

Комплекс контрольно-вычислительной аппаратуры скоростного вагона-путеизмерителя

Михаил Глазков,
Петр Кулешов

Настоящая статья описывает принципы построения и особенности реализации комплекса сбора и обработки измерительной информации, установленного на скоростном вагоне-путеизмерителе и работающего в режиме реального времени с жесткими ограничениями. Для обработки стандартных данных обычно достаточно ПЭВМ класса P-IV 2,4 ГГц с ОС WinXp, однако для скоростных железнодорожных магистралей производительности такого комплекта оборудования недостаточно. Это делает актуальным создание соответствующих средств контроля и измерений параметров и путеизмерителей с контрольно-вычислительным комплексом, рассчитанным на рабочие скорости до 250 км/ч. В статье рассмотрена задача создания такого комплекса. Показано, как можно реализовывать измерительно-информационные системы, работающие в ОС Windows в реальном времени с двойным запасом по быстродействию.

Комплекс контрольно-вычислительной аппаратуры устанавливается на вагонах-путеизмерителях семейства ЦНИИ-4М и предназначен для ввода датчиковой информации, отбраковки недостоверных измерений, вычисления стандартного набора параметров рельсовой колеи и передачи этих параметров на так называемый ПЭВМ оценки для сравнения с нормативными показателями и выдачи интегрального заключения о состоянии железнодорожного пути.

В число упомянутых стандартных параметров входят:

- уровень — высота одного рельса над другим в поворотах;
- шаблоны в разных сечениях вагона, или ширина колеи (расстояние от одного рельса до другого);
- кривизна и рихтовки — параметры, описывающие крутизну поворота рельсового пути в горизонтальной плоскости;
- путевой уклон;
- просадки — мера короткой вертикальной неровности;
- перекосы колесных осей;
- пройденный путь;
- скорость;
- путевой курс;
- температура рельс;
- ускорение (вертикальное и боковое);
- зазоры в местах стыковки рельс друг с другом;
- износы рельс.

Стандартный вагон-путеизмеритель ЦНИИ-4М имеет рабочие скорости до 140 км/ч по вагонной части и до 190 км/ч по быстродействию комплекса сбора и обработки измерительной информации с шагом 0,25 м по пути. Для создания комплекса, обрабатывающего стандартный набор параметров с указанными скоростями, оказалось достаточно ПЭВМ

класса P-IV 2,4 ГГц с ОС WinXp, комплекта простых интерфейсных ISA-плат и разумно организованного драйверного и прикладного программного обеспечения.

Однако поставленные Правительством РФ и РАО РЖД задачи по строительству скоростных железнодорожных магистралей (Москва — Санкт-Петербург и др.) делают актуальным создание соответствующих средств контроля и измерений параметров железнодорожного пути и, соответственно, создания путеизмерителей с контрольно-вычислительным комплексом, рассчитанным на рабочие скорости до 250 км/ч с одновременным расширением набора контролируемых параметров.

СОСТАВ АППАРАТУРЫ МОДУЛЯ ДАТЧИКОВ КОРРЕКТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Главным датчиком комплекса, по которому синхронизируются все остальные измерения, является датчик пройденного пути. Датчик крепится на буксе так называемый расторможенной тележки вагона и фактически считает обороты колеса с разрешающей способностью 1/500 оборота. Датчик выполнен на основе штрихованного оптического диска и оптопары. Вся конструкция помещена в герметичный ударопрочный корпус и снабжена необходимыми элементами крепления к буксовому узлу вагона. Попытки использования готовых датчиков типа М-кодеров и т. п. к успеху не привели в силу их ограниченной прочности (на буксе на стыках рельс развиваются ударные ускорения до 50 g) и ограниченного диапазона рабочих температур. Выходной сигнал датчика является парафазным с уровнями, соответствующими стандарту RS-485. Этот сигнал поступает в интерфейсный блок так

называемый измерительной ПЭВМ. Интерфейсная и вычислительная структуры комплекса описаны в последующих разделах статьи. Без применения средств коррекции интегральная эксплуатационная точность датчика составляет 1 м на 1 км пройденного пути. Предельно достижимая точность датчика без коррекции — 1 м на 5 км. Погрешности датчика вызваны главным образом проскальзыванием колеса по рельсу и неточным знанием фактического диаметра колеса вагона, который к тому же может меняться (уменьшаться в ходе эксплуатации). Средства коррекции показаний датчика пути рассматриваются отдельно.

При работе вагона в режиме стандартного набора выходных параметров съем показаний со всех датчиков осуществляется каждые 25 см пройденного пути, что эквивалентно 4 мс временному интервалу опроса всей измерительной аппаратуры на скорости 250 км/ч. Ряд специальных режимов работы вагона-путеизмерителя предусматривает съем показаний со всех датчиков каждые 10 см, 5 см и 7–8 мм с естественным снижением рабочей скорости движения вагона.

Датчики шаблона предназначены для измерения расстояния между рельсами (так называемый параметр “шаблон”) и износа рельсов. Всего на путеизмерителе 4 таких датчиков. Они укреплены на вагонной тележке в непосредственной близости от рельса. Сами датчики представляют собой излучатель на ИК-лазере и приемную одномерную ПЗС-линейку, на которую попадает отраженное от кромки рельса излучение лазера. Темп выдачи информации от этих датчиков зависит от мощности принятого линейкой излучения. При загрязненных рельсах (мощность отраженного сигнала мала) темп выдачи измерений составляет около 6 мс, а при большой мощности отраженного сигнала (блестящие рельсы) — 0,8 мс. Темп выдачи не зависит от скорости движения вагона. В информационно-аппаратурном смысле датчики шаблона являются частью системы оптических датчиков (СОД) и выдают свою информацию с указным темпом в общем потоке измерений СОД. Разрешающая способность датчиков шаблона составляет 10 разрядов.

Датчики “рельс-кузов” (РК) предназначены для измерения горизонтальной и вертикальной компонент расстояния от места своего крепления до кромки головки рельса. На путеизмерителе 6 таких датчиков по 3 с каждого борта

вагона. Измерения, полученные от этих датчиков, используются для расчета так называемых рихтовок. Датчики фактически являются двумерными TV ПЗС матрицами со стандартной частотой выдачи информации 50 Гц. В объектив этих датчиков попадает изображение головки рельса, подсвеченного полоской излучения ИК-лазера. На ПЗС матрице формируется контурное изображение головки рельса, и координаты отдельно стоящих 32 точек этого контура (по каждому из 6 датчиков) формируют выходной поток данных системы РК-СОД. Темп выдачи (50 Гц) не зависит от скорости движения вагона. Выходной интерфейс СОД является последовательным и подобен авиационному стандарту ARINC-429, но с частотой передачи данных 5 Мбит/с.

Датчики зазора предназначены для измерения зазора в местах стыка рельс. Датчики являются оптическими, при проходе над зазором формируют пакет из четырех 16-разрядных слов в общем потоке измерений СОД, на основании которых рассчитывается фактическая величина зазора. Всего на путеизмерителе два таких датчика по одному с каждого борта вагона (ЗЗЛ, ЗЗП).

Датчики угона предназначены для измерения смещения рельс относительно шпал в направлении движения вагона. Датчики являются оптическими, при проходе над спецмаркером формируют пакет из четырех 16-разрядных слов в общем потоке измерений СОД, на основании которых рассчитывается фактическая величина зазора. Всего на путеизмерителе два таких датчика по одному с каждого борта вагона (УГЛ, УГП).

Датчики “буksа-кузов” (БК). Предназначены для измерения вертикальной компоненты расстояния от колесных букс до днища вагона. На путеизмерителе шесть таких датчиков по три с каждого борта вагона. Датчики представляют собой стандартные синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ) типа ВТ-5, снабженные тросовыми механизмами, преобразующими линейное измеряемое перемещение в угол поворота вала ВТ-5. СКВТ запитываются синусоидальным напряжением 1100 Гц, отсчеты снимаются каждый период с темпом 0,9 мс соответственно. Датчики БК используются для вычисления уровня, перекоса, уклона и просадок. Разрешающая способность каналов датчиков БК составляет 13 разрядов. Предусмотрена возможность замены указанных механических датчиков БК на безинерци-

онные оптические при последующих модификациях вагона.

Гироскоп фактически является автономной системой, измеряющей углы крена, курс, тангаж (галоп) кузова вагона. В качестве гироскопа используется система ГНС-ГЛ1 и ее последующие модификации. С остальной частью измерительный комплекс связан посредством стандартного последовательного авиационного интерфейса ARINC-429. Через этот интерфейс с темпом 30–50 Гц передается пакет примерно из 50 параметров, формируемых БИНСом, в их числе уже упоминавшиеся углы крена, курс, тангаж, а также ускорение, широта, долгота, скорость и пр. На высокоскоростном путеизмерителе планируется использование также модифицированной версии БИНСа с темпом выдачи измерений более 100 Гц. Формируемые БИНСом измерения используются для вычисления уровня, кривизны, уклона и т. п. параметров железнодорожной колеи.

Спутниковая прецизионная навигационная система GPS-TRIMBLE предназначена для ввода координат первоначального местоположения путеизмерителя в гироскоп и периодической коррекции показаний датчика пройденного пути. Интерфейсом системы является RS-232 со скоростью 9600 бит/с.

Датчики контроля натуральных неровностей (ДКН) на базе ходовой тележки фактически представляют собой упрощенную гиросистему, размещенную непосредственно на колесной тележке вагона. За счет отсутствия амортизаторов между колесом и гиродатчиками системы удается измерять и контролировать неровности пути с характерными размерами около 2 метров. Тип интерфейса — ARINC-429, темп обновления измерений — 300 Гц.

Датчики горизонтального и вертикального ускорений буксы (УБ) выполнены на основе емкостных акселерометров с рабочим диапазоном ± 25 g и верхней частотой измеряемого процесса 30 кГц. Всего на путеизмерителе четыре таких датчика по два с каждой стороны вагона (УБЛВ, УБЛГ, УБПВ, УБПП).

Датчик реперных марок (ДРМ) предназначен для обнаружения котофотных оптических реперов, размещенных на неподвижных сооружениях с известными координатами для коррекции определения координат путеизмерителя. На путеизмерителе установлено по одному такому датчику с каждого борта вагона (ДРМЛ, ДРМП).

Датчики определения температуры рельса (ДТР). Всего таких датчиков четыре — по два с каждого борта вагона (ДТЗЛ, ДТЗП, ДТЛЛ, ДТЛП). В зависимости от времени года используются либо датчики на основе полупроводниковых термосопротивлений (зимние датчики), либо на основе пирометров (летние датчики). Переключение датчиков осуществляется программным способом. Темп съема показаний около 2 Гц, разрешающая способность 10 разрядов.

Вихревые дискретные датчики обнаружения слитых стыковых зазоров (ССЗЛ, ССЗП) устанавливаются по одному с каждого борта вагона.

АРХИТЕКТУРА КОНТРОЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Архитектура контрольно-вычислительного комплекса приведена на рис. 1. В его состав входят три ПЭВМ класса PIV 2,4 ГГц, 1 Мбайт ОЗУ и с жестким диском 120 Гб. Все ПЭВМ выполнены в стандартном промышленном конструктиве IPC-610 и отличаются только набором интерфейсных плат.

Центральной машиной комплекса является измерительная ПЭВМ. В ее задачи входят:

- сбор информации от всех датчиков комплекса;
- отбраковка недостоверных измерений;
- запись измерений в так называемый датчиковый файл;
- вычисление геометрических параметров железнодорожной колеи;
- графическое отображение вышеуказанных параметров в виде “бегущих” графиков-ленты;
- передача геометрических параметров колеи по локальной сети в оценочную ПЭВМ для проверки в соответствии с железнодорожными нормативами.

Задачей гироскопной ПЭВМ является загрузка первоначальной информации о местоположении вагона, получаемой от спутникового навигационного приемника в гироскоп и наблюдение за его функционированием. Фактически эта ПЭВМ является своеобразным “пультом управления” гироскопа.

Программное обеспечение всех ПЭВМ функционирует под управлением стандартной операционной системы WIN-XP SP2. Данный контрольно-вычислительный комплекс фактом своего су-

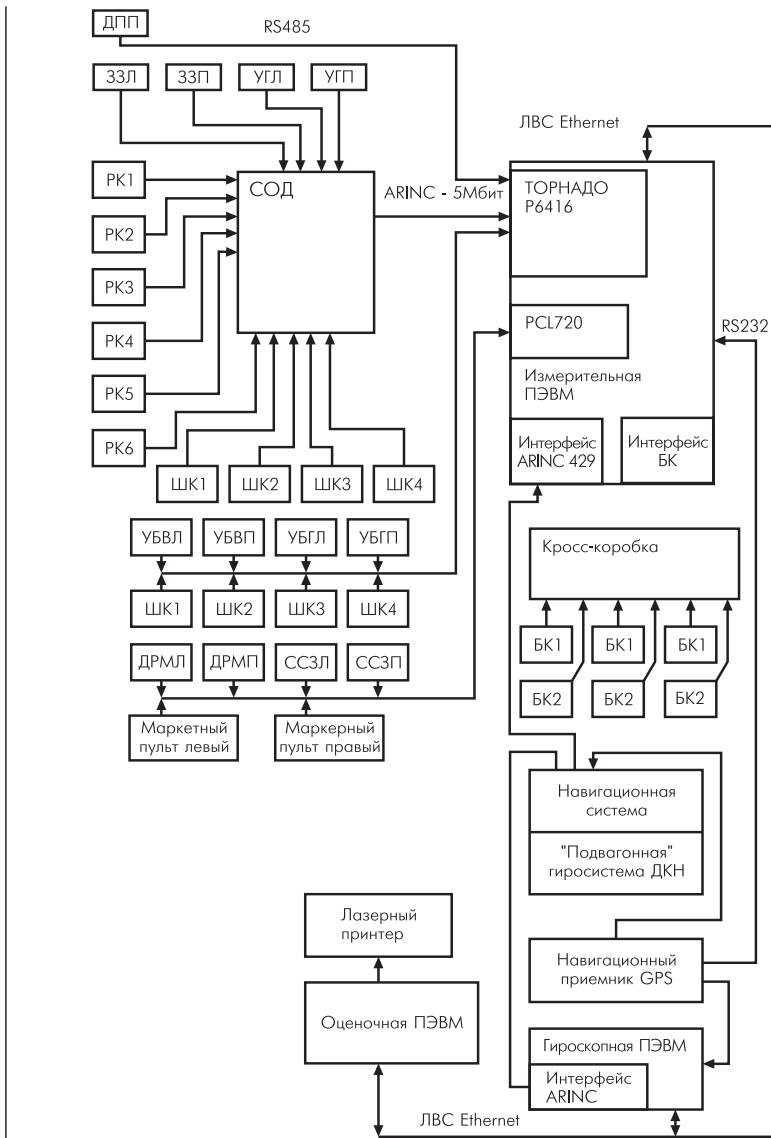


Рис. 1. Архитектура контрольно-вычислительного комплекса

ществования опровергает устоявшееся мнение, что ОС Windows не пригодны для работы в режиме жесткого реального времени. Разумная организация пользовательского и драйверного ПО создает условия для работы комплекса с темпом съема и обработки данных до 300 Гц.

Процесс ввода датчиковой информации организован следующим образом. Все датчики системы являются активными по отношению к измерительной ПЭВМ, и момент выдачи информации ими сопровождается сигналом прерывания для нее.

Наиболее информационно-напряженными являются датчики “рельс-кузов”, “шаблон” (СОД) и датчики ускорений вводятся в ПЭВМ через сопроцессор “Торнадо Р6416” фирмы “Микролаб”,

выполненного на основе известной серии сигнальных процессоров Texas Instr. Датчики СОД вводятся в сопроцессор через специальную переходную плату, присоединенную к параллельному интерфейсу PIOX-разъема сопроцессора. Измерения от акселерометров вводятся в сопроцессор через стандартный АЦП “Микролаб”, присоединенного к последовательному интерфейсу SIOX сопроцессора.

К менее информативным датчикам относятся:

- “дискретные” (типа “маркерные пульты”) — вводятся в ПЭВМ через стандартные платы параллельного интерфейса (PCL-720);
- “букса-кузов”, которые вводятся в измерительную ПЭВМ через про-

стую ISA-плату, обеспечивающую необходимую буферизацию измерительной информации;

- гироскоп, который в действительности порождает большой поток измерительной информации, буферизируемой внутри специализированного ISA-интерфейса.

Для работы комплекса требуется только 5 из 50 параметров гироскопа, поэтому информационный поток "ARINC интерфейс-> измерительная ПЭВМ" относительно невелик. По мере усложнения алгоритмов обработки информации от гироскопа ее ввод будет осуществляться через сопроцессор "Торнадо".

Импульсы от датчика пройденного пути через канал таймера возбуждают прерывание в сопроцессоре P6416. В ходе процедуры обработки прерывания сопроцессор запускает через соответствующую систему драйверов Windows получение последних на данный момент измерений от каждого измерительного датчика-кана-

ла. Эти данные через двухпортовую память сопроцессора становятся доступными для основной измерительной ПЭВМ, разгружая ее таким образом от второстепенной работы по формированию измерительных пакетов, их буферизации и предварительной обработки.

Предварительная обработка измерений необходима для выполнения следующих задач:

- фильтрация импульсных помех;
- "сглаживание" измерений от каждого датчика путем неравномерного усреднения;
- допусковый контроль и контроль "залипания" показаний датчика в целях определения степени достоверности измерений;
- фазирование (задержка) отдельных измерительных каналов-датчиков в целях выравнивания информационных задержек, вызванных расположением датчиков в разных продольных сечениях вагона-путеизмерителя.

В общей сложности для решения этих задач сопроцессор реализует одноментные вычисления для более чем 47 цифровых фильтров разных порядков. Сформированный таким образом пакет "чистых" измерений через двухпортовую память становится доступным измерительной ПЭВМ, которая на основе этих измерений вычисляет железнодорожные параметры, отображает их в виде графиков и передает по локальной сети в оценочную ПЭВМ.

В данной статье показан пример того, как можно реализовывать измерительные (не управляющие!) системы, работающие в ОС Windows в жестком реальном времени. Реального запаса быстродействия комплекса достаточно для удвоения в случае необходимости измерительных каналов-датчиков.

Авторы благодарны сотрудникам фирмы "Микролаб" за предоставленные материалы и всестороннюю помощь, оказанную при работе над материалом.

ЭЛКОТЕХ

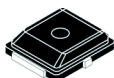
105005, Москва, ул. Радио, д.12 стр.2
Тел.: (095) 755-8815, 781-0077; факс: (095) 755-8814
E-mail: sales@elcotech.ru; http://www.elcotech.ru



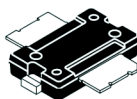
НОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ LDMOS в пластиковых корпусах несогласованные для режима АВ

Тип (корпус)	Выходная мощность, Вт (PEP)	Диапазон частот, МГц	Частота, МГц	Усиление, дБ	К.п.д., %	IMD, дБ
MW6S004N (PLD1.5)	4 (V _{dd} =28 В I _{dq} =50 мА)	до 2000	950 1960	19 15,5	36 32	-31 -31
MW6S010N/GN (TO-270-2 / -2G)	10 (V _{dd} =28 В I _{dq} =120 мА)	450 - 1500	450 960	20 18	33 32	-40 -37
MRF6V2150NB (TO-272 WB 4)	150 (V _{dd} =50 В I _{dq} =450 мА)	30 - 220	200	25	62	-43*

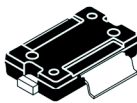
* при P_{вых} = 75 Вт PEP, I_{dq} = 1 А



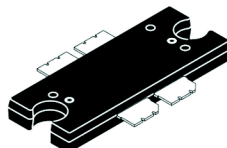
PLD1.5



TO-270-2



TO-270-2G



TO-272 WB 4

Agilent Technologies
Measuring the World™

ADVANCED
POWER
TECHNOLOGY™

ANADIGICS

Anaren

AVX

Eudyna

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

Filtronic

FUJITSU

Honeywell

Infineon
technologies

intersil™

International
IOR Rectifier

MACOM

Mimix
BROADBAND™

National
Semiconductor

NEC

ON
ON Semiconductor

Peregrine
Semiconductor

PHILIPS

SIRENZA
MICRODEVICES

ST
SEMI
LAB

TEXAS
INSTRUMENTS

TOSHIBA

VISHAY

communications

Z-Communications, Inc.