4. Буянкин В. М., Разработка методики синтеза нейропрогнозирующей идентификации с использованием нечетких нейронных сетей при неполных неточных статических и динамических характеристик сложных электротехнических установок ансамблем нейронных сетей. Научно-техническая конференция. Нейроинформатика- 2011 (Приложения информатики в медицине, технике, экономике, и в естественных и гуманитарных науках) Москва МИФИ 2011 г.
5. V Buyankin. Neuroprotection and Timely Troubleshooting of Electric Drive Equipment. Advances in Systems Science and Applications, [s.l.], v.18, n / 1, p. 132-141, may 2018. ISSN 1078-6236. Available at: <http://ijassa.ipu.ru/ojs/ijassa/article/view/573>. Date accessed: 25 may 2018. doi: <http://doi.org/10.25728/assa.2018.18.1.573>.

Буянкин В.М.

Проектирование искусственного интеллекта на базе нейронной сети с нечеткой логикой для прогнозирования аварийных значений тока в якоре электродвигателя

*МГТУ им. Н.Э. Баумана
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-05-2020-343

idsp: ljjournal-05-2020-343

Аннотация

В статье предлагается решение проблемы прогнозирования аварийных ситуаций и перегрузок электродвигателя. Рассматривается проектирование искусственного интеллекта на базе нейронной сети с нечеткой логикой для прогнозирования аварийных значений тока в якоре электродвигателя.

Введение, постановка задачи

Параметр электродвигателя, такой как ток якоря зависит от нагрузки. Нагрузку не всегда можно точно измерить и спрогнозировать что приводит к невозможности разработки точной адекватной математической модели изменения тока [1, [2] комбинированной многопараметрической системы искусственного интеллекта для нейродиагностики и нейропрогнозирования аварийных режимов работы электропривода.

При перегрузках электродвигателя возможен перегрев и выход из строя исполнительных механизмов, поэтому необходимы меры исключения аварийных ситуаций. Для решения этой проблемы предлагается разрабатывать систему нейропрогнозирования перегрузок с использованием нейронной сети с нечеткой логикой.

В качестве исходных данных возьмем информацию о токе якоря электродвигателя при длительной работе за некоторый промежуток времени и занесем ее в таблицу 1

Таблица 1.

Ток якоря электродвигателя

$I_{я(n-9)}$	$I_{я(n-8)}$	$I_{я(n-7)}$	$I_{я(n-6)}$	$I_{я(n-5)}$	$I_{я(n-4)}$	$I_{я(n-3)}$	$I_{я(n-2)}$	$I_{я(n-1)}$	$I_{ян}$	$I_{я(n+1)}$
13 А	8 А	12 А	7 А	14 А	9 А	12 А	8 А	13 А	7 А	?

На рис. 1 представлен график данных $I_{я}$ при длительной работе электропривода. Нечеткая модель гибридной сети содержит четыре входных переменных. Первая входная переменная (n) является текущей, вторая входная переменная ($n-1$) предыдущей и т. д. до ($n-3$). Выходная переменная $I_{я(n+1)}$ является целью обучения.

Обучающие данные сведены в таблицу 2. Объем полученной обучающей выборки равен шести.

Рис. 1. График данных $I_{я(n)}$ при длительной работе электропривода

Таблица 2.

Обучающие данные

$I_{я(n-3)}$	$I_{я(n-2)}$	$I_{я(n-1)}$	$I_{я(n)}$	$I_{я(n-5)}$
13 A	8 A	12 A	7 A	14 A
8 A	12 A	7 A	14 A	9 A
12 A	7 A	14 A	9 A	12 A
7 A	14 A	9 A	12 A	8 A
14 A	9 A	12 A	8 A	13 A
9 A	12 A	8 A	13 A	7 A

Далее воспользуемся моделированием гибридной нейронной сети с нечеткой логикой в среде *MatlabFuzzyLogicToolbox* и загрузим обучающие данные из таблицы 2 (рис. 2).

$d=[13, 8, 12, 7, 14, 8, 12, 7, 14, 9, 12, 7, 14, 9, 12, 8, 14, 9, 12, 8, 13, 9, 12, 8, 13, 7]$.

$d =$

```

13  8  12  7  14
 8  12  7  14  9
12  7  14  9  12
 7  14  9  12  8
14  9  12  8  13
 9  12  8  13  7

```

Рис. 2. Обучающие данные из таблицы 2

Произведем генерацию системы нечеткого вывода типа Сугено с графическим интерфейсом редактора FIS (рис.3)

Рис. 3. Графический интерфейс редактора FIS

Задаем для каждой из входных переменных по 3 лингвистических термина, а в качестве типа функций принадлежности выберем треугольные функции (рис. 4).

Рис. 4. Функции принадлежности

В редакторе правил системы нечеткого вывода задаем 81 правило (рис. 5).

Рис.5. Редактор правил системы нечеткого вывода

На рис. 6 представлен графический интерфейс программы просмотра правил.

Рис.6. Графический интерфейс программы просмотра правил

Для обучения гибридной нейронной сети воспользуемся комбинированным методом обучения с уровнем ошибки 0, а количество циклов обучения зададим равным 200. После окончания обучения получим график зависимости ошибки от числа эпох (рис. 7).

Рис. 7. График ошибки обучения

После обучения визуально оценим структуру нейронной сети с нечеткой логикой, представленной на рис.8.

Рис. 8. Структура нейронной сети с нечеткой логикой

На рис. 9,10,11 представлены поверхности нечеткого вывода для входных и выходных переменных.

Рис. 9. Поверхность нечеткого вывода для входных переменных *input1*, *input 2* и выходной переменной *output*

Рис. 10. Поверхность нечеткого вывода для входных переменных *input1*, *input3* и выходной переменной *output*

Рис. 11. Поверхность нечеткого вывода для входных переменных $input1$, $input4$ и выходной переменной $output$

Проведем тестирование полученной нейронной сети с нечеткой логикой, воспользовавшись данными таблицы 2 и при помощи команды

$out = evalfis([12\ 8\ 13\ 7], 15)$ на выходе получаем $I_{я(n+1)} = 11,503$

После предсказания будущего значения $I_{я(n+1)}$ идет сравнение его с $I_{ян}$. [3, [4]

Если разница между $I_{ян}$ и $I_{я(n+1)}$ больше допустимого начения, то переменной X_3 присваивается 1 иначе 0. Значение 1 сигнализирует об аварийном режиме в обмотке якоря электродвигателя.

Из данного примера видно, что результаты тестирования показали достаточную высокую степень адекватности реальных и прогнозируемых данных тока якоря электродвигателя, что позволяет сделать вывод о возможности практического использования нечеткой нейронной сети для нейродиагностики работы электродвигателя.

Выводы

При испытании работы прогнозирующей нейронной сети с нечеткой логикой для нейродиагностики, нейропрогнозирования работы электродвигателя были получены адекватные и достоверные результаты. Применение искусственного интеллекта на базе нейронной сети с нечеткой логикой для прогнозирования аварийных значений тока в якоря электродвигателя позволяет существенно повысить надежность работы электродвигателей.

1. Буянкин В. М., Нейродиагностика электропривода 7-ая Международная научно-практическая конференция Новейшие достижения Европейской науки,-2011. Том 40 Современные информационные технологии София. «Бял ГРАД-БГ» ООД - 64 стр.(18-25)
2. Буянкин В. М., Разработка методики синтеза нейропрогнозирующей идентификации с использованием нечетких нейронных сетей при неполных неточных статических и динамических характеристик сложных электротехнических установок ансамблем нейронных сетей. Научно-техническая конференция. Нейроинформатика- 2011 (Приложения информатики в медицине, технике, экономике, и в естественных и гуманитарных науках) Москва МИФИ 2011 г.