

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ В СИСТЕМАХ ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ, МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИКИ

Е. Н. Базылев, П. Ю. Бранцевич, С. Ф. Костюк

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь
e-mail: Yauheni.Bazyleu@bsuir.by, branc@bsuir.edu.by*

Рассмотрены вопросы организации систем вибрационного контроля, мониторинга, диагностики, построенных с применением встроенных систем. Представлены разработки лаборатории вибродиагностических систем БГУИР, решающие данные задачи. Предложена организация системы накопления вибросигнала на протяжении длительных временных интервалов на базе встроенных систем.

Ключевые слова: вибрация; мониторинг; технология; накопление; встроенная система; Arduino.

FEATURES OF EMBEDDED SYSTEMS IN SYSTEMS VIBRATION CONTROL, MONITORING, DIAGNOSTICS

Y. M. Bazyleu, P. Yu. Brancevich, S. F. Kostyuk

*The Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Belarus*

The problems of organization of vibration control systems, monitoring, diagnostics, constructed of use with embedded systems. Developments Laboratory BSUIR vibration diagnostic system, solves the problem of data. The organization of the system of accumulation vibration over long time intervals on the basis of embedded systems.

Keywords: vibration; monitoring; technology; accumulation; embedded system; Arduino.

ВВЕДЕНИЕ

Для механизмов и агрегатов роторного типа, в основу механического функционирования которых положено вращательное движение, одними из важнейших параметров, характеризующими их техническое состояние, являются интенсивность и спектральный состав вибрации, причем при длительном безостановочном функционировании технического объекта требуется непрерывное наблюдение или слежение за его вибрационным состоянием [1–5].

При эксплуатации сложных и дорогостоящих агрегатов (турбогенераторы, газоперекачивающие установки и т. п.) стандартами определены правила проведения непрерывного контроля и мониторинга их вибрационного состояния [6–8]. Системы не-

прерывного стационарного мониторинга позволяют зафиксировать факт возникновения аномальной ситуации на контролируемом объекте и оперативно отреагировать на него стандартным образом или реализовать алгоритмы сигнализации и защиты, учитывая индивидуальные особенности контролируемых объектов [9].

Однако значительные изменения среднего квадратического значения (СКЗ) вибрационного сигнала или амплитуд отдельных или группы гармонических составляющих, выявляемые такими системами или переносными приборами, свидетельствуют об уже существенном развитии какого-то дефекта.

Если же стоит задача создания системы проактивного технического обслуживания оборудования, то возникает потребность проведения тщательного изучения изменений вибрационного состояния технических объектов на протяжении их эксплуатации. Представляет интерес обнаружение редких кратковременных изменений структуры вибрационного сигнала и последующее выявление причинно-следственных связей между их появлением и развитием дефектов, которые требуют определенного реагирования.

Для этого целесообразно проводить анализ непрерывных вибрационных сигналов, отражающих вибрационное состояние объекта, на протяжении длительных временных интервалов (часы и даже сутки), которые соответствуют некоторому циклу изменения режимов функционирования оборудования [10].

Решение задачи накопления длинных реализаций вибросигнала. Для решения задачи накопления вибросигнала на протяжении длительных временных интервалов удобно использовать современные микроконтроллерные системы.

В состав микроконтроллеров, как правило, входит аналого-цифровой преобразователь, запускаемый таймером аппаратно. При этом нет необходимости обрабатывать прерывание от таймера. Запрограммировав период повторения таймера, достаточно обрабатывать прерывание от аналого-цифрового преобразователя с последующей буферизацией результата. Буферизируемые данные целесообразно переместить в накопитель данных, не допустив при этом переполнения. В качестве накопителя целесообразно использовать энергонезависимую память. В лучшем случае использовать файловую систему.

Современные встроенные системы оснащены часами реального времени, что позволяет устройству работать независимо длительное время без внешнего вмешательства.

Микроконтроллеры имеют последовательные и параллельные интерфейсы для ввода-вывода данных. Посредством интерфейсов ввода-вывода возможна организация передачи данных для дальнейшей обработки на современные многофункциональные мобильные либо настольные операционные системы с последующим отображением данных в графическом виде.

Через микроконтроллерные интерфейсы можно наладить управление процессом накопления цифрового вибросигнала, задание коэффициентов передачи и усиления, частоты дискретизации, размера выборки, времени запуска и остановки накопления. Для контроля скорости и целостности передачи данных обмен данными лучше организовать по принципу запрос-ответ.

Поток данных, передаваемый через интерфейс ввода-вывода, целесообразно разбить на пакеты данных, каждый из которых должен заканчиваться контрольной суммой (хэш-значение) для контроля целостности передачи данных. Первые два байта такого пакета могут быть идентификатор (директива) и номер пакета.

Поскольку современная микроэлектроника развивается быстрыми темпами, целесообразно использовать аппаратно-независимые языки программирования. Для упрощения контроля над программным проектом, а также для минимизации трудозатрат при переходе на другую микроконтроллерную платформу архитектура программного средства встроенной системы должна быть разбита на два уровня – аппаратно-зависимый и независимый уровни.

Таким образом, при переходе на другой микроконтроллер целесообразно будет переработать только аппаратно-зависимый уровень программного обеспечения, тем самым значительно упростив работу над программным проектом.

Разработка прототипа накопителя. Разработан прототип подобного устройства. Встроенная система использует 8-битный микроконтроллер ATmega фирмы Atmel. Микроконтроллер имеет встроенный 10-битный аналого-цифровой преобразователь, управляемый 8-битным или 16-битным таймером [11].

В качестве накопителя данных использовался SD-Card, управляемый с помощью SPI-интерфейса, аппаратный модуль которого уже встроен в микроконтроллер. Значительная часть вычислительной мощности микроконтроллера задействована для управления файловой системой, для чего использовалась популярная в интернете библиотека FatFs [12].

Для управления встроенной системой используется популярный интерфейс последовательного порта USART, благодаря которому происходит обмен данными через ноль-модем либо модуль Bluetooth. Для контроля целостности пакетной передачи данных удобно использовать циклическую избыточную проверку CRC16, обладающую хорошими свойствами хэш-функций [13]. Со стороны мобильной либо настольной операционной системы для организации байтовой или пакетной передачи данных через порты ввода-вывода очень удобно использовать шаблон объектно-ориентированного проектирования «Декоратор» [14].

Для разработки такого устройства оказалось очень удобным использование проекта Arduino [15]. Поскольку 8-битный микроконтроллер не способен производить вычисления с плавающей точкой за приемлемое время, снятые с аналого-цифрового преобразователя двухбайтные данные без каких-либо преобразований сохраняются в файл, и требуется дальнейшая обработка на мобильной или настольной операционной системе. При этом при частоте дискретизации 25 кГц 10 мин. вибросигнала занимают 30 Мб.

Заключение. Использование современных встроенных систем позволяет эффективно решить задачу накопления вибросигнала на протяжении длительных временных интервалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Неразрушающий контроль: справ. / Ф. Я. Балицкий [и др.]. М. : Машиностроение, 2005. Т. 7, кн. 2. Вибродиагностика.
2. Ширман А. Р., Соловьев А. Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. М., 1996.
3. Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А. Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. СПб. : Издат. центр СПбГМТУ, 2000.
4. Bently D. E., Hatch C. N., Grissom V. Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics. Canada : Bently pressurized bearing company, 2002.
5. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин. М. : Машиностроение, 1999.

6. ГОСТ ИСО 10816–1–97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Ч. 1. Общие требования. Введ. 1999–07–01. Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : ИПК Изд-во стандартов, 1998; Стандартиформ, 2007.
7. ГОСТ 25364–97. Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений. Введ. 1999–07–01. Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : ИПК Изд-во стандартов, 1998; Стандартиформ, 2011.
8. Бранцевич П. Ю. ИВК «Лукомль-2001» для вибрационного контроля // Энергетика и ТЭК. 2008. № 12 (69). С. 19–21.
9. Бранцевич П. Ю., Костюк С. Ф. Организация и опыт применения систем вибрационного мониторинга и защиты // Достижения физики неразрушающего контроля : сб. науч. тр. / под ред. Н. П. Мигуна. Минск : Ин-т прикладной физики НАН Беларуси, 2013. С. 67–74.
10. Фрэнкс Б. Укрощение больших данных: как извлекать знания из массивов информации с помощью глубокой аналитики / пер. с англ. А. Баранова. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2014.
11. Atmel AVR 8-bit and 32-bit Microcontrollers [Electronic resource] URL: <http://www.atmel.com/devices/ATMEGA2560.aspx>.
12. FatFs – Generic FAT File System Module [Electronic resource] URL: http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html.
13. Циклический избыточный код [Electronic resource] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклический_избыточный_код
14. Arduino MEGA 2560 [Electronic resource] URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.
15. Design Patterns [Electronic resource] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Design_Patterns.