

процессами обработки деталей машин. – Л.: Машиностроение, 1970. – С. 219 – 225.

2. **Вожжов, А.А.** Анализ особенностей расчета сил резания при точении с пилообразными колебаниями резца в радиальном направлении // *Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 139/2013. Серія: Машиноприладобудування та транспорт.* – Севастополь, 2013. С. 45 – 52.

3. **Вожжов, А.А., Худаймуратов, М.А.** Анализ относительных вынужденных колебаний инструмента и детали при фасонном точении // *Вестник современных технологий: сб. науч. тр. Севастоп. гос. ун-т.* – Севастополь: СевГУ, 2016. Вып. 4. – С.10 – 20.

4. **Пашков, Е.В.** Технологические основы обработки точением тонкостенных цилиндрических деталей: учеб. пособие. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2000. – 425 с.

REFERENCES

1. Matalin, A.A. Impact of SPID system oscillations and allowance unevenness upon surface quality at fine boring

/ A.A. Matalin, K.V. Lomakin. – In the book: *Efficient Technology and Automation for Control of Machine Parts Machining.* – L.: Mechanical Engineering, 1970. – pp. 219 – 225.

2. Vozhzhov, A.A. Peculiarity analysis in computation of cutting forces at turning with cutter sawtooth oscillations in radial direction // *Bulletin of SevNTU: Proceedings, Edition 139/2013. Set: Mechanical Engineering and Transport.* – Sevastopol, 2013. pp. 45 – 52.

3. Vozhzhov, A.A., Khudaimuratov, M.A. Analysis of relative forced oscillations of a tool and a blank at profile turning // *Bulletin of Modern Technologies: Proceedings of Sevastopol State Uni. - Sevastopol: SevSU, 2016. Edition 4.* – pp.10 – 20.

4. Pashkov, E.V. *Technological Fundamentals in Thin-walled Cylindrical Parts Turning: Reference Book.* – Sevastopol: Publishing House of SevNTU, 2000. – pp. 425

Рецензент д.т.н. У.А. Абдулгазис

УДК 62-791.2

DOI: 10.12737/article_592d158d571ed7.95843767

В.В. Мелентьев, ведущий инженер

(ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ), 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33)

Е.И. Масленников, к.т.н., **К.Г. Порошин**, старший инженер, **О.В. Шибанов**, инженер

(ОАО «ДжиЭс-Нанотех», 238051, Россия, Калининградская область, г. Гусев, ул. Индустриальная, 11)

E-mail: melentev.petrus@gmail.com; maslennikov@gsnanotech.com

Научно-технический датчик для вибродиагностики на базе технологии МЭМС и RFID

Представлен датчик для проведения вибродиагностики с МЭМС-акселерометром в качестве сенсора вибрации, а также рассматривается метод реализации датчика вибрации с беспроводной передачей данных и активацией с помощью RFID.

Ключевые слова: МЭМС; RFID; вибродиагностика; датчик вибрации.

V.V. Melentiev, Principal engineer,

(FSBEI HE “Petrozavodsk State University” (PetrSU),

33, Lenin Avenue, Petrozavodsk, Republik of Karelia 185910)

E.I. Maslennikov, Can. Eng., **K.G. Poroshin**, Senior engineer, **O.V. Shibanov**, Engineer

(PC “JS-Nano-Tech”, 11, Industrialnaya Str., Gusev, Kaliningrad Region, Russia 238051)

Science intensive detector for vibration diagnostics based on MEMS and RFID technology

A detector for carrying out vibration diagnostics with MEMS – accelerometer as a vibration detector is presented, and a method for the realization of a vibration detector with a wireless data transfer and activation with the aid of RFID is also under consideration.

Keywords: MEMS; RFID; vibration diagnostics; vibration detector.

В современном мире в условиях жесткой рыночной конкуренции, компании стремятся минимизировать свои расходы и предотвратить попадание не качественной продукции потребителю, будь то товар или услуга. Для того чтобы качественно и в срок выполнять свои обязательства перед заказчиками во многих компаниях, для выполнения этой задачи, используется оборудование различного типа и назначения, причем это оборудование должно работать без внеплановых простоев.

Качество обрабатываемых деталей в значительной мере определяется вибрацией станков. Поэтому для вибрационной диагностики технологического оборудования и отдельных его элементов применяются различные датчики [1].

Современные комплексы для проведения вибродиагностики в качестве сенсора вибрации используют пьезоэлектрик. Датчик с пьезоэлектрическим преобразователем вибрации в электрический сигнал имеет относительно большие размеры и может измерять вибрацию только вдоль одной оси. Для получения более полной информации о степени развития дефектов необходимо измерять вибрацию в трех осях [2]. Чтобы измерить вибрацию в трех осях необходимо использовать три пьезоэлектрических преобразователя, но тогда и вес, и размеры датчика увеличиваются пропорционально. Для удобства, а иногда и для безопасности специалиста проводящего вибродиагностику, лучше использовать беспроводные датчики.

Беспроводные датчики делятся на стационарные и переносные. Переносные используются для мониторинга состояния обходным методом, стационарные монтируются на оборудование и производят мониторинг периодически через заданный интервал. В случае, когда оборудование долгое время не используется их нужно деактивировать и/или демонтировать.

Принимая во внимание все вышесказанное, был разработан датчик вибрации, использующий в качестве сенсора вибрации трехосный МЭМС-акселерометр [3] с беспроводной передачей данных от датчика на компьютер и активацией датчика с помощью RFID считывателя. Датчик можно использовать как в стационарном, так и переносном режиме. Общая схема датчика представлена на рис. 1.

Принцип действия датчика:

1. После изготовления и всех настроек дат-

чика его программно переводят в выключенный режим, при этом он потребляет не более 2 мкА. В таком состоянии он может находиться несколько лет.

2. После монтажа датчика на объект контроля его удаленно включают с помощью UHF RFID считывателя.

3. Датчик начинает свою работу:

– в стационарном режиме периодически проводя измерения вибрации и пересылая данные на компьютер с помощью УБПД (устройства беспроводной передачи данных);

– в переносном режиме проводя измерения вибрации и пересылая данные на компьютер с помощью УБПД, после чего переходит в выключенный режим и ожидает следующую команду на включение.

4. Компьютер анализирует полученные данные и сообщает результаты пользователю.

5. В случае если датчик используется в стационарном режиме, и появилась необходимость остановить объект контроля на длительный период (транспортировка, консервация), датчик программно переводят в выключенный режим.

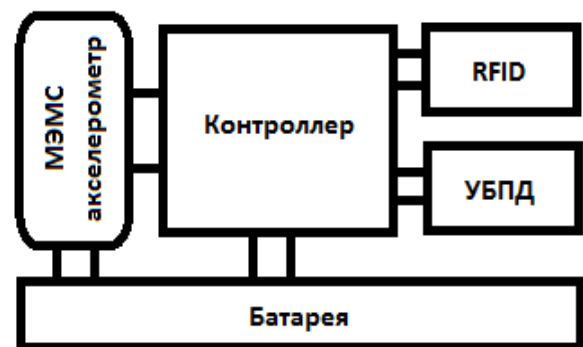


Рис. 1. Общая схема устройства датчика

Для проверки работоспособности датчика были проведены испытания по снятию спектральных характеристик вибрации на работающем оборудовании.

При проведении испытаний были достигнуты следующие параметры:

1. Частота дискретизации выбирается – 1,3кГц или 5,3кГц.

2. После преобразования сигнала с помощью БПФ количество линий в спектре – 1150.

3. Точность детектирующего ускорения в диапазоне измерения $\pm 2g$ при частоте дискретизации 1,3кГц – $\pm 9,6 \text{ мм/с}^2$; при 5,3 кГц – 153 мм/с^2 .

Пример временного сигнала получаемого с датчика изображен на рис. 2.

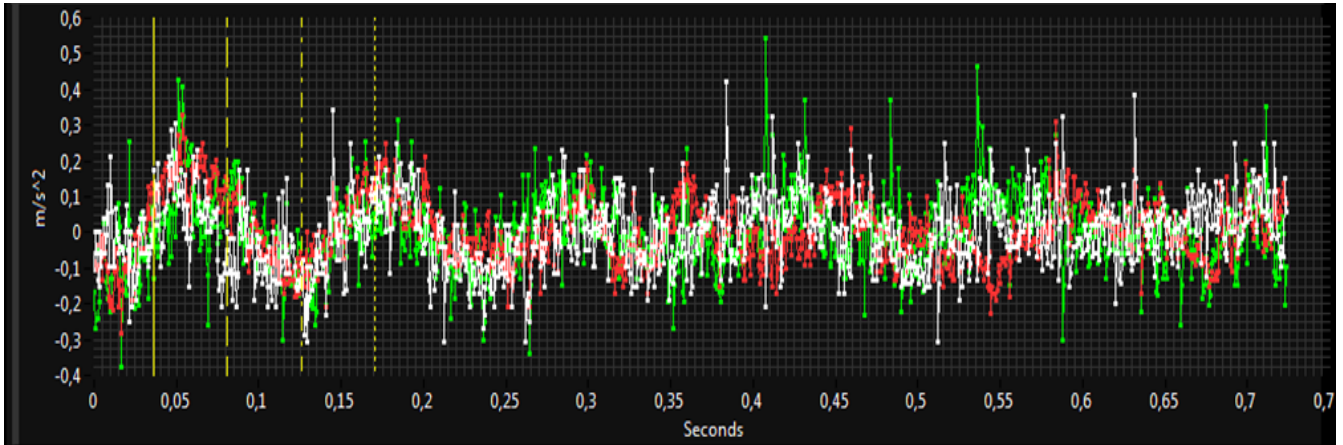


Рис. 2. Пример временного сигнала получаемого с датчика

В ходе проведения испытаний на работающем оборудовании были сняты показания виброускорений вблизи подшипников качения электродвигателей. При дальнейшей обработке данных был получен спектр виброскорости, в котором имелись характерные признаки дефектов на одном из подшипников. Обнару-

женные признаки указывали на следующие дефекты: износ наружного кольца; износ сепаратора.

После выявления данных дефектов, подшипник был разобран для подтверждения результатов диагностики. На рис. 3 представлены обнаруженные дефекты в подшипнике.

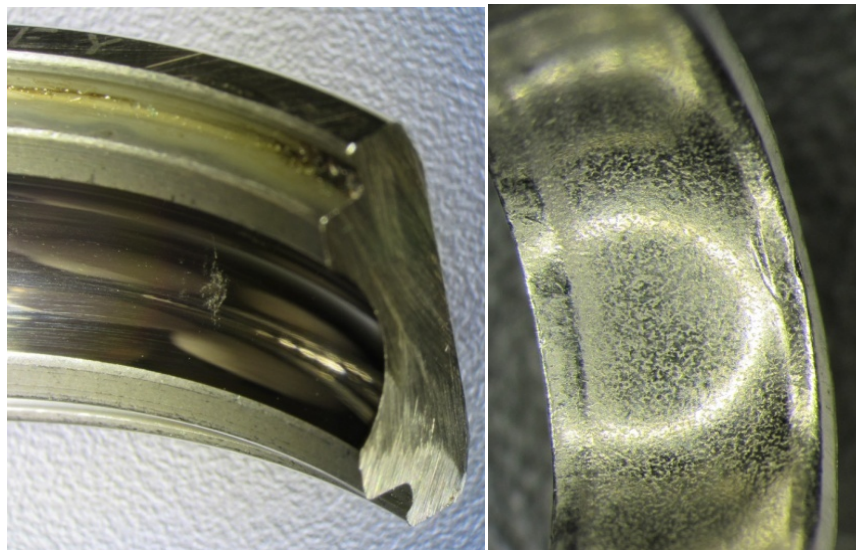


Рис. 3. Обнаруженные дефекты подшипника качения

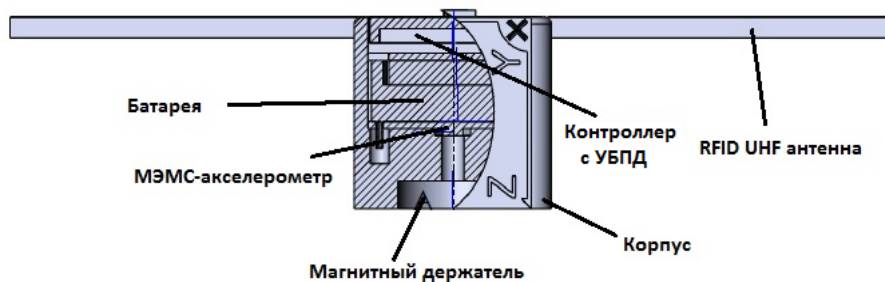


Рис. 4. Внешний вид датчика и его конструкция

Таким образом, достигается следующий результат:

1. Разработан датчик вибрации в компактном исполнении, размеры датчика не превышают 30×30×30 мм без антенны, а вес не более 50 г. Размер антенны 137×4×1 мм. Внешний вид датчика и его конструкция приведены на рис. 4.

2. Использование трехосного МЭМС-акселерометра позволяет контролировать вибрацию сразу по трем осям одновременно.

3. Беспроводное включение и передача данных позволяют увеличить комфортность и мобильность системы, а также дает возможность монтажа датчика на подвижные элементы оборудования.

Разработанный датчик может использоваться для диагностики состояния различных узлов оборудования такого как: фрезерные и токарные станки, насосы, компрессоры, вентиляторы и другое вращающееся оборудование. Помимо этого датчик можно использовать для оценки вибрации металлообрабатывающего инструмента [4]. Благодаря беспроводной активации и передачи данных, датчик может быть использован для диагностики линейных направляющих и гаек ШВП во время их работы, без демонтажа и длительной остановки оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дефекты подшипников качения // Практическая вибродиагностика и мониторинг [Электронный ресурс] URL: <http://www.tehnoinf.ru/vibrodiagnostika/49.html> (Дата обращения 11.03.2017).

2. ГОСТ ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть I. Общие требования [Текст] Минск: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 2 с.

3. Сыров, А. Датчики малых ускорений / А. Сыров // Компоненты и технологии. – 2010. – № 2. – С. 15 – 20.

4. Заковоротный, В.Л. Параметрические явления при управлении процессами обработки на станках // Вестник Донского государственного технического университета. – 2012. – № 7 (68). – С. 52 – 61.

REFERENCES

1. Frictionless bearing defects // *Practical Vibration Diagnostics and Monitoring* [Electronic resource] URL: <http://www.tehnoinf.ru/vibrodiagnostika/49.html> (Address Date 11.03.2017).

2. SRS ISO 10816-1-97 *Vibration. Machine State Control on Results of Vibration Measurements on Non-rotating Parts. Part I. General Requirements* [Text] Minsk: IPK Publishing House of Standards, 1998. – pp. 2.

3. Syrov, A. Small acceleration detectors / A. Syrov // *Components and Technologies*. – 2010. – № 2. – pp. 15 – 20.

4. Zakovorotny, V.L. Parametric phenomena at machining control on machines // *Bulletin of Don State Technical University*. – 2012. – № 7 (68). – pp. 52 – 61.

Рецензент д.т.н. А.П. Бабичев

