

## СПОСОБ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

М.С. Чепуров (БГУ им. В.Г. Шухова), А.Н. Феофанов (МГТУ "СТАНКИН")

*Рассмотрен способ контроля вибраций режущего инструмента при токарной обработке. Приведена структурная схема комплекса для контроля и регистрации колебаний режущего инструмента, описан вариант практической реализации комплекса для выполнения измерения и регистрации виброускорения. Предложен метод обработки результатов контроля виброускорения.*

*Ключевые слова: акселерометр, виброускорение, изделие, резец, компьютер, контроль, регистрация.*

Вибрации режущего инструмента, возникающие при механической обработке заготовок, не позволяют получить качественную поверхность детали, снижают точность изделия и сокращают срок службы инструмента. Рекомендации по назначению режимов, связанных с предельно допустимой величиной вибраций режущего инструмента, не учитывают возможность контроля ее в процессе обработки. Описанный ниже способ позволяет осуществлять контроль величины виброускорения, регистрировать сигнал в памяти компьютера и динамически контролировать его величину.

Способ контроля основан на использовании в качестве датчика вибраций акселерометра, позволяющего контролировать величину виброускорения и получать сигнал для ввода его в компьютер через аналогово-цифровой преобразователь либо в цифровом виде. Схема подключения акселерометра приведена в [1], там же даны рекомендации по его применению.

Использование акселерометров для измерения удара и вибраций связано с соблюдением определенных требований, оговоренных в ГОСТ ИСО 5348-2002.

Масса датчика должна быть несоизмеримо малой по сравнению с массой конструкции, на которую он устанавливается (по ГОСТ ИСО 2954); крепление датчика должно быть максимально жестким; исключается наличие пыли и грязи между датчиком и поверхностью конструкции.

Сами датчики, имея небольшие габариты, выполнены в пластмассовых корпусах с металлическими выводами или специальными контактными площадками диаметром  $\leq 0,6$  мм. Это создает определенные трудности при выполнении измерений, так как не допускается применение свободного кабеля или гибких проводов в качестве поводков. Но согласно рекомендациям производителя для передачи данных в устройство обработки сигнала кроме самого датчика рядом с ним требуется наличие пассивных элементов коррекции и присоединения. Автором было принято решение: поместить датчик на отдельной плате вместе с цепями коррекции и элементами присоединения. Схема подобного размещения акселерометра представлена на рис. 1.

В соответствии со схемой включения акселерометра был разработан прибор для регистрации вибраций в технологической системе, структурная схема которого изображена на рис. 2, а. Особенностью этого прибора является использование в качестве вычислительного и регист-

рирующего элемента карманного персонального компьютера (КПК), что позволяет значительно уменьшить габариты контрольно-регистрирующего комплекса и сократить затраты на его практическую реализацию. На рис. 2, б приведено изображение КПК с загруженной программой регистрации вибраций.

В ходе экспериментальных замеров вибраций при обработке коллектора электрической машины были использованы разработанный прибор и специальное ПО, а сам датчик и АЦП размещались в соответствии с рекомендациями ГОСТ 5348-2002 (рис. 3).

Акселерометр позволяет получить на своем выходе значение виброускорения, измеряемого в  $g$ , использование в ПО выражений, приведенных в [2], позволяет произвести пересчет данных акселерометра в значения перемещения и виброскорости. Следовательно, предлагаемый контрольно-регистрирующий комплекс позволяет произвести все необходимые расчеты в "реальном времени". Кавычки здесь отнюдь не случайны. Попробуем разобраться почему "реальное время" не является реальным.

Согласно [2], акселерометр регистрирует смещение груза в упругой системе, которое преобразуется в электрический сигнал. Электронная схема преобразования этих перемещений содержит быстродействующие элементы для исключения влияния времени преобразования сигнала на его выходную величину. На выходе прибора возможно получение сигнала двух видов: амплитудного и временного. В первом случае выходное напряжение может изменяться от 0 до величины напряжения питания ( $U_{ном}$ ). При этом нулевому значению выходного значения виброускорения соответствует напряжение, равное  $U_{ном}/2$ . Для более точного определения величины измеряемого виброускорения используются приборы, имеющие широтно-импульсный модулятор (ШИМ). Принцип использования

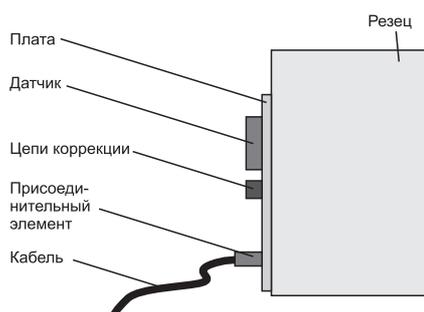


Рис. 1. Схема размещения датчика вибраций

Согласно [2], акселерометр регистрирует смещение груза в упругой системе, которое преобразуется в электрический сигнал. Электронная схема преобразования этих перемещений содержит быстродействующие элементы для исключения влияния времени преобразования сигнала на его выходную величину. На выходе прибора возможно получение сигнала двух видов: амплитудного и временного. В первом случае выходное напряжение может изменяться от 0 до величины напряжения питания ( $U_{ном}$ ). При этом нулевому значению выходного значения виброускорения соответствует напряжение, равное  $U_{ном}/2$ . Для более точного определения величины измеряемого виброускорения используются приборы, имеющие широтно-импульсный модулятор (ШИМ). Принцип использования



Рис. 2. Структурная схема контрольно-регистрирующего прибора (а), и его реализация в КПК (б)

ШИМ заключается в том, что импульс модулируется амплитудой аналогового сигнала, при этом нулевое значение виброускорения соответствует половине длительности импульса, а максимальное положительное — максимальной длительности импульса, при максимальном отрицательном виброускорении длительность импульса равна 0. Подобное преобразование в датчике позволяет избавиться от влияния электромагнитных помех на измеряемый сигнал, применить гибкие соединительные кабели и т.п. Но для вычисления и регистрации измеряемой величины требуется быстродействующее вычислительное устройство, что может увеличить стоимость прибора в несколько раз. Автором был принят вариант использования аналогового сигнала именно по этой причине. Аппаратное преобразование выходного сигнала осуществлялось с помощью аппаратного обеспечения, а именно быстродействующего 10-разрядного АЦП, а КПК выполнял только пересчет измеренной величины выходного сигнала с сохранением его в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ).

Таким образом, до записи сигнала в ПЗУ требуется время для его преобразования, то есть между временем измерения амплитуды сигнала и временем его сохранения происходит некоторая задержка, что и не позволяет говорить о реальном времени.

Программное обеспечение, используемое в контрольно-регистрирующем приборе, построено на пересчете амплитуды сигнала непосредственно в g, при этом в ПЗУ сохраняется не только его значение, но и значение времени, прошедшее с момента запуска программы. Эта функция программы реализуется с помощью специального программного таймера. Регистрация времени измерения позволяет впоследствии вычислить или определить по графику области обрабатываемой детали, вызывающие большие или меньшие вибрации. Один из измеренных сигналов приведен на рис. 4.

При проведении измерения и регистрации виброускорений данные были сохранены в соответствующих файлах для последующей обработки. Обработка результатов измерений выполнена с использованием EXCEL.

При обработке крупногабаритных деталей возникает необходимость контролировать вибрации не только ре-

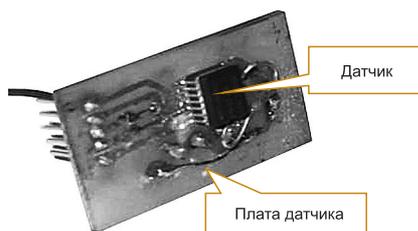


Рис. 3. Акселерометр

жущего инструмента, но и самой детали, и элементов конструкции. Контроль колебаний режущего инструмента с учетом изложенного в [3] позволяет косвенно контролировать состояние обрабатываемой поверхности и управлять ее качеством. А контроль вибраций детали или конструкций оборудования технологической системы позволяет следить за состоянием всей технологической системы. Следует учесть и тот факт, что увеличение амплитуды виброускорения является одним из признаков износа режущего инструмента, что также является одним из аргументов ввода в систему устройства для контроля вибраций. При обработке крупногабаритных деталей наличие подсистемы контроля вибраций позволяет избежать последствий возникновения аварийных ситуаций, что требует обязательного введения ограничивающего сигнала в систему управления обработкой детали.

Разработанный способ и оборудование для контроля вибраций в технологической системе использовались при определении параметров вибраций при токарной обработке коллектора электрической машины. В качестве датчиков использовались пьезоэлектрические акселерометры ADXL210 с максимальным измеряемым значением  $\pm 100 g$  и  $\pm 10 g$ . Полученный аналоговый сигнал преобразовался АЦП ADC0832 и в цифровом виде передавался в КПК RoverPC5+ через специальный адаптер СОМ-порта. Визуализация и регистрация величины виброускорения выполнялась с помощью разработанного ПО на языке NSBasic. Максимальная величина виброускорения составила  $\pm 1,3 g$ , а при появлении износа режущего инструмента — до  $\pm 9 g$ . Анализ сохраненных данных позволил определить диапазон назначаемых технологических режимов, для чего была выполнена их обработка с использованием Excel. Одновременно с анализом результатов оценивались точность выполнения измерений и дискретность сигнала. При использовании датчика с диапазоном  $\pm 10 g$  точность выполненных измерений составила в среднем 10%, а данные датчика на диапазон  $\pm 100 g$  оказались не пригодными для дальнейшей обработки. Максимальная определенная частота вибраций составила 20 Гц, что позволяет выполнять задачу по измерению параметров вибраций при обработке коллектора электрической машины. Но регистрация данных с более высокой частотой требует аппаратного обеспечения с повышенным (по сравнению с используемым) быстродействием.

**Список литературы**

1. Accelerometers with Digital Output. ADXL 210. Data Sheet. Analog Devices, Inc. 1999.
2. Чепуров М.С. Контроль и регистрация параметров обработки крупногабаритных деталей: монография. Белгород: Изд. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008.
3. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. М.: Машиностроение, 1970.

*Чепуров Михаил Сергеевич — канд. техн. наук, доцент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова; Феофанов Александр Николаевич — д-р техн. наук, проф. МГТУ "СТАНКИН". E-mail: avtpost@mail.ru*

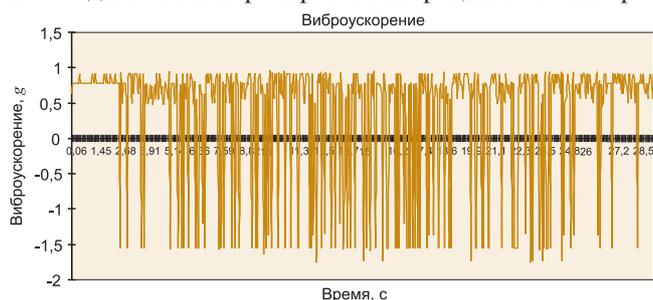


Рис. 4. График виброускорения