

Список использованных источников

1. Алгоритм и основные принципы работы СКУД. Полный текст: <http://asupro.com/building/control/algorithm-basic-principles-skud.html>.
2. Википедия: SQL Server Management Studio. Полный текст: https://ru.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Management_Studio.
3. Назарова О.Б., Мекешкин Е.Т. Анализ систем контроля и управления доступом для использования в муниципальных организациях // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 4. – С. 50-54; Полный текст: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1256>.

УДК 004.94

Г. В. Макаров^{1,2}, М. М. Свинцов², Н. В. Скударнова², М. Е. Казанцев²

¹ ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

г. Новокузнецк, Россия;

² ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный индустриальный университет»,

г. Новокузнецк, Россия

ПУСКОНАЛАДКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения методов полунатурной пусконаладки при разработке алгоритмов управления технологическим оборудованием. Рассмотрен пример, демонстрирующий применение аппаратно-программного моделирования для проверки и отладки алгоритмов управления насосами. В качестве модели агрегата используется модель логических состояний оборудования, построенная на основе входных и выходных дискретных сигналов оборудования. Данный подход позволяет сократить временные и материальные траты на подготовку программного обеспечения для автоматизированной системы управления. Развитие предложенного решения предлагается за счёт включения дополнительных моделей, описывающих объект с других сторон.

Ключевые слова: автоматизация, пусконаладка, системы управления, аппаратно-программное моделирование.

Abstract. The article considers the peculiarities of semi-natural commissioning methods application when developing process equipment control algorithms. An example demonstrating the application of hardware and software simulation for testing and debugging the pump control algorithm is considered. A model of logical states of the equipment, based on input and output discrete signals of the equipment, is used as a model of the unit. This approach makes it possible to reduce the time and material expenditures on the preparation of software for the automated control system. It is possible to increase the efficiency of the proposed solution by applying a number of additional models.

Key words: automation, commissioning, control systems, hardware in the loop modeling.

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами разрабатываются во все более сложных условиях. Постоянно рас-

тут требования к функционалу, увеличивается сложность и вычислительная мощность технических средств на всех уровнях, постоянно появляются новые технические средства. В то же время одной из ключевых задач разработчика является сокращение сроков и снижение стоимости разработки систем. Одним из решений в данной ситуации является применение средств полунатурной пусконаладки.

Важным этапом создания любой автоматизированной системы управления является разработка алгоритмов управления технологическими агрегатами. Отладка алгоритмов совместно с реальным оборудованием затруднительна – необходимо скоординированное взаимодействие большого количества персонала, невозможно приступить к отладке до монтажа оборудования, что приводит к росту временных затрат. В случае серьёзных ошибок в алгоритме возможна порча оборудования, а в условиях действующего производства (когда вводится новое оборудование) – отладка алгоритма на действующем оборудовании зачастую и вовсе не представляется возможной.

Оптимальным решением в таком случае будет отладка управляющих алгоритмов не с реальными агрегатами, а с их цифровыми моделями. Подобные решения относятся к полунатурному моделированию, в частности – к аппаратно-программному моделированию, когда для отладки реальной системы управления используется не физический объект, а его цифровая модель. Такой подход реализуем только при наличии моделей, описывающих необходимые свойства объекта [1, 2].

В самом простом варианте для реализации такого подхода можно воспользоваться моделью логических состояний объекта. Логические показатели можно разделить на аварийные и информирующие признаки. Аварийные говорят о невозможности продолжения работы агрегата, в то время как информирующие предназначены для определения текущего состояния оборудования [3].

Рассмотрим применение данного подхода для отладки алгоритмов логической системы управления технологического контура, активное оборудование которого представлено двумя насосами. Была построена модель логических состояний тяжелосреднего насоса. Взаимодействие системы управления с агрегатом происходит с помощью набора сигналов (таблица 1).

На основе представленных сигналов был сформирован ряд аварийных и информирующих признаков, представленные в таблице 2.

Был реализован программный модуль, выполняющий эмуляцию сигналов насоса для дальнейшей передачи их в реальную систему логического управления. Когда данная эмуляция выполняется в режиме нормальной работы агрегата – изменения сигналов происходят таким же образом, как при штатной работе реального агрегата. При необходимости, помимо нормальной работы могут имитироваться различные аварийные состояния.

Таблица 1

Сигналы насоса поз. 252

Обозначение	Тип	Описание
S100	Входной	Контроль напряжения
S101	Входной	Контроль защитной автоматики
S102	Входной	Готовность ЧП
S103	Входной	Работа ЧП
S104	Входной	ЧП подключен к сети
S105	Входной	Кнопка «Местный стоп»
S106	Входной	Кнопка «Местный пуск»
S107	Входной	Кнопка «Аварийный стоп»
U91	Выходной	Включение контактора ЧП
U92	Выходной	Пуск/стоп насоса
U93	Выходной	Сброс аварии ЧП

Таблица 2

Аварийные признаки насоса поз. 252

Символ	Модель	Тип	Комментарий
P_1	$\overline{s_{100}}$	Аварийный	Нет напряжения
P_2	$\overline{s_{101}}$	Аварийный	Сработала защитная автоматика
P_3	$\overline{s_{105}}$	Аварийный	Нажата кнопка "Местный стоп"
P_4	$\overline{s_{107}}$	Аварийный	Нажата кнопка "Аварийный стоп"
P_5	$u_{91} \wedge \overline{s_{104}}$	Аварийный	Контактор ЧП не включился
P_6	$\overline{u_{91}} \wedge s_{104}$	Аварийный	Контактор ЧП не отключился
P_7	$u_{92} \wedge \overline{s_{103}}$	Аварийный	ЧП не включился
P_8	$\overline{u_{92}} \wedge s_{103}$	Аварийный	ЧП не отключился
P_9	$u_{91} \wedge s_{104} \wedge \overline{s_{102}}$	Аварийный	Авария ЧП
P_{10}	s_{106}	Информирующий	Нажата кнопка «Местный пуск»
P_{11}	s_{103}	Информирующий	ЧП в работе

Отметим, что качество систем логического управления не поддаётся оценке с помощью таких часто используемых критериев теории управления как устойчивость, время переходного процесса и т.д., поскольку такие понятия для них отсутствуют или не несут никакого смысла.

В связи с вышесказанным, показателями эффективности такой системы будет являться корректность алгоритма управления и отношения количестве диагностируемых состояний к общему числу возможных состояний объекта управления [4].

Подготовительным этапом для проведения пусконаладки с применением полунатурного моделирования будет являться развёртывание SCADA-системы и загрузка системы логического управления в программируемый логический контроллер. После этого с помощью OPC-сервера входные/выходные сигналы агрегата подменяются на модельные (рисунок 1).

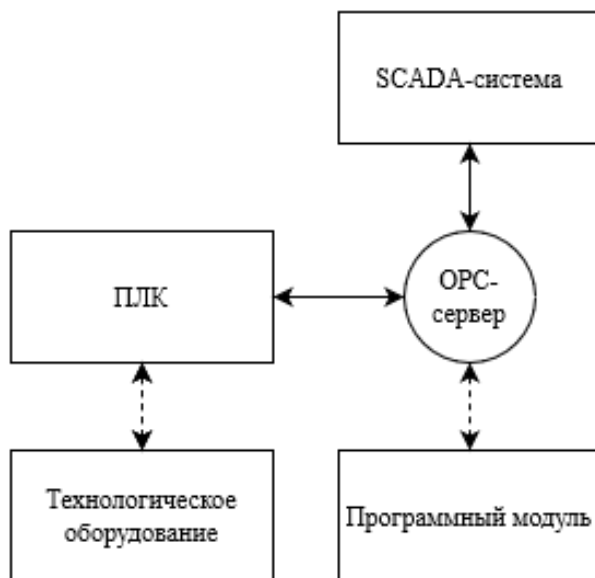


Рис. 1. Структура системы

Алгоритм работы системы логического управления, при этом, остаётся без изменений: производится чтение входных сигналов, выполняются алгоритмы диагностики аварийных и информирующих признаков, формируется управляющее воздействие и производится запись выходных сигналов. Для определения логики поведения модели насоса используется интерфейс программного модуля, представленный на рисунке 2.

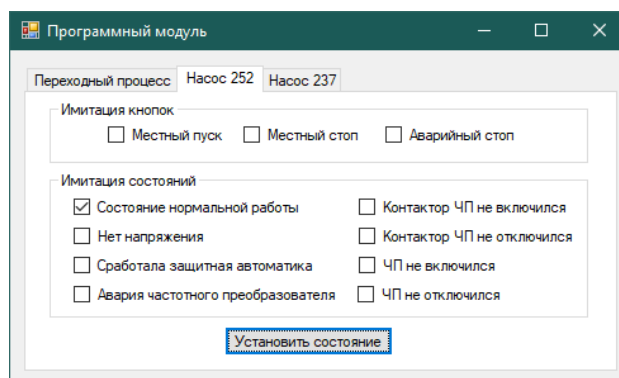


Рис. 2. Интерфейс программного модуля

В зависимости от выбранного состояния программный модуль имитирует соответствующее состояние агрегата – реакция на управляющие сигналы будет изменяться в зависимости оттого, какое состояние установлено.

В систему логического управления поступают соответствующие сигналы. Система не должна сформировать аварийные признаки, агрегат не должен начать запускаться без соответствующей команды от оператора. После провер-

ки текущего состояния системы логического управления производится имитация запуска и останова агрегата.

В случае, если система некорректно формирует управляющие воздействия или функциональные состояния агрегата – производится корректировка управляющего алгоритма, пока не будет получен правильный результат.

Важным этапом является проверка реакции систему управления на возникновение аварий. Например, при имитации состояния «Авария частотного преобразователя» сигнал «Готовность ЧП» перестанет формироваться и передаваться в систему логического управления. На рисунке 3 представлен сегмент программы, отвечающий за формирование соответствующего аварийного признака. В таблице мониторинга видно, что система логического управления сформировала состояние агрегата «Неготовность». Соответствующая информация также отразилась на окне оператора.

Имя	Тип/формат данных	Значение	Комментарий
N252_F16	BOOL (ВКЛ/ВЫКЛ,...)	0	Состояние агрегата "Авария"
N252_F15	BOOL (ВКЛ/ВЫКЛ,...)	0	Состояние агрегата "Работа"
N252_F13	BOOL (ВКЛ/ВЫКЛ,...)	1	Состояние агрегата "Неготовность"

Рис. 3. Насос 252 в состоянии «Неготовность»

Полученный программный комплекс может использоваться для помощи в тестировании и наладке автоматизированных систем управления, однако необходимо учитывать, что помимо модели логических состояний для реализации более широкого спектра возможностей должны быть построены комплексные модели агрегатов и процессов [5].

Такое комплексное моделирование должно объединять разнородные модели с учетом их связей как внутри технологического агрегата, так и с другими, имеющими общие вход/выходные воздействия по технологической цепочке, а также общие внешние воздействия. Особую сложность представляет моделирование объектов с взаимным влиянием координатных, параметрических и структурных воздействий, поскольку аппарат моделирования недостаточно разработан для них [6-8].

Такие комплексы могут быть востребованы в задачах проектирования систем автоматизации, тестировании новых алгоритмов в действующем производстве, в учебных и научно-исследовательских целях [9].

Список использованных источников

1. Hardware in the loop simulation: [Электронный ресурс] // Embedded, 2000-2022. – URL: <https://www.embedded.com/hardware-in-the-loop-simulation-2/> (Дата обращения: 24.04.2023).

2. Ляшев В.А. Технологии разработки систем управления реального времени и аппаратно-программного моделирования, их применение в российской промышленности / В.А. Ляшев, О.В. Чутко // Труды международной научно-практической конференции "передовые информационные технологии, средства и системы автоматизации и их внедрение на российских предприятиях" Aita-2011, Институт проблем управления РАН, Москва, 04–08 апреля 2011 года. – Институт проблем управления РАН, Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011. – С. 43-46.

3. Арсеньев Ю.Н., Журавлев В.М. Проектирование систем логического управления на микропроцессорных средствах. – М.: Высшая школа, 1991. – 318 с.

4. Макаров Г.В. Моделирование логических состояний оборудования / Г.В. Макаров, Е.В. Тамаркина, М.В. Ляховец, А.С. Саламатин // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Мин-во образования и науки РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред.: С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – С. 108-113.

5. Виртуальная пусконаладка и подобие систем управления / Г.В. Макаров, М.М. Свинцов, Н.В. Скударнова, Л.П. Мышляев // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных с международным участием, Екатеринбург, 19–20 мая 2022 года / Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2022. – С. 256-262.

6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

7. Евтушенко В.Ф. О натурно-модельном подходе и теории подобия применительно к системам управления / В.Ф. Евтушенко, А.А. Ивушкин, К.Г. Венгер, Л.П. Мышляев, Г.В. Макаров // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019. Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. 2019. – С. 21-24.

8. Гухман А.А. Введение в теорию подобия: уч. пос. для вузов. – М., «Высшая школа». 1973. – 296 с.

9. Методика построения виртуально-физической лаборатории "Элементы и устройства роботизированных систем" / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, Т.Н. Зайченко, М.И. Кочергин // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. 2019. № 1-2. – С. 178-182.

УДК 001.89:004.9

Л. С. Масальский, Д. Я. Арефьева

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ НАУЧНЫХ ВИЗУАЛИЗАЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ВАРИАТИВНОСТИ И ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ *

Аннотация. В данной работе рассматриваются проблемы представления информации в виде графовой модели при научной визуализации, отмечается недостаток возможности отображения динамических процессов на графе и необходимость расширения возможностей модели. По итогам рассмотрения сформулирована проблема недостаточности инструментария анализа динамики публикационной активности, для решения проблемы авторами предложены визуальные и интерфейсные решения, расширяющие возможности графовой модели для проведения ретроспективного качественного анализа и рассмотрения вариативности модели по ключевым показателям. Данные подходы реализованы в рамках созданного для наукометрического отдела программного обеспечения модуля визуализации. Дополнительно авторами проанализированы критерии оценки публикационной активности, проведен анализ зависимости публикационных показателей для различных временных периодов, предложено представление данных для оценки коллабораций в виде изменяющихся числовых интервалов. По итогам апробирования сотрудниками университета подтверждено соответствие предложенных подходов потребностям аналитических задач.

Ключевые слова: научная визуализация, графовая модель, динамические системы, публикационная активность, публикационные коллаборации.

Abstract. In this paper problems of data representation for scientific visualizing in the form of graph model are considered, the lack of abilities of dynamic processes representation on the graph is noted. Based on the results of analysis, the task to prevent disadvantages of the model for publication dynamics representation is set. Technological solutions for software-based retrospective and variability analysis are proposed by authors. Criteria for evaluating publication collaboration are considered, methods for publication activity dynamics analysis in the form of numerical ranges diagrams are proposed. These methods are used in the software module developed for scientometrics department. Based on the result of testing, appropriateness of proposed solutions is proved.

Key words: scientific visualization, graph model, dynamic systems, publication activity, publication collaboration.

В современных научных исследованиях активно применяется графическое представление рассматриваемых объектов в виде различных моделей,

© Масальский Л. С., Арефьева Д. Я., 2023

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Логуновой О.С. и к-та пед. наук, доцента Ильиной Е.А.