

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Чжан Лифан

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. А. Савельев

В работе приведен анализ основных требований к современной интеллектуальной системе мониторинга и диагностики промышленного оборудования, что может служить основой для создания системы удаленного мониторинга, соответствующей требованиям современной промышленности.

Ключевые слова: интеллектуальная система, передача данных, мониторинг, промышленное оборудование, совместимость.

Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении информационных технологий в промышленность, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. Технология удаленного мониторинга промышленного оборудования, являясь ключевым элементом промышленной информатизации, может значительно повысить эффективность управления оборудованием, снизить уровень простоев из-за неисправностей и продлить срок службы оборудования. Согласно отчету известного маркетингового агентства *Gartner*, опубликованному в 2023 г., более 75 % производственных предприятий постепенно внедрились технологии удаленного мониторинга.

В настоящее время в различных источниках авторы предлагают различные подходы к решению проблемы удаленного мониторинга промышленного оборудования. Так, в [1], в рамках исследования технологий удаленного управления промышленным оборудованием, рассмотрено использование технологий *NAT*-туннелирования и *USB over IP* для реализации удаленного программирования и мониторинга промышленного оборудования. В [2] рассматривают применение технологий удаленного мониторинга в области сельского хозяйства и предлагают интегрированную информационную архитектуру под названием *BHiveSense*, основанную на Интернете вещей и микросервисах, для устойчивого удаленного мониторинга и управления пчеловодческими хозяйствами. В [3] описана система удаленного визуального контроля за распределением и потреблением электроэнергии на основе архитектуры больших данных, используя преимущества больших данных для поддержки удаленного визуального управления электрическими сетями.

С учетом текущего состояния промышленного производства система удаленного мониторинга промышленного оборудования должна решать следующие основные проблемы.

Основной проблемой, с которой сталкиваются системы удаленного мониторинга промышленного оборудования, является нестабильная передача данных. В процессе промышленного производства оборудование постоянно генерирует большое количество эксплуатационных данных, таких как температура, давление, частота вибрации, скорость работы и т. д. Эти данные являются важной основой для предприятий, чтобы понять состояние оборудования и принимать производственные решения. Однако в настоящее время нестабильная передача данных может привести

к потере данных и задержкам, что, в свою очередь, влияет на своевременное определение и обработку отказов оборудования. Например, в химическом производстве нестабильная передача данных о температуре при ее аномальном росте не позволит системе мониторинга своевременно получить точные данные, что может привести к неконтролируемой реакции, вызвать аварийную ситуацию, а также привести к снижению качества продукции и потере производственной эффективности.

Передача данных должна обладать высокой надежностью, чтобы гарантировать, что данные не будут потеряны из-за сетевых сбоев, внешних помех и других факторов. Это требует использования надежных сетевых протоколов и технологий передачи, таких как выбор протоколов с механизмами коррекции ошибок и повторной передачи на уровне сетевого протокола, чтобы обеспечить целостность данных в процессе передачи. Для того чтобы предприятия могли своевременно получать информацию о состоянии оборудования, передача данных должна обладать низкой задержкой. В идеальных условиях данные оборудования должны передаваться в центр мониторинга за миллисекунды или секунды. Это требует оптимизации сетевой архитектуры, уменьшения количества узлов в пути передачи данных и повышения скорости передачи данных. С увеличением уровня интеллектуализации промышленного оборудования объем данных растет экспоненциально. Поэтому система удаленного мониторинга должна обладать высокой пропускной способностью, чтобы удовлетворить требования одновременной передачи больших объемов данных от нескольких устройств. Например, для производств с требованиями к видеонаблюдению в высоком разрешении необходима достаточная сетевая пропускная способность для обеспечения плавной передачи видеоданных.

Второй проблемой является недостаточное быстродействие мониторинга в реальном времени, что может привести к тому, что предприятия не смогут своевременно реагировать на сбои оборудования и аномалии в производственном процессе. В современном производстве процессы высоко автоматизированы и непрерывны, и отказ оборудования часто вызывает цепную реакцию, влияя на работу всей производственной линии. Если мониторинговая система не может в реальном времени предоставлять информацию о состоянии оборудования, предприятиям будет трудно обеспечить эффективность производства и качество продукции. Например, в производственной линии сборки автомобилей, если ключевое оборудование, такое как роботизированная сварочная рука, выходит из строя, а мониторинговая система не может подать сигнал тревоги в реальном времени, сварочная рука может продолжать сварку в неправильном положении, что приведет к проблемам с качеством автомобиля, в то время как остановка производственной линии также вызовет огромные экономические потери.

Мониторинговая система должна быть способна к мгновенному сбору данных оборудования, чтобы обеспечить получение соответствующих данных в момент изменения состояния оборудования. Это требует оптимизации производительности аппаратного обеспечения для сбора данных, например, с использованием высокоскоростных датчиков и высокоточных карт сбора данных, чтобы повысить частоту и точность сбора данных. После получения данных оборудования мониторинговая система должна обладать возможностью анализа данных в реальном времени. С помощью современных алгоритмов и программных технологий данные, собранные в процессе мониторинга, должны быстро анализироваться и обрабатываться для своевременной оценки наличия потенциальных отказов или аномалий в работе обо-

рудования. Например, использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных о вибрации оборудования в реальном времени позволяет заранее предсказать время отказа оборудования. Когда мониторинговая система обнаруживает отказ или аномалию в работе оборудования, она должна иметь механизм быстрого оповещения, способный в кратчайшие сроки отправить информацию о тревоге соответствующим лицам. Это можно реализовать различными способами, такими как звуковая и световая сигнализация, *SMS*-уведомления, *push*-уведомления мобильных приложений и т. д., чтобы соответствующие лица могли в кратчайшие сроки получить сигнал тревоги и принять меры.

Третьей проблемой является плохая совместимость системы, что также может привести к значительным трудностям для предприятий при создании системы удаленного мониторинга, увеличивая затраты на интеграцию системы, снижая эффективность управления оборудованием и препятствуя технологическому обновлению и инновациям. Например, предположим, что на предприятии есть как устройства, использующие интерфейс *RS-232* и операционную систему *Windows*, так и устройства, использующие *Ethernet*-интерфейс и операционную систему *Linux*. Если система удаленного мониторинга не может быть совместима с этими устройствами, то невозможно будет осуществить единый мониторинг и управление всеми устройствами.

Система удаленного мониторинга должна быть совместима с различными распределенными аппаратными интерфейсами промышленного оборудования, включая (но не ограничиваясь) последовательный порт, *USB*, *Ethernet*, *PCIe* и т. д. Это можно реализовать с помощью универсальных технологий преобразования интерфейсов и аппаратных модулей, например, используя многофункциональные преобразователи интерфейсов, которые могут гибко переключаться между различными типами интерфейсов. В программном обеспечении мониторинговая система должна быть совместима с различными операционными системами и программным обеспечением, поставляемым с устройствами. Это требует использования стандартизированных протоколов программной связи, таких как *OPC-UA*, чтобы обеспечить обмен данными и взаимную работу между различными программными системами. В то же время мониторинговая система должна обладать достаточной открытостью и масштабируемостью, чтобы адаптироваться к программным системам различных устройств через разработку промежуточного ПО или плагинов. Чтобы соответствовать разнообразной *IT*-среде предприятий, система удаленного мониторинга должна обладать кроссплатформенной поддержкой, обеспечивая стабильную работу на различных операционных системах (таких как *Windows*, *Linux*, *Unix* и т. д.) и аппаратных платформах. Это помогает предприятиям успешно разворачивать и применять систему удаленного мониторинга без замены существующей *IT*-инфраструктуры.

Таким образом, основные требования к удаленному мониторингу промышленного оборудования включают стабильную передачу данных, достаточную актуальность данных мониторинга в реальном времени и хорошую совместимость системы мониторинга с оборудованием предприятия. Выполнение этих основных требований имеет решающее значение для предприятий в достижении интеллектуального производства, повышении производительности и обеспечении безопасности производства и снижения операционных затрат.

Л и т е р а т у р а

1. Kozovsky, M. Remote Programming and Monitoring of Industrial Devices Using NAT Traversal and USB Over IP. IFAC Papers OnLine, 2016.

2. BHiveSense: An integrated information system architecture for sustainable remote monitoring and management of apiaries based on IoT and microservices / C. Duarte, M. José, M. Henrique [et al.] // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2023, 9 (3).
3. Power marketing and distribution network remote visual control system based on big data architecture / Z. Xueqin, W. Xudong, D. Jing [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, 2021, 2030 (1).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗОЧНЫХ ШКАФОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Цзя Шусян

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Рассмотрены результаты исследований нагрузочных шкафов дизельных генераторов за последние годы, сравниваются технические требования различных современных нагрузочных устройств, проведен сравнительный анализ их применений, представлены рекомендации по нагрузочному тестированию резервных дизельных генераторов.

Ключевые слова: дизельный генератор; нагрузочный шкаф; нагрузочное тестирование.

Нагрузочный шкаф представляет собой сложное устройство, объединяющее функции управления, регулирования, измерения и защиты, которое может осуществлять нагрузочное тестирование и обслуживание генераторов, источников бесперебойного питания (ИБП), электротранспортных устройств и других компонентов за счет совместной работы таких элементов, как симуляторы нагрузки, контроллеры, дисплеи и датчики, обеспечивая надежную поддержку для стабильности и надежности этих устройств в различных условиях эксплуатации. Для дизельных генераторов при нагрузке ниже 50 % или в режиме холостого хода обязательно возникает легкая нагрузка, что приводит к недостаточному сгоранию топлива, образованию углерода, снижению общей эффективности машины, что в итоге может привести к сбоям при запуске, недостаточной мощности, чрезмерному расходу топлива, преждевременному ремонту цилиндров и даже к выходу из строя [1]. Чтобы избежать этих проблем, нагрузочный шкаф создает нагрузочный ток, имитируя работу генератора в реальных сложных условиях в режиме холостого хода, предоставляя эффективные средства для тестирования и обслуживания генераторных установок, а также проверяя характеристики генератора без прерывания фактической нагрузки.

Система тестирования дизельных генераторов в основном проводит тесты статической стабильности, динамической стабильности, тесты на переходные отклики, тесты на энергоэффективность, тесты на автоматическое переключение, тесты на усталостный ресурс и другие [1]. Как показано в таблице, в реальной работе для удовлетворения различных сценариев применения и требований к тестированию были разработаны различные типы нагрузочных шкафов для дизельных генераторов.

Резистивный нагрузочный шкаф, шкаф нагрузки с резисторами и индукторами и шкаф нагрузки с резисторами, конденсаторами и индукторами – это три распространенных типа для нагрузочного тестирования дизельных генераторов. Их основные различия заключаются в составе нагрузочных элементов и типах нагрузки, которые они могут моделировать. Резистивный нагрузочный шкаф в основном выполняет моделирование реальной нагрузки с помощью резистивных элементов,