

Система информационного обеспечения испытаний рельсового подвижного состава

Донченко А.В., Распопин В.Р., Речкалов С.Д.,
Снитко Л.Ю., Сычев С.Д.,
ГП "УкрНИИВ", г. Кременчуг

Объем испытаний рельсового подвижного состава и, соответственно, перечень показателей, определяемых при их проведении, достаточно большой. Если учесть только испытания, при которых выполняется многоканальный сбор информации с объекта, например, нового пассажирского вагона, то неполный перечень по видам испытаний будет следующим: прочностные, ходовые динамические, динамико-прочностные испытания, испытания по воздействию на путь, тормозные, электротехнические, теплотехнические, усталостные испытания отдельных деталей и узлов вагона.

Испытания проводятся как в стационарных условиях, например, в цехах заводов-изготовителей, во время отстоя на путях "Укрзалізниця" или предприятий, на стендовом участке усталостных испытаний, так и в условиях движения по путям. Причем последние проводятся, как правило, отдельным опытным составом: локомотив, испытываемый объект, вагон-лаборатория.

Одним словом, испытания подвижного состава являются дорогостоящим мероприятием. Поэтому требования к системе информационного обеспечения испытаний (СИО), включающей в себя и первичные преобразователи, и измерительную аппаратуру, и компьютеры, и программное обеспечение (ПО) для организации сбора, регистрации, сортировки и обработки данных, предъявляются очень жесткие. Особенно эти требования высоки в части экспресс-анализа результатов, получаемых непосредственно при проведении испытаний. Необходимо четко знать, какие предварительные значения основных определяемых показателей уже получены, какие данные могут быть использованы и каких данных оказалось недостаточно для полного и всестороннего анализа результатов

испытаний. К тому же, СИО должна устойчиво функционировать в "дискомфортных" условиях рельсового транспортного средства при воздействии механических внешних факторов, климатических факторов внешней среды и высоких уровнях радиопомех.

На протяжении многих лет, еще до появления первых персональных компьютеров, в Государственном предприятии "Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения" (ГП "УкрНИИВ") выполнялись работы по созданию такой СИО. Для обработки результатов испытаний применялись ЭВМ семейства малых машин СМ-4, а для регистрации результатов измерений - аппаратура точной магнитной записи.

С появлением мобильных, мощных и надежных персональных компьютеров встал вопрос поиска и приобретения аналого-цифровых преобразователей с соответствующими техническими характеристиками,

которые были бы приемлемы для эксплуатации в условиях испытаний, проводимых институтом. И выбор был сделан в пользу модуля Е-330 производства российской фирмы L-Card. Институт одним из первых в Украине начал использовать эти модули в практической работе при подготовке и проведении всех упомянутых выше видов испытаний, за исключением теплотехнических. Многофункциональная микросистема сбора данных Е-330 содержит 12-битовый АЦП 500 кГц с программно управляемым 32-канальным коммутатором аналоговых сигналов, плюс 16 входных и 16 выходных дискретных линий В/В. Связь модуля Е-330 с компьютером осуществляется через стандартный принтерный порт, поддерживающий режим EPP или Bidirectional. Количество модулей Е-330, используемых при проведении испытаний, зависит от числа анализируемых показателей.



вагон - лаборатория

С учетом функциональных возможностей модуля E-330 в УкрНИИВ было разработано и изготовлено 16-канальное оптоэлектронное цифровое устройство для измерения и регистрации линейных перемещений (УЛП). Измерители линейных перемещений, или так называемые "прогибомеры", необходимы при проведении испытаний по оценке динамических характеристик рельсового подвижного состава. В отличие от применявшихся ранее устройств УЛП имеет высокую точность, которая не зависит от диапазона измеряемой величины, имеет тракты цифровой обработки сигналов и цифрового интерфейса. При этом нет необходимости тарировки (контроля масштаба измерительных каналов) во время проведения испытаний. УЛП отличается надежностью и удобством в работе, а также малыми габаритами.

В качестве первичных преобразователей информации в УЛП используются оптоэлектронные датчики импульсов MOM20, производства фирмы Megatron Elektronik (Германия), отличающиеся высокой надежностью и устойчивостью к ударным нагрузкам. Принцип действия датчика основан на том, что при вращении оси датчика с помощью градуированного диска с отверстиями, который расположен перед источником света (двумя излучающими фотодиодами) генерируются две последовательности импульсов (на выходах двух принимающих фототранзисторов). За счет того, что между диском и фототранзисторами установлена специальная неподвижная маска, последовательности импульсов на двух выходах датчика сдвинуты по фазе одна относительно другой на угол 90 град. Количество импульсов в любой из последовательностей пропорционально углу поворота диска. Ось вращения диска датчика связана со шкивом, на который намотан тросик. Т.о. линейное перемещение тросика преобразуется в угловое перемещение диска.

Датчик, устанавливаемый на испытуемом объекте, соединяется четырехжильным кабелем (питание +5 В, два выхода и общий) с измерительным (логическим) каналом, состоящим из логической схемы, 12-разрядного реверсивного счетчика и универсального регистра. Логической схемой анализируются уровни импульсных сигналов от датчика. Возможны четыре состояния на выходах датчика. Первое состояние соответствует такому положению градуированного

диска, при котором оптические лучи между источником и приемником света закрыты диском, второе - оба луча открыты, третье и четвертое - один из лучей открыт, а другой закрыт. Изменение содержимого счетчика канала разрешается логической схемой только в первом состоянии. Последовательности состояний однозначно описывают прохождение одного отверстия градуированного диска между источником и приемником в одном из направлений. Такая организация работы логической схемы позволяет измерять мгновенное значение углового перемещения диска, и, следовательно, линейное перемещение тросика, при случайном изменении перемещения как по величине, так и по направлению.

После установки датчика на объекте и установки счетчика канала в среднее положение, с помощью кнопки на передней панели, при неподвижном испытуемом объекте, текущее значение содержимого счетчика во время проведения испытаний однозначно описывает состояние исследуемого объекта в динамике, например, величину и направление перемещения кузова относительно тележки в месте установки конкретного датчика. Разрешающая способность канала УЛП при одном и том же диаметре шкива датчика составляет 0,25 мм/импульс (градуировка диска 200 импульсов/оборот) и 0,14 мм/импульс (градуировка диска 360 импульсов/оборот).

Управление перезаписью содержимого счетчиков в регистры осуществляется от компьютера через каналы

дискретного вывода модуля E-330, а считывание содержимого регистров в компьютер - через каналы дискретного ввода того же модуля.

С целью обеспечения возможности опроса в одном кадре как аналоговых входов модуля, так и последовательностей дискретных сигналов от УЛП, а также выдачи кодов команд управления, специалистами фирмы L-Card был доработан BIOS модуля E-330. Таким образом, практически в масштабе реального времени одним модулем E-330 опрашивается 32 аналоговых выхода аппаратуры, применяемой для испытаний (тензометрические усилители, виброизмерительная аппаратура, перестраиваемые фильтры низкой частоты - для случая если требуется дополнительное ограничение полосы пропускания каналов) и 16 дискретных каналов УЛП.

Кроме универсальной виброизмерительной аппаратуры при проведении испытаний используются специализированные устройства, разработанные в УкрНИИВ. Они отличаются тем, что верхнее значение измеряемых величин виброускорений и ширина полосы пропускания являются фиксированными. Такие устройства устанавливаются в определенные места испытуемого объекта (салон пассажирского вагона, тележка грузового вагона и т.п.) в зависимости от величин виброускорений в месте установки и вида испытаний. В состав этих устройств входят интегральный акселерометр ADXL 105 AQC или ADXL 250 AQC (Analog Device), ФНЧ и усилитель. Устройство выполнено в одном корпусе, имеет малые



стендовый участок усталостных испытаний

ТРАНСПОРТ

габариты и вес, и на него получено решение о выдаче декларативного патента на полезную модель в государственном департаменте интеллектуальной собственности Украины.

Программное обеспечение для всех механических испытаний в УкрНИИВ нарабатывалось годами, и по мере развития компьютерной техники и измерительной базы института ПО дорабатывалось и адаптировалось к существующим условиям. При освоении в УкрНИИВ нового направления - испытаний электрооборудования рельсового подвижного состава, встал вопрос разработки в сжатые сроки ПО и для этого вида испытаний. Естественно, что использовать для электротехнических испытаний ПО, созданное для механических испытаний, без кардинальной переработки последнего практически невозможно ввиду специфических особенностей каждого из этих видов испытаний. Очевидно и то, что традиционный путь создания прикладного ПО - использование языков программирования общего назначения, даже с привлечением высококлассных программистов - путь не быстрый, и не очень-то и дешевый. А решение проблемы оказалось достаточно простым. В качестве среды разработки прикладного ПО для электротехнических испытаний предпочтение было отдано платформе графической разработки приложений LabVIEW (National Instruments, США). Такой выбор аргументирован тем, что платформа позволяет, не имея глубоких знаний и опыта в программировании, при помощи обширного набора инструментов (которые образуют графический интерфейс и математические функции для анализа сигналов) создавать достаточно сложные автоматизированные комплексы.

К достоинствам разработки программ именно в среде LabVIEW следует отнести:

- наглядность процесса программирования;
- удобство интерфейса пользователя;
- обширную справочную систему;
- удобство и наглядность отладки программ;
- широкие возможности в сфере математического анализа;
- возможность подключения "своих" DLL библиотек;
- возможность корректировки алгоритма программы непосредственно на месте проведения испытаний;
- возможность компилировать



самостоятельные исполняемые модули, что позволяет работать с программами на компьютере без установленной среды разработки.

В настоящее время при проведении испытаний электрооборудования рельсового подвижного состава используется программа "Электро", разработанная в УкрНИИВ, на которую получено авторское свидетельство № 12200 в государственном департаменте интеллектуальной собственности Украины.

Программа "Электро" состоит из четырех модулей - центрального, служащего для ввода первичных данных и переключения между остальными модулями, модулей "Измерение", "Отображение" и "Анализ". Функциональное назначение модулей программы соответствует их названиям. Перед проведением измерений при помощи стандартных программных средств Windows подготавливается файл-шаблон в текстовом виде, содержащий следующую информацию: частота дискретизации; число регистрируемых каналов и список логических каналов, состоящий из наименования измеряемой величины; номера и коэффициенты передачи физических каналов; коэффициенты преобразования датчиков тока и напряжения. Далее запускается программа "Электро", в главном меню производится выбор рабочего каталога и названия файла, в

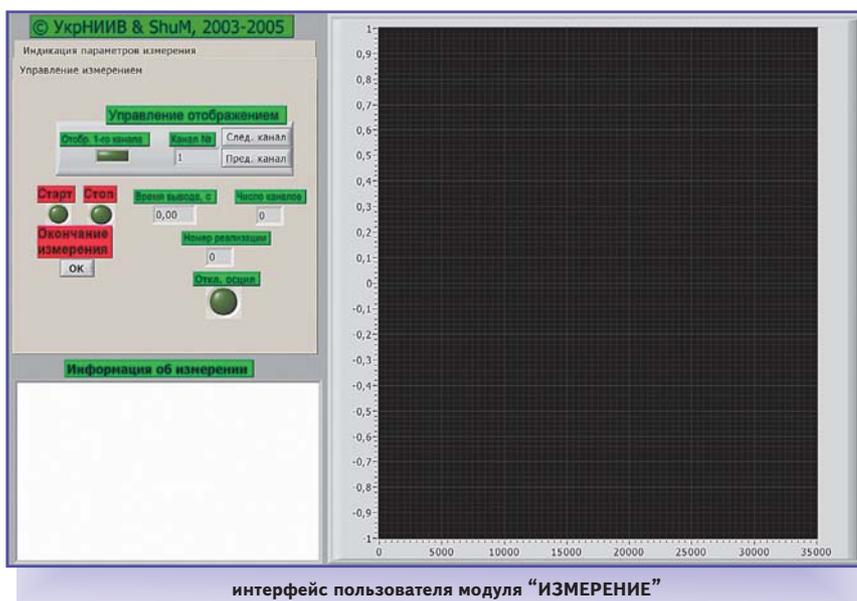
который будет произведена запись измеряемых величин. Затем запускается модуль "Измерение", при этом программа автоматически загружает в модуль E-330 управляющую программу (BIOS для сигнального процессора ADSP) и настраивает его.

Модуль "Измерение" позволяет выполнять следующие функции:

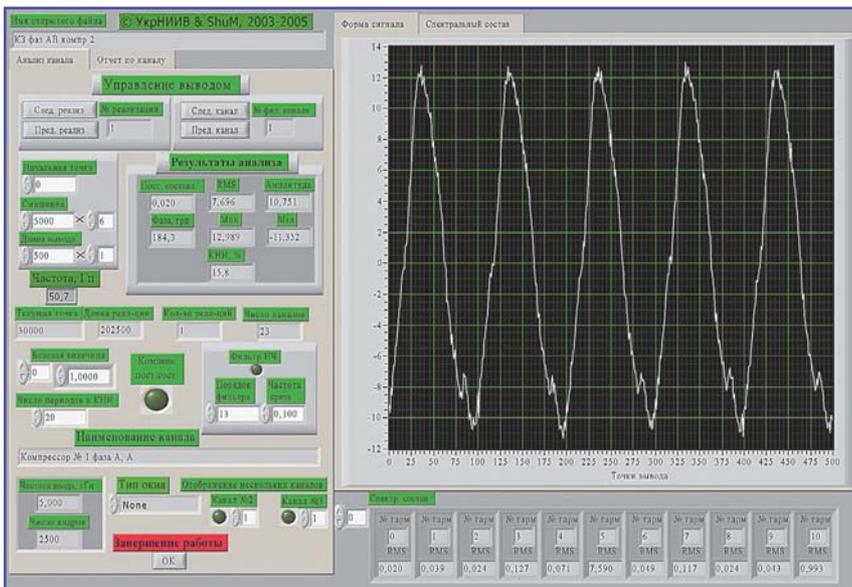
- ввод параметров измерения из текстового файла-шаблона;
- отображение текущих значений по одному выбранному, либо по всем каналам измерения на экране дисплея в режиме реального времени;
- управление записью реализаций и сохранение данных, получаемых при проведении испытаний, в файлы на жестком диске.

При работе программы на жестком диске компьютера создается три типа файлов:

- файл с расширением **nfo** - содержит информацию из файла-шаблона о параметрах измерения;
- файлы с расширением **dat** - содержат данные измерений по всем каналам в виде двоичного двумерного массива, их количество равно количеству реализаций для данного сеанса;
- файл с расширением **txt** - дублирует информацию файла nfo в текстовом виде, может также содержать комментарии пользователя об условиях проведения эксперимента (при заполнении соответствующего окна в программе).



интерфейс пользователя модуля "ИЗМЕРЕНИЕ"



интерфейс пользователя модуля "АНАЛИЗ"

Максимальная величина времени записи ограничена только объемом свободной памяти на жестком диске. После записи необходимого количества реализаций для окончания текущего сеанса измерений работа модуля завершается путем нажатия кнопки "Окончание измерения".

Для определения качественных и количественных характеристик записанных величин требуется запустить из центрального модуля программы модуль "Анализ". Выбрав в окне диалога файл с данными необходимо указать требуемый номер реализации, номер канала и диапазон вывода величины. При этом на экране отображается записанный сигнал и данные математической обработки, а именно: действующее и амплитудное значения, максимальное и минимальное значения, постоянная составляющая исследуемого сигнала, частота, фаза и коэффициент нелинейных искажений исследуемого сигнала. При необходимости модуль позволяет компенсировать постоянную составляющую сигнала, либо подключать виртуальный ФНЧ с настраиваемыми параметрами (частотой среза, порядком фильтра). Также реализовано окно, отображающее спектральный состав исследуемого сигнала в графическом представлении. Пользователь может отобразить до 3-х сигналов на одной координатной сетке и сохранить отчет, содержащий результаты анализа, вид сигнала и его спектральный состав, информацию пользователя в текстовом виде. Отчет сохраняется в формате HTML, который можно открыть для просмотра

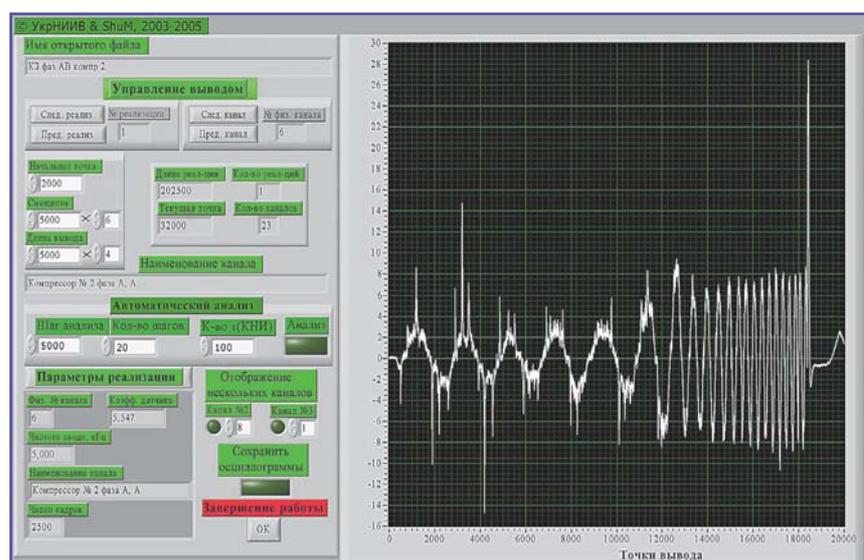
при помощи стандартных средств Windows. По окончании работы с модулем "Анализ" необходимо нажать управляющую клавишу "Завершение работы" и перейти в центральный модуль программы.

Для получения качественных характеристик переходных процессов, т.е. визуального отображения исследуемого сигнала используется модуль "Отображение". Данный модуль позволяет отображать на одной координатной плоскости от одного до трех исследуемых сигналов и сохранять результаты в файл отчета в формате html. С помощью этого модуля возможно автоматическое создание отчета в формате xls. В отчет включаются величины постоянной составляющей, действующего значения, частоты

и коэффициента нелинейных искажений исследуемого сигнала. При этом в соответствующих полях программы необходимо указать шаг анализа (время усреднения сигнала) и количество шагов. Количество листов в отчете равно количеству каналов записи плюс сводный общий лист, содержащий информацию о названии файла обработки, названии канала, все вышеназванные математические величины, усредненные по количеству шагов анализа.

Разработанное в среде LabVIEW ПО используется при испытаниях электрооборудования рельсового подвижного состава как в стационарных, так и в поездных условиях уже более двух лет. Это позволило упростить и систематизировать процедуру подготовки к испытаниям, оперативно проводить измерения, контролировать значения величин в процессе записи по различным каналам, ускорить математическую обработку и анализ результатов испытаний, сократить сроки на составление и оформление протоколов испытаний. И все это благодаря универсальному инструментарию LabVIEW. ПО разработано в кратчайшие сроки, реализованы необходимая математическая обработка и анализ электрических процессов, а также исключены дополнительные финансовые затраты на приобретение многоканальных перестраиваемых ФНЧ и других приборов.

При подготовке и проведении теплотехнических испытаний рельсового подвижного состава для многоканального сбора данных о температуре и влажности используется система отображения данных технологическо-



интерфейс пользователя модуля "ОТОБРАЖЕНИЕ"

ТРАНСПОРТ



вагон - лаборатория (динамометрический вагон)

го процесса производства ПО "Овен" (Россия). Она позволяет отслеживать в масштабе реального времени показания различных приборов, подключенных к компьютеру, а также сигнализировать о выходе параметров за допустимые пределы, накапливать историю изменения параметров во времени и просматривать эту историю в виде графиков и таблиц событий.

Подсистема Owen Process Manager используется для разработки описаний технологических процессов и сохранения этих описаний на диске для последующего использования. В ней также осуществляется запуск процессов на исполнение, что предусматривает опрос всех подключенных приборов с периодичностью, отдельно задаваемой для каждого прибора, отображение результатов этого опро-

са в главном окне системы, а также сброс получаемых значений в файлы протокола. На каждые календарные сутки подсистема заводит отдельный файл, содержащий дату его создания. Подсистема Owen Report Viewer обеспечивает отображение сохраненной в файлах протокола информации в виде настраиваемых пользователем таблиц и графиков. Система позволяет пользователю определять, какие из записанных данных следует включать в отображаемые таблицы и графики, ограничивать временные рамки записанных данных для более подробного просмотра отдельных записей.

Многоканальные измерители температуры УКТ38 и регуляторы температуры и влажности МПР51, используемые в системе, через адаптер АС-2 подключаются к компьютеру.



вагон модели 61-788, производства ОАО "КВЭС" с централизованной системой электроснабжения

Адаптер позволяет подключать до 8-ми восьмиканальных приборов к одному СОМ-порту компьютера, т.е. через один порт компьютера может считываться до 64 аналоговых параметров процесса. В качестве датчиков для измерения температуры используются термометры сопротивления ТС125-50М.В2.60. Система построена таким образом, чтобы обеспечить максимальную близость измерительных приборов к месту измерения, т.е. передачу аналоговых сигналов на минимальное расстояние. А адаптер сети располагается в непосредственной близости от компьютера (длина линии связи не более 10 м). Вся информация, записанная в процессе проведения испытаний, сохраняется в формате базы данных и легко доступна для последующей обработки и сравнительного анализа.

С помощью разработанного в УкрНИИВ программного обеспечения в масштабе реального времени выполняется первичная математическая обработка измеряемых параметров, а также полная обработка результатов по окончании измерений.

Система для теплотехнических испытаний позволяет проводить запись количественных величин исследуемых параметров, делать экспресс-анализ полученных результатов испытаний, ускорить математическую обработку полученных результатов. Следует отметить, что система обеспечивает непрерывную запись длительных во времени процессов определения температурного режима в испытываемых объектах при определении коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций и определения параметров микроклимата при работе климатических установок.

Достижения в области аппаратных и программных средств позволяют совершенствовать СИО испытаний рельсового подвижного состава. В настоящее время в УкрНИИВ ведутся разработки по новым тензометрическим усилителям с организацией связи с компьютером через канал Ethernet и работы по унификации программного обеспечения систем сбора и регистрации данных для всех видов испытаний, проводимых институтом, а также использованию возможностей LabVIEW для математического анализа результатов испытаний.



КОНТАКТЫ:

т. (05366)-6-20-43

e-mail: laboratory5@ukrindiv.kremen.ukrtel.net