

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ ТОКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТРАСЛИ

М.А. Латышев, А.Е. Яблоков, И.Г. Благовещенский

ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ, г. Москва,
ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»,
г. Москва

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований на специально созданном испытательном стенде эффективности метода нейросетевой диагностики зубчатой передачи по спектру сигнала с датчика тока питания электродвигателя. Обработка и анализ сигналов с датчика тока, разработка и применение нейронных сетей для решения задачи классификации технического состояния объекта контроля реализовано в программе Matlab 2020. Достоверность нейросетевой классификации составила более 98%.

Ключевые слова: техническая диагностика, токовая диагностика, искусственные нейронные сети, нейросетевые методы классификации.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN THE PROBLEM OF CURRENT DIAGNOSTICS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE INDUSTRY

M.A. Latyshev, A.E. Yablokov, I.G. Blagoveshchenskiy

Rosbiotech, Moscow,
MIREA - Russian Technological University, Moscow

Abstract. The article presents the results of research on a specially created test bench of the efficiency of the neural network diagnostics method of gear transmission based on the signal spectrum from the electric motor supply current sensor. Processing and analysis of signals from the current sensor, development and application of neural networks to solve the problem of classifying the technical condition of the control object are implemented in the Matlab 2020 program. The reliability of the neural network classification was more than 98%.

Keywords: technical diagnostics, current diagnostics, artificial neural networks, neural network classification methods

Эффективным методом неразрушающего контроля является токовая диагностика [1 - 3]. Электрический ток в обмотке статора электродвигателя является удобным диагностическим параметром функционирующего оборудования. Это обусловлено тем, что неисправности и дефекты оборудования (заедания, износ, дефекты сопряжения и пр.) приводят к

изменению параметров сигнала потребляемого электродвигателем тока. Анализ спектров сигналов с датчика тока позволяет выявить неисправности оборудования. Преимущество данного метода диагностики заключается в простоте измерения диагностического сигнала. Однако высокий уровень наводок и шумовых помех в электросети маскируют диагностическую информацию [4 - 6]. Это требует повышение разрешающей способности средств измерений, разработки дополнительных методов обработки сигналов. Наиболее сложной и пока еще не решённой проблемой токовой диагностики является процедура постановки диагноза (задача классификации состояния) по текущим параметрам сигнала с датчика тока функционирующей машины.

Технологии на базе искусственных нейронных сетей (ИНС), позволяют создавать эффективные и универсальные классификаторы [2, 3, 5]. В работе Ф. Котас приводится информация об использовании нейросетевых алгоритмов классификаторов в вибродиагностике состояния электрических машин, подшипников скольжения и качения, зубчатых передач. Достоверность функциональной вибродиагностики ременных и зубчатых передач составила более 95 % [6,7].

Целью научных исследований, проводимых в ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», является повышение надежности и безопасности техники пищевых производств путем разработки и внедрения методов и средств токовой диагностики оборудования с применением интеллектуальных технологий при анализе диагностической информации. Исследования проведены на специально созданной автоматизированной экспериментальной установке, которая позволяет моделировать различные режимы работы и дефекты зубчатой передачи. Основные параметры зубчатой передачи: модуль колес — 2,5 мм, число зубьев колеса 44, шестерни — 26. Частота вращения вала электродвигателя и шестерни — 750 об/мин. Электромагнитный тормоз обеспечивает момент сопротивления на ведомом колесе — 4 Н·м. В качестве датчика тока, потребляемого электродвигателем при работе передачи, использовался измерительный трансформатор SCT-013. Сигнал с датчика оцифровывался шестнадцатититным АЦП и передавался в пакет Matlab 2020 для последующей цифровой обработки (фильтрации, разложения в ряд Фурье, классификации с применением ИНС).

Всего было смоделировано восемь различных состояний передачи: а) исправная передача; б) перекос валов; в) нарушение межосевого расстояния; г) эксцентриситет ведущего колеса; д) эксцентриситет ведомого колеса и дефект подшипника; е) локальный дефект зуба ведущего колеса; ж) эксцентриситет ведомого колеса; з) локальный дефект зуба дефектный подшипник.

Предварительный анализ спектров подтвердил отличия в амплитудно-частотном составе сигналов, но поставить точный диагноз механизму на основе визуального анализа практически невозможно.

При решении задачи нейросетевой классификации одного из восьми классов состояний зубчатой передачи при токовой диагностике в качестве входных признаков ИНС использован вектор из 512 значений амплитуд спектра

сигнала с токового трансформатора. Для обучения ИНС использовалось по 120 векторов, а для валидации данных – по 30 векторов для каждого класса. В качестве метрики эффективности обучения использована кросс-энтропия, которая составила 0,0000005. Матрицы ошибок показали 99% правильных результатов классификации.

Анализ результатов проведенных научных исследований позволил сделать вывод об эффективности использования технологии искусственных нейронных сетей при решении задачи токовой спектральной диагностики технологического оборудования пищевых производств. Разработанные алгоритмы и технология обработки данных легли в основу создания автоматизированной системы технического мониторинга и диагностики оборудования
СТМ-12Т
[5-7].

Список литературы

1. Kotas F. Use of artificial intelligence methods in diagnostics of technical systems: Artificial Intelligence and Industry 4.0 (Thesis) / F. Kotas, Brno, 2021. 46 p.
2. Барт А. Д., Кувайскова Ю. Е. Применение методов машинного обучения для решения задачи технической диагностики // Математические методы и модели: теория, приложения и роль в образовании Международная научно-техническая конференция (Россия, г. Ульяновск, 28–30 апреля 2016 г.) Сборник научных трудов. 2016. № 2. С. 107–112.
3. Благовещенский В. Г. Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Г. Благовещенский. М.: МГУПП, 2021. 30 с.
4. Сафин Н. Р. Совершенствование методики токовой диагностики асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором : дис. ... канд. техн. наук / Н. Р. Сафин. Екатеринбург, 2017. 152 с.
5. Яблоков, А.Е. Благовещенский И. Г. Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных: монография. – М., 2022. – 221 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661786 Программа для акустической диагностики оборудования по вейвлет-скалограмме излучаемого звука с использованием сверточной нейронной сети / Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., Жила Т.М. Оpubл. 15.07.2021. Заявка №2021660923 от 09.07.2021.
7. Яблоков А.Е., Генералов А.С., Благовещенский И.Г. Программа для вибрационной диагностики технологических машин на базе нейросетевых методов классификации. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022684885, 19.12.2022. Заявка № 2022684550 от 12.12.2022

References

1. Kotas F. Use of artificial intelligence methods in diagnostics of technical systems: Artificial Intelligence and Industry 4.0 (Thesis) / F. Kotas. Brno, 2021. 46 p.
2. Bart A. D., Kuvayskova Yu. E. Application of machine learning methods to solve the problem of technical diagnostics // Mathematical methods and models: theory, applications and role in education International scientific and technical conference (Russia, Ulyanovsk, April 28-30, 2016) Collection of scientific papers. 2016. No. 2. P. 107-112.
3. Blagoveshchensky V. G. Intelligent automated quality control system for halva using hybrid methods and technologies : abstract. diss... candidate of technical sciences / V. G. Blagoveshchensky. Moscow: Moscow State University of Printing Arts, 2021. 30 p.
4. Safin N. R. Improving the methodology of current diagnostics of asynchronous motors with a squirrel-cage rotor : diss. ... candidate of technical sciences / N. R. Safin. Yekaterinburg, 2017. 152 p.
5. Yablokov, A.E. Blagoveshchensky I. G. Scientific and practical foundations for creating automated systems for technical monitoring and diagnostics of equipment at grain processing enterprises based on neural network methods of data analysis: monograph. – M., 2022. – 221 p.
6. Certificate of state registration of computer program No. 2021661786 Program for acoustic diagnostics of equipment based on a wavelet scalogram of emitted sound using a convolutional neural network / Yablokov A.E., Blagoveshchensky I.G., Zhila T.M. Published 15.07.2021. Application No. 2021660923 dated 09.07.2021.
7. Yablokov A.Ye., Generalov A.S., Blagoveshchenskiy I.G. Program for vibration diagnostics technological machines based on neural network classification methods. Certificate of registration of a computer program RU 2022684885, 19.12.2022. Application № 2022684550 ot 12.12.2022.