

УНИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ТП ШАХТНЫМ КОНВЕЙЕРНЫМ ТРАНСПОРТОМ

С. С. Журавлев, В. В. Окольнішников, С. В. Рудометов, С. Р. Шакиров

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Новосибирск

УДК 519.686

В работе приведено описание специализированного программно-аппаратного комплекса тестирования программ управления прикладного программного обеспечения АСУ ТП конвейерного транспорта шахт и рудников. Дано описание способа унификации рассмотренного комплекса.

Ключевые слова: прикладное программное обеспечение, автоматизированная система управления технологическим процессом, отладочный комплекс.

Введение

Ошибки в прикладном программном обеспечении автоматизированных систем управления технологическими процессами (далее АСУ ТП) могут стать причиной возникновения аварийных ситуаций или сбоев в режиме работы технологического оборудования. Отладка и корректировка прикладного программного обеспечения на объекте замедляет процесс внедрения АСУ ТП и является причиной появления экономических потерь. Выполнение комплексного тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП на предприятии изготовителе является важной и актуальной задачей. Эту задачу возможно решить с помощью создания специализированного программно-аппаратного комплекса, содержащего в своей структуре проблемно-ориентированные математические модели автоматизируемых технологических процессов, обеспечивающих согласованную генерацию сигналов датчиков и управляющих сигналов.

Средства тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП подразделяются на физические имитаторы, имитаторы программных сигналов, специализированные комплексы. К работам, посвященным созданию специализированных комплексов, можно отнести: WinMOD [1], xPC Target [2], имитационная модель гидроагрегата для АСУ ТП [3], тренажерно-управляющий программно-технический комплекс для объектов химической технологии [4], стенд для отладки программного обеспечения бортовой авиационной аппаратуры [5] и др. В том числе, к специализированным комплексам относится разработка ИВТ СО РАН — Программно-аппаратный комплекс для тестирования программ управления АСУ ТП шахт и рудников [6]. Данный комплекс применяется в институте при отладке прикладного программного обеспечения систем шахтной автоматики. По результатам эксплуатации были выявлены недостатки комплекса связанные с его узкой специализацией — не гибкая архитектура, необходимость разработки дополнительных программных модулей для подключения к комплексу оборудования и программного обеспечения с интерфейсами, поддержка которых не реализована в нем, не стандартизированное отображение информации.

Решение этой задачи возможно посредством создания усовершенствованной структуры специализированного программно-аппаратного комплекса и разработки алгоритмов работы модуля контроля и управления комплексом, позволяющих выполнить его унификацию на уровне подключаемых программных и аппаратных модулей. Унификация заключается в применении масштабируемой архитектуры, использовании

стандартизированного представления графической информации о моделируемом технологическом процессе, унификации электрических параметров входов и выходов.

1 Специализированный программно-аппаратный комплекс тестирования программ управления прикладного программного обеспечения АСУ ТП

В ИВТ СО РАН создан специализированный программно-аппаратный комплекс [6, 7]. Комплекс имеет двух-уровневую структуру, содержащую программный и аппаратный уровни. Программный уровень содержит: SCADA (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) систему соответствующей АСУ ТП, среду моделирования MTSS [8], менеджер связи, модели модулей ввода/вывода АСУ ТП, модели технологических процессов, модели технологического оборудования, алгоритмы АСУ ТП верхнего и нижнего уровней.

Для моделирования технологических процессов шахт и рудников в MTSS разработана специализированная библиотека технологического оборудования шахт и рудников. В состав библиотеки входят модели технологического оборудования: забой, бункер, конвейер, трансформаторная подстанция, линия электропередач и др. С использованием созданной библиотеки разработана имитационная модель конвейерной системы одной из угольных шахт Кузбасса, обеспечивающая согласованную генерацию сигналов оборудования соответствующего технологического процесса.

Аппаратный уровень комплекса содержит: рабочую станцию оператора модели, рабочую станцию оператора SCADA, среду передачи данных, блок формирования физических сигналов и оборудование АСУ ТП. Блок формирования физических сигналов формирует на основе полученных информационных сигналов соответствующие физические аналоговые или дискретные сигналы. На рисунке 1 изображен разработанный специализированный программно-аппаратный комплекс. Функционирование комплекса возможно в следующих режимах: генерация сигналов датчиков технологического оборудования, генерация управляющих сигналов для оборудования соответствующей АСУ ТП, генерация технологической информации для SCADA системы АСУ ТП.



Рис. 1: Специализированный программно-аппаратный комплекс тестирования программ управления прикладного программного обеспечения АСУ ТП

2 Унификация специализированного программно-аппаратного комплекса тестирования программ управления прикладного программного обеспечения АСУ ТП

Унифицированный программно-аппаратный комплекс для тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП представляет собой комплекс взаимосвязанных программно-технических средств, включающих имитационную модель соответствующего технологического процесса. Имитационная модель учитывает особенности предметной области, а именно — использование параметров технологического оборудования, проектных данных о конфигурации технологического оборудования, параметры реальных технологических процессов.

Расширяемая архитектура комплекса основана на использовании подхода «In-the-loop» [9, 10] и применении технологии OPC [11]. Комплекс позволяет обеспечить поддержку жизненного цикла разработки прикладного программного обеспечения при создании АСУ ТП без необходимости изменения конфигурации проекта или структуры комплекса на разных стадиях разработки. Стандартизированное отображение информации обеспечивается посредством реализации возможности подключения SCADA систем с помощью технологии OPC (например, TraceMode). Унификация комплекса на уровне подключения тестируемого оборудования АСУ ТП осуществляется путем подбора оптимальных параметров модулей ввода и вывода, входящих в состав блока формирования физических сигналов.

Наиболее часто используемым технологическим оборудованием для транспортировки угля в шахте является ленточный конвейер. Для контроля функционирования ленточных конвейеров применяются следующие датчики: кабель-тросовый выключатель (датчик экстренной остановки), датчик схода ленты, датчик заштыбовки (переполнение места пересыпа), датчик скорости (контроль скорости ленты и барабанов), датчик контроля натяжения ленты, датчик контроля ограждений, датчик давления пороговый, реле положения коммутационного аппарата, датчики положения тормозов, реле включения тормозов, реле источника питания и др. [12, 13, 14, 15]. На основе обзора датчиков и систем управления конвейерным транспортом шахт и рудников [15, 16, 17, 18, 19, 20] сформулированы требования к параметрам модулей комплекса, входящих в состав блока формирования физических сигналов. Этим требованиям, например, удовлетворяют модули ввода и вывода фирмы Advantech серии ADAM4000. Однако, формирование частотных и резистивных сигналов с помощью этих модулей требует разработки дополнительного оборудования сопряжения, ухудшающего характеристики комплекса. Для решения этой задачи были разработаны специализированные модули ввода и вывода с соответствующими параметрами, что позволило улучшить блок формирования физических сигналов, не ухудшив параметры комплекса в целом.

Ключевым объектом унифицированной структуры комплекса является разработанный специализированный модуль контроля и управления. Его алгоритмы основаны на адаптации технологии OPC к решению задач, выполняемых комплексом, и разделении видов взаимодействия модулей комплекса на уровни — программный моделирующий, программный прикладной, программный тестовый, аппаратный сопряжения и аппаратный тестовый. Созданные алгоритмы модуля позволяют осуществить централизованный контроль и управление комплексом, улучшая его эксплуатационные характеристики.

Обобщенная структура комплекса изображена на рисунке 2. Она содержит среду моделирования (например, MTSS), SCADA систему соответствующей АСУ ТП, дополнительные программы (например, SCADA TraceMode для стандартизированной визуализации процесса моделирования), OPC серверы соответствующих протоколов, специализированный модуль контроля и управления комплекса, программируемый логический контроллер (ПЛК) АСУ ТП, блок формирования физических сигналов и реальные датчики. В усовершенствованной структуре комплекса специализированный модуль контроля и управления комплекса выполняет следующие функции:

- тестирование алгоритмов прикладного программного обеспечения как с использованием модельных данных, так и без них;
- стандартизация визуализации модельных данных и обеспечение возможности взаимодействия с другими средами моделирования;
- унификация взаимодействия с аппаратным обеспечением комплекса;
- формирование единой конфигурации для выполнения экспериментов с различными компонентами АСУ ТП;

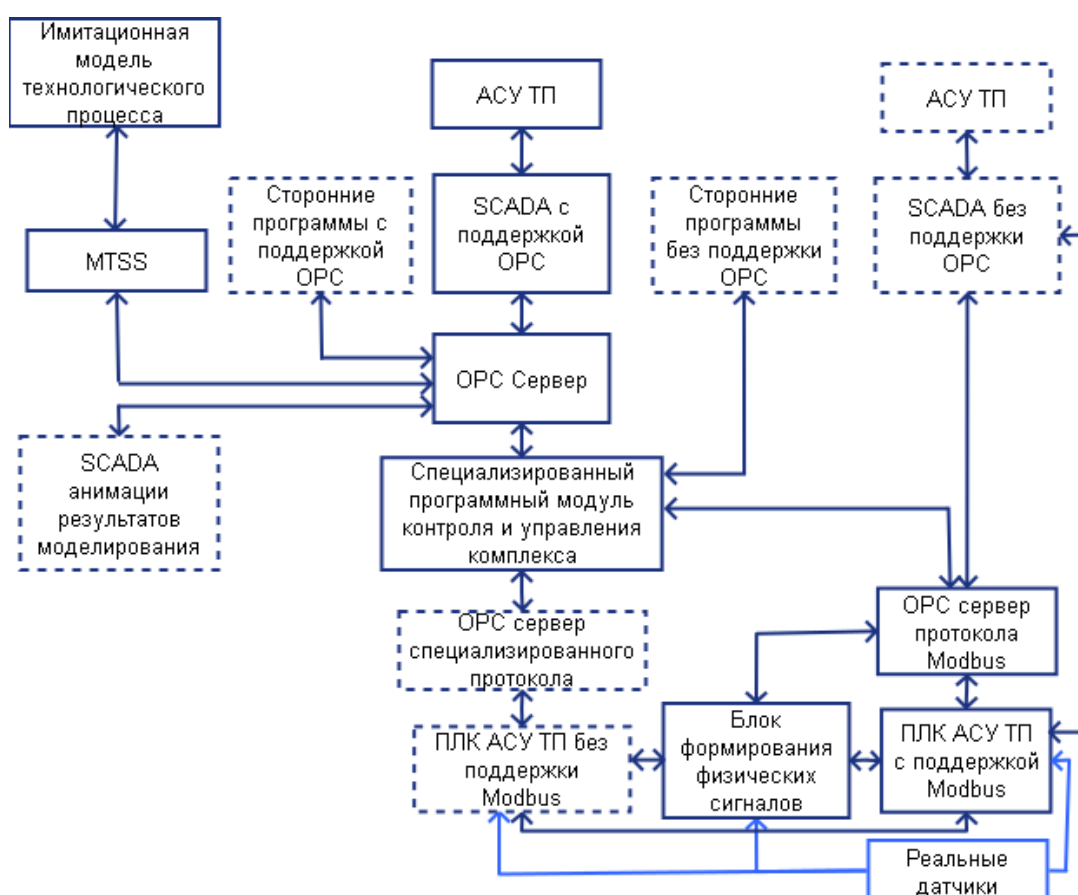


Рис. 2: Обобщенная структура унифицированного комплекса

- предоставление пользовательского интерфейса управления функционированием комплекса;
- формирование отчетов о результатах тестирования.

Заключение

Применение подхода «In-the-loop» и технологии OPC позволяет создать унифицированную структуру программно-аппаратного комплекса тестирования программ управления прикладного программного обеспечения АСУ ТП шахт и рудников. Это позволяет организовать универсальную расширяемую структуру, стандартизировать взаимодействие программных и аппаратных частей комплекса, применить стандартизированную визуализацию результатов моделирования.

Стандартные и специализированные модули блока формирования физических сигналов расширяют функциональные возможности комплекса и обеспечивают унификацию стенда на уровне электрических параметров входов и выходов комплекса с точки зрения датчиков и исполнительных механизмов систем автоматизации конвейерного транспорта шахт и рудников.

Список литературы

- [1] WinMOD system platform. Hennigsdorf, Mewes & Partner GmbH, 1995. URL: <http://winmod.com>.
- [2] xPC Target. Natick, MathWorks, 2013. URL: <http://www.mathworks.com/products/xpctarget/>.
- [3] Захарченко В.Е. Имитационная модель гидроагрегата для АСУ ТП // Автоматизация в промышленности. 2007. № 7. — С. 37–40.

- [4] Сухарев А.В., Головушкин Б.А., Лабутин А.Н., Ерофеева Е.В. Тренажерно-управляющий программно-технический комплекс для объектов химической технологии // Автоматизация в промышленности. 2011. № 7. — С. 25–28.
- [5] Бабаян Р.Р., Осипов А.Б. Стенд для отладки ПО бортовой авиационной аппаратуры // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. — С. 55–56.
- [6] Журавлёв С.С. Программно-аппаратный комплекс для тестирования программ управления АСУ ТП шахт и рудников // Вычислительные технологии. — 2013. — Т.18. — С. 150–155. — ISSN 1560-7534. — EISSN 2313-691X.
- [7] Журавлев С.С., Окольнішников В.В., Меркулов И.В., Рудометов С.В., Шакиров С.Р. Генератор сигналов для отладки и тестирования АСУ ТП на базе имитационных моделей подсистем угольной шахты // Труды Международной конференции «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики — 2015», посвященной 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука (19–23 октября 2015 г.) / ИВМиМГ СО РАН. — 2015. — Новосибирск: Абвей. — С.260–265. — ISBN: 978-5-9905347-2-8.
- [8] Рудометов С.В. Визуально-интерактивная система имитационного моделирования технологических систем // Вестник СибГУТИ. 2011. № 3. — С. 14–27.
- [9] Ryssel U., Ploennigs J., Kabitzsch K., Folie M. Generative Design of Hardware-in-the-Loop Models // APGES'07 — Salzburg, Austria, 2007. — С. 4–11.
- [10] Maibaum O. Comparison of Approaches to the Test of Control Unit Software. — 2007. — URL: http://elib.dlr.de/46744/1/ics_maibaum.pdf.
- [11] Швецов Д. Новые технологии работы с данными OPC // СТА. 2007. № 1. — С. 66–69.
- [12] Комплект датчиков "Контроль". ООО "Опытное Производство "Технологии Контроля 2017. URL: <http://op-teko.ru/control/control.html>.
- [13] Конвейерная автоматика. АО НПК "ТЕКО 2017. URL: <http://teko-com.ru/catalog/konvejernaja-avtomatika/>.
- [14] Конвейерное оборудование. ООО "Промышленный Союз 2017. URL: <http://gsho-prom.ru/konvejerno-oborudovanie.html>.
- [15] Устройства управления и связи. Прокопьевский завод взрывозащищенного оборудования «ГОРЭКС — Светотехника». URL: <http://www.gorex-ex.ru/category-items/1-produktsiya/4-ustrojstva-upravleniya-i-svyazi/>.
- [16] Патент на полезную модель № 100669 Российская Федерация, МПК7 H01N3/00. Пульт группового управления для работы в условиях подземной выработки угля / Гусев О.З., Иванов А.Е., Лесков С.К., Нарымский Б.В., Меркулов И.В., Шакиров Р.А.; заявитель и патентообладатель КТИ ВТ СО РАН. — № 2010130020/07; заявл. 19.07.10 ; опубл. 20.12.10 , Бюл. № 35. — 1 с.
- [17] Патент на полезную модель № 133951 Российская Федерация, МПК7 G06F 9/00, G05B 19/00. Блок контроля и управления в условиях опасного производства / О.З. Гусев, В.В. Колодей, А.С. Мамаев, Э.Г. Михальцов , С.Р. Шакиров; заявитель и патентообладатель КТИ ВТ СО РАН. — № 2013126010/08; заявл. 05.06.13 ; опубл. 27.10.13 , Бюл. № 30. — 1 с.
- [18] ЦАУК. ООО «ЭНИКОМП», 2017. URL: <http://enicomp.ru/produktsiya/gorno-shahtnoe-oborudovanie/tsauk-2m/>.
- [19] Блок управления конвейером. Компания ДЭП, 2017. URL: <http://dep.ru/catalog/103/buk-ks-ex/>.
- [20] Контроллер универсальный шахтный. ООО "ИНГОРТЕХ 2017. URL: <http://www.ingortech.ru/produktsiya/tekhnicheskie-ustrojstva/iskrobezopasnye-kontrollery/item/139-контроллер-универсальный-шахтный-куш/>.

Журавлев Сергей Сергеевич — младший научный сотрудник Института вычислительных технологий СО РАН;
e-mail: s-zhur@yandex.ru

Окольнишников Виктор Васильевич — д.т.н., ведущий научный сотрудник Института вычислительных технологий СО РАН; e-mail: okoln@mail.ru

Рудометов Сергей Валерьевич — к.т.н., научный сотрудник Института вычислительных технологий СО РАН;
e-mail: rsw@inbox.ru

Шакиров Станислав Рудольфович — к.ф.-м.н., начальник отдела Института вычислительных технологий СО РАН; e-mail: ShakirovSR@ict.nsc.ru.

Дата поступления — 31 мая 2017 г.