

УДК 621.301

Б. И. Кузнецов, д-р техн. наук,

В. В. Коломиец, Т. Е. Василец, А. А. Варфоломеев, С. Н. Лутай, кандидаты техн. наук,

Б. Б. Кобылянский

СИНТЕЗ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Аннотация. Выполнен синтез нейрорегулятора на основе эталонной модели Model Reference Controller для системы управления оборудованием подвижных объектов специального назначения. Приведен пример динамических характеристик синтезированной нейросетевой системы.

Б. И. Кузнецов, д-р техн. наук,

В. В. Коломиець, Т. Ю. Василець, О. О. Варфоломєєв, С. М. Лутай, кандидати техн. наук,

Б. Б. Кобилянський

СИНТЕЗ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ НЕЛІНІЙНИМ ДИНАМІЧНИМ ОБ'ЄКТОМ

Анотація. Виконано синтез нейрорегулятора на основі еталонної моделі Model Reference Controller для системи управління устаткуванням рухомих об'єктів спеціального призначення. Наведено приклад динамічних характеристик синтезованої нейромережевої системи.

В. І. Kuznetsov, ScD,

V. V. Kolomic, T. E. Vasilec, A. A. Varfolomeev, S. N. Lutaj, PhD,

В. В. Kobylyjanskij

SYNTHESIS NEUROREGULATORS BASED REFERENCE MODEL FOR CONTROLLING NONLINEAR DYNAMIC OBJECT

Abstract. Model Reference Neural Network Controller is synthesized for the control system of the moving qualified objects. It is shown an example of the synthesized neural network system dynamic performance.

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. Системы управления оборудованием подвижных объектов специального назначения характеризуются нелинейными зависимостями, сложными динамическими свойствами, наличием неконтролируемых шумов и помех, препятствующих реализации традиционных стратегий управления. Поэтому эффективной является разработка систем управления на основе адаптивного подхода в сочетании с методами теории искусственных нейронных сетей.

Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме. В последние годы нейронные сети широко используются в качестве регуляторов систем управления со сложными кинематическими цепями. Подходы к решению проблем синтеза нейросетевых систем управления динамическими объектами отражены в литературе по применению нейросетей в задачах управления, например [1-3]. Проведенный анализ литературы показал, что универсального и идеального регулятора в настоящее время не существует.

Цель и задачи работы. Целью работы является синтез нейрорегулятора на основе эталонной модели для решения задачи управления оборудованием подвижных объектов специального назначения.

Изложение материала исследования, полученных научных результатов. Как показали исследования, эффективным регулятором для системы управления оборудованием подвижных объектов специального назначения является нейрорегулятор с предсказанием. В [4] приведена математическая

модель динамики объекта управления и выполнен синтез и исследование нейросетевой системы управления оборудованием подвижных объектов специального назначения с нейрорегулятором NN Predictive Controller. Показано, что нейросетевая система имеет высокие динамические характеристики. Однако, управление с предсказанием требует больших вычислительных затрат и является достаточно сложным для практической реализации. Потому рассмотрим возможность применения более простого нейрорегулятора на основе эталонной модели, реализованного в пакете прикладных программ Neural Network Toolbox системы MATLAB.

При управлении на основе эталонной модели регулятор – это нейронная сеть, которая обучена управлять объектом так, чтобы он отслеживал поведение эталонной модели. Модель управляемого объекта используется при настройке параметров самого регулятора. Регулятор на основе эталонной модели требует небольшого объема вычислений, однако архитектура регулятора с эталонной моделью требует обучения нейронной сети объекта управления и нейронной сети регулятора. При этом обучение регулятора оказывается достаточно сложным, поскольку обучение основано на динамическом варианте метода обратного распространения ошибки.

Структурная схема системы управления с эталонной моделью содержит эталонную модель, которая задает желаемую траекторию движения объекта управления, а так же нейронные сети, реализующие регулятор и модель объекта управления. Цель обучения регулятора состоит в том, чтобы движение объекта управления отслеживало выход эталонной модели.

При синтезе регулятора вначале выполняется построение нейросетевой модели объекта управления, аналогично рассмотренному в [4]. Значения элемен-

тов матриц весов и смещений нейронной сети модели объекта управления заносятся в память машины и используются затем при построении нейронной сети регулятора. Для обучения нейронной сети регулятора генерируются обучающие данные. В качестве эталонной модели принята одномассовая система управления оборудованием подвижных объектов специального назначения без учёта моментов трения и возмущающего момента. Затем выполняется создание и инициализация сети с прямой передачей сигнала. Сеть имеет 4 слоя. Значения весов и смещений первого и второго слоёв заносятся в память машины. После этого выполняется построение динамической сети с заданным числом задержек по входу и выходу модели и регулятора.

Элементам матриц весов и смещений первого и второго слоя динамической сети присваиваются соответствующие значения матриц весов и смещений первого и второго слоёв первоначально созданной статической сети, а элементам матриц весов и смещений третьего и четвёртого слоя динамической сети присваиваются соответствующие значения матриц первого и второго слоя сети, соответствующей нейросетевой модели объекта управления, полученной при выполнении процедуры идентификации.

Результаты моделирования. На рис. 1 показаны переходные процессы в нейросетевой системе с синтезированным нейрорегулятором.

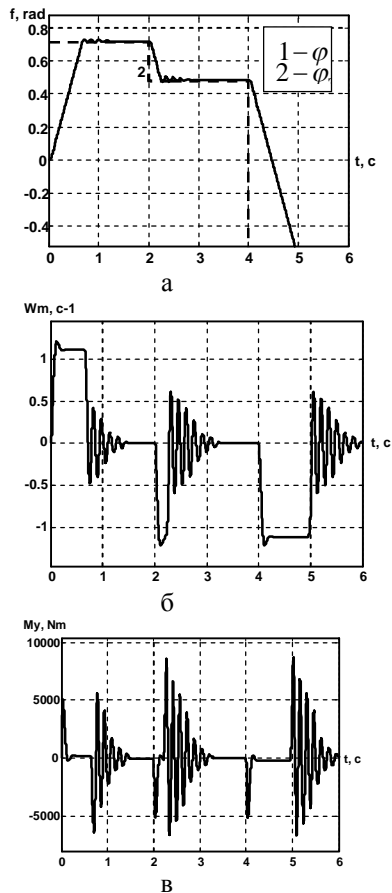


Рис. 1. Переходные процессы в нейросетевой системе: а – задающее воздействие $\varphi_3(t)$ и угол $\varphi(t)$; б – скорость механизма $\omega_m(t)$; в – момент упругости $M_y(t)$

Выводы из проведенного исследования, перспективы этого направления. В работе выполнен синтез нейрорегулятора на основе эталонной модели Model Reference Controller для управления оборудованием подвижных объектов специального назначения. Как показали исследования, ни при каких параметрах нейрорегулятора Model Reference Controller не удалось получить удовлетворительные динамические характеристики системы. Идентификация объекта управления была выполнена с высокой точностью. Ошибка обучения нейросети объекта управления составляла $1,16 \cdot 10^{-12}$, а мгновенные ошибки не превышали $2 \cdot 10^{-5}$. Минимальная ошибка обучения нейронной сети регулятора составляла $3,48 \cdot 10^{-4}$. Однако даже без учёта возмущающих воздействий переходные процессы системы имеют колебательный характер. Поэтому для рассматриваемой задачи целесообразно использовать нейрорегулятор с предсказанием NN Predictive Controller

Список использованной литературы

1. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления. / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов И.Ю. Тюкин – М.: ИПРЖР, 2002. – 480с.
 2. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко – Харьков: Телетех, 2004. – 264с.
- Получено 06.2011



Кузнецов Борис Иванович,
 д.т.н., заведующий отделом
 НТЦ МТО НАН Украины,
 61106, г. Харьков,
 ул. Индустриальная, 19
 E-mail: bikuznetsov@mail.ru



Коломиец Валерий Витальевич,
 к.т.н., доцент УИПА,
 61003, г. Харьков,
 ул. Университетская 16



Василец Татьяна Ефимовна
 к.т.н., доцент УИПА



Варфоломеев Алексей Алексеевич
 к.т.н., докторант Технологического
 ин-та Нью-Джерси, США



Лутай Сергей Николаевич
 к.т.н., доцент УИПА



Кобылянский Борис Борисович,
 ассистент УИПА