

УДК 006.91



В.Л. Костенко,
д.т.н, профессор,
Одесский
национальный
политехнический
университет,
kv1777@ukr.net



Д.А. Попов,
аспирант,
Одесский
национальный
политехнический
университет,
popov.d@ukr.net

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ СЕТИ ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ

Костенко В.Л., Попов Д.А. Автоматизированная измерительная система на основе сети датчиков вибрации. В статье изложены результаты исследований по повышению эффективности автоматизированной измерительной системы за счет снижения затрат на аппаратно-програмное обеспечение и энергопотребление. Рассматривается влияние конфигурации сети датчиков на эффективность измерений.

Kostenko V.L., Popov D.A. Automated measuring system based on vibration sensor networks. The article presents the results of research to improve the efficiency of the automated measuring system by reducing hardware and software costs and power consumption. The influence of the configuration of the sensor network to the efficiency measurement.

Введение. При исследовании вибрации на производстве, транспорте и во многих других случаях возникает необходимость исследования распределения вибраций по объекту. Одним из наиболее простых, на сегодняшний день, способов получения информации о распределении вибрации вдоль массивного образца является метод измерения, когда на исследованном образце закрепляется сеть датчиков [1]. Измеряя сигнал с каждого из них, мы получаем интегральную информацию о деформации и механическом напряжении, которые возникают в материале.

Известные системы измерения параметров вибрации различных фирм (HUNTLEIGH, Micro Medical, General Electric, и др.) с высокой точностью контролируют достаточно большое число параметров. Поток информации, поступающей от сетей таких датчиков, с расчетной скоростью 2,56 Гбит/сек. требует современные вычислительные средства обработки, на базе дорогих и мощных процессоров класса Core 2 Quad (Core 2 Duo) или Phenom X4 Quad-Core. Приобретение таких систем сопровождается достаточно большими финансовыми затратами. Это ограничивает их широкое применение. Решение проблемы может заключаться в оптимизации

программного и аппаратного обеспечения, с сохранением или улучшением основных эксплуатационных характеристик. Результатом может стать снижение затрат на приобретение и обслуживание устройств.

Материалы и результаты исследования. При анализе возможности снижения затрат на аппаратную и программную часть измерительной системы и с учетом проведенных ранее исследований [2] была разработана структурная схема многоканальной системы. Структурная схема системы приведена на рис. 1.

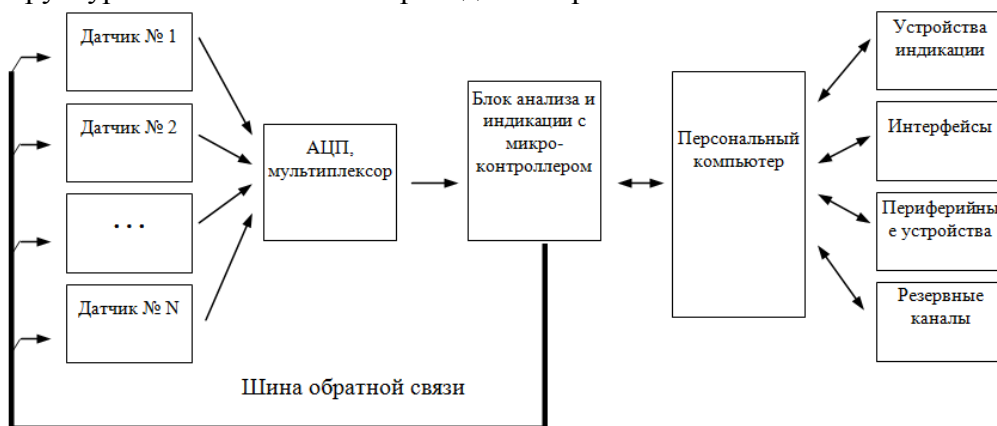


Рис. 1. Структурная схема системы.

Выходной сигнал каждого датчика с учетом его передаточной функции поступает через сеть, объединяющую все датчики, в компьютер для дальнейшей обработки.

При разработке сети датчиков нами сравнивались два основных варианта связи контроллера с датчиками.

Известные системы, которые используют по одному проводу на каждый канал, например, диагностические системы типа Дельфин 1-М [3], достаточно громоздки и дорогостоящие. Для передачи аналоговых сигналов требуются специальные адаптеры, а также усилители и инверторы напряжения для согласования с каналом связи и контроллером. Кроме того, обнаружение и устранение неисправностей в разъемах и кабелях является достаточно сложной процедурой, требующей немалых временных затрат.

С учетом изложенного, нами реализовано соединение ряда датчиков с контроллером по одной паре проводов (многоточечный вариант), в этом случае по паре проводов могут проходить только цифровые сигналы рис.2.

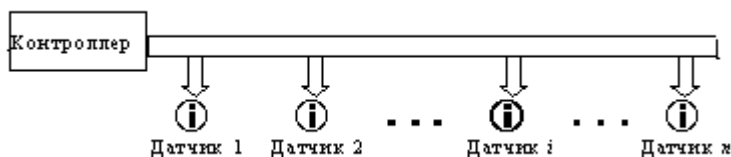


Рис. 2. Схема соединения датчиков по многоточечному варианту

Каждое сообщение от прибора может содержать информацию двух типов: текущие данные и статус датчика. Статус определяет оперативное состояние прибора (измерение, обработка, диагностика). Передаваемые устройствами диагностические сообщения имеют три уровня иерархии: диагностика всего устройства, диагностика модуля устройства, диагностика канала.

Достоинством такой системы является то, что в зависимости от применяемой аппаратной базы возможно подключение до 32 датчиков к одной линии связи, а при каскадном подключении их количество может быть и больше. Кроме этого, общая длина соединительных кабелей, в качестве которой выступает экранированная витая пара, может достигать 1000 м на один сегмент сети.

Недостатком такой системы является более низкая скорость передачи информации от каждого из датчиков за счет временного разделения общего канала связи, однако в тех случаях, когда измеряемая величина является медленноменяющейся, этот параметр не является критичным. Так же в случае повреждения в любом месте соединительного кабеля, происходит отказ всего сегмента сети. Это выдвигает более жесткие требования к проектированию системы и качеству выполнения монтажных работ.

Для более полного и рационального использования мощности микропроцессоров, встраиваемых в измерительные каналы, предложен перенос типовых алгоритмов переработки измерительной информации, регулирования, логического управления на самый нижний уровень управления: уровень датчиков. Это позволяет существенно уменьшить нагрузку на сеть, увеличить оперативность принятия решений и живучесть системы в целом.

В процессе исследований по снижению затрат на измерительный процесс, также разработан пакет программ на языке Assembler, что позволило совместить высокую степень функциональности и малый объем машинного кода. Это дало возможность использования при построении более простых, экономичных и, вместе с тем, производительных микроконтроллеров семейства MC PIC.

Программное обеспечение, разработано в среде Windows на языке Delphi. Выбор среды разработки обусловлен доступностью данного лицензионного ПО, а также удобством разработки в данной среде.

Электронная схема платы-приемника разработана в среде «OrCAD – Capture CIS». Её отладка производилась в среде «OrCAD – Layout Plus»

Для исследования эксплуатационных свойств системы был изготовлен макет и исследованы параметры системы.

При макетировании была разработана печатная плата с размещенными на ней функциональными узлами.

С учетом проведенных исследований по оптимизации аппаратной части системы, для монтажа на печатную плату нами были выбраны следующие функциональные узлы:

- измерительные датчики – в качестве датчиков применялись пьезоэлектрические датчики вибрации [4] ;

- ПИК-процессор 16F452 – многофункциональная микросхема, с возможностью многократного программирования, обладает высокой производительностью. Отличительной характеристикой выбранной модели процессора является наличие 32-х входов с внутренними АЦП (разрядностью до 14 бит). Данная особенность дает возможность, при необходимости, получать цифровой сигнал высокой точности, без применения дополнительных аппаратных средств;

- мультиплексор МАХ4600-4699 – низковольтный 8-канальный аналоговый мультиплексор с сопротивлением открытого ключа 3.5 Ома

- микроконтроллер интерфейса МАХ232 – позволяет достигать максимальной скорости передачи данных 115200 кбит/сек. Однако, с целью повышения помехозащищенности канала передачи данных, скорость ограничена до 9600 кбит/сек.

Для применяемых датчиков характерно низкое энергопотребление – от 0.002 до 0.015 А. При напряжении питания датчика 5÷12 В потребляемая мощность составит до 0.18 Вт.

Мультиплексор МАХ 4850 потребляет 0.005 А при напряжении питания 4,5 В. Потребляемая мощность составит 0.00225 Вт.

Потребляемая мощность микропроцессоров семейства МС PIC определялась по формуле:

$$P=V_{dd} * \{I_{dd} - \sum I_{oh}\} + \sum \{ \{V_{dd} - V_{oh}\} * I_{oh} \} + \sum \{V_{ol} * I_{ol}\}$$

где, V_{dd} – напряжение питания;

I_{dd} – ток, потребляемый ядром процессора;

“oh” – логическая единица;

“ol” – логический ноль;

Для выбранного нами микропроцессора PIC 16F452 потребляемая мощность составляет до 1,2 Вт.

Максимальная потребляемая мощность устройства, учитывая КПД блока питания, в случае применения 64-х датчиков, одного микропроцессора и 6-ти мультиплексоров составляет:

$$P_u = N * I_d * U_d + P_p + n * I_m * U_m,$$

где P_u – потребляемая мощность устройства;
 N – количество датчиков (64);
 I_d – максимальный ток потребления датчика (0,015A);
 U_d – напряжение питания датчика (12 В);
 P_p – потребляемая мощность микропроцессора (1,2 Вт);
 n – количество мультиплексоров (6)
 I_m – ток потребления мультиплексора (0,005 А);
 U_m – напряжение мультиплексора (4,5 В).

Таким образом исследования показали, что прибор, построенный на предлагаемой элементной базе, потребляет мощность не более 12.9 Вт, что значительно ниже чем у существующих аналогов.

Тестирование устройства заключалось в проверке соответствия его параметров следующим требованиям: - механическая надежность монтажа компонентов; - корректность работы протокола обмена; - обеспечение помехоустойчивости приемников и каналов передачи информации.

Параметры системы приведены в табл.1

Таблица 1

Параметры измерительной системы

| Параметр | Значение | Примечание |
|---|---------------|--|
| Напряжение питания устройства | 7,5..15 В | |
| Потребляемый ток | <110 мА | (с подсоединенным сенсором) |
| количество измерительных каналов | 32 | есть возможность наращивания измерительной емкости системы |
| Коэффициент усиления по дифференциальному входу | 10-1000 | настраивается в соответствии с требуемой чувствительностью |
| Погрешность измерения деформации | не больше 3 % | |
| Разрядность АЦП | 10 бит | |
| Длительность измерения одного канала | 3,53 мкс | |
| Погрешность усиления | не хуже 1,5 % | |
| Разрядность АЦП | 10 бит | |
| Абсолютная точность АЦП | 2 LSB | Для всех каналов |
| Интегральная нелинейность АЦП | 0,5 LSB | Для всех каналов |
| Диапазон частот измеряемых сигналов | 0÷20 Гц | Для обоих каналов |
| Скорость передачи данных на персональный компьютер | 9600 бод | |
| Управляющий стринг UART посылки для АЦП N-го канала | "ResN" | N-номер канала |

Выводы. На основании результатов исследования установлено, что предлагаемая система может быть собрана на доступной и недорогой элементной базе. Разработанное устройство, благодаря наличию сети датчиков, позволяет расширить информативную возможность измерений.

В ходе проведения исследования макета было также оптимизировано энергопотребление системы в целом и для каждого её элемента в отдельности. Анализ результатов исследований показал, что при использовании предлагаемого программно-аппаратного комплекса измерительная система потребляет мощность значительно ниже, чем у рассмотренных аналогов.

Предложена конфигурация сети датчиков, позволяющая снизить затраты на реализацию системы с одновременным сохранением эксплуатационных параметров.

Литература

1. В. Л. Костенко, А. А. Николенко, Е. Д. Поперека, М. В. Ядрова, К. С. Тыманюк. Информационно-измерительная система контроля нормированных параметров производственных факторов // «Східно-Європейський журнал передових технологій». т. 3, No 9(69) , 2014: Information and controlling system . с. 51-56
2. В.В. Жильцов, В.Л. Костенко. Многоканальное устройство сбора тензометрических параметров на основе полупроводниковых тензодатчиков// Электромашиностроения та електрообладнання, випуск 72, Київ, «Техніка». 2009. – С.29 -34.
3. Диагностика и ремонт автомобилей: "Дельфин-диагностика". [электронный ресурс] – Режим доступа: \www/ URL: http://autodata.ru/article/all/diagnostika_i_remont_avtomobiley_delfin_diagnostika. – 12.04.2014 г. – Загл. с экрана.
4. К. С. Тыманюк, В. Л. Костенко. Исследование датчиков для экспресс-диагностики вибрации// Тр. 14-й Междун. научно-практ. конференции. «Современные информационные и электронные технологии» СИЭТ-2013, 27 -31 мая 2013, Одесса, ОНПУ, С. 80-81.