

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня сложно переоценить значение современных средств и систем управления, применяемых для автоматизации различных областей жизни и деятельности транспортной отрасли. Рассмотреть подробно и всесторонне все последние разработки для транспорта, как и для любой отрасли промышленности, в рамках одного номера журнала невозможно. Выбрать основные направления обсуждения темы "Электроника и системы управления для транспорта" нам как всегда помогли авторы. Все поступившие на обсуждение материалы условно сгруппируем следующим образом:

- автоматизированные программно-технические системы и решения в области эксплуатации и диагностики транспортных средств (*Применение оборудования National Instruments...; авт. Кейно М.Ю.; Шеков А.Г. и др.; Мальцев С.В. и др.; Попов Г.А.*);
- технические средства автоматизации (*авт. Ячкула Н.И.; Блоки подготовки воздуха для пневмосистем; системы внутрипоездной связи*);
- мониторинг функционального состояния водителя в поездке (*авт. Д. Б. Банин и др.*).

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА

ООО Инженерный центр "Автоматизированные системы контроля"

Представлены особенности конструкции мобильного измерительно-вычислительного комплекса, построенного на базе компонентов фирмы National Instruments. Приводятся общие рекомендации по выбору и использованию оборудования National Instruments в различных системах автоматизации.

Инженерный Центр "Автоматизированные системы контроля" (Москва) специализируется на создании систем автоматизации и измерительных комплексов на оборудовании компании National Instruments. В арсенале Инженерного центра имеются разработки для железнодорожного транспорта, среди которых мобильный измерительный комплекс для испытаний и доводки электровозов, система для проведения испытаний электрических двигателей и сервисного оборудования локомотивов, стенд для сдаточных и ресурс-

ных испытаний системы автоматического управления соосным винтовентилятором СВ-27.02 и др. Рассмотрим подробнее первую из названных систем.

Мобильный измерительный комплекс для испытаний и доводки электровозов

Для проведения испытаний электровозов специалистами ООО Инженерный центр "Автоматизированные системы контроля" совместно с сотрудниками ВНИИЖТ и специалистами National Instruments

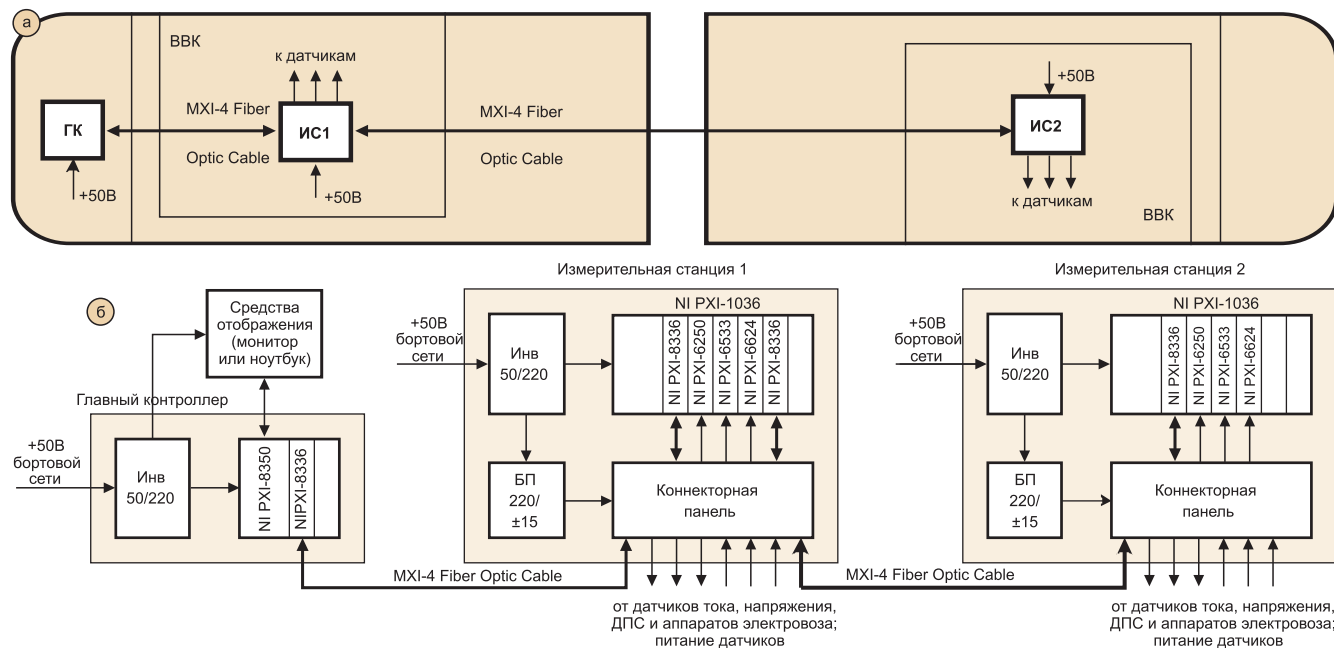


Рис. 1. Расположение (а) и структурная схема измерительного комплекса (б)

разработан мобильный измерительно-вычислительный комплекс на базе компонентов фирмы National Instruments.

В состав комплекса входят: главный контроллер (ГК), две измерительные станции (ИС) (по одной на каждую секцию локомотива), кабельный комплект, комплект датчиков, ноутбук (или LCD монитор). Расположение на электровозе и структурная схема комплекса представлены на рис. 1. ГК с измерительными станциями представлен на рис. 2.

ГК построен на базе контроллера PXI-8350, а также включает модуль оптического интерфейса NI PXI-8336 и инвертор -50В/≈220В. Основные функции ГК – управление процессом измерения и сохранение данных измерений на жестком диске.

ИС (рис. 3) устанавливается в высоковольтной камере (ВВК) или машинном отделении локомотива и выполняет следующие основные функции:

- питание датчиков;
- нормализация уровней входных аналоговых и дискретных сигналов;
- преобразование аналоговых и дискретных сигналов в цифровой код.

В состав ИС входят:

- инвертор -50В/≈220В мощностью 600Вт;
- термостабилизированный источник питания датчиков;
- коннекторная панель с нагрузочными резисторами для датчиков тока и напряжения LEM;
- модуль аналогового ввода на 16 каналов NI PXI-6250;
- модуль цифрового ввода/вывода на 32 канала NI PXI-6534;
- модуль оптического интерфейса NI PXI-8336;
- счетчик NI PXI-6624.

ИС отличаются только числом модулей оптического интерфейса PXI-8336. В первой секции ИС установлено два таких модуля: один для связи с ИС второй секции, второй – с ГК.

Питание комплекса предусмотрено от бортовой сети электровоза напряжением =50В.

Для преобразования электрических параметров оборудования локомотива в составе комплекса использованы датчики тока и напряжения производства LEM. С ИС датчики соединены кабелями длиной не более 6 м для уменьшения влияния электромагнитных помех на точность измерения. Каналы измерения дискретных сигналов имеют защиту от коммутационных перенапряжений в цепях управления локомотива, амплитуда которых может превышать 1 кВ, а длительность – несколько десятков микросекунд.

Технические характеристики

мобильного измерительно-вычислительного комплекса

Напряжение питания, В.....	=50 от бортовой сети
Число каналов измерения, ед.	
аналоговых	32
цифровых.....	64
частотных	8
Частота квантования при одновременном сканировании всех каналов, кГц.....	50
Точность синхронизации ИК, мкс.....	0,1
Максимальная частота квантования при сканировании ограниченного числа каналов, МГц.....	≤ 1
Объем жесткого диска, Гб.....	≥ 80
Габаритные размеры (ВхШхГ), мм.....	250х450х550
Температура эксплуатации, °С.....	0...50
Масса, кг	≤ 72

Некоторые аспекты применения оборудования National Instruments

Оборудование National Instruments в сочетании с LabVIEW дает возможность построить систему за сравнительно короткий промежуток времени. Все сложности и неудачи, которые встречались на пути разработчиков, в большей степени были связаны с недостаточной продуманностью системы, чем с недостатками оборудования.

Поэтому, исходя из имеющегося опыта, специалисты Инженерного Центра "Автоматизированные системы контроля" рекомендуют не начинать работу сразу с большой системы, поскольку зачастую нет возможности учесть в техническом задании все возможные проблемы, и пользователь сталкивается с горой дорогого оборудования, которое необходимо запустить. Вот в этом случае возможны как потеря времени, так и неудачный результат. При правильном подходе рекомендуется разделить задачу на несколько относительно самостоятельных кусков, сделать первый и проанализировать результат, внести коррективы в список необходимого оборудования и строить следующий. Есть одно неоспоримое преимущество LabVIEW по сравнению с другими языками программирования – в результате программирования получается принципиальная электрическая схема установки, которую может понять каждый инженер.

Датчики. При подборе датчиков, которые будут использоваться в системе, особое внимание следует уделить не столько точностным параметрам, сколько конструкции самого датчика. Датчик может иметь интегрированную электронику, такую как преобразователи измеряемой величины в ток (например, датчики LEM, датчики перемещений) или напряжение. В этом случае



Рис. 2. ГК с измерительными станциями



Рис. 3. Измерительная станция в ВВК электровоза

необходимо иметь источники питания. В зависимости от выбранного источника питания пользователь сможет либо не сможет делать точные измерения. Например, используя датчик тока типа LEM, требующий внешнего питания $\pm 15\text{В}$, можно выбрать импульсный преобразователь AC/DC (TDD-15-XXX), справедливо полагая, что такой высокоэффективный преобразователь (КПД около 70%) обеспечит питание датчиков. Но такие импульсные преобразователи имеют уровень помех на выходе порядка 100 мВ. Казалось бы 0,1В импульсной помехи на фоне 15 В питания является незначительной величиной. Однако в программе необходимо будет ввести калибровочный коэффициент для пересчета выходного тока датчика. Этот коэффициент может оказаться порядка нескольких сотен. И в результате получится погрешность $>10\%$. Хотя сам датчик обеспечивает точность $<1\%$. Попытка вставить в программу вычисление текущего среднего позволит несколько затушевать проблему. Но, в результате пользователь получит низкое быстродействие, поскольку время реакции будет равно длине выборки, на которой проводится усреднение. В случае однополярной помехи проблему простыми средствами решить не удастся.

Выход из этого положения только один — не применять импульсные источники для питания датчиков.

При выборе "не импульсного источника питания" необходимо решить проблему его размещения. Возможны два варианта: локальный источник с аналоговым стабилизатором или удаленный источник, состоящий из ЦАП и буфера, обеспечивающего необходимую нагрузку.

Локальный источник стабилизированного напряжения — очень хороший вариант. Его можно питать безопасным напряжением 36 В, поставить на выход источника эффективный фильтр для подавления пульсаций и получить питающее напряжение с пульсациями в единицы милливольт. Единственный недостаток такой схемы — кабель (36 В), который нужно будет провести к испытываемому объекту. И конечно затраты на изготовление самого источника.

Преимуществами использования удаленного источника являются: возможность программно включать источник и выставлять напряжение на его выходе. Временная стабильность такого источника чрезвычайно высока. Но на этом пути есть две ловушки. Первая — помехи в цеху (лаборатории), которые будут наводиться на кабель (от ЦАП к датчику). Эта проблема решается путем установки фильтра на кабель. Вторая ловушка — временная нестабильность выходного буфера, обеспечивающего ток питания датчика. Эту проблему решить сложнее. Приходится ставить дополнительный канал АЦП для мониторинга уровня питающего напряжения. В итоге, решение получается значительно более дорогим, хотя и более гибким.

Специалисты *Инженерного центра "Автоматизированные системы контроля"* на практике используют как отдельные источники, так и удаленные, когда нет возможности поставить источник питания около датчика

или необходимо постоянно контролировать питание для обеспечения высокой точности измерений.

И последнее. При размещении датчиков на объекте нужно обратить внимание на потенциал, под которым может находиться датчик. В ряде случаев потенциал на датчике может составлять несколько сотен вольт по отношению к земле. Это нужно учитывать при проектировании устройства питания датчика.

Кабельные линии. Как ни странно, но стоимость кабельных линий может составлять существенную величину от стоимости всей системы в целом. Происходит это потому, что правильный выбор кабеля от датчика к измерительному каналу определит в последствии достижимую точность измерений. Надеяться на то, что пользователь сможет взять какой-нибудь экранированный кабель, не приходится. Кабель должен состоять из витых многожильных пар в экране или в двойном экране. Нужно также учитывать возможную кросс-наводку между каналами. Использование экранированного кабеля для Ethernet — не очень удачный выбор, поскольку при обрыве внутренней (весьма тонкой) жилы нужно будет заменять весь кабель целиком. Это, в общем, очевидные рекомендации. Единственно, что не очевидно — стоимость кабельных линий, например, стоимость кабеля может составлять 10...20 долл. США за метр.

Разъемы. Один вариант — использование стандартной NI присоединительной коробки SCB-68. Недостаток этого варианта — сложность крепления и размещения коробки; преимущества — доступ ко всем контактам разъема платы и отсутствие необходимости распаивать собственные разъемы. Пользователь должен сам решить, что ему подходит.

Инженерный центр "Автоматизированные системы контроля" распаивает собственные разъемы, которые можно разместить на отдельной панели, прикручиваемой к РХИ. То есть необходимо заказать короткий экранированный кабель от NI, сделать переходную плату и поставить свой собственный разъем типа ШР. Это самый трудоемкий, но и самый правильный путь. Использование разъемов, установленных непосредственно на плате АЦП/ЦАП или другой, приводит к их быстрому выходу из строя. А стоимость разъемов может составлять десятки долларов, что существенно для большой системы. Или же необходимо использовать отечественные разъемы ШР с золочеными контактами.

Таким образом, необходимо заранее заложить в бюджет стоимость дополнительных источников питания и стоимость кабельных линий с разъемами. В случае необходимости перестыковки кабельных соединений рекомендуется использовать промежуточные разъемы.

Варианты компоновки системы

Возможны два варианта компоновки системы: в стойку или располагая приборы на объекте и по линии связи, коммутируя их с операторским пультом.

Традиционно все применяют стоечную конструкцию в 19" шкафу, который размещают в помещении оператора. При такой компоновке все оборудование расположено в "чистой зоне" и под руками оператора. Это хорошо и

удобно. Но необходимо предусмотреть дополнительные расходы на кабельные линии и разъемы, промежуток между отдельными блоками для кабелей, идущих от электронных блоков к промежуточным разъемам. Последние в этом случае лучше располагать на задней стороне шкафа. Попытка провести кабельные линии в кабельогонках на боковых стенках шкафа приводит к тому, что кабели закрывают соседние блоки, и для их демонтажа или перестыковки приходится разбирать всю систему.

Так на крейт размером 3U 8Slot, полностью набитому измерительными блоками, нужно как минимум еще 1U свободного пространства между соседними крейтами. Кабели лучше проводить под крейтом. На этом этапе также возможны дополнительные проблемы. Самая первая проблема – большая длина кабельных линий. При построении системы измерения перемещений, мы с этим столкнулись. Неожиданно оказалось, что в цеху присутствует сильная импульсная радиочастотная помеха – однополярный цифровой сигнал.

Пришлось применять дополнительные средства защиты измерительных линий – навешивать на кабель индуктивности. Каналов много, индуктивностей много, отсюда дополнительные расходы.

Что хорошо, так это возможность разместить в шкафу модули SCXI для предварительной обработки сигналов. К тому же модули SCXI имеют достаточно прочные терминальные разъемы, и нет необходимости вешать на этой стороне промежуточные соединители. Это очень простой, дешевый и удобный вариант. Но необходимо учитывать общее быстродействие системы. Если требования к быстродействию высоки, следует применять платы SC серии (например, NI PXI-4220), вставляющиеся в крейт PXI и синхронизирующиеся по внутренней шине. Хотя стоимость одного канала в этом случае высока, но для обеспечения быстрых (200 кГц) и точных измерений (16 бит), это может оказаться единственным выходом. Если нет необходимости предварительной обработки сигналов, то можно использовать платы M серии в крейтах PXI. Мелкие огрехи в сигнале можно исправить в программе.

Таким образом, если шкаф располагается в помещении оператора, используется длинная кабельная линия и требуется среднее быстродействие системы, следует применять крейты PXI с платами АЦП и модули кондиционирования сигналов SCXI (один крейт SCXI на один модуль АЦП). Можно сэкономить деньги и поставить три крейта SCXI на одну плату АЦП, но в этом случае получится низкое быстродействие системы.

Если же требуется высокое быстродействие системы, то лучше использовать платы АЦП серии SC в крейт PXI. Если не хватает посадочных мест под платы (большое число каналов), нужно поставить второй, а может быть и третий крейт PXI и связать его с первым при помощи моста MXI-4.

Второй вариант, когда приборы расположены на объекте управления, а потом по линии связи взаимодействуют с операторским пультом, хорош тем, что кабельная линия от датчиков к измерительному прибору имеет минимальную длину. Такая система характеризуется минимальными наводками, и не требуются ресурсы на фильтрацию сигналов.

При построении распределенной в пространстве системы рекомендуется использовать в качестве линии связи оптоволокно. Чтобы избежать проблем с нагрузкой внутренней шины, необходимо заранее правильно рассчитывать ресурсы контроллера.

Выбор операционной системы

При создании систем автоматизации можно использовать ОС RT-OS или Windows. Все зависит от типа задачи, необходимой стабильности системы и в меньшей степени от быстродействия системы в целом.

ОС RT-OS дает большую стабильность системы, но и большие проблемы с программированием. Хотя последняя версия LabVIEW RT существенно облегчает жизнь. Строить систему под LabVIEW RT имеет смысл, если очень жесткие временные требования к системе управления, если имеются контуры регулирования. Необходимо учесть, что времени на написание программы под LabVIEW RT, управляющей взаимодействием контроллера РВ с рабочей станцией, будет затрачено несколько больше, чем при программировании под обычной ОС.

Если речь идет о системе мониторинга некоторого числа параметров, то вполне возможно ее запустить под Windows XP. Новая версия LabVIEW 8.2 в сочетании с новым драйвером DAQmx 4 позволяет строить очень приличные измерительные станции. Обычно пользователи начинают возражать – точность временного отсчета низкая, хуже 5 мс, и загрузка процессора не очень предсказуема. Да, действительно, при использовании ранних версий ПО так и было. В настоящее время ситуация изменилась. В LabVIEW имеются средства управления приоритетностью задач и новая структура Timed Loop. Эти две особенности позволяют во многом преодолеть недостатки Windows.

Контактные телефоны: (495) 950-58-78, 950-58-79. [Http://www.acs-inc.ru](http://www.acs-inc.ru)



Фантастические рассказы о будущем по прошествии некоторого времени сохраняют лишь более или менее ясные черты прошлого.

Э. Бабаев

Фундаментальные исследования - примерно то же самое, что пускать стрелу в воздух и там, где она упадет, рисовать мишень.

Хоумер Адкинз

В тех пер, как изобрели речь, люди не могут довериться друг с другом.

Хенрик Ягодзиньский