

УДК 629.4.014

ЯЦЬКО С.І., к.т.н., доцент,
 ВАЩЕНКО Я.В., аспірант (УкрДАЗТ)

Нейромережева модель діагностування системи "Автономний інвертор напруги – тяговий асинхронний двигун" тягової електропередачі

Розроблено діагностичну модель асинхронного електроприводу з метою раннього виявлення дефектів і несправностей в умовах експлуатації.

Ключові слова: автоматична діагностика, несправності, асинхронний електропривід, нейромережа.

Вступ

На залізничному транспорті все більш широкого застосування знаходять системи асинхронного тягового електроприводу з живленням тягового двигуна від автономного інвертора напруги (система АІН-ТАД). Дані системи відносяться до складних систем, технічний стан яких суттєво впливає на кінцеву ефективність рухомого складу. Це зумовлює потребу в своєчасному їх діагностуванні.

В статті представлено один із можливих способів виявлення несправностей в системі АІН – ТАД, який передбачає використання штучних нейронних мереж.

Аналіз принципів побудови системи діагностування

Останнім часом значна увага приділяється методам діагностування, що базуються на нетрадиційних підходах. Це обумовлено тим, що традиційна оцінка надійності та прогнозування виникнення несправностей шляхом імовірнісного і статистичного аналізу, в умовах ускладнення технічних систем та зростаючої швидкості їх заміни на більш сучасні, не дозволяє в повній мірі здійснювати якісний статистичний розрахунок [1 - 5].

Як один з найбільш перспективних напрямків в технічній діагностиці, можна виділити схему контролю стану системи на основі принципів машинного навчання, при якій в реальному масштабі часу вирішуються задачі розпізнавання поточного та прогнозного класів технічного стану [2-4].

Перспективними математичними алгоритмами для створення систем автоматизованого діагностування можуть бути мережі нейронів, розробки яких застосовуються для діагностики несправностей та дефектів елементів технічних систем [3,4].

Мета роботи

Розробка нейромережевої моделі для розпізнавання несправностей в системі АІН – ТАД тягової електропередачі.

Основні результати досліджень

Процес створення системи діагностування на базі штучних нейронних мереж передбачає етап її навчання на основі бази даних про технічний стан системи та відповідні діагностичні ознаки. Для формування бази даних з заданими порушеннями нормального функціонування системи АІН – ТАД була розроблена модель в середовищі програмного забезпечення Matlab (рис.1), що дозволило мінімізувати витрати на створення нейромережевої моделі діагностування системи АІН - ТАД тягової електропередачі. Основними її елементами є тяговий привід, що включає автономний інвертор з тяговим асинхронним двигуном, а також блок діагностування.

Аналіз порушень нормальної роботи електроприводу з асинхронним двигуном і автономним інвертором напруги показує, що найбільш часто зустрічаються випадки його виходу з ладу в результаті наскрізного замикання однієї із фаз інвертора по причині пробою транзисторів, припинення функціонування окремих напівпровідникових пристроїв або виходу з ладу пліч інвертора. Короткі замикання в інверторі представляють особливу небезпеку як для електричної так і для механічної частин тягового електроприводу з асинхронними двигунами. Майже в усіх випадках аварійний процес супроводжується різким наростанням струму, розрядом конденсатора фільтра та ударним струмом асинхронного двигуна, фази якого в даному випадку стають закороченими через провідні транзистори.

При наскрізному короткому замиканні в інверторі випрямлений струм без урахування активних опорів в будь-який напівперіод дорівнюватиме

$$i_d = I_{d0} + \int \frac{U_{2max} \sin wt}{x_T + x_{сер}} dwt, \quad (1)$$

x_T та $x_{сер}$ – індуктивні опори КЗ трансформатора та згладжуючого реактора.

де I_{d0} – струм в кінці попереднього напівперіоду,
 U_{2max} – амплітудне значення напруги вторинної обмотки трансформатора;

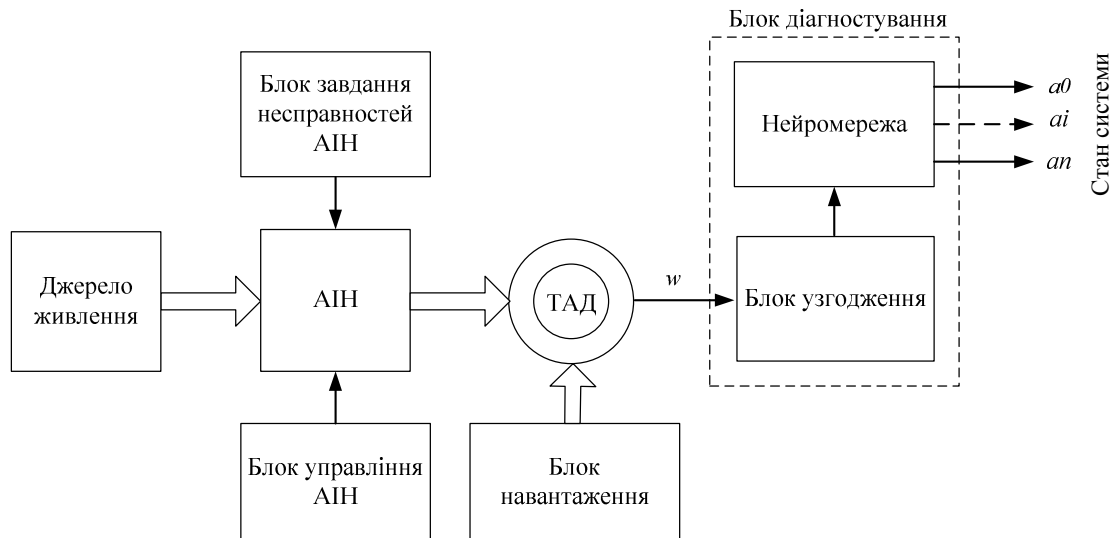


Рис. 1. Структурна функціональна схема моделі

В результаті проведених експериментів за допомогою моделі тягового електроприводу отримано векторні сигнали залежностей для струмів, швидкостей та електромагнітного моменту у випадках виникнення несправностей.

Незважаючи на достатню інформативність кожного з параметрів, для подальшого дослідження та використання в діагностичних цілях було обрано швидкість обертання ротора ТАД. Це обумовлюється доступністю виміру даної величини, зважаючи на обладнання тягових двигунів асинхронного тягового рухомого складу датчиками частоти обертання ротора.

Аналізуючи види несправностей для різних параметрів функціонування, виявлено значну варіацію залежності кривої кутової швидкості обертання ротора від виду несправності та навантаження (рис. 2).

На основі отриманої інформації побудовано базу даних вимірних сигналів. Наступним етапом по побудові системи є формування підсистеми нейромережевого діагностування. Серед великого різноманіття нейронних мереж обрано класичну багаточарову мережу зі зворотнім розповсюдженням помилки, що зарекомендували себе простотою, швидкістю та результативністю для процесів класифікації сигналів. При значній кількості зразків

навчальних вибірок j ($j=1,2,\dots,p$) цільова функція перетворюється в суму по всі вибіркам

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^M (y_k^{(j)} - d_k^{(j)})^2, \quad (2)$$

де $y_k^{(j)}$ – вихідні сигнали нейронів вихідного шару ($j=1,2,\dots,M$),

$d_k^{(j)}$ – вектор очікуваних вихідних сигналів $d=[d_0, d_1, \dots, d_M]$.

Шляхом підбору оптимальної структури для навчання мережі, найкращу ефективність отримано при застосуванні квазин'ютонового алгоритму навчання Левенберга-Марквардта. Алгоритм діє ітеративно, подаючи на кожному циклі навчання навчальні дані і порівнюючи вихідні значення з цільовими та обчислюючи функцію помилки. При виконанні процедури навчання найкраща збіжність (зменшення середньоквадратичної помилки навчання) досягається за 23 епохи.

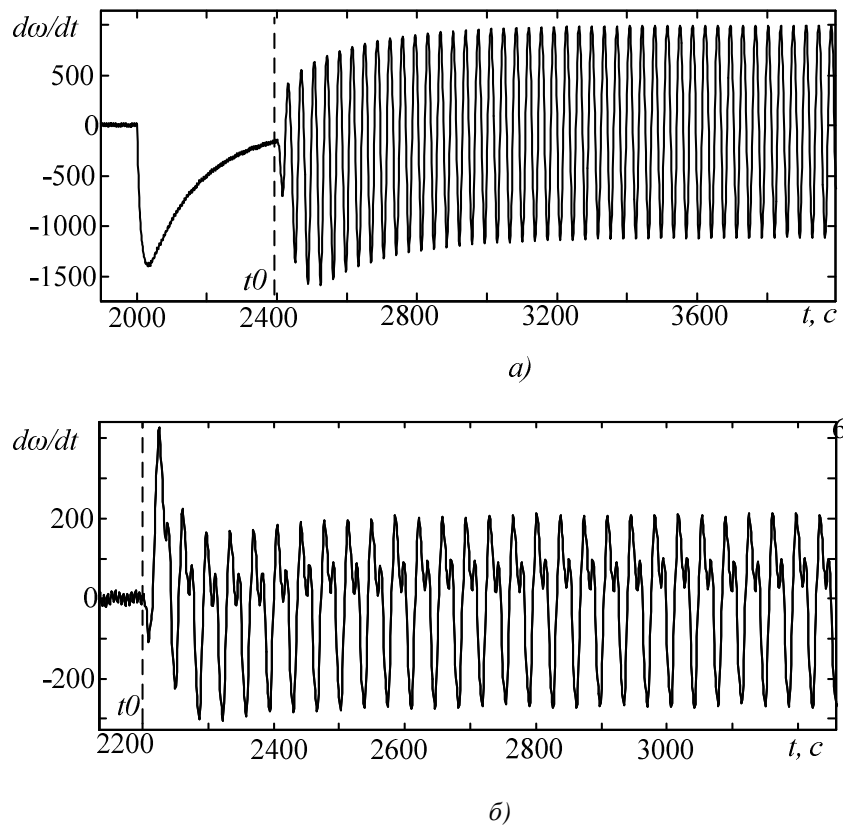


Рис. 2. Приклади сигналів змінної складової швидкості обертання ТАД: а) при короткому замиканні транзистора в момент t_0 ; б) при відключенні в момент t_0 одного з плечей інвертора без навантаження

Ціль навчання полягає в підборі таких значень вагів $w_{ij}^{(1)}$ і $w_{ij}^{(2)}$ для всіх шарів мережі, щоб при заданому вхідному векторі x отримати на виході значення сигналів y_j , що із заданою точністю будуть співпадати з очікуваними значеннями d_i для $i=1,2,\dots,M$. Вихідний сигнал i -го нейрона прихованого шару описується функцією

$$v_j = f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right), \quad (3)$$

у вихідному шарі вихідний сигнал k -го нейрона дорівнюватиме

$$v_k = f\left(\sum_{j=0}^K w_{ki}^{(2)} v_i\right) = f\left(\sum_{j=0}^K w_{ki}^{(2)} f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right)\right), \quad (4)$$

де v_j – вихідні сигнали нейронів прихованого шару ($j=1,2,\dots,K$),

В процесі здійснення навчання було визначено необхідне для найкращої класифікації число елементів мережі, а також вагові коефіцієнти і пороги зміщення. Оптимальної архітектури мережі досягнуто при конструктивному виконанні у вигляді 1400-30-3, що припускає існування двошарової структури з 1400 вхідними, 30 прихованими та 3 вихідними нейронами. В якості функцій активації $f(net)$ використано тангенціальну (гіперболічного тангенсу) $\varphi(v)=\tanh(v)$ прихованому шарі та лінійну функцію $\varphi(v)=\text{purelin}(v)$ у вихідному шарі.

Створена мережа реалізована у вигляді функціонального блоку моделі асинхронного тягового електроприводу, на вхід якого подається сигнал швидкості обертання ротора ТАД.

На етапі тестування проведено процес розпізнавання раніше не приведених зразків, що належали до відомих класів, в результаті чого отримувані сигнали відносились до одного з видів несправностей. При виникненні несправностей в елементах приводу сигнал, що проходить через блок навченої нейромережі, відстежує стан та показує безперервний результат у вигляді діаграми перепаду рівня сигналу. Адекватність виявлення несправностей

в режимі реального часу підтверджується з незначним запізненням в $t=0,5$ сек.

Додатково проведено процес розпізнавання в умовах зашумленості вхідних векторів, що підтвердило прийнятні (задовільні) результати моделювання. На основі цього можна припустити про гарні властивості до узагальнення розробленої системи діагностування та можливість її використання в безперервних системах діагностики обладнання рухомого складу.

Висновки

В даній роботі розглянуто застосування нейронних мереж для побудови моделі виявлення несправностей в системі АІН-ТАД, що може бути використано в якості нового перспективного засобу діагностики.

Література

1. Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер – М.: Машиностроение, 1978 – 240 с.
2. Скалозуб В.В. Нейросетевые модели диагностики электродвигателей постоянного тока [Текст] /В.В. Скалозуб, О.М. Швец// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2009. -№4 – С.7-11.
3. Ивченко Ю.Н. Методы автоматизированного управления парком электродвигателей железнодорожных стрелочных приводов "по текущему состоянию" [Текст] / Ю.Н. Ивченко, О.М. Швец, М.В. Скалозуб// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2010. -№4 – С.96-102.
4. Кононыхина Н.А., Рябов Е.И. Оценка состояния электроприводов на основе нейросетевого подхода // Онлайн Электрик: Электроэнергетика. Новые технологии, 2012. – URL: <http://www.online-electric.ru/articles.php?id=29>.
5. Бабокин Г.И. Нейросетевой контроль электромеханических систем [Текст]/ Г.И. Бабокин, Д.М. Шпрехер //Известия вузов.Электромеханика, - №4, 2010. – С.18-20.
6. Медведев В. С., Потемкин В. Г. Нейронные сети MATLAB 6 – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
7. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. М., СПб., К.: Вильямс. 2003.

Яцько С.И., Ващенко Я.В. Нейросетевая модель диагностирования системы «Автономный инвертор напряжения – тяговый асинхронный двигатель» тяговой электропередачи. Разработана диагностическая модель асинхронного электропривода с целью раннего выявления дефектов и неисправностей в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: автоматическая диагностика, неисправности, асинхронный элетропривод, нейросеть.

S.I. Yatsko, Y.V. Vashchenko. Connectionist model of the system “Self-commutated voltage inverter – tractive induction motor” diagnostics of tractive power transmission. A diagnostic model of induction electric drive for the purpose of early detection of defects and faults under operating conditions has been developed.

Key words: automatic diagnostics, failures, induction electric drive, neuronet.

Рецензент д.т.н., професор Фалендиш А.П. (УкрДАЗТ)

Поступила 04.07.2013г.