

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ДАТЧИКА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32 ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

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

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

Аннотация. В статье описывается исследование, направленное на разработку системы технического мониторинга технологического оборудования с использованием нейросетевых методов классификации технических состояний на основе анализа спектров сигналов, измеренных с помощью комбинированных датчиков физических величин. Микропрограмма датчика реализует различные алгоритмами цифровой обработки сигналов, что позволяет унифицировать аппаратную часть.

Ключевые слова: техническая диагностика, диагностика по спектрам сигналов, датчики, система технического мониторинга.

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL SENSOR BASED ON THE STM32 MICROCONTROLLER FOR AN INTELLIGENT TECHNICAL DIAGNOSTICS SYSTEM

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

MIREA - Russian Technological University, Moscow

Abstract. The article describes a study aimed at developing a system for technical monitoring of process equipment using neural network methods for classifying technical states based on the analysis of signal spectra measured using combined sensors of physical quantities. The sensor firmware implements various algorithms for digital signal processing, which allows unifying the hardware.

Keywords: technical diagnostics, diagnostics by signal spectra, sensors, technical monitoring system.

В ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» проведен комплекс научных исследований в области спектральной вибрационной и токовой диагностики технологических машин с применением нейросетевых методов классификации технических состояний оборудования по спектрам диагностических сигналов [1, 3, 4]. При этом, в качестве входного вектора диагностической информации используются значения амплитуд спектров сигналов с сенсоров различных физических величин [2]. Проведенные исследования показали, что оптимальная длина входного вектора диагностических признаков, состоящего из амплитуд

спектров вибрации, звука или тока составляет 512 значений [2]. Результаты исследований легли в основу разрабатываемой в ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», совместно с ООО «СИД» системы технического мониторинга (СТМ) технологического оборудования. Основные требования, предъявляемые к системе мониторинга – доступная стоимость, высокая универсальность и гибкость при конфигурации системы для различного вида диагностируемого оборудования.

В основе продолженной системы мониторинга лежит диагностический прибор, реализующий интеллектуальную онлайн-диагностику. Прибор создан на базе одноплатного микрокомпьютера типа Khadas Edge-V, NaPi C RK3308 на ОС Linux. Прибор обеспечивает:

- конфигурацию системы сбора данных (определяет количество и тип датчиков (от 10 до 20 датчиков), предельно-допустимые значения (ПДЗ), флаги срабатывания сигнализаций);
- сбор показаний с MQTT -датчиков различных физических величин;
- сранение текущих значений с установленными ПДЗ, в случае превышения – формирование флагов и включение сигнализации;
- сохранение текущих значений и флагов в БД прибора;
- прием и передача данных через Bluetooth и/или Wi-Fi от мобильного приложения, которое позволяет настраивать первичный прибор и отображать диагностическую информацию;
- данные упаковываются и отправляются по протоколу TCP/IP в облачную базу данных (БД) для хранения и последующего анализа. Из БД также принимаются настроечные данные;
- построение трендов значений диагностических признаков для создания регрессионной модели и дальнейшего прогнозирования сроков безопасной эксплуатации оборудования;
- классификация текущего состояния объекта на основе анализа спектров измеренных сигналов с использованием предварительно обученных и встроенных в прибор искусственных нейронных сетей.

Заинтересованные лица со своих мобильных устройств получают информацию о текущем техническом состоянии контролируемого оборудования и результатах прогнозирования.

Технологические машины оборудуются стационарными комбинированными датчиками физических величин, которые позволяют измерять и обрабатывать сигналы от сенсоров тока, звука, вибрации, оборотов и пр. Датчики оснащены встроенным микроконтроллером, трансивером интерфейса, акселерометром, АЦП, датчиком температуры.

В настоящее время нами разработаны датчики разных типов на базе микроконтроллера (МК) с различными алгоритмами цифровой обработки сигналов (ЦОС) (фильтрации, БПФ, интегрирования и пр.). Датчики предназначены для решения задачи технического мониторинга и диагностики оборудования по следующим диагностическим параметрам: температуре, мгновенным значениям тока в цепи электродвигателя, излучаемого звука,

вибрации, числу оборотов и пр. Для унификации и удешевления датчика разработана универсальная конструкция на базе МК серии STM32F4 со встроенным сенсором температуры DS18B20, внешним АЦП AD7683, MEMS акселерометром Adxl345, цифровым входом по прерыванию и микросхемой интерфейс RS-485 (для обеспечения связи датчика с первичным прибором по протоколу MQTT). В процессе настройки, система диагностики позволяет сконфигурировать датчик на его работу по одному из семи заложенных в микропрограмму контроллера алгоритму цифровой обработки сигналов (ЦОС). Разработанные алгоритмы ЦОС обеспечивают сбор данных с заданной частотой дискретизацией (от 200 Гц до 40 кГц) от первичных преобразователей (АЦП и MEMS акселерометра), цифровую фильтрацию сигналов фильтрами высоких и низких частот, расчет СКЗ, пик-фактора, расчет амплитудного спектра сигнала длиной 512 значений в требуемом частотном диапазоне.

Предложенная концепция системы технического мониторинга оборудования с использованием унифицированного датчика со встроенным МК для сбора и предварительной обработки диагностических сигналов позволит удешевить систему мониторинга, распределить вычислительные ресурсы между датчиками и диагностическим прибором, реализовать технологию нейросетевой спектральной диагностики оборудования отрасли по различным диагностическим параметрам.

Список литературы

1. 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 / И. Г. Яблоков, А. Е. Благовещенский. – М., 2022. – 221 с.

2. 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 / А. Е. Яблоков, И. Г. Благовещенский. - М.: МГУПП, 2022. 221 с.

3. Яблоков А. Е., Жила Т. М. Применение СНС в вибродиагностике по спектрограммам и вейвлет-скалограммам сигнала // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. (12). С. 452–456.

4. Яблоков А. Е., Жила Т. М., Генералов С. А. Классификация технического состояния оборудования по спектрограммам вибрации с применением СНС. – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021. С. 9–17.

References

1. 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 / I. G. Yablokov, A.E. Blagoveshchensky, MGUPP-e ed., -M.: 2022. 221 p.

2. 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 / A. E. Yablokov, I. G. Blagoveshchensky. – M.: MGUPP, 2022. 221 p.

3. Yablokov A. E., Zhila T. M. Application of SNN in vibration diagnostics based on spectrograms and wavelet scalograms of a signal // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. 2021. (12). P. 452–456.

4. Yablokov A. E., Zhila T. M., Generalov S. A. Classification of the technical condition of equipment based on vibration spectrograms using SNN. – Petrozavodsk: MCNP "New Science", 2021. P. 9–17.