

# ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕГРАЦИИ ПРОВОДНЫХ И БЕСПРОВОДНЫХ ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ

Гительман В.С.<sup>1</sup>, Курганов В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «ТомскНИПИнефть», Отдел АСУ ТП, Инженер II категории, e-mail: GitelmanVS@tomsknpi.ru

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru

## Введение

Современные системы автоматизации (АСУ ТП) играют ключевую роль в промышленности, обеспечивая эффективное управление производственными процессами. Классические АСУ ТП, основанные на проводных технологиях, доказали свою надежность и эффективность. Однако, с развитием беспроводных протоколов связи, возникает необходимость интеграции проводных и беспроводных технологий для достижения еще большей эффективности и гибкости в управлении технологическими процессами.

Целью работы является разработка и исследование системы автоматического регулирования температуры, основанной на комбинации проводных (OPC UA, DA) и беспроводного (MQTT) протоколов связи. Предложена архитектура АСУ ТП, включающая в себя программируемый логический контроллер (ПЛК), среду математического моделирования, коммуникационную платформу, SCADA-систему и мобильное приложение.

## Основная часть

В ранней работе была разработана математическая модель системы автоматического регулирования температуры, состоящая из ПЛК, ПЧВ (преобразователя частоты векторного), асинхронного электродвигателя, вентилятора, нагревательного элемента, термосопротивления и термопреобразователя сопротивления [1]. Модель системы была реализована в программном обеспечении (ПО) MATLAB Simulink. В настоящей работе модель была успешно перенесена и построена в отечественном ПО SimInTech.

Для управления объектом используется ПЛК 150 компании Овен и программа CODESYS OPC Server. Данные, полученные с помощью ПЛК, передаются в среду математического моделирования SimInTech [2] по протоколу OPC DA. Результаты моделирования, выходные данные из среды SimInTech по протоколу OPC UA поступают в коммуникационную платформу KEPServerEX 6 [3]. Далее данные преобразовываются в MQTT сообщение и передаются по MQTT-протоколу на брокер EMQX, в приложение IoT MQTT Panel. С помощью данного приложения можно удаленно управлять процессом регулирования температуры, контролировать параметры и задавать уставку. Предлагаемая архитектура АСУ ТП с использованием беспроводного протокола MQTT приведена на рис. 1.

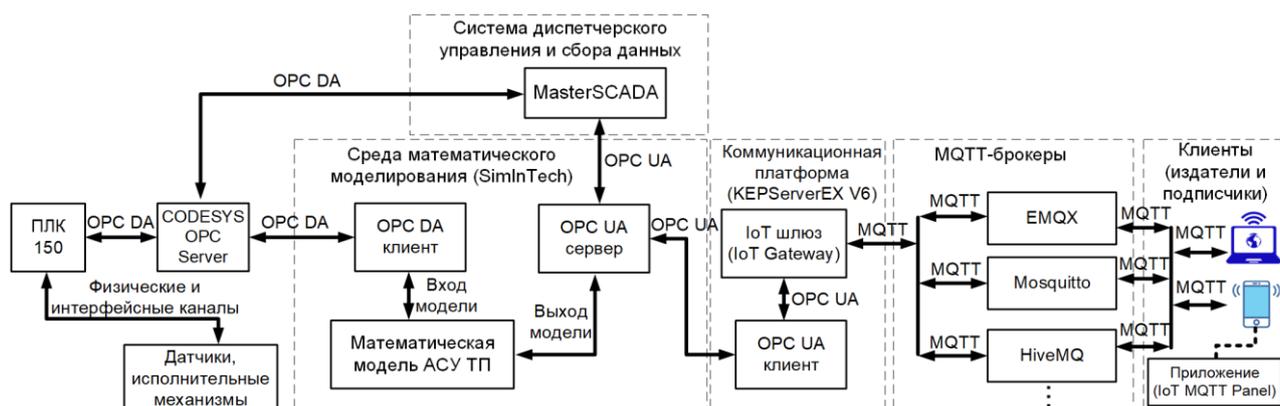


Рис. 1. Предлагаемая архитектура АСУ ТП с использованием беспроводных протоколов связи

В научной работе [4] рассматривается интеграция протоколов OPC UA и MQTT для цифровизации промышленности в соответствии с концепцией Индустрии 4.0. Приводится описание предлагаемой архитектуры системы на основе взаимодействия данных протоколов. Таким образом, совместное применение OPC UA и MQTT протоколов позволяет осуществить цифровизацию существующей АСУ ТП, модернизировать системы, работающие только на основе OPC UA протокола.

MQTT представляет собой протокол беспроводной передачи данных, широко используемый для M2M (Machine-to-Machine) взаимодействия между устройствами. По своей сути, MQTT – специализированный протокол публикации небольших наборов данных в интернете вещей [5]. Основная сфера его применения — доставка небольших сообщений, например, показателей датчиков. Сообщения в MQTT передают между тремя участниками — издателями, брокером и подписчиками: Издатели — отправители сообщений, например датчики, установленные в термометрах и других IoT-устройствах. Брокер (MQTT-broker) — центральный узел MQTT, который отвечает за взаимодействие между издателями и подписчиками. Брокер получает данные от издателей, обрабатывает их, передает подписчикам и контролирует доставку. Обычно в качестве брокера выступает серверное ПО (MQTT Server) или контроллер. Подписчики — конечные получатели данных от датчиков, например аналитическая система, развернутая в облаке.

У MQTT-протокола несколько особенностей, которые, в частности, делают данный протокол энергоэффективным. MQTT — бинарный протокол. При передаче данных в условиях медленной и нестабильной связи нужно экономить каждый бит. Поэтому данные пересылают в максимально компактном виде. Минимальное управляющее сообщение MQTT может состоять всего лишь из двух байтов данных. MQTT требует небольших вычислительных ресурсов для реализации на устройстве IoT, благодаря чему данный протокол является подходящим для использования на микроконтроллерах. Более того, данный протокол минимально нагружает вычислительные мощности устройств и правильно доставляет сообщения в центральный узел (MQTT-брокер) в условиях нестабильного соединения. Также данный протокол является надежным при передаче данных, MQTT-сообщения доставляются правильно и устройства не тратят ресурсы на повторную отправку сообщений.

Посредством комбинации проводного протокола OPC UA и беспроводного протокола MQTT, а также среды моделирования, можно наладить связь с ПЛК через MQTT без необходимости использования аппаратных средств, шлюзов. Более того, с использованием предлагаемой архитектуры (рис. 1) возможно обеспечить связь по беспроводному протоколу MQTT с ПЛК, который изначально не поддерживает протокол MQTT. Таким образом, данный подход в ряде случаев позволяет сэкономить средства и упростить процесс интеграции проводных сетей с беспроводными.

Дополнительно стоит отметить ряд преимуществ предлагаемого подхода:

- совместное использование проводных и беспроводных технологий способствует повышению гибкости и эффективности в управлении и контроле технологических параметров. Комбинация технологий позволяет применять возможность удаленного управления и контроля технологических параметров посредством мобильных приложений (смартфонов);

- с использованием предлагаемой архитектуры АСУ ТП возможно создать более гибкую и масштабируемую систему связи, осуществить экономию средств при построении сетей (свести к минимуму количество проводов, исключить необходимость использования аппаратных шлюзов). В результате беспроводные протоколы связи позволяют передавать данные на большие расстояния без необходимости прокладывать проводную связь;

- применение беспроводных протоколов показывает высокую эффективность в условиях высокой степени удаленности объекта или сложности промышленных систем.

Предлагаемая в настоящей работе архитектура (Рис. 1) позволяет реализовать более гибкую систему АСУ ТП, повысить эффективность диспетчерского контроля и управления технологическими процессами. При этом классический подход управления посредством SCADA-системы также присутствует. В данной архитектуре взаимодействие ПЛК со SCADA-системой (MasterSCADA) может производиться через среду математического моделирования SimInTech (протокол OPC UA) или через CODESYS OPC Server (протокол OPC DA). Второй способ позволяет при обрыве соединения со средой моделирования продолжить работу с MasterSCADA и сохранить классическую схему взаимодействия элементов АСУ ТП без использования среды математического моделирования и беспроводных протоколов связи. Таким образом, в случае разрыва соединения со средой математического моделирования и MQTT-брокером, АСУ ТП при правильной настройке продолжит выполнять свои функции с использованием классического ПЛК-SCADA взаимодействия посредством OPC-технологии. Для сохранения надежности взаимодействия ПЛК и SCADA-системы возможно либо напрямую подключать SCADA-систему MasterSCADA к ПЛК (по OPC DA), минуя среду математического моделирования SimInTech, либо комбинировать прямое подключение ПЛК к MasterSCADA по OPC DA через CODESYS OPC Server и подключение ПЛК к MasterSCADA посредством OPC UA Server в среде математического моделирования.

В целях сохранения надежности АСУ ТП полный переход на взаимодействие ПЛК с MQTT-брокером без использования SCADA-системы и классических OPC-протоколов не целесообразен и не рекомендуется крупными производителями оборудования для автоматизации [6]. Производители рекомендуют расширять существующую АСУ ТП посредством MQTT в том случае, если MQTT будет использоваться в качестве параллельной надстройки над существующей системой, основанной на OPC технологиях.

На рис. 2 приведена построенная в программном обеспечении SimInTech система для передачи данных с использованием технологии OPC (протоколов OPC UA/DA).

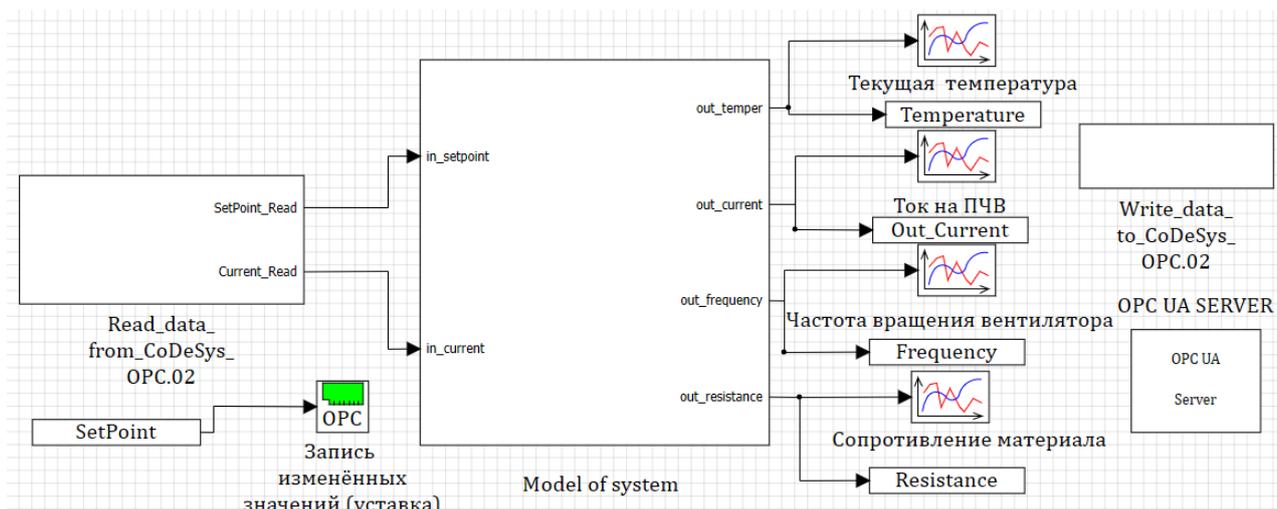


Рис. 2. Модель в среде SimInTech для реализации связи с использованием технологии OPC

Представленная АСУ ТП позволяет не только использовать все те преимущества, о которых было написано ранее, но и применять возможности среды математического моделирования для реализации сложных и эффективных алгоритмов управления. Например, для регулирования параметров технологических процессов в среде математического моделирования возможна разработка регуляторов на базе нечёткой логики, нейронных сетей. Также можно осуществлять решения оптимизационных задач, строить системы поддержки принятия решений (СППР) для повышения качества управление технологическим процессом.

В целях расширения возможностей представленной архитектуры АСУ ТП, в перспективе может быть разработано приложение дополненной реальности (AR-приложение) на основе протокола MQTT, которое позволит осуществлять мониторинг технологических параметров, а также управление технологическим процессом с использованием смартфонов, планшетов (мобильных АРМ).

## Заключение

В данной работе была предложена архитектура АСУ ТП, позволяющая интегрировать проводные и беспроводные протоколы связи. Данное решение способствует повышению эффективности и гибкости управления технологическими процессами. В ряде случаев данная архитектура также может способствовать экономии средств, поскольку при её реализации не требуются дорогостоящие аппаратные средства (IoT шлюзы, контроллеры с поддержкой беспроводных протоколов передачи данных). При этом предлагаемое решение эффективно в случае расширения, масштабирования существующей АСУ ТП. Более того, применение данной архитектуры дает возможность дистанционного управления технологическим процессом практически из любого места, обеспечивающего доступ к сети интернет.

На примере существующей системы регулирования температуры, управление которой построено на базе комбинации промышленных протоколов OPC UA/DA и беспроводного протокола связи MQTT, а также среды математического моделирования SimInTech, показаны преимущества предлагаемой архитектуры АСУ ТП. Такой подход позволяет любому ПЛК, который имеет возможность подключения по протоколу OPC DA, легко наладить взаимодействие с любой SCADA-системой, поддер-

живающей OPC UA, поскольку среда математического моделирования способна обеспечить получение и передачу данных как с использованием OPC DA, так и посредством OPC UA.

### **Список использованных источников**

1. Гительман В.С. Модельно-ориентированное проектирование как инструмент повышения качества разработки программного обеспечения для программируемых логических контроллеров / В.С. Гительман, В.В. Курганов // Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа : Сборник тезисов XVI региональной научно-технической конференции молодых специалистов АО «ТомскНИПИнефть», Томск, 3 марта 2023 года / Отв. редактор А.Г. Чернов. – Томск: Акционерное общество «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», 2023. – С. 37–41. – EDN OWPTAK.
2. Среда динамического моделирования SimInTech // SimInTech: сайт. – 2023. – URL: <https://simintech.ru/>.
3. Коммуникационная платформа KEPServerEX // ИнСАТ: сайт. – 2023. – URL: <https://insat.ru/products/?category=2375>.
4. Wang, Z., Han, D., Gong, Y., & Zhao, Y. (2022). Multi-protocol Integration and Intercommunication Technology Based on OPC UA and MQTT. Journal of Physics: Conference Series, 2173, 012070. DOI: [10.1088/1742-6596/2173/1/012070](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2173/1/012070).
5. MQTT: протокол передачи данных в интернете вещей // Журнал VK Cloud: сайт. – 2023. – URL: <https://mcs.mail.ru/blog/protokol-peredachi-dannyh-mqtt/>.
6. Bridge your OPC UA systems to MQTT // OPTO 22: сайт. – 2022. – URL: <https://blog.opto22.com/optoblog/bridge-your-opc-ua-systems-to-mqtt>.