

УДК 621.313.333.1

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**С.С. Исенов**

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,  
г. Астана*

Использование современных вычислительных технологий, дающих новые подходы к исследованию динамических процессов происходящих в электромеханических системах представляют собой новсе и весьма перспективное направление, в виду повсеместного поиска и внедрения энергосберегающих технологий.

Одним из актуальных решений в данном направлении является использование нейронных сетей (НС), использование которых приведет к новым и весьма перспективным подходам к решению задач в области автоматического управления многодвигательными электроприводами, в виду возможности нейронной сети вычислить оптимальные электромеханические параметры для работы электродвигателей.

На лабораторной установке ЭЭ1-НЗ-С-К-26.08.2005, по электрической схеме, приведенной на рисунке 1, проведены экспериментальные опыты «Электропривод системы источник напряжения промышленной частоты – асинхронный двигатель с фазным ротором» [1].

На примере системы однодвигательного электропривода проведем опыты и попытаемся применить нейронную сеть к процессу контроля и управления электродвигателем, для дальнейшей разработки и применения искусственного интеллекта в системе автоматического контроля и управления динамическими процессами двухдвигательного электропривода, что приведет к оптимальному синхронному вращению двигателей.

В результате проведения экспериментов ставились следующие задачи: 1) определить координаты и параметры электропривода в статическом режиме; 2) снять опытные данные: тока  $I$  статорной обмотки, активной мощности  $P$ , частоты вращения  $n$ , напряжения сети  $U$ , определить статическую механическую характеристику двигателя, результаты опытов занесены в таблицу 1; 3) провести регулирование скорости вращения двигателя изменением сопротивления релостата в цепи ротора, результаты опытов занесены в таблицу 2.

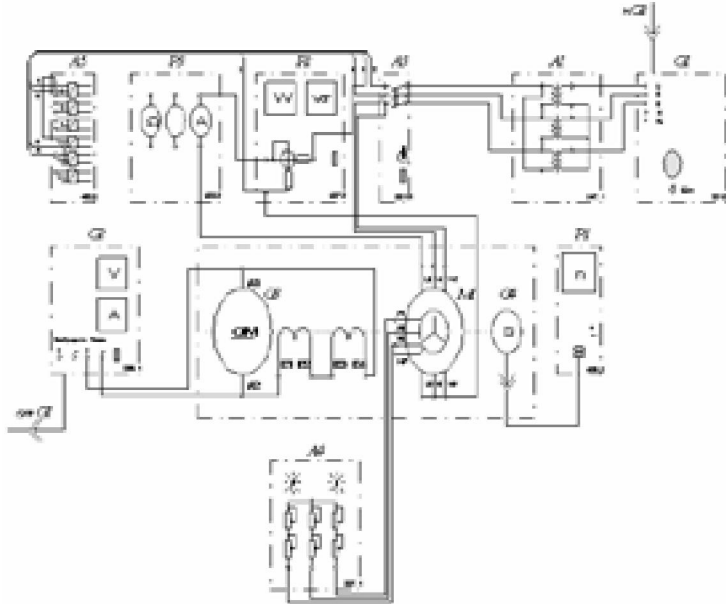


Рисунок 1 – Электрическая схема системы “источник напряжения промышленной частоты – асинхронный двигатель с фазным ротором”

Таблица 1

Опытные данные электропривода в статическом режиме

I, A	1,06	1,09	1,11	1,13	1,14	1,16	1,17	1,18	1,19	1,2
P, Вт	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
n, мин <sup>-1</sup>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
U, В	140	150	158	163	170	176	180	190	197	205

I, A	1,21	1,22	1,23	1,23
P, Вт	84	85	86	87
n, мин <sup>-1</sup>	110	120	130	140
U, В	215	222	235	240

Таблица 2

Импульсное управление электродвигателем по цепи ротора

R, Ом	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
n, мин <sup>-1</sup>	138	130	125	120	115	110	106	102	97	93	89

На основе полученных экспериментальных данных, попытаемся вычислить и построить с использованием нейронной сети оптимальную механическую характеристику для системы электропривода.

Большой спектр задач, решаемый нейронными сетями, не позволяет в настоящее время создавать универсальные, мощные сети, вынуждая разрабатывать специализированные нейронные сети, функционирующие по различным алгоритмам [2].

Модели НС могут быть программного и аппаратного исполнения. В нашем случае будет рассматриваться НС программного исполнения.

Несмотря на существенные различия, отдельные типы нейронных сетей обладают несколькими общими чертами.

Во-первых, основу каждой НС составляют относительно простые, в большинстве случаев – однотипные, элементы (ячейки), имитирующие работу нейронов мозга. Далее под нейроном будет подразумеваться искусственный нейрон, то есть ячейка НС. Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или заторможены. Он обладает группой синапсов – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон – выходную связь данного нейрона, с которой сигнал (возбуждения или торможения) поступает на синапсы следующих нейронов. Общий вид нейрона приведен на рисунке 2. Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи или ее весом  $w_i$ , который по физическому смыслу эквивалентен электрической проводимости.

Текущее состояние нейрона определяется, как взвешенная сумма его входов

$$s = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i . \quad (1)$$

Выход нейрона есть функция его состояния

$$y = f(s). \quad (2)$$

Нелинейная функция  $f$  называется активационной и может иметь различный вид, как показано на рисунке 3. Одной из наиболее распространенных является нелинейная функция с насыщением, так называемая логистическая функция или сигмоид (функция S-образного вида) [3]

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} . \quad (3)$$

При уменьшении  $\alpha$  сигмоид становится более пологим, в пределе при  $\alpha=0$  вырождаясь в горизонтальную линию на уровне 0,5, при увеличении  $\alpha$

сигмоид приближается по внешнему виду к функции единичного скачка с порогом  $T$  в точке  $x=0$ . Из выражения для сигмоида очевидно, что выходное значение нейрона лежит в диапазоне  $[0,1]$ . Одно из ценных свойств сигмоидной функции – простое выражение для ее производной.

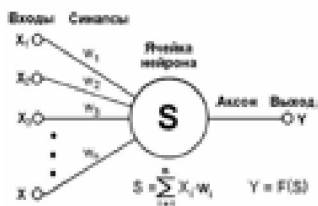


Рисунок 2 – Искусственный нейрон

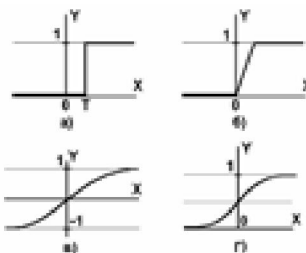


Рисунок 3 – а) функция единичного скачка;  
 б) линейный порог (гистерезис);  
 в) сигмоид – гиперболический тангенс;  
 г) сигмоид – формула (3)

Для вычисления и построения оптимальной механической характеристики электропривода, воспользуемся специализированной программой Statistica Neural Networks (SNN).

Введем полученные экспериментальные параметры из таблицы 1 (рисунок 4).

Variables	1	2	3
01	1.09	10	
02	1.09	20	
03	1.11	30	
04	1.13	40	
05	1.14	50	
06	1.16	60	
07	1.17	70	
08	1.18	80	
09	1.19	90	
10	1.2	10	
11	1.21	110	
12	1.22	120	
13	1.23	130	

а)

STATISTICA Neural Networks - new, MLP 1:1:0:1:1 - [Run Data Set]

File Edit Train Statistics Run Options Window Help

Output shown: Variables Run [Data Set]

RMS Error: Train 1.501 Valid 1.729 Test 1.225

	input	T. VAR1	T. VAR2	Error
25	7.944681	30	-2.055118	0.018668
21	18.391112	35	-1.036662	0.005569
20	28.766483	30	-1.200040	0.011321
24	40.89779	40	0.8977884	0.008162
25	47.85887	35	-2.189148	0.01934
26	48.34348	40	0.343478	0.00088
27	71.89238	70	1.89238	0.0172
28	58.85886	80	0.8588607	0.007781
29	90.18802	90	0.1880203	0.001473
13	99.78724	100	-0.2128	0.001934
11	109.5080	110	-0.4900	0.002811
12	119.4277	120	-0.5728	0.003203
13	129.2194	130	-0.748	0.003782

б)

Рисунок 4 – Экспериментальные (а) данные и расчет (б) погрешностей

После ввода экспериментальных данных (рисунок 4 а) получим уровень погрешностей (рисунок 4 б), которая вычислила нейронная сеть для построения оптимальной механической характеристики, что способствует протеканию оптимального динамического процесса электропривода.

После вычисления погрешностей нейронная сеть определяет среднее значение коэффициента погрешности (рисунок 5).

STATISTICA Neural Networks - new, MLP 1:1:0:1:1

File Edit Train Statistics Run Options Window Help

Run Clear

VAR1  
Input 1.14

Output Shown: Variables

VAR2  
Output -47.02007

Рисунок 5 – Определение коэффициента погрешности

После вычисления нейронной сетью оптимальных параметров для функционирования электропривода, строится экспериментальная характеристика, полученная при использовании нейронной сети рисунок 6 и механическая характеристика системы электропривода, приведенная на рисунке 7.

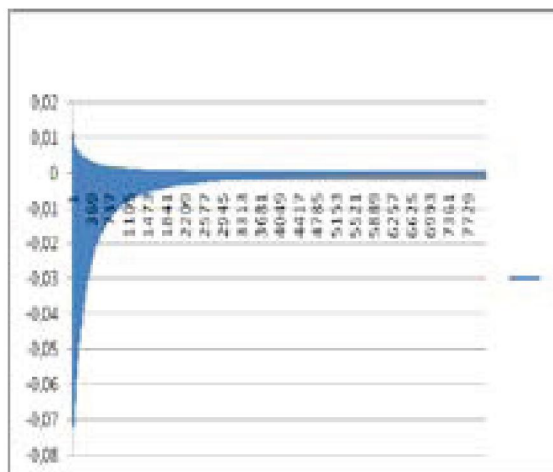


Рисунок 6 – Определение погрешности

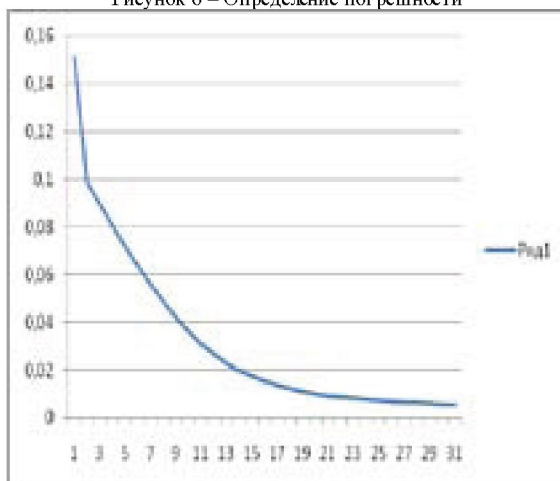


Рисунок 7 – Механическая характеристика электропривода

Вывод: Полученные экспериментальным путем характеристики электро-привода позволяют сделать вывод, что внедрение и применение искусственного интеллекта – нейронных сетей, в электропривод и систему



управления электроприводом, открывает большие возможности, связанные с автоматической настройкой оптимального протекания динамических процессов в электромеханических системах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по электроприводу. - Челябинск. 2006. - 240 с.
2. Короткий С. Нейронные сети: основные положения. Ресурсы Интернета.
3. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника - М.: Мир, 1992.

### *Түйіндеме*

*Мақалада нейронды тораптарды қолдана отырып алынған тәжірибелік берілгендердің негізінде электр жетегі жүйесін автоматты түрде басқаруға мүмкіндік беретін электр жетегінің механикалық сипаттамалары алынды.*

### *Resume*

*In article on the basis of skilled data and with application of a neural network, the mechanical characteristics of the electric drive providing optimum course of dynamic processes in electromechanical system are received.*

УДК 621.313

## **СПОСОБЫ ДИАГНОСТИКИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ЕГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ**

**А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова**

*Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова*

Одной из неисправностей асинхронных двигателей (АД) является эксцентриситет ротора. В связи с этим возникает неравномерность воздушного зазора, добавочные магнитные поля в этом зазоре и ущерб от перерасхода электроэнергии. Последний за год, по ориентировочным подсчетам, может превышать стоимость поврежденного АД. Если при эксцентриситете ротор касается статора, то их сердечники нагреваются. Происходит их «зализывание» и ускоренное тепловое старение изоляции с последующим КЗ в обмотке статора или повреждением обмотки ротора. Как правило, после