

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭЦ

CREATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR CONTROL AND MONITORING OF THE CONDITION OF CHPP EQUIPMENT

Fang Jiwen
Wang Guyue
Wang Zedong
Zou Lingyu

Summary. The article is devoted to the consideration of topical issues related to the provision of effective monitoring and maintenance of CHPP equipment based on modern technologies that allow for remote control. The article proposes the author's approach to building an information system for controlling and monitoring the state of CHPP equipment, which relies on the industrial Internet of Things systems, wireless communication technologies and intelligent data analysis. Special attention is paid to the main blocks of the information system and the possibilities of using digital twins to ensure continuous online monitoring.

Keywords: equipment, cogeneration plant, control, data transfer, information system.

Фан Цзивэнь

Специалист, Отдел по ремонту,
ООО «Хуадянь-Тенинская ТЭЦ»
313008248@qq.com

Ван Гуюе

Специалист, Производственно-технический отдел,
ООО «Хуадянь-Тенинская ТЭЦ»
635396905@qq.com

Ван Цзэдун

Инженер, ООО Государственная
научно-техническая компания энергетики
635396905@qq.com

Цзоу Линьюй

Преподаватель, Хэйлуунцзянский университет
313008248@qq.com

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению актуальных вопросов, связанных с обеспечением эффективного мониторинга и обслуживания оборудования ТЭЦ на базе современных технологий, позволяющих обеспечить удаленный контроль. В статье предложен авторский подход к построению информационной системы для контроля и мониторинга состояния оборудования ТЭЦ, который опирается на системы промышленного Интернета вещей, беспроводные технологии связи и интеллектуальный анализ данных. Отдельно описаны основные блоки информационной системы и возможности использования цифровых двойников для обеспечения непрерывного мониторинга оборудования ТЭЦ в режиме реального времени.

Ключевые слова: оборудование, ТЭЦ, контроль, передача данных, информационная система.

Энергия является одним из основных факторов развития любой страны. Из-за быстрого роста урбанизации спрос на нее растет с каждым днем. Растущие потребности в электроэнергии оказывают давление на ТЭЦ по всему миру, что приводит к необходимости внедрения новых технологий их технического обслуживания и наблюдения [1]. В 2020 году мировой рынок ТЭЦ оценивался в \$1345 млрд. Сегодня прогнозируется, что к 2030 году он достигнет \$1821 млрд, а среднегодовой темп роста составит 3,2 % с 2021 по 2030 год. Эти установки используются для преобразования тепловой энергии в электрическую для жилых и коммерческих помещений.

В свете вышеизложенного не подлежит сомнению тот факт, что ТЭЦ нуждаются в сложных системах автоматического управления, которые позволят соблюдать критерии экологичности и эффективности с учетом различного качества топлива. Турбины, котлы и генераторы должны работать безотказно и надежно, соблюдение этих требований критически важно на потенциально опасных этапах запуска и работы с невысокой нагрузкой. Помимо

этого, значимыми являются задачи оптимизации процесса сжигания топлива, очистки дымовых газов и безопасного введения в работу генераторов и турбин [2].

Основу комплекса автоматического управления ТЭЦ составляют информационные системы. Передовые цифровые технологии, такие как Интернет вещей (IoT), контрольно-измерительный комплекс (SCADA) и облачные вычисления, уже используются в ограниченном объеме для отслеживания параметров электростанций. Эти технологии позволяют организовать системы сбора данных для мониторинга и контроля определенных событий, в том числе для оценки степени износа и разработки программ технического обслуживания конкретных устройств и оборудования. Полученные данные собираются для дальнейшего анализа интеллектуальным устройством обработки, таким как концентратор данных или сервер. В результате специальные программные приложения для систем сбора данных дают возможность быстро выявлять несвоевременные неисправности, а также устранять их [3].

В тоже время необходимо отметить, что создание информационной системы для мониторинга и контроля работы ТЭЦ является нетривиальной задачей, поскольку она должна отвечать различным требованиям: (1) работа с гетерогенностью, поскольку задействованы различные технические платформы; (2) использование устройств с ограниченными ресурсами, таких как интеллектуальные датчики; (3) приложения, требующие спонтанного взаимодействия; (4) сверхкрупные сети и большое количество событий; (5) требования к динамическому поведению сети; (6) приложения, учитывающие контекст и тип оборудования (7) необходимость распределенного интеллекта.

Таким образом, вопросы проектирования проблемно-специфичных информационных систем, реализующих различные протоколы отслеживания состояния оборудования ТЭЦ составляют на сегодняшний день актуальную научно-практическую задачу, которая и обусловила выбор темы данной статьи.

Перспективы реализации онлайн-мониторинга работы ТЭЦ на основе систем SCADA, которые позволяют оценивать текущее состояние устройств и определять точки возникновения неисправностей, рассматривают в своих трудах Михайлов В.Е., Смолкин Ю.В., Сухорук Ю.Г., Ильина О.В., Капев Д.С., Subhasis Panda, Sarthak Mohanty, Pravat Kumar Rout, Binod Kumar Sahu.

Особенности использования инструментов облачных вычислений для создания системы мониторинга электростанций нашли свое отражение в публикациях Теличенко Д.А., Боголей Е.В., Колотова И.А., Долгушева А.Н., Агибалова В.А., Щербатова И.А., Sambeet Mishra, Chiara Bordin, Qiuwei Wu.

Схемы датчиков, необходимые для измерения абсолютных значений работы оборудования ТЭЦ, параметры передачи собранных данных через USB на ПК для их дальнейшей обработки и анализа описывают Чугин А.В., Бабкин К.В., Сиротенко Е.В., Никифоров И.С., Justin Jose, Anirudh Agarwal, Vimal Bhatia, Ondrej Krejcar.

Имеющиеся на сегодняшний день публикации и разработки, несомненно, внесли значительный вклад в изучение и раскрытие рассматриваемой проблематики. Однако в контексте стремительных темпов цифровизации и возрастающих экологических требований к работе ТЭЦ, ряд вопросов организации мониторинга состояния оборудования остается открытым. Так, отдельного внимания заслуживают задачи разработки и использования интегрированного решения для обслуживания и удаленного мониторинга ТЭЦ, которое будет включать улучшенные пользовательские интерфейсы, а также позволит обеспечить объединение функций управления и удаленного мониторинга в единую систему. Не-

решенной остается проблема создания экономически эффективной системы сбора данных, которая могла бы непрерывно показывать показатели производительности и сигнализировать о необходимости технического обслуживания оборудования.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении подходов к созданию информационной системы, которая будет позволять проводить контроль и мониторинг состояния оборудования ТЭЦ.

Итак, на первом этапе исследования формализуем требования к информационной системе. Система, обеспечивающая и поддерживающая соблюдение основных требований к мониторингу и управлению оборудованием ТЭЦ, должна удовлетворять следующим условиям:

1. Отслеживание в режиме реального времени ключевых параметров работы оборудования и станции в целом.
2. Наличие надежной беспроводной связи для контролируемых установок.
3. Накопление и хранение архивов показателей контролируемых параметров и журналов событий, связанных с запуском, остановкой и неисправностями оборудования.
4. Выполнение основных команд (остановка или запуск систем и установок).
5. Обеспечение обратной связи при выполнении команд, подаваемых компьютером или генерируемых станцией.

С учетом отмеченных требований на рис. 1 представлен общий контур информационной системы. Датчики, счетчики и PMU (Phaser Measurement Units) используются в различных местах ТЭЦ на различном оборудовании для измерения широкого спектра электрических данных, таких как напряжение, ток, частота, коэффициент мощности и фазовые углы. В свою очередь полевые контроллеры, такие как программируемые логические контроллеры (PLC), интеллектуальные электронные устройства (IED) или удаленные терминальные блоки (RTU), подключаются к этим измерительным приборам для передачи данных на сервер, где информация собирается и группируется с целью проведения дальнейшего анализа.

Цифровые данные, полученные от полевых устройств, передаются на главный терминальный блок, расположенный в удаленном месте. Удаленный мониторинг работы оборудования станции реализуется через специальные защищенные линии виртуальной частной сети (VPN) или с помощью глобальной вычислительной сети (WAN) для создания сетей «точка-точка». Однако управление и изменение параметров осуществляются исключительно локально на месте в специально отведенных для этого диспетчерских пунктах операторами.



Рис. 1. Общий контур информационной системы для мониторинга работы ТЭЦ

Главный терминальный блок определяет заданные значения работы оборудования на основе диапазонов параметров и посылает сигналы обратно к компонентам на местах для принятия необходимых мер, чтобы избежать сбоев и оптимизировать работу установок.

Далее рассмотрим более детально прикладной, аппаратный уровень предложенной информационной системы.

Что касается исполнительного компонента системы, то эффективная инфраструктура, состоящая из промышленных устройств для сбора данных и управления, может быть сконфигурирована с помощью специализированного блока, например, такого как блок PC-05/104 Process Control. Полученные данные передаются в концентратор, который имеет возможность принимать основные показатели работы оборудования как напрямую, так и путем подключения к специальным

измерительным блокам. Промышленная система PC-06/104 Process Control наилучшим образом отвечает этим запросам и задачам, помимо этого она может обеспечивать последовательную передачу информации на более высокий иерархический уровень для формирования архивов [4].

Принимая во внимание тот факт, что наиболее универсальным средством удаленной связи является беспроводная связь, поддержку GSM предлагаем осуществлять с помощью производительных модемов, которые лучше всего подходят для промышленных условий. Устройства IFB-122 представляют собой интеллектуальные структуры, оснащенные GSM-модемом и работающие под управлением операционной системы Linux, обеспечивающей эти функции.

В таблице 1 представлено краткое описание обозначенных выше блоков и устройств.

Таблица 1.

Основные блоки информационной системы для контроля и мониторинга состояния оборудования ТЭЦ

Блок	Функции
Блок защиты (PC-05/104)	Контролирует токи и напряжения в установках, реализует несколько функций защиты, таких как защита от максимального тока, защита от перегрузки и гомополярная защита. Он также передает полученные данные в блок концентратора данных.

Блок	Функции
Блок концентратора данных (PC-06/104)	Позволяет получать аналоговые значения как последовательно, так и через аналоговые входы, а также обеспечивает цифровой мониторинг сигналов станции, имеющих критическое значение. Также этот блок собирает данные со всех других устройств в структуре контроля и управления, включая температурные адаптеры и датчики скорости вращения. Полученные данные последовательно передаются по запросу на командный блок с помощью GSM-модемов, обеспечивающих беспроводную связь.
GSM-структуры (IFB-122)	Центральные процессоры со встроенным GSM-модемом, обеспечивающим последовательную связь с концентратором данных и GSM-связь с другим GSM-терминалом, который последовательно передает данные на командный блок. Оба GSM-терминала являются промышленными устройствами, работающими в расширенном температурном диапазоне -40-85 °С.
Командный блок	Любое промышленное устройство или система с Windows-совместимой операционной системой, позволяющей запускать специальные программные приложения. Он может быть сконфигурирован как блок управления для координации обновления данных и инициирования команд запуска, выключения, увеличения и уменьшения производительности. В состав контролируемой структуры входит ноутбук для выполнения этой задачи.

Учитывая сложность неисправностей, которые могут возникать в работе оборудования ТЭЦ, а также ее огромное влияние на промышленный и общественный сектор, становится все более важным сократить время отклика

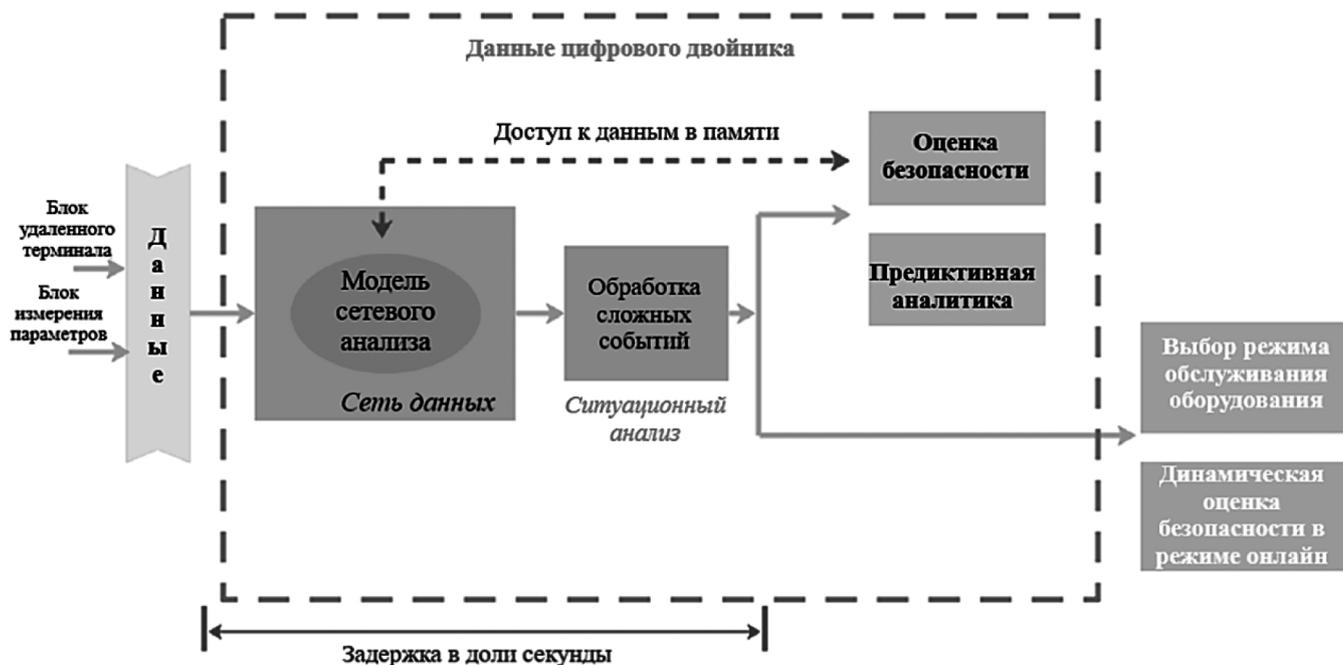


Рис. 2. Архитектура системы онлайн-анализа оборудования ТЭЦ в реальном времени в сочетании с цифровым двойником

всей информационной системы, чтобы лучше отслеживать и заблаговременно предупреждать обслуживающий персонал о возникающих неисправностях. С этой целью могут быть использованы методы онлайн-анализа на основе вычислений в памяти и двойных нейронных сетей [5]. Также, по мнению автора, перспективным решением является внедрение фреймворков цифрового двойника в прикладную среду онлайн-анализа работы ТЭЦ.

На рис. 2 представлен пример среды онлайн-анализа работы ТЭЦ с использованием данных цифрового двойника.

Архитектура онлайн-анализа с цифровым двойником предполагает использование ряда мощных встроенных функций, включая вычисления в памяти, высокопроизводительные параллельные вычисления, обработку сложных событий и машинное обучение. Как показано

на рис. 2, после передачи информации об измерениях в режиме онлайн с блока удаленного терминала на шину данных диспетчерского пульта, модель сетевого анализа непрерывно обновляется с субсекундной задержкой для отслеживания рабочего состояния оборудования. При обнаружении критической ситуации данные посылаются на пульт управления для принятия решения обслуживающим персоналом.

Таким образом, в статье представлен авторский подход к построению информационной системы для контроля и мониторинга состояния оборудования ТЭЦ, который опирается на системы промышленного Интернета вещей, беспроводные технологии связи и интеллектуальный анализ данных. Предполагается, что использование предложенной системы на практике позволит обеспечить предиктивное обслуживание оборудования ТЭЦ и эффективный контроль за работой станции в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумов Р.В., Соловьев М.Ю., Михайлов А.В. Системы мониторинга высоковольтного энергетического оборудования: мониторинг частичных разрядов во вращающихся электрических машинах // Релейная защита и автоматизация. 2021. № 1 (42). С. 46–59.
2. Теличенко Д.А., Боголей Е.В., Колотов И.А. Информационная система для контроля наработки и состояния оборудования ТЭЦ // Ученые заметки ТОГУ. 2022. Т. 13. № 2. С. 44–61.
3. Diaa-Eldin A. Mansour, Mohamed Numair Applications of IoT and digital twin in electrical power systems: A comprehensive survey // IET Generation, Transmission & Distribution. 2023. Volume 17, Issue 20.
4. Krishna Pandey Linear pricing game-based power control with resource allocation and interference management in device-to-device communication for IoT applications // Expert Systems. 2022. Volume 40, Issue 5. P. 13–19.
5. Lei Li, Hanjun Ma Thermal Power Plant Turbine Rotor Digital Twin Automation Construction and Monitoring System // Mathematical Problems in Engineering. 2022. Volume 2022, Issue 1. P. 76–82.

© Фан Цзивэнь (313008248@qq.com); Ван Гуюе (635396905@qq.com); Ван Цзэдун (635396905@qq.com); Цзоу Линюй (313008248@qq.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»