

АНАЛИЗ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ТЕСТИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Н.А. Аскерова

nargizaskerova2013@yandex.ru

А.А. Морозова

morozovaanastasiaa2001@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Проанализирована существующая контрольно-измерительная аппаратура, выбран подход к построению системы тестирования бортовых модулей. Проведен сравнительный анализ существующих открытых стандартов построения контрольно-измерительной системы, выявлены их недостатки и достоинства и сделан вывод о целесообразности использования выбранного стандарта и выбранной среды построения автоматизированной системы контроля. На основании полученных данных сделан вывод о том, что модульный подход к построению системы тестирования бортовых модулей управления является наиболее подходящим. В результате сравнения стандартов построения контрольно-измерительной системы сделан вывод о целесообразности использования стандарта РХІ по причине значительно большей максимально возможной опорной частоты. Данный показатель является важным, поскольку контрольно-измерительная система с наибольшей выдаваемой опорной частотой позволит работать с большим количеством объектов контроля. Результатом работы является сравнительный анализ существующих открытых стандартов построения контрольно-измерительной системы, а также подходы и инструменты, которые необходимо использовать в разрабатываемой системе.

Ключевые слова

Моделирование, полунатурное моделирование, тестирование, контроль, стандартизация, модульный подход, бортовая система управления, контрольно-измерительная аппаратура, модульная контрольно-измерительная система, автоматизированная система контроля

Поступила в редакцию 05.07.2023

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

Тестирование бортовых систем управления. Авиационные, космические, военные системы имеют в своем составе бортовые системы управления (БСУ). Именно БСУ служит главным вычислительным узлом системы. За выполнение функций системы отвечает бортовое программное обеспечение (ПО), входящее в состав БСУ.

Бортовые системы управления имеют высокую сложность, являются дорогостоящими, их разработка занимает длительное время. Для проверки работоспособности таких сложных систем необходимы тщательные и надежные тесты. Однако по мере усложнения современных бортовых систем усложняется и этот шаг разработки.

Бортовые системы управления обычно включают в себя модуль источников питания, вычислительный модуль и модуль сбора информации. Тестирование этих подсистем на собранном продукте в желаемых сценариях использования гарантирует, что испытания проводятся в идеальном контексте, но оно также влечет за собой значительные накладные финансовые расходы и сложность проверки каждого сценария.

Откладывание испытаний до окончательной сборки продукта сопряжено со значительными рисками, а изменения, которые необходимо внести по результатам испытаний, могут привести к катастрофическим последствиям для графика. Следствием этого станет огромная стоимость тестирования и неопределенность времени выхода на рынок. Сложность этой проблемы возрастает еще больше, если учесть, что каждый элемент из множества электронных блоков управления работает с огромным количеством сигналов, представляющих различные функции и типы входов/выходов, что затрудняет тестирование с полным покрытием. Все эти факторы приводят к формированию нерешаемой задачи, ставящей под сомнение возможность тщательного тестирования, которое будет эффективным с точки зрения затрат и времени [1].

Решение должно обеспечивать тестирование с полным покрытием без использования готового конечного продукта в полевых условиях, позволяя тестируемым блокам взаимодействовать с имитируемым сценарием. Такой подход является основой полунатурного метода моделирования.

Цель работы — проанализировать существующую контрольно-измерительную аппаратуру, выбрать наиболее подходящий подход к построению системы тестирования бортовых модулей, привести сравнительный анализ существующих открытых стандартов построения контрольно-измерительной системы, выявить их недостатки и достоинства и сделать вывод о целесообразности использования выбранного стандарта и выбранной среды построения автоматизированной системы контроля.

Полунатурное моделирование. Полунатурное моделирование представляет собой разновидность физического моделирования, при котором аппаратные средства системы используются в сочетании с имитационным моделированием на компьютере. Примером может служить система самонаведения ракеты.

Полунатурное моделирование — это метод, в котором реальные сигналы от контроллера подключаются к тестовой системе, которая имитирует реальность, заставляя контроллер думать, что он находится в собранном продукте и в полевых условиях. Тестирование и проектирование выполняют так, как если бы использовалась реальная система. Можно проводить тестирование при тысяче

различных сценариев, чтобы должным образом проверять и улучшать модуль без затрат и времени, требуемых реальными физическими испытаниями [2].

Преимущества полунатурного моделирования. Во многих случаях самым эффективным способом разработки встроенной системы является подключение ее к реальной модели в полевых условиях. В остальных случаях полунатурное моделирование будет более эффективным. Метрика разработки и эффективность тестирования зависят от следующих факторов:

- стоимость;
- срок действия;
- безопасность;
- выполнимость.

Стоимость подхода должна регулироваться стоимостью всех инструментов и усилий. Продолжительность разработки и тестирования влияет на время выхода продукта. Коэффициент безопасности и продолжительность разработки напрямую влияют на стоимость продукта. Целесообразно применять полунатурное моделирование, когда имеют место плотный график разработки, высокая стоимость реальных испытаний либо когда необходимо повысить качество тестирования и уменьшить влияние человеческого фактора.

В настоящее время методы полунатурного моделирования эффективно применяют при проектировании разнообразных автоматических управляющих систем. Необходимость применения таких методов возникает, если:

- объект управления находится еще в стадии проектирования, а элементы устройства управления реально существуют;
- объект не может испытываться в лабораторных условиях;
- элементы устройства управления имеют нелинейные характеристики, имеют место трение и помехи, которые при составлении их уравнений не учитывались;
- проведение натурных экспериментов по настройке устройства управления на объекте дорого или вообще недопустимо [3].

Методы построения контрольно-измерительной аппаратуры. Для того чтобы полунатурное моделирование было действительно полезно, необходимо максимально повысить качество ПО. Программное обеспечение для моделирования должно быть связано с аппаратной частью, которая не только учитывает технические характеристики вроде типа разъема или ввода/вывода, но и позволяет вводить в систему неисправности, а также способна тестировать сценарии из реального мира.

Именно поэтому является важным правильно выбрать программные и аппаратные средства для обеспечения полного тестового покрытия при минимальном времени, затрачиваемом на настройку системы, и максимальном удобстве использования. Кроме того, чтобы идти в ногу с быстро меняющимися рыночными требованиями, необходимо найти решение, которое подходит не только для одного определенного теста, но и для следующих, а значит, это решение должно быть настраиваемым и отвечать требованиям завтрашнего дня [3].

Основой полунатурного моделирования являются контрольно-измерительные системы (КИС) — это совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы, и вспомогательных устройств (компонентов измерительной системы), функционирующих как единое целое. Эти системы имеют следующие назначения:

- получение информации о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований, в общем случае множества изменяющихся во времени и распределенных в пространстве величин, характеризующих это состояние;
- машинная обработка результатов измерений; регистрация и индикация результатов измерений и результатов их машинной обработки;
- преобразование этих данных в выходные сигналы системы в разных целях.

Разработка аппаратно-программных моделирующих комплексов — сложная техническая задача. Несмотря на это такие комплексы находят все большее распространение. При достаточной производительности вычислительных средств комплекса систему можно исследовать в реальном масштабе времени [4]. В составе комплекса могут использоваться как универсальные КИС общего назначения, так и вычислительные средства, непосредственно входящие в исследуемую систему. Подобные моделирующие комплексы служат универсальными стендами для разработки и отладки аппаратно-программных средств, проектируемых систем заданного класса [5].

Для КИС бортовых систем управления есть несколько важных требований:

- 1) работа систем полунатурного моделирования основана на методах имитационного моделирования сигналов, где такие сигналы являются высокочастотными. Таким образом, КИС должна иметь в своем составе модуль, который позволит генерировать высокочастотный тактирующий сигнал;
- 2) для обработки сигналов необходимы модули аналого-цифровых преобразователей и цифроаналоговых преобразователей;
- 3) для отслеживания характеристик сигналов требуется модуль осциллографа;
- 4) поскольку в рамках полунатурного моделирования необходимо обмениваться сигналами между КИС и бортовой системой, обязательно нужно предусмотреть наличие модуля приемопередатчика в составе КИС с поддержкой основных протоколов передачи данных.

Таким образом, КИС должна быть построена по модульному принципу [6].

Разработка собственной автоматизированной системы контроля. Некоторые предприятия прибегают к созданию с нуля своей собственной автоматизированной системы контроля (АСК). Разработка собственной системы подразумевает под собой сбор набора отдельных вычислительных компонентов, компонентов обработки и модуляции. Зачастую они представлены разными фирмами-производителями, что усложняет процесс настройки взаимодействия между модулями. Также важным минусом данного решения является его громоздкость и сложность транспортировки.

В рамках данного метода разработки собственной АСК может быть использован подход, включающий процесс создания блока из коммутационных плат. Однако оно требует значительных временных и финансовых ресурсов для оплаты труда разработчиков [7].

Еще одной проблемой при разработке собственной АСК является необходимость ее поддержания, для чего необходим штат специалистов. Также стоит отметить, что данное решение не является гибким. Оно предусмотрено лишь для конкретного объекта контроля.

Таким образом, разработка собственной автоматизированной системы контроля не является универсальной и гибкой.

Использование готовых решений. Использование готовых решений позволяет сократить время и финансы, необходимые для испытаний встраиваемых систем. Делают это с помощью специализированных стендов, на которых математическая модель объекта управления работает в реальном времени, а испытываемый блок управления подключается к этому стенду и управляет моделью объекта. Объектом контроля служит сам контроллер или блок управления.

С технической точки зрения стенд представляет собой надежный персональный компьютер с операционной системой реального времени, для которой ключевым приоритетом является счет математической модели в реальном времени. Это значит, что расчет по модели точно уложится в отведенное ей время, и никакой процесс не помешает счету. Стенд общается с испытываемым контроллером по реальным промышленным интерфейсам, потому контроллер «думает», что работает с реальным объектом управления. Сбор данных и передача в модель также происходят в реальном времени.

Вычисление происходит как на центральном процессоре, так и на высокопроизводительных ПЛИС, которые позволяют запускать модели со временем дискретизации до десятков микросекунд. Стенд не требует долгого конфигурирования и быстро настраивается, т. е. контроллер подключается к нему по принципу plug&play [7].

Данное решение является гибким, масштабируемым и представляет основу для модульного подхода. Главные преимущества данного подхода заключаются в возможности:

- быстро перенастраивать систему под разные объекты контроля;
- масштабировать АСК путем добавления модулей;
- пользоваться готовыми решениями КИС без их разработки;
- при необходимости пользоваться технической поддержкой от производителя.

Выбор платформы для построения модульной КИС. В настоящее время все более широкое применение находит модульный подход к построению контрольно-измерительных систем. Такую систему можно построить на различных стандартах. Наиболее широкое применение нашли стандарты VXI (VMEbus eXtention for Instrumentation) и PXI (PCI eXtensions for Instrumentation). Это от-

крытые стандарты, поддерживаемые множеством производителей, поэтому они представляют наибольший интерес при подходе к построению КИС. Далее будут рассмотрены основные характеристики этих двух платформ [8].

Характеристики VXI. Стандарт VXI характеризует контрольно-измерительную и управляющую аппаратуру высшего класса точности.

Стандарт VXI ориентирован на применение в различных отраслях военно-промышленного комплекса, авиационной и космической сферы, энергетического сектора, научных исследованиях, а также для высокоточных измерений в широком спектре различных прикладных задач. Стандарт поддерживает высокие требования к электромагнитной совместимости и помехозащищенности приборов. Аппаратура и интерфейс VXI используются во всем мире для создания контрольно-диагностических систем и комплексов самого различного назначения [4].

В стандарте VXI используется базовый блок максимум с 13 гнездами для подключения приборных модулей на основе встраиваемых плат. Поскольку в основу VXI положен принятый во всем мире стандарт VMEbus, в системах VXI можно применять и модули VME. Объединительная плата VXI включает 32-разрядную компьютерную шину VME, а также высокопроизводительные шины контрольно-измерительных приборов для точного хронометрирования и синхронизации работы приборных компонентов.

Преимущество технологии заключается в простоте и легкости соединения приборов в систему, характеристики которой определяются при разработке приборов и не требуют дополнительных трудозатрат при создании системы. В стандарте VXI заданы четыре типоразмера крейтов — базовых модулей. Крейты дополняются системными и функциональными модулями, выбор которых более чем широк. Возможность разработки сложных контрольных, измерительных, диагностических и прочих информационных систем по принципу построения домика из кубиков выделила стандарт VXI и определила популярность всей технологии [8].

Современные программные среды для создания информационно-измерительных систем поддерживают интуитивно понятный графический интерфейс, созданные с их помощью программные приложения решают множество контрольно-управляющих задач: визуализацию приборов, приборных панелей, хранение и обработку данных, обмен информацией с удаленными частями системы и многое другое. Разработка VXI-программ в средах LabWindows, LabVIEW позволяет оптимизировать системы VXI, а также обеспечивает комфортную работу конечным пользователям продукта.

Марку VXIplug&play используют для обозначения продукции стандарта VXI, которая имеет стандартизированные характеристики, дополнительные к базовым. Приборы, совместимые с VXIplug&play, обеспечиваются стандартизированной программной и драйверной поддержкой, а также унифицированной процедурой установки оборудования, что повышает их эффективность и облегчает разработку программ. Программная поддержка VXI в LabVIEW полностью совме-

стима с требованиями VXIplug&play. Технология VXIplug&play обеспечивает совместимость на системном уровне, что делает VXI-систему открытой [4].

Характеристики PXI. Платформа PXI представляет собой модульную аппаратную платформу, активно использующую возможности шины CompactPCI (модификация шины PCI) и программных технологий Microsoft Windows. Типичная конфигурация включает в себя PXI-шасси (chassis), в котором находится собственный персональный компьютер (называемый контроллером (controller)) и дополнительные слоты для установки любых типов измерительных модулей: аналогового ввода, ввода изображений, звука, релейных, интерфейсов КОП и VXI и т. д. Компактность, надежность и гибкость делает эту инструментальную платформу привлекательной для большого числа применений. Очень удобно и эффективно программировать измерительные системы с PXI с помощью LabVIEW. Кроме того, можно использовать версию LabVIEW для работы в жестком реальном времени (LabVIEW RT) на контроллере PXI для создания более надежной и устойчивой системы [5].

Проектирование системы PXI осуществляется путем выбора контроллера (компьютер класса Embedded Pentium и выше с периферийными устройствами), шасси и модулей. Модули PXI могут выполнять функции аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования, цифрового ввода-вывода, многофункциональных плат ввода-вывода для захвата изображения и управления движением, а также таких приборов, как осциллограф, мультиметр, анализаторов последовательных данных и других специализированных устройств.

Сравнительный анализ стандартов PXI и VXI. Оба представленных стандарта являются современными и гибкими. Для определения наиболее подходящего был проведен сравнительный анализ PXI и VXI стандартов (см. таблицу).

Результаты сравнительного анализа стандартов PXI и VXI

Критерий	PXI	VXI
Максимальное число слотов шасси	18	13
Габариты (U — единица высоты, равная 44,45 мм (1,75 дюйма))	3U или 6U	9U
Уровень шума, дБА	До 38	До 45
Пропускная способность шины	8 Гб/с	320 Мб/с
Возможность создания систем реального времени	Да	Да
Питание по постоянному и переменному току	Да	Да
Диапазон рабочих температур, °С	0–55	0–80
Интерфейс	PXI (PCI) Express	VXIbus (RS-232)
Максимально возможно выдаваемая опорная частота, МГц	50	20

По результатам сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что стандарт PXI является наиболее выигрышным из-за значительно большей максимально возможной опорной частоты. Данный показатель очень важен, поскольку КИС с наибольшей выдаваемой опорной частотой позволит работать с большим числом объектов контроля.

Среда разработки автоматизированной системы контроля. National Instruments (NI) предлагает комплексное аппаратное и программное решение, которое обеспечивает работу с конфигурационными программным обеспечением и модульным вводом/выводом. NI позволяет свободно настраивать аппаратное и программное обеспечение для учета нестандартных сигналов и для увеличения количества операций ввода-вывода по мере необходимости.

Модульное оборудование National Instruments позволяет легко решать различные задачи начиная от простой регистрации данных (физических и электрических параметров) до создания высокопроизводительных измерительных и испытательных комплексов, промышленной автоматизации, встроенного управления и мониторинга.

Использование LabVIEW для разработки пользовательской системы контроля. Одним из основных продуктов NI является программа LabVIEW. LabVIEW — это аббревиатура, которая расшифровывается как Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench [9].

Для пользователя управление экспериментом в LabVIEW сводится к работе с лицевой панелью виртуальной установки на экране монитора, с помощью которой он наблюдает за необходимыми параметрами и управляет программно-аппаратным комплексом.

В среде LabVIEW могут быть созданы виртуальные приборы, моделирующие как отдельные функции измерительного или управляющего комплекса, так и весь комплекс в целом; возможно полное моделирование эксперимента. В последнем случае нет необходимости подключать внешние и согласующие устройства.

Основная особенность LabVIEW с точки зрения пользователя — графическая интерпретация языка программирования этой системы. Однако LabVIEW отличается от этих прикладных программ в одном важном отношении. В то время как в привычных системах программирования используются текстово-ориентированные языки, в LabVIEW используется графический язык программирования (G) для создания программ в форме блок-схемы. Вместе с тем в среде LabVIEW можно использовать программы на C. Возможности системы расширяются за счет дополнительных библиотек по работе с базами данных (SQL, Toolkit), обработке изображений (Convert VI), PID-регулированию (PID Control) [9].

LabVIEW является универсальной системой программирования с мощными библиотеками функций для различных задач программирования. LabVIEW включает в себя библиотеки инструментов, имеющие следующее назначение:

- сбор данных;
- обмен данными с устройства по GPIB (многофункциональный интерфейс фирмы HP);
- обмен данными с устройства по стандарту RS-232;
- анализ данных;
- представление данных;
- хранение обработанных данных на носителях различного типа.

LabVIEW позволяет устанавливать контрольные точки и наблюдать, как данные проходят через программу шаг за шагом, что упрощает понимание происходящих процессов. Программы LabVIEW названы виртуальными приборами (VIs), потому что их действия и внешний вид может имитировать реальные приборы. Приборы VIs более наглядны, просты для конструирования измерительных модулей и взаимодействия с оператором.

Структура VI состоит из интерактивного интерфейса пользователя, диаграммы прохождения данных, которая служит исходным текстом, и пиктограммы соединения (входы и выходы), которые позволяют VI быть вызванными из VIs более высокого уровня. Интерактивный интерфейс пользователя VI назван передней панелью, потому что он моделирует панель реального прибора. Передняя панель может содержать кнопки, переключатели, индикаторы, диаграммы, графики и другие средства отображения и управления.

Для построения блок-схемы программируемой задачи используют так называемую функциональную панель. При этом блок-схема отображает графическое представление программируемой задачи, а также служит исходным кодом реализации виртуального прибора.

В программной реализации виртуальных инструментов применены принципы иерархичности и модульности. Виртуальный инструмент, содержащийся в составе другого виртуального инструмента, называется прибором-подпрограммой (SubVI).

Таким образом, программа LabVIEW является наиболее простым и высокотехнологичным инструментом разработки ПО для системы контроля работы бортовой системы [9]. Однако готовая программа АСК на LabVIEW требует от пользователя подачи команд и сигналов путем нажатия на кнопки или ввод данных на передней панели. Таким образом, LabVIEW нельзя считать полноценной, самостоятельной программой для создания АСК. В решении данной проблемы поможет высокоэффективная среда управления тестами TestStand.

Использование TestStand для разработки автоматизированной системы контроля. Специализированное программное обеспечение TestStand разработано для быстрой автоматизации процедуры проведения испытаний и предназначено для инженеров-испытателей, работающих на языках программирования C++, G (в LabVIEW) и др. Высокотехнологичная среда TestStand оснащена комплексными инструментами конфигурации, с помощью которых можно из-

менить и персонализировать пользовательский интерфейс, провести генерацию отчетов и настроить последовательность выполнения тестов [10].

Основные преимущества использования среды TestStand:

– создание последовательности тестирования. В редакторе Sequence Editor можно создавать тестовые последовательности. Каждый модуль выполняет процесс тестирования на тестируемом устройстве и возвращает информацию измерения в среду TestStand для создания отчета. После завершения тестирования программа выдает результат: система прошла контроль или провалила его;

– создание инсталляторов для упрощения развертывания системы. После того, как разработка будет завершена, инженер может использовать утилиту развертывания TestStand, чтобы создать дистрибутив для установки модулей, тестовых последовательностей и связанных с ними файлов для развертывания автоматизированных систем тестирования;

– параллельное тестирование и минимизирование затрат на оборудовании. Среда управления тестами TestStand имеет встроенные опции для тестирования нескольких устройств параллельно. Также TestStand способна запускать несколько тестов на одном устройстве одновременно, что позволяет в существенной мере минимизировать затраты при обработке информации благодаря отсутствию необходимости в дополнительном оборудовании;

– генерация отчетов в различных форматах. TestStand может автоматически генерировать отчеты для каждого теста в различных стандартных форматах, таких как ATML, XML, HTML и текст, а также фиксировать их результаты испытаний к базам данных для последующего анализа.

Результаты работы. На основе вышеизложенных исследований были проанализированы возможности существующей КИС, проведен сравнительный анализ существующих открытых стандартов построения КИС и были выявлены их недостатки и достоинства. По полученным данным можно сделать вывод о том, что наиболее уместным подходом к построению системы тестирования БСУ является модульный подход, а в качестве стандарта построения КИС целесообразно применять стандарт PXI по причине значительно большей максимально возможной опорной частоты.

В качестве среды разработки АСК выбраны программы LabVIEW и TestStand, поскольку они предлагают широкий функционал проектирования системы.

Литература

- [1] Важенин В.Г., Дядьков Н.А., Боков А.С. и др. *Полунатурное моделирование бортовых радиолокационных систем, работающих по земной поверхности*. Екатеринбург, УрФУ, 2015, 208 с.
- [2] Ахияров В.В., Нефедов С.И., Николаев А.И. и др. *Радиолокационные системы*. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, 352 с.

- [3] Животиков В.В., Пашковский С.В. Бортовая радиолокационная станции навигационного комплекса самолета с разработкой канала контроля. *Актуальные аспекты развития воздушного транспорта. Междунар. науч.-практич. конф.: сб. тр.:* в 2 т. Ростов-на-Дону, Фонд науки и образования, 2019, т. 1, с. 209–214.
- [4] Бакулев П.А. *Радиолокационные системы.* Москва, Радиотехника, 2007, 208 с.
- [5] Афанасьев В.Н., Газов Е.В. Выбор платформы при построении модульных контрольно-измерительных систем. *T-Сотт-Телекоммуникации и Транспорт*, 2009, № S3, с. 88–89.
- [6] Вакулин А.А. *Методы и средства измерений, испытаний и контроля.* Тюмень, ТГУ, 2010, 256 с.
- [7] *Информационно-измерительные технологии VXI.* URL: <http://vxi.ru/> (дата обращения 20.06.2022).
- [8] *Стандарт PXI — технология и оборудование для построения контрольно-измерительных систем.* URL: <https://kit-e.ru/measure/standart-pxi-tehnologiya-i-oborudovanie-dlya-postroeniya-kontrolno-izmeritelnyh-sistem/> (дата обращения 20.06.2022).
- [9] *What Is LabVIEW?* URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (accessed June 20, 2022).
- [10] *What Is TestStand?* URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-teststand.html> (accessed June 20, 2022).

Аскерова Наргиз Агасафовна — магистр кафедры «Компьютерные системы и сети», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Морозова Анастасия Алексеевна — магистр кафедры «Компьютерные системы и сети», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Аскерова Н.А., Морозова А.А. Анализ программно-аппаратных средств тестирования бортовых систем управления. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 09 (86). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-9-939>

ANALYSIS OF SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEMS USED IN TESTING THE ON-BOARD CONTROL SYSTEMS

N.A. Askerova

nargizaskerova2013@yandex.ru

A.A. Morozova

morozovaanastasiaa2001@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The paper analyzes the existing control and measurement systems; besides, an approach was selected to build a system for testing the on-board modules. The existing open standards for constructing a control and measurement system were comparatively analyzed, their disadvantages and advantages were identified, and a conclusion was made on advisability of introducing the selected standard and the selected environment in constructing the automated control system. Based on the data obtained, it was concluded that modular approach to building a system for testing the on-board control modules was the most suitable. As a result of comparing standards in constructing a control and measurement system, another conclusion was made on advisability of using the PXI standard due to the significantly higher maximum possible reference frequency. This indicator appears important, since the control and measurement system with the highest output reference frequency would make it possible to work with a larger number of the control objects. The work results in comparative analysis of the existing open standards for constructing a control and measurement system, as well as in finding approaches and tools required in design and development of the elaborated system.

Keywords

Simulation, seminatural simulation, testing, control, standardization, modular approach, on-board control system, control and measurement systems, modular control and measurement system, automated control system

Received 05.07.2023

© Bauman Moscow State Technical University, 2023

References

- [1] Vazhenin V.G., Dyad'kov N.A., Bokov A.S. et al. *Polunaturnoe modelirovanie bortovykh radiolokatsionnykh sistem, rabotayushchikh po zemnoy poverkhnosti* [Semi-natural modeling of airborne radar systems operating on the earth's surface]. Ekaterinburg, UrFU Publ., 2015, 208 p. (In Russ.).
- [2] Akhiyarov V.V., Nefedov S.I., Nikolaev A.I. et al. *Radiolokatsionnye sistemy* [Radar systems]. Moscow, BMSTU Publ., 2016, 352 p. (In Russ.).
- [3] Zhivotikov V.V., Pashkovskiy S.V. *Bortovaya radiolokatsionnaya stantsii navigatsionnogo kompleksa samoleta s razrabotkoy kanala kontrolya* [On-board radiolocation stations of aircraft navigation complex with the development of a channel of control]. *Aktual'nye aspekty razvitiya vozdushnogo transporta. Mezhdunar. nauch.-praktich. konf.: sb. tr.* [Cur-

- rent aspects of air transport development. International scientific and practical conference collection of proceedings]. Rostov-on-Don, Fond nauki i obrazovaniya Publ., 2019, vol. 1, pp. 209–214. (In Russ.).
- [4] Bakulev P.A. *Radiolokatsionnye sistemy* [Radar systems]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2007, 208 p. (In Russ.).
- [5] Afanas'ev V.N., Gazov E.V. Choosing a platform when building modular instrumentation systems. *T-COMM*, 2009, no. S3, pp. 88–89. (In Russ.).
- [6] Vakulin A.A. *Metody i sredstva izmereniy, ispytaniy i kontrolya* [Methods and means of measurement, testing and control]. Tyumen, TSU Publ., 2010, 256 p. (In Russ.).
- [7] *Informatsionno-izmeritel'nye tekhnologii VXI* [Information and measurement technologies VXI]. URL: <http://vxi.ru/> (accessed June 20, 2022).
- [8] *Standart PXI — tekhnologiya i oborudovanie dlya postroeniya kontrol'no-izmeritel'nykh sistem* [PXI standard — technology and equipment for building control and measurement systems]. URL: <https://kit-e.ru/measure/standart-pxi-tehnologiya-i-oborudovanie-dlya-postroeniya-kontrolno-izmeritelnyh-sistem/> (accessed June 20, 2022).
- [9] *What Is LabVIEW?* URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (accessed June 20, 2022).
- [10] *What Is TestStand?* URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-teststand.html> (accessed June 20, 2022).

Askerova N.A. — Master, Department of Computer Systems and Networks, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Morozova A.A. — Master, Department of Computer Systems and Networks, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Askerova N.A., Morozova A.A. Analysis of software and hardware systems used in testing the on-board control systems. *Politekhicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2023, no. 09 (86). (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-9-939>