



Универсальная система регистрации динамических характеристик сельскохозяйственных машин

Тесленко В.А., НТУУ "КПИ", г.Киев

Без телевидения и Интернета можно хотя бы пару дней прожить, а без хлеба насущного - так это вряд ли. Кушать хочется каждый день. Землю пахали и будут пахать, тем более такую плодородную как на Украине. И конечно же не сохой, а используя современную сельхозтехнику. Это только в песне "нам электричество пахать и сеять будет", а фактически работу выполняют управляемые механизмы. Сельскохозяйственные машины и механизмы эксплуатируются в условиях, сравнимых с условиями работы спецтехники. Тот же расширенный температурный диапазон, повышенная влажность, агрессивная среда, вибрации, удары и, конечно, "человеческий фактор". Почему-то считается (и даже сегодня), что такая техника стоять должна существенно меньше, а служить дольше. Так не бывает. А работать все-таки надо. Работать с тем, что имеем, правильно эксплуатируя сельхозмашины и своевременно выполняя их диагностику, и создавать, используя современные материалы и технологии, в том числе информационные, новые изделия.

Создание новой техники, методик и аппаратуры диагностики машин и механизмов всегда связано с выполнением большого объема исследовательских работ, прежде всего экспериментальных. Для этого во многих случаях, и так было всегда, необходима специализированная, в чем-то уникальная измерительная аппаратура. То что пригодно для судостроительной отрасли, не всегда приемлемо в авиационной промышленности или сельскохозяйственном машиностроении. Это одна из многих причин, почему для исследований реальных динамических нагрузок на конструктивные элементы мобильной сельскохозяйственной техники, выполняемых в Тернопольском Государственном техническом университете им. И.Пулюя, потребовалась разра-

ботка специальной системы. Готовых решений не нашлось, хотя при большом желании можно было бы подобрать системные компоненты из имеющихся на рынке и скомпоновать устройство из них. Но получилось бы громоздко и дорого, и не быстрее, как это ни странно, чем разрабатывать новое. Основываясь на опыте создания многоканальных систем сбора информации от разнотипных сенсоров (ПИКАД №1-2, 2003, стр.16..19), было предложено недорогое, но универсальное и оригинальное решение.

Универсальность системы заключается в том, что она может работать в качестве автономного многоканального регистратора с питанием от бортового аккумуляторного источника напряжения, или в качестве измерительной системы на базе портативного компьютера, или в качестве стационарного комплекса при вводе информации в компьютер офисного исполнения и питания от сети ~220 В.

Система позволяет выполнить сбор данных и передачу их в компьютер через LPT-порт, а в автономном режиме (без компьютера) регистрация информации осуществляется на встроенном Flash диске. Во втором случае задание необходимых режимов работы и считывание полученной информации предполагает использование канала Ethernet.

Универсальность системы определяется также возможностью подключения самых разнообразных датчиков - механических деформаций, сил, давлений, виброускорений, угловых скоростей, перемещений и других физических величин. Система обеспечивает возможность работы каждого измерительного канала с мостовыми, полумостовыми, четвертьмостовыми и потенциометрическими резистивными датчиками, а также с датчиками, имеющими выходной сигнал в виде напряжения.

Структура системы тривиальна: программируемые усилители, фильтры, цепи питания датчиков и коммутаторы (измерительные модули), аналого-цифровой преобразователь, управляющий контроллер с энергонезависимым накопителем, интерфейсный модуль и источник питания.

Для ускорения разработки в очередной раз за основу была взята крейтовая система LTC производства российской фирмы L-Card (система LTC включена в Госреестр РФ средств измерений), а именно следующие ее компоненты: шасси LTC-26 (130x235x315 мм) на семь модулей с универсальным блоком питания =12В/~220В, крейт-контроллер с интерфейсом EPP/ECP LC-014, модуль АЦП LC-301 и модуль аналогового коммутатора LC-101. Ну а остальное - модули универсальных измеритель-

ных каналов и контроллера, придерживаясь идеологии LTC, следовало разработать.

Управляющий контроллер в системе необходим, прежде всего для обеспечения автономного режима работы. Долго не раздумывая, принимается решение использовать РС-совместимый контроллер класса "Embedded" ICOP-6015 (ICOP Technology, Тай-



вань). На плате размерами 66x101 мм на основе чипсета DM&P M6117D реализован компьютер класса 386SX-40 с объемом оперативной памяти 8 MB, панелью для DiskOnChip и интерфейсом IDE, двумя коммуникационными портами RS-232 и RS-232/485, интерфейсами EPP/ECP и Ethernet, а также 16-битовым портом дискретного V/B GPIO. Его возможностей более чем достаточно для реализации необходимых в проекте функций. А еще привлекает невысокая стоимость, а главное - сокращение затрат на создание прикладного ПО (ведь это же PC!) и его отладку. Остается только конструктивно оформить контроллер в крейте LTC. Но это выполнить было несложно.

Следует правда заметить, что решая, на первый взгляд, простую задачу связи по локальной сети микрокомпьютера, работающего под DOS, и внешнего компьютера, работающего под Windows, возникли некоторые трудности, связанные с необходимостью обеспечения для микрокомпьютера как функций клиента, так и функций сервера. Помощь оказали специалисты в области компьютерной техники и сетевых технологий компании "Вальянс", г.Киев. Еще одна проблема решена.

Остается самое главное - измерительный канал, главная функция которого - нормализация сигнала датчика - включает:

- обеспечение необходимых входных параметров (входное сопротивление, входной ток, подавление синфазной помехи);
- программно управляемое усиление;
- программно управляемая полуса пропускация;
- компенсация начального смещения (разбаланса).

Структура каждого измерительного канала включает источник питания датчиков с защитой от к.з., усилитель сигнала разбаланса тензомоста, перестраиваемый фильтр нижних частот Баттерворта 3-го порядка с возможностью его отключения при измерении высокочастотных процессов, масштабный усилитель, узел начальной балансировки тензомоста (смещения нуля) и коммутатор режима работы канала. Измерительным трактом предусмотрено два режима работы:

■ режим тензоизмерений, при котором выходной сигнал тензомоста последовательно проходит через усилитель, ФНЧ, масштабный усилитель и подается на входы буферного повторителя;

■ режим нормирующего усилителя, при котором сигнал с датчика через коммутатор подается на ФНЧ, масштабный усилитель и далее аналогично первому режиму.

Таким образом, входной сигнал нормализуется и по частоте и амплитуде.

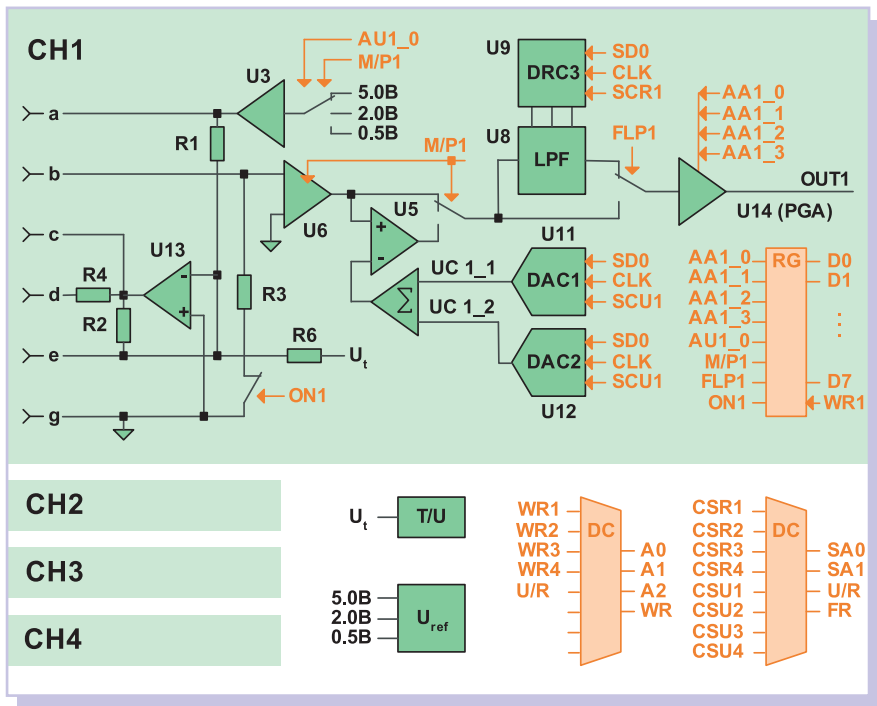
Конструкция модулей LC (100x135 мм) позволила разместить на измерительном модуле четыре идентичных канала CH1...CH4. В состав модуля входят также источник опорных напряжений UREF 0.5В, 2.0В, 5.0В, и два адресных дешифратора DC.

ствии с используемой схемой подключения датчиков;

■ перестраиваемый активный фильтр нижних частот U8, управляемый трехканальным преобразователем код-сопротивление DRC U9;

■ переключатель, обеспечивающий возможность отключения перестраиваемого фильтра LPF для режима измерения широкополосных сигналов;

■ нормирующий усилитель PGA с программно управляемым коэффициентом усиления U14;



Каждый измерительный канал содержит:

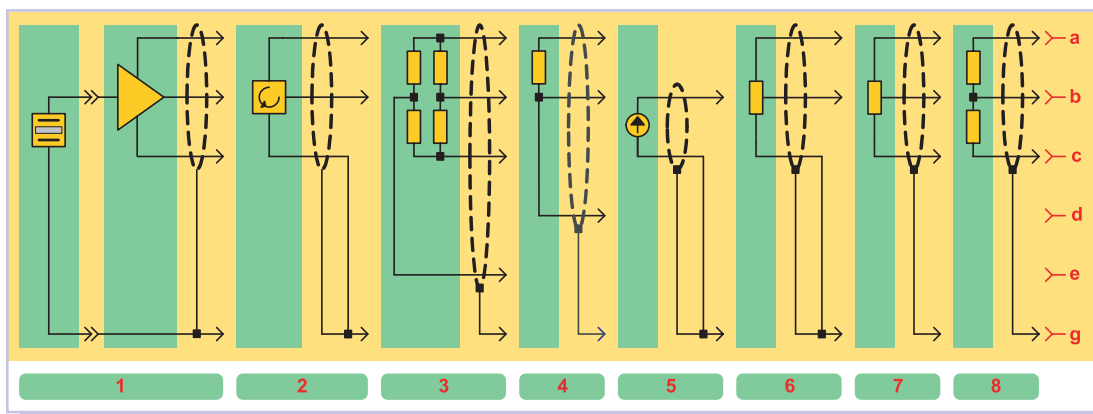
- мультиплексор опорных напряжений питания датчиков;
- полумостовой опорный делитель R1, R2;
- опорный резистор R4 (200 Ом) для обеспечения четвертьмостовой схемы включения датчиков с номинальным сопротивлением 200 Ом;
- буферные формирователи опорных напряжений питания датчиков U3 и U13;
- усилитель разбаланса полумостовой схемы U6;
- дифференциальный усилитель сигналов резистивных (реохордных) датчиков U5;
- переключатель, обеспечивающий совместно с резистором R3 фиксацию входного потенциала незадействованных (отключенных) измерительных каналов;
- переключатель режимов работы измерительных каналов в соответ-

■ два цифро-аналоговых преобразователя DAC1 (U12), DAC2 (U13), назначение которых - компенсация начального смещения (разбаланса) измерительного канала;

■ сумматор для формирования напряжения смещения;

■ регистр управляющих воздействий, формируемых программно. В измерительных каналах используется известная конфигурация подключения мостовых и полумостовых схем резистивных датчиков с квазидвухполярным питанием. Это обеспечивается включением опорных резисторов R1 и R2 (опорный полумост) в цепь инвертирующего операционного усилителя U13. Нестабильность опорных резисторов в значительной степени определяет смещение (дрейф) нуля измерительного канала.

Усилитель разбаланса полумостовой схемы U6 имеет фиксированный коэффициент усиления, равный 100, а нормирующий усилитель PGA с



программно управляемым коэффициентом усиления U14 обеспечивает переключаемый коэффициент усиления от 1 до 128, кратно степени 2. Для питания потенциометрических (реохордных) датчиков формируется опорное напряжение 5 В.

Существенное влияние на метрологические характеристики измерительного канала оказывают каскады формирования напряжений смещения (балансировки). Балансировка реализуется программно (автоматически) при переключении заданного канала в режим балансировки. При этом реализуется итерационный алгоритм компенсации, использующий несколько тактов измерений при различной чувствительности измерительного канала. Для обеспечения заданного динамического диапазона балансировки используются два 10-битовых ЦАП DAC1 и DAC2, выходы которых подключены ко входу дифференциального усилителя сигналов резистивных (реохордных) датчиков U5 через сумматор.

Универсальный измерительный канал обеспечивает сопряжение системы со следующими типами первичных преобразователей:

- 1 датчика виброускорений через согласующий усилитель заряда;
- 2 датчика угловой скорости;
- 3 резистивных датчиков (тензодатчиков) по мостовой схеме;
- 4 резистивного датчика по четвертьмостовой схеме;
- 5 датчика с выходным сигналом в виде электрического напряжения;
- 6 резистивного датчика с питанием от опорного источника соответствующего измерительного канала;
- 7 реохордного датчика по потенциометрической схеме;
- 8 резистивных датчиков по полумостовой схеме включения.

Основные технические характеристики измерительных каналов следующие :

- минимальное сопротивление резистивных датчиков 50 Ом;
- питание датчиков напряжением постоянного тока - 0,5В; 2,0 В; 5,0В;
- коэффициент усиления в режиме работы с тензорезисторами - 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800.
- режим измерений - статодинамика;
- диапазон начальной балансировки тензомостов, приведенный к номинальному сопротивлению тензорезистора, $\pm 2\%$;
- температурный дрейф нуля, не более $\pm 1 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$;
- основная погрешность канала, не более $\pm 0,2\%$;
- диапазон компенсации возможного смещения нуля $\pm 5 \text{ В}$;
- частоты среза ФНЧ: 4, 8, 16, 20, 32, 40, 64, 80, 128 Гц;

На основе описанных аппаратных решений была создана 8-канальная система регистрации динамических характеристик сельхозмашин и механизмов с частотой дискретизации от 1Гц до 2кГц на канал. Время регистрации информации в автономном режиме работы обратно пропорционально частоте дискретизации и определяется объемом энергонезависимого накопителя - при частоте дискретизации 2 кГц и объеме Flash-диска 256 МБ, это время составляет 52 минуты. Результаты измерений фиксируются в 32-х текстовых файлах, что позволяет выполнять последующую обработку информации, используя распространенные программные пакеты.

В комплект поставки системы были включены два пьезоэлектрических виброакселерометра с различной чувствительностью, а для корректной работы с пьезоэлектрическими датчиками система дополнена внешними согласующими усилителями заряда, которые подключаются вблизи виброакселерометров и обеспечивают ниж-

ний частотный диапазон измеряемых сигналов 0,1 Гц. Для измерения параметров угловой скорости в комплект системы входит также датчик, обеспечивающий измерение угловой скорости в диапазоне $\pm 300 \text{ град/с}$ при чувствительности

0,5 мВ/град. в сек. и частотном диапазоне до 40 Гц. Кабели подключения вибродатчиков и датчика угловой скорости имеют длину 20 м.

Разработка "серьезного" программного обеспечения в рамках рассмотренного проекта не была предусмотрена. Поэтому программная поддержка системы регистрации ограничена комплектом демонстрационных и тестовых программ, включающих программу для работы под Windows, обеспечивающую просмотр всех полученных данных, программу для работы под DOS, обеспечивающую просмотр небольшого начального участка массива зафиксированных данных и позволяющую сформировать файл задания всех необходимых



усилитель заряда, виброакселерометр и датчик угловой скорости

режимов работы системы, и программу работы системы с внешним компьютером при связи через LPT-порт (для работы под DOS). И этого было вполне достаточно для того, чтобы экспериментальные работы в области исследований динамических нагрузок на конструкции мобильной сельхозтехники, наконец-то, начались. Остается только пожелать успехов и надеяться на скорейшие положительные результаты. А они, несомненно, будут!



КОНТАКТЫ:

т. (044) 245-31-00

e-mail: tesva@yandex.ru