВ. Выбранный идентификатор можно описать формулой:

$$y(t+1) = g(y(t), y(t-1), u(t), u(t-1)),$$

тогда НС описывается следующим выражением:

$$\hat{u}(t) = \hat{g}^{-1}(y(t+1), y(t), y(t-1), u(t-1)),$$

а структурная схема НС на основе выбранного регулятора имеет вид (рис. 2).

Регрессионный вектор определяется как

$$\phi(t) = [r(t+1), y(t), y(t-1), u(t-1)]^T,$$

где $r(t+1)$ – желаемый закон вращения двигателя (уставка) в момент времени $(t+1)$, $y(t)$ – действительный выходной сигнал системы, $u(t-1)$ – сигнал управления для ПДВ.

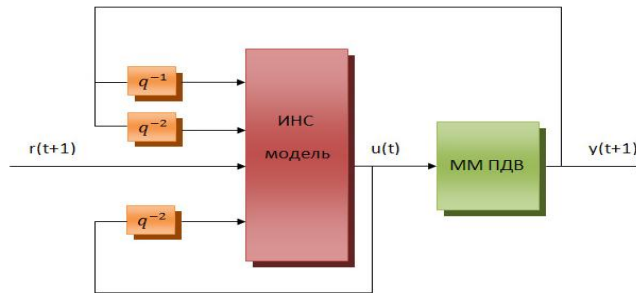


Рис. 2. Структурная схема нейросетевой системы управления

Третьим этапом синтеза является выбор метода обучения. Цель обучения НС минимизация функционала вида:

$$J(\theta, Z^n) = \frac{1}{2N} \sum (u(t) - \hat{u}(t | \theta))^2.$$

Для обучения был применен алгоритм обучения Левенберга-Маквардта.

Результат моделирования работы синтезированной НС приведен на рис. 3. Вследствие высокой точности работы НС выходной сигнал наложился на входной,

поэтому для анализа процесса на рис. 4 представлен увеличенный участок с рис. 3. Моделирование показало, что данный регулятор потенциально может обеспечить высокую точность работы мехатронного пьезоэлектрического модуля.

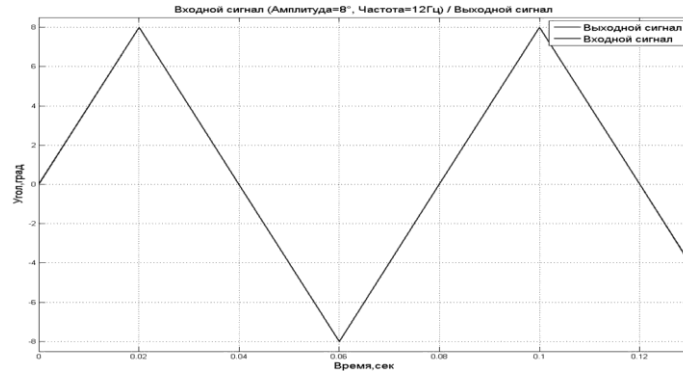


Рис. 3. Процесс работы ИНСУ в следящем режиме

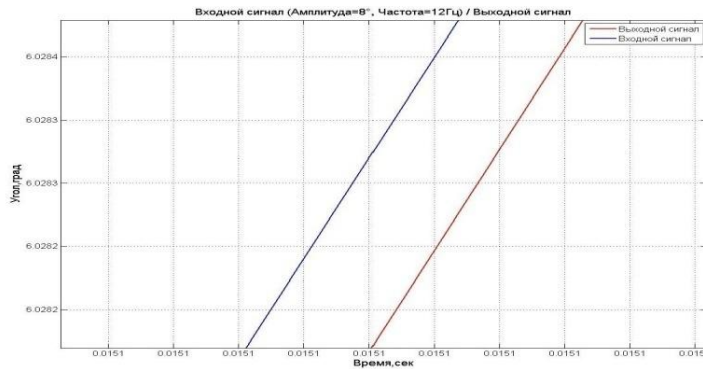


Рис. 4. Увеличенный участок заданной и обрабатываемой траекторий

Для экспериментальной проверки полученных теоретических результатов было решено разработать макет мехатронного пьезоэлектрического модуля.

Для управления макетом выбрана двухслойная нейросеть с 5 линейными входными нейронами, 6 нелинейными нейронами в скрытом слое и 1 линейным выходным нейроном.

Данная нейросеть была «натренирована» на пилообразный закон вращения двигателя, амплитуда которого составляет 5 градусов, а частота – 2 Гц. Полученные в результате матрицы весовых коэффициентов сети были использованы в дальнейшем при реализации НС регулятора.

Реализовать нейросеть можно несколькими путями.

Во-первых, это использование нейрочипов, ориентированных на выполнение операций по эмуляции нейронных сетей. Например, L-Neuro фирмы Philips или Neuron 3120 фирмы Echelon. Во-вторых – ПЛИС. Например микросхемы фирм Xilinx, Atmel. В-третьих, можно использовать универсальные микроконтроллеры (МК).

Анализ вариантов показал, что наиболее перспективным является построение НС регулятора на основе универсального МК. Для создания системы был использован 16-ти разрядный МК dsPIC33 фирмы Microchip. В данном МК присутствуют необходимые для задач управления двигателями модули PWM (модуль широтно-импульсной модуляции) и модуль QEI (модуль интерфейса квадратурного энкоде-

ра). Кроме того, этот контроллер отличается высоким быстродействием вычислительного ядра, наличием широкого набора встроенных периферийных модулей, простотой использования и относительно невысокой стоимостью [5].

На базе выбранного МК была разработана функциональная схема системы управления, представленная на рис. 5.

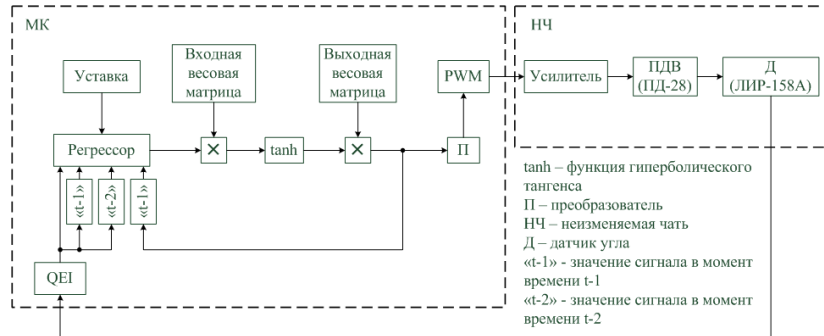


Рис. 5. Функциональная схема системы

Взаимодействие МК с неизменяемой частью осуществляется через модули QEI и PWM. Через модуль QEI информация с датчика о текущем положении вала двигателя поступает в регрессор. Также в регрессор записывается уставка, и информация о предыдущем положении вала и управляющем сигнале. После обработки полученный сигнал через модуль PWM поступает на усилитель. Усилитель преобразует однополярный сигнал широтно-импульсной модуляции в двуполярный, а также определяет направление вращения ПДВ.

На основании функциональной схемы был создан стенд, внешний вид которого показан на рис. 6.

Для стенда было разработано программное обеспечение, реализующее НС регулятор на основе универсального МК.

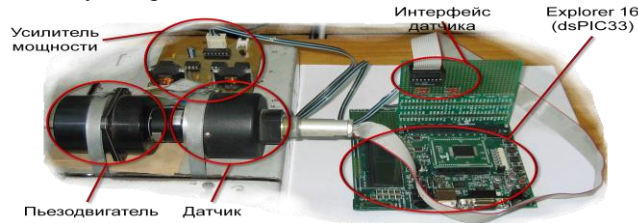


Рис. 6. Система управления ПДВ

В ходе экспериментальных исследований разработанной системы была достигнута средняя точность 6 угловых минут (рис. 7).

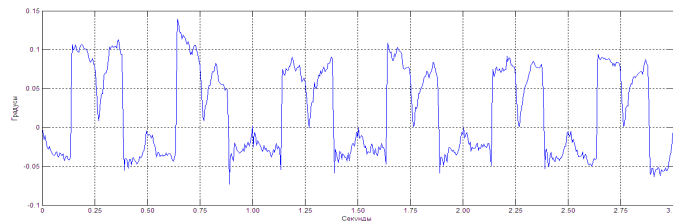


Рис. 7. График ошибки обработки заданного сигнала

Выводы. Разработана и создана система управления с НС регулятором на базе универсального МК для управления ПДВ. Проведенные исследования показали работоспособность предлагаемых решений и повышение точности по сравнению с другими решениями [6-8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бордаченко А.В., Бошляков А.А., Рубцов И.В.* Быстродействующий привод сканирования и стабилизации изображения в системах технического зрения мобильных робототехнических комплексов // Интеллектуальные робототехнические системы-2001: Материалы науч. молод. школы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. – С. 138-139.
2. Piezoelectric final-control elements in mechatronics devices // Бошляков А.А., Дубин А.Е., Рубцов И.В., Щербин А.М. – Mechatronics' 98, Skovde, Sweden, 1998. – P. 447-452.
3. Nørgaard M et al. Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems: A Practitioner's Handbook, Springer, 2000.
4. *Круглов В.В., Борисов В.В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 382 с.
5. "16-bit Microcontrollers and Digital Signal Controllers", – Режим доступа: <http://www.microchip.com/ParamChartSearch/chart.aspx?branchID=8183&mid=14&lang=en&pageId=75>.
6. *Senju T., Miyazato H., Uezato K.* Quick and Precise Position Control of Ultrasonic Motors with Two Control Inputs. Power Electronics Specialists Conference, 1995.
7. Bigdeli N., Haeri M. Position Control of an Ultrasonic Motors Using Generalized Predictive Control, 2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, China, 2004.
8. *Senju T., Miyazato H., Yokoda S., Uezato K.,* Position Control of Ultrasonic Motors Using Neural Networks, Industrial Electronics, 1996.

Борисов Виталий Валерьевич

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.
E-mail: vitaliborisov@mail.ru.
Тел.: 84992636019.

Иванов Дмитрий Алексеевич

E-mail: ivanov-da@bk.ru.

Бошляков Андрей Анатольевич

E-mail: vitaliborisov@mail.ru.

Лебедев Александр Юрьевич

E-mail: alexander.u.lebedev@gmail.com.

Borisov Vitalij Valer'evich

Moscow State Technical University n.a. N.E. Bauman (MSTU).
2-nd Baumanskaya, 5, Moscow, 105005, Russia.
E-mail: vitaliborisov@mail.ru.
Phone: +74992636019.

Ivanov Dmitrij Alexeevich

E-mail: ivanov-da@bk.ru.

Boshlyakov Andrej Anatol'evich

E-mail: vitaliborisov@mail.ru.

Lebedev Alexandr Yur'evich

E-mail: alexander.u.lebedev@gmail.com.