

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОКОЛА OPC UA ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, УПРАВЛЯЕМОГО С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-РЕАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЛЕРА

П.А. Никишечкин, А. Аль Хури, А. Исса, Н.Ю. Червоннова (ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Исследованы возможности применения протокола OPC UA для мониторинга работы технологического оборудования, управляемого с помощью программно-реализованного контроллера (SoftPLC). Сформулированы требования к механизму взаимодействия SoftPLC-OPC UA, его функциональные возможности и базовые принципы построения. Рассмотрена архитектура взаимодействия контроллера и OPC UA сервера для реализации процессов управления и мониторинга. Систематизированы основные блоки данных, которые необходимо передавать с использованием протокола OPC UA. Рассмотрена реализация механизма взаимодействия SoftPLC-OPC UA на примере управления промышленной печью.

Ключевые слова: технологическое оборудование, мониторинг, OPC UA, программно-реализованный контроллер, Industry 4.0, управление, автоматизация.

Введение

Современные тенденции развития машиностроительных предприятий подразумевают построение систем управления технологическими процессами с широкими коммуникационными возможностями для реализации передачи информации на более высокие уровни управления предприятием. Сбор информации о состоянии производственно-технологической системы предприятия позволяет осуществлять непрерывный мониторинг за функционированием оборудования, осуществлять обработку и анализ данной информации и принимать решение о необходимости корректировки их рабочих режимов для повышения эффективности производственных процессов [1–3].

Описанные тенденции предполагают наличие универсального и независимого от конкретной платформы коммуникационного механизма, реализующего надежное взаимодействие систем управления между собой на производственном уровне, а также обеспечение передачи информации в системы управления более высокого уровня (MES, ERP). Одним

из таких механизмов является коммуникационная технология OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture), соответствующая международному стандарту IEC 62541. Данная технология предоставляет широкие возможности для надежной передачи информации от управляющих устройств, что можно использовать и для мониторинга работы производственных объектов [2].

Разработка механизма взаимодействия программно-реализованного контроллера с OPC UA сервером

Одним из наиболее распространенных устройств промышленной автоматизации является ПЛК. На сегодняшний день широкое распространение получают программно-реализованные контроллеры (SoftPLC), подразумевающие замену полностью аппаратного ПЛК на программно-алгоритмическое обеспечение. Взаимодействие SoftPLC с объектом управления обычно осуществляется с помощью пассивных модулей ввода/вывода, реализующих функции логического управления, а также задачи управления простым движением. В представленной работе описан подход к реализации мониторинга за состоянием работы программно-реализованного контроллера и управляемого им объекта управления с применением технологии OPC UA, определяющей передачу данных в промышленных сетях и взаимодействие устройств (рис. 1).

Основной вычислительный модуль программно-реализованного контроллера функционирует на базе одноплатного компьютера, в который загружается необходимое программное обеспечение, а также файлы управляющей программы и конфигурация подключаемых устройств. Контроллер взаимодействует по одному из промышленных протоколов (EtherCAT, SERCOS, CAN и др.) с аппаратными модулями ввода/вывода, с помощью кото-

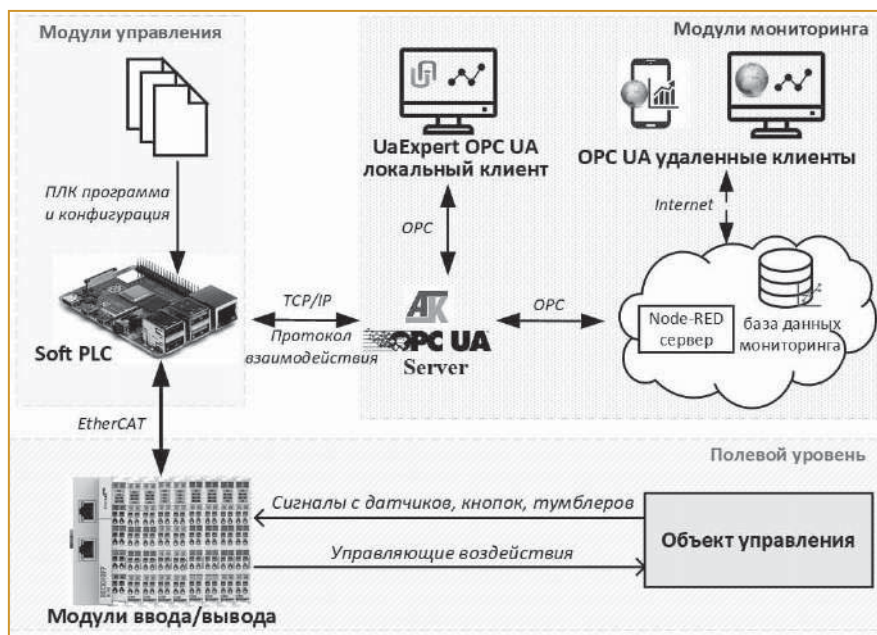


Рис. 1. Архитектура построения программно-реализованного контроллера и системы мониторинга на базе OPC UA

рых производится передача управляющих воздействий на объект управления, а также прием сигналов с датчиков и встроенных терминалов управления (кнопки, регуляторы, тумблеры и т. д.) [4–5].

Для реализации взаимодействия между OPC UA сервером и контроллером SoftPLC были разработаны дополнительные модули мониторинга, взаимодействующие с программной частью контроллера. OPC UA сервер является основным модулем, содержащим информационную модель данных контроллера. Коммуникация между OPC UA сервером и контроллером обеспечивается путем использования разработанного интерфейса взаимодействия OPC UA-SoftPLC, позволяющего преобразовывать информацию о работе контроллера и состоянии подключенных к нему модулей ввода/вывода в блоки данных, называемые узлами (nodes), которые отображают состояние физических объектов модулей ввода/вывода со стороны OPC UA сервера. Данные, полученные из контроллера, соотносятся с узлами OPC UA в адресном пространстве сервера и группируются по соответствующим компонентам в информационной модели сервера. Использование общей информационной модели OPC UA для решения обеспечивает гибкость и надёжность работы механизма взаимодействия. В дальнейшем по запросу клиентов сервер генерирует стандартизированные сообщения в виде OPC UA пакета байт или XML файла и отправляет их необходимым адресатам [2, 6]. Таким образом реализуется возможность получения по запросу клиентов стандартизированных пакетов данных, содержащих информацию о состоянии работы контроллера и объекта управления.

Локальные клиенты OPC UA находятся в одной сети (производственной) с OPC UA сервером и могут в режиме реального времени запрашивать необходимую информацию. Информация может исполь-

зоваться для мониторинга управляемых процессов, а также для ее обработки и управления процессами в режиме реального времени.

Удаленные клиенты OPC UA представляют собой Web-приложение, которое может подключаться к серверу OPC UA через облачную базу данных, используя сервис Node-RED, который позволяет просматривать адресное пространство серверов, осуществлять чтение атрибутов узлов, а также подписываться на изменения отслеживаемых элементов. Таким образом, удаленные клиенты могут подключаться к OPC UA серверу через глобальную сеть и отслеживать необходимые параметры, например, с помощью Web-браузера на мобильных устройствах. Это позволяет осуществлять мониторинг и контроль за технологическими процессами вне зависимости от используемой аппаратной платформы и операционной системы [3,7].

Организация коммуникации между программно-реализованным контроллером и OPC сервером предполагает реализацию дополнительных программных модулей в каждом из компонентов (рис. 2).

В ядре программно-реализованного контроллера, помимо основных штатных модулей, отвечающих за работу контроллера, необходимо предусмотреть наличие модуля коммуникации с OPC UA, включающего в себя локальный сервер данных и модуль данных OPC UA-ПЛК. Данный модуль предназначен для формирования необходимого пакета данных, который отправляется в OPC сервер в соответствии с заданной структурой.

Данные, передаваемые между SoftPLC и OPC UA сервером, можно условно разделить на две основные группы: состояние работы контроллера и состояние его переменных. К параметрам, отвечающим за состояние работы контроллера, относятся: статус работы

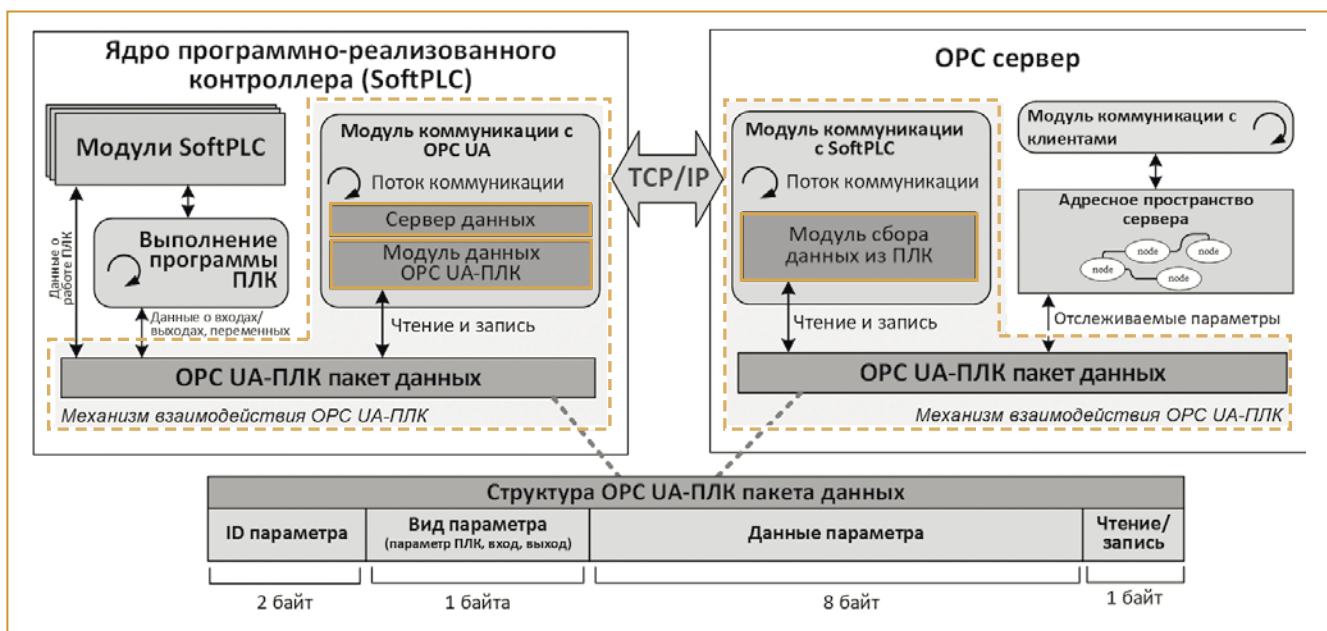


Рис. 2. Реализация механизма взаимодействия SoftPLC-OPC UA

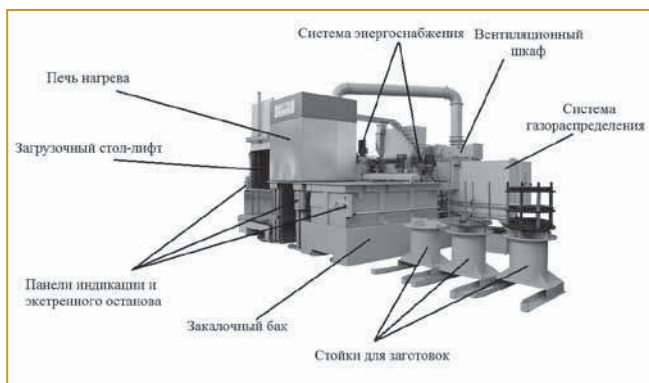


Рис. 3. Основные узлы промышленной печи

ядра контроллера, период работы контроллера, наличие взаимодействия с аппаратной частью (логический сигнал), число входов/выходов контроллера. Данный набор параметров является неизменным и передается в OPC сервер при управлении любым процессом. При этом каждый из перечисленных параметров является параметром «только для чтения», без возможности изменения значений [7].

К переменным контроллера можно отнести состояния его аппаратных входов/выходов, а также внутренних сохраненных переменных. Набор таких данных может различаться в зависимости от управляемого процесса. Для управления и мониторинга за работой конкретного оборудования в инструментарии программирования контроллера необходимо сформировать набор параметров, который будет передаваться в OPC UA сервер для возможностей удаленного мониторинга. Также важным моментом является задание параметра, показывающего, разрешено ли изменение параметра через OPC UA сервер, или данный параметр предназначен только для чтения. Это позволит разделять параметры, необходимые для мониторинга за процессом, и параметры, изменение которых позволит влиять на управляемый объект управления, то есть осуществлять удаленное управление [8–9].

Со стороны OPC UA сервера разработан модуль коммуникации с контроллером, который отправляет запрос на необходимую информацию в коммуникационный модуль контроллера. В ответном пакете данных содержится информация о запрашиваемом параметре, а именно, о текущем состоянии контроллера или значении переменной, соответствующей входу/выходу контроллера. Циклический обмен данными реализуется через TCP/IP протокол, и таким образом OPC UA сервер получает полный набор отслеживаемых параметров, которые загружает в свое адресное пространство как атрибут узлов. Для выполнения задач мониторинга наиболее простым способом обмена данными между клиентом и сервером является использование

сервисов OPC UA «чтение и запись», которые позволяют клиенту OPC UA считывать и записывать один или несколько атрибутов узлов, поддерживаемых в пространстве адресов сервера OPC UA. Таким образом, клиенты получают доступ к необходимым данным на основе механизма подписок или запросов, что является необходимой возможностью для клиентов, нуждающихся в циклическом обновлении значений переменных [6].

Пример использования OPC UA для мониторинга параметров промышленной печи, управляемой программно-реализованным контроллером

Рассмотрим возможности применения механизма взаимодействия SoftPLC-OPC UA на примере управления промышленной печью. Данное оборудование используется для термообработки титановых и алюминиевых сплавов и реализации следующих процессов: азотирование, цементация, отпуск, отжиг, спекание, а также закалка в различных средах. Промышленная печь состоит из основных узлов, управление которыми осуществляется с помощью логического контроллера (рис. 3).

Программно-реализованный контроллер осуществляет управление по заданной контроллерной программе, в которой систематизированы основные переменные. На первом этапе были выделены следующие контролируемые узлы и параметры, изменяющие свое состояние в ходе технологического процесса и необходимые для контроля и мониторинга:

- наличие заготовки в печи, закалочном баке и на загрузочном столе;
- положение печи и ее перемещение;
- наличие жидкости в закалочном баке;
- температура, отображаемая как различным цветом, так и в виде шкалы;
- работа вентиляции и газораспределительной системы;
- выполнение циклов термообработки;
- наличие питания;
- подключение баллонов с газом;
- готовность системы к работе, отсутствие аварий.

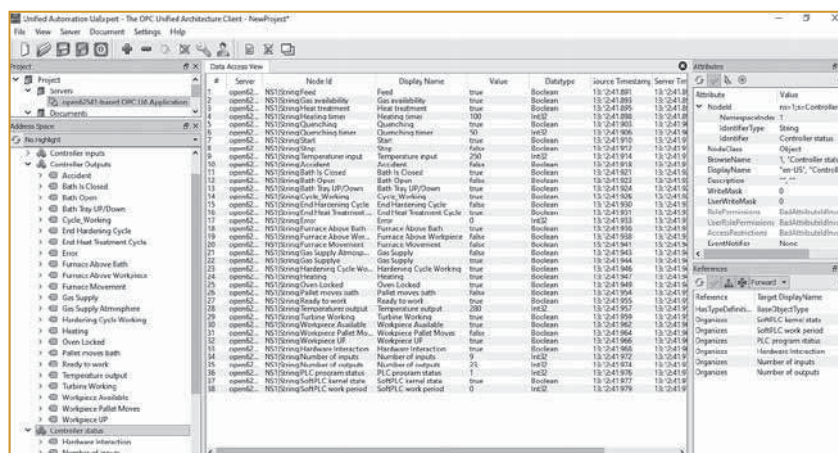


Рис. 4. Разработка мастер-клиента OPC UA для мониторинга за работой промышленной печи

Для создания OPC сервера был выбран стек Open62541, который предоставляет необходимую функциональность для реализации механизма OPC UA и сокращает время разработки. Проект реализован на языке C/C++ и выполнен в виде библиотеки с экспортируемыми функциями на платформах ОС Windows, Linux, QNX, Android и др. Эти библиотеки обеспечивают реализацию узлов в адресном пространстве OPC UA, дают им определенный тип и описывается списком атрибутов. Дополнительная информация об узле может быть добавлена как его свойство.

Информационная модель OPC UA сервера, соответствующая иерархии внутренней структуры объектов системы контроллера, позволяет иметь полную и структурированную информацию о работе промышленной печи для мониторинга и контроля ее работы [8,10].

Для тестирования разработанного OPC UA сервера на рынке существует множество готовых OPC UA клиентов, таких как UaExpert OPC UA Client, Matrikon OPC UA Explorer, Siemens OPC UA client, Prosys OPC UA Browser и др., которые подключаются к системе управления через OPC UA сервер для получения от нее необходимых данных и передачи команд. В качестве инструмента для тестирования созданного OPC UA сервера был использован клиент UaExpert. В дереве проекта UaExpert отображаются узлы OPC UA сервера, такие как состояние работы контроллера и переменные — входы/выходы контроллера, необходимые для отслеживания. Список отслеживаемых узлов и частота опроса данных может изменяться и настраиваться под конкретные задачи (рис. 4) [10].

Заключение

Рассмотренная задача построения системы мониторинга за технологическими процессами с использованием технологии OPC UA является актуальной для построения современных предприятий, отвечающих концепции Industry 4.0. Реализованный OPC UA сервер обеспечивает стандартизированный, гибкий и эффективный механизм обмена данными между программно-реализованным контроллером и различными типами OPC UA клиентами (локальными и удаленными). Это позволит решить задачу мониторинга за управляемыми процессами и работой оборудования, а также обеспечивать передачу необходимой производственной информации на более высокие уровни управления предприятием.

Рассмотренный пример передачи необходимых параметров для осуществления мониторинга за работой промышленной печи, управляемой с помощью программно-реализованного контроллера с помощью OPC UA, является подтверждением правильности

выбранного подхода и доказывает перспективность реализации системы мониторинга. Реализация представленных механизмов и их использование на отечественных предприятиях позволит расширить возможности мониторинга и контроля за технологическими процессами, оперативно реагировать на аварийные ситуации и будет способствовать построению многоуровневых технологических и организационных систем управления производством.

Список литературы

1. *Martynova, L., Sokolov, S. and Babin, M.* (2020). Organization of Process Equipment Monitoring. In: 2019 XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP). Samara: IEEE.
2. *Martynova L. and Martinov, G.* (2018). Automation of Machine-Building Production According to Industry 4.0. In: 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications. Vladivostok, pp.1 - 4. ISBN:978-1-5386-7531-1.
3. *Никишечкин П.А., Григорьев А.С.* Практические аспекты разработки модуля диагностики и контроля режущего инструмента в системе ЧПУ // Вестник МГТУ СТАНКИН. 2013. № 4 (27). С. 65-70.
4. *Georgi M. Martinov, Sergey V. Sokolov, Lilija I. Martinova, Anton S. Grigoryev, Petr A. Nikishechkin.* Approach to the Diagnosis and Configuration of Servo Drives in Heterogeneous Machine Control Systems // 8th International Conference, ICSI 2017 Fukuoka, Japan, July 27 – August 1, 2017 Proceedings, Part II, pp.586-594.
5. *Martinov G., Pushkov R., Evstafieva S.* Collecting diagnostic operational data from CNC machines during operation process. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020;709:033051. doi: 10.1088/1757-899X/709/3/033051.
6. *Sokolov S., Pushkov P., Evstafieva S.* General-purpose Control System Adaptation for Gear Milling Tasks. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2019. p. 1-5.
7. *Мартинов Г.М., Аль Хури Акрам, Исса Ахед.* Удаленное управление сервоприводами CAN и мониторинг их работы на основе микрокомпьютеров ARM и с использованием протокола OPC UA // Автоматизация в промышленности, №10. 2019. с.9-12.
8. *Martinov, G., Martinova, L. and Ljubimov, A.* (2020). From classic CNC systems to cloud-based technology and back // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2020, Vol. 63, June.
9. *Martinov, G., Issa, A. and Martinova, L.* (2019). Controlling CAN Servo Step Drives and Their Remote Monitoring by Using Protocol OPC UA. In: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok: IEEE, pp.1-5.
10. *Никишечкин П.А., Ковалев И.А., Григорьев А.С., Никич А.Н.* Построение кроссплатформенной системы для сбора и обработки диагностической информации о работе технологического оборудования на промышленных предприятиях // Автоматизированные технологии и производства. 2016. №4(14) с.51-56.

Никишечкин Пётр Анатольевич – доцент, Аль Хури А. – преподаватель, Исса А. – аспирант, Червонова Надежда Юрьевна – старший преподаватель, кафедра компьютерных систем управления ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон +7 (499) 972-94-40.

E-mail: pnkishechkin@gmail.com