

Углубление самоконтроля контрольно-проверочной аппаратуры изделий систем управления: однократные и многократные тесты плат расширения

С. Белов¹

УДК 004.42 + 004.514 | ВАК 05.11.16

О разработке контрольно-проверочной аппаратуры (далее – КПА) изделий систем управления (далее – ИСУ).

Перед поставкой заказчику собранной контрольно-проверочной аппаратуры требуется произвести проверку исправности плат и жгутов в ее составе (далее – самоконтроль). Для этой задачи создается ПО, анализирующее реакции на определенные стимулы, поданные в определенное время (далее – ПО). Однако возможности анализа данных ограничены циклограммой теста.

Предлагается использование в самоконтроле КПА концепции однократных и многократных диагностических тестов, не связанных с циклограммой стимулов и поставляемых дополнительно к основным тестам.

Однократные тесты – отдельные тесты «стимул-реакция» для перепроверки результатов, полученных во время циклограммы основных тестов. Многократные тесты – расширенное управление платами КПА, отслеживание ошибок их взаимодействия в реальном времени.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка КПА проходит в несколько этапов:

- выбор и приобретение стойки для КПА стороннего производителя. В состав стойки входит промышленная материнская плата, процессор, оперативная память, DVD-RW;
- выбор и приобретение плат расширения к данной материнской плате (платы аналогового ввода, аналогового ввода/вывода, цифрового ввода/вывода);
- выбор и приобретение внешнего источника питания;
- разработка и создание отдельных блоков для стойки (например, блок сопряжения, пульт управления фазами);
- разработка и создание жгутов по конструкторской документации;
- сборка частей КПА в единое целое.

На каждом из этапов возможно возникновение ошибок, приводящих к невозможности проверки ИСУ, в том

числе ввиду опасности повреждения ИСУ. При этом характер ошибок и их последствий различен, в качестве примеров можно привести:

- стойка КПА: отсутствие заземления;
- проводники жгутов: разрыв, замыкание (в том числе на корпус), наличие паразитного припоя (ошибочная разработка/распайка или повреждение после изготовления);
- платы расширения: неверное время срабатывания команд, неверная генерация сигналов, искаженное измерение показаний;
- внешний источник питания: отсутствие ограничения по выходному току;
- блок сопряжения: неверные делители напряжения.

Для обнаружения ошибок разрабатывается ПО самоконтроля:

- концепция самоконтроля: создание циклограммы стимулов, получение реакций в определенное время, сравнение их с ожидаемыми реакциями;
- оператор имеет ограниченный функционал при работе с ПО. Выбрать тест, запустить тест, получить индикатор теста «норма»/«не норма»;

¹ АО «ГосНИИП», ведущий инженер, for-work2016@mail.ru.

- в случае не нормы по тесту оператор передает управление специалисту, использующему расширенные возможности ПО самоконтроля: графический просмотр телеметрии теста, текстовое описание ошибок.

Однако действия специалиста ограничены циклограммой стимулов и временем проведения теста. Анализируются реакции, полученные в прошлом в определенный момент времени.

В связи с этим предлагается изменение концепции разработки ПО самоконтроля: добавление возможности отвязки от циклограмм стимулов и тестов оператора для отслеживания ошибок и поведения компонентов КПА в реальном времени. Данный функционал должен добавляться в ПО как отдельные модули.

ПОДГОТОВКА К РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЕЙ

Было произведено предварительное ознакомление с работами, тематика которых соотносится с задачей самоконтроля КПА, с целью изучения предлагаемых в них концепций и переработки концепций под создаваемые модули:

- Фрейман В. И. создал виртуальную модель реального стенда, используя при этом и программные, и аппаратные решения [1];
- Пронин А. Н. заимствовал концепцию Харкевича А. А. о применении избыточности, искусственно вводимой в передаваемые сигналы [2, 3];
- Бушуев О. Ю. ссылается на ГОСТ Р 8.673-2009 ГСИ, показывая возможность проверки текущей погрешности датчика в автоматическом режиме [4, 5]. Также ссылается на ГОСТ Р 8.734-2011, показывая необходимость анализа составляющих погрешности датчика [6];
- Япарова Н. М. акцентирует внимание на направлении совершенствования средств измерений: поиск методов оценки собственного состояния средства измерения [7, 8];
- Мучкаева Г. М. отмечает: «показатели надежности средств измерений находятся в слабой взаимосвязи с показателями метрологической надежности. В структуре общего потока отказов средств измерений метрологические отказы составляют 40–50%» [9];
- Косимова Г. Р. повествует о методе метрологического самоконтроля МПСК (метрологический прямой самоконтроль): «средство более высокой точности (эталоны) должно обладать большей метрологической надежностью, чем основной измерительный преобразователь, метрологическая исправность которого контролируется» [10];
- Селуянов М. Н. предлагает замену стандартного аналого-цифрового преобразователя на АЦП

с сокращенным циклом кодирования и самоконтролем [11];

- Новиков А. Н. предлагает методику на основе математической модели изменения погрешности измерений, позволяющую предсказывать вероятность метрологического отказа [12]. На эту же тему представлена кандидатская диссертация Крупской А. В., показывающая накопительный характер абсолютной погрешности через скорость дрейфа с обнулением ее калибровкой [13];
- Тайманов Р. Е. повествует о двух разновидностях систем измерений (далее – СИ): «к первой относятся СИ, работающие почти без контроля оператора, ко второй – те, где практически бесконтролен оператор» [14];
- Дружинин И. И. подчеркивает уникальность алгоритмов самоконтроля для каждого датчика, в зависимости от вида измерений и назначения датчика [15];
- Захарчук И. И. отмечает расхождение между фактической и оценочной надежностью СИ в 3–10–50 раз [16], ссылаясь на диссертацию Фризмана А. Э. от 1994 года [17].

Изучение руководств по эксплуатации и обслуживанию плат расширения, в том числе для программистов, показало возможность заимствования концепций интерфейса ПО производителя для использования в разрабатываемых модулях. Например, для каждой платы аналогового ввода может отображаться таблица из 192 текстовых полей, отображающих номер канала, название канала, расчетное и измеренное напряжение, масштабный коэффициент, смещение нуля – как расширенная аналогия программы Advantech Device Manager.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОДУЛЯ

Анализ работ показал различную степень их применимости в ПО самоконтроля при его доработке.

Были разработаны два программных модуля однократных и многократных тестов, никак не связанных с результатами теста оператора. Модуль автоматически обнаруживает ошибку и отображает ее специалисту.

Однократные тесты:

- проверка отдельного стимула и реакций на него: подтверждает ошибку в тесте оператора и перепроверяет алгоритмы получения этой ошибки. На практике такой тест подтвердил разрыв одного из проводников жгута;
- проверка ручной калибровки плат аналогового ввода согласно инструкции по их эксплуатации. Точность калибровки выражается в процентах, отражающих долю нулевых напряжений на каждом канале при подключенных жгутах КПА и отсутствии сигналов. Например, точность калибровки 0%

указывает на отсутствие заземления на неподключенном канале. На практике удавалось добиться точности калибровки канала до 96%.

Многократные тесты:

- виртуальное отображение плат расширения и их каналов, а также интерфейса управления ими: отслеживание нестандартных взаимодействий плат друг с другом;
- передача любых стимулов в реальном времени и контроль реакций на всех платах и каналах. Практическая значимость данного решения подтвердилась с платами ADLINK PCI-9113: было обнаружено влияние каналов друг на друга (возникновение паразитного напряжения на соседнем канале). При этом в тесте с циклограммой стимулов это паразитное напряжение не выводило сигнал за границы нормы. На основе этих данных было решено использовать только четные каналы плат PCI-9113, где это возможно;
- закливание определенных комбинаций стимулов на произвольное время: поиск флуктуационных ошибок, оценка поведения плат при продолжительном использовании. Практическая значимость данного решения подтвердилась с платой PCI-D64U: были обнаружены искажения сигнала на частоте более 500 кГц, а также редкие провалы сигнала в 1–2 периода, что невозможно увидеть

даже осциллографом. Данный вид тестирования определил частоту работы платы PCI-D64U в 500 кГц, используемую в том числе в ПО контроля ИСУ. Возможно, проблема была в драйвере под Linux;

- расширение алгоритма поиска ошибок: не только в контексте ПО самоконтроля, но и применительно к контролю ИСУ. Например, для платы PCI-D64U был введен алгоритм перепроверки провалившегося сигнала, чтобы отличить неустранимую неисправность платы от неисправности ИСУ;
- автоматический останов при возникновении ошибки: исключение человеческого фактора при возникновении ошибки как непреднамеренного ее игнорирования. Ошибка при этом подсвечивается красным цветом;
- звуковое оповещение при возникновении ошибки: возможность специалисту удалиться от КПА до возникновения ошибки в плате, а также тестирования жгутов на повреждения путем механических воздействий в реальном времени.

Внешний вид формы многократных тестов показан на рис. 1. Форма разбита на блоки: 1 – настройки плат и анализатора данных; 2 – панель активности плат; 3 – запуск активных плат с передачей стимулов и приемом реакций; 4 – панель плат аналогового ввода; 5, 6, 7 – панели плат управления.

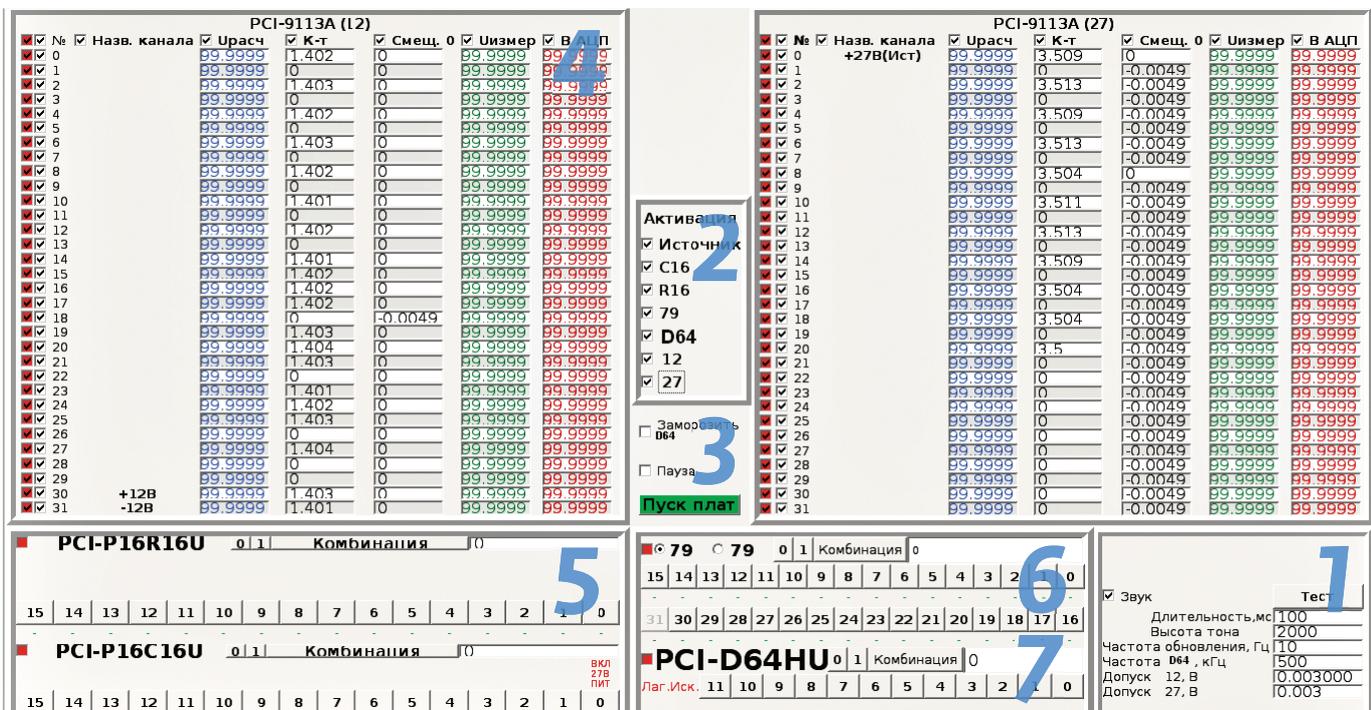


Рис. 1. Интерфейс многократных тестов для работы с платами контрольно-проверочной аппаратуры в реальном времени

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам анализа научной литературы было принято решение о создании отдельных модулей для тестирования плат расширения и жгутов КПА ИСУ. Модули не привязаны к циклограммам стимулов и тестам оператора, отслеживают ошибки и поведение компонентов КПА в реальном времени.

Возможности однократных тестов:

- проверка отдельного стимула и реакций на него;
- проверка калибровки плат аналогового ввода.

Возможности многократных тестов:

- виртуальное отображение плат и их каналов, интерфейса управления ими;
- передача любых стимулов в реальном времени;
- зацикливание определенных комбинаций стимулов на произвольное время;
- расширение алгоритма поиска ошибок;
- автоматический останов при возникновении ошибки;
- звуковое оповещение при возникновении ошибки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фрейман В. И.** Автоматизированная система дистанционного управления и контроля лабораторного оборудования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 1. С. 196–200.
2. **Пронин А. Н., Сапожникова К. В., Тайманов Р. Е.** Достоверность измерительной информации в системах управления. Проблемы и решения // Т-Сотм. Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. № 3. С. 32–37.
3. **Харкевич А. А.** Избранные труды. Т. 3. М.: Наука, 1973. С. 304–316.
4. ГОСТ Р 8.673-2009. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2010.
5. **Бушуев О. Ю.** Анализ возможных неисправностей, источников погрешности и выхода из строя тензопреобразователя давления. Челябинск: Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2013. Т. 13. № 4. С. 118–122.
6. ГОСТ Р 8.734-2011. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля. М.: Стандартинформ, 2012.
7. **Япарова Н. М., Белоусов М. Д., Шестаков А. Л.** Использование регуляризирующего алгоритма для определения коэффициентов в задаче оценки собственного состояния термометров сопротивления. Челябинск: Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2012. № 35. С. 45–49.
8. **Тайманов Р. Е., Сапожникова К. В.** Метрологическое обеспечение средств измерений. Взгляд в ближайшее будущее. М.: МетрКонсалт. [Электронный ресурс] URL: <http://metro.ru/html/Stati/metrolob/vzglad.html>.
9. **Мучкаева Г. М., Даваев Б. В., Фисенко Т. И., Убушиев В. Н., Бирюков А. С.** К вопросу о метрологическом обеспечении средств измерений / Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: перспективные направления». Саратов: ООО «Центр профессионального менеджмента «Академия бизнеса», 2018. С. 129–131.
10. **Косимова Г. Р.** Тенденции развития метрологического обеспечения средств измерения // Современные инновации. 2018. № 4 (26). С. 20–23.
11. **Селуянов М. Н.** Аналого-цифровой преобразователь с сокращенным циклом кодирования, самоконтролем и его моделирование // REDS: Прикладные проблемы информационных технологий, 2013. С. 290–293.
12. **Новиков А. Н., Миронов А. Н., Пузанков С. В.** Методика построения математической модели изменения во времени критической составляющей погрешности измерений в бортовых измерительных системах космических аппаратов с метрологическим самоконтролем // Информация и космос. 2016. № 2. С. 118–126.
13. **Крупская А. В.** Алгоритмическое обеспечение средств измерений с метрологическим контролем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПб: ФГАОУВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)», 2018.
14. **Тайманов Р. Е., Сапожникова К. В.** Новые научные направления в метрологии // Мир измерений. 2012. № 2. С. 40–47.
15. **Дружинин И. И.** Метрологический самоконтроль в интеллектуальных датчиках удельной электрической проводимости жидкости // Сборник трудов конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения». М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2010. С. 422–429.
16. **Захарчук И. И., Пронин А. Н., Рощупкин А. А.** Проблемы метрологического обеспечения измерений в бортовых системах космических аппаратов длительного функционирования // Сборник статей III Всероссийской научно-космической конференции «Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники». СПб: ООО «Арт-Экспресс», 2016. С. 243–247.
17. **Фридман А. Э.** Теория метрологической надежности средств измерений и других технических средств, имеющих точностные характеристики. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. СПб, 1994.