

УДК 004.52

Разработка системы мониторинга тепловой электростанции

Т. В. Завадская, К. В. Легкоступ, Р. В. Мальчева
Донецкий национальный технический университет,
gilzey@mail.ru

Аннотация

В статье представлен краткий обзор современных проблем автоматизации технологических процессов и пояснена необходимость модернизации систем мониторинга теплоэлектростанции. Дан краткий обзор языков программирования, сформулированы требования к проекту и обоснован выбор платформы для реализации системы. Приведены примеры работы системы. Ожидаемым эффектом от внедрения системы мониторинга тепловой электростанции является минимизация ущерба при эксплуатации ТЭС, связанного, в том числе, с человеческим фактором.

Введение

Цифровизация всех сфер деятельности, включая технологические отрасли промышленности, стала одной из основных приоритетных задач в России. Новые информационные технологии и реализованные на их основе информационные системы являются мощным инструментом для организационных изменений, которые "вынуждают" предприятия перепроектировать свою структуру, область деятельности, коммуникации, ресурсы, т. е. провести полный реинжиниринг бизнес-процессов для достижения новых стратегических целей [1, 2]. Большинство компаний понимают, что в настоящее время и, тем более, в будущем добиться успеха можно только используя безопасные современные цифровые решения. Работы в этом направлении ведутся во многих отраслях народного хозяйства, в научных организациях, в компаниях, предоставляющих услуги, связанные с разработкой и внедрением информационных технологий [3].

Энергетика, как консервативная отрасль, только начинает изучать методологию создания и подходы к реализации таких проектов. В настоящее время существует острая необходимость в автоматизации отображения состояния и управления сложными процессами в тепловой электростанции.

Постановка задачи

Сложность задач автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на тепловых электростанциях (ТЭС) вынуждает для удобства выполнения операций по управлению и исключения ошибочных действий персонала разделять оборудование энергоблоков ТЭС и их

вспомогательных участков на группы по функциональному признаку. Для каждой группы создается свой модуль мониторинга текущего состояния.

Для снижения аварийности и повышения бесперебойности обеспечения потребителей теплом и электроэнергией необходимо:

- постоянно обновлять оборудование путем внедрения более эффективного и надежного;
- внедрять интеллектуальные системы автоматического управления с возможностью создания архивов информации, т.е. накапливать большие данные (big data);
- иметь доступ к архивным данным с целью отображения трендов основных процессов;
- практически мгновенно получать актуальные сводки о текущем состоянии энергообъекта и оперативно реагировать на любые изменения [4].

На решение этих задач и направлена модернизация системы мониторинга ТЭС.

Требования к системе

Система мониторинга ТЭС должна обладать определенными критериями:

- простота и понятность рабочего интерфейса;
- фиксированный контроль и защищенность от изменений важных технологических параметров;
- отчетность о возникновении каких-либо сбоев и о вероятности возникновения непредвиденных ситуаций;
- наличие системы аварийного противодействия внеплановым происшествиям;
- удаленный контроль важных аспектов производства;

- техническая поддержка, возможность внесения изменений как в интерфейс системы, так и в её функционал.

В рамках реализации проекта стоит также учесть:

- имеющиеся к текущему времени функциональные возможности системы автоматизации;
- возможность повышения производительности отдельных ее модулей;
- средства для обеспечения непрерывного учета технико-экономических показателей.

Особенности объекта мониторинга

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – разновидность тепловой электростанции (ТЭС), которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения [5] в виде пара и горячей воды, в том числе для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов (рис. 1).

При строительстве ТЭЦ необходимо учитывать близость потребителей тепла в виде горячей воды и пара, т. к. передача тепла на

большие расстояния экономически нецелесообразна.

По типу соединения котлов и турбин теплоэлектроцентрали могут быть блочные и неблочные (с поперечными связями).

На блочных ТЭЦ котлы и турбины соединены попарно (иногда применяется дубли-блочная схема: 2 котла на 1 турбину). Такие блоки имеют, как правило, большую электрическую мощность: 100-300 МВт.

Схема с поперечными связями позволяет перебросить пар от любого котла на любую турбину, что повышает гибкость управления станцией. Однако для этого необходимо установить крупные паропроводы вдоль главного корпуса станции.

Кроме того, все котлы и все турбины, объединённые в схему, должны иметь одинаковые номинальные параметры пара (давление, температуру). Если в разные годы на ТЭЦ устанавливалось основное оборудование разных параметров, должно быть несколько схем с поперечными связями.

Для принудительного изменения параметров пара может быть использовано редукционно-охладительное устройство (РОУ).

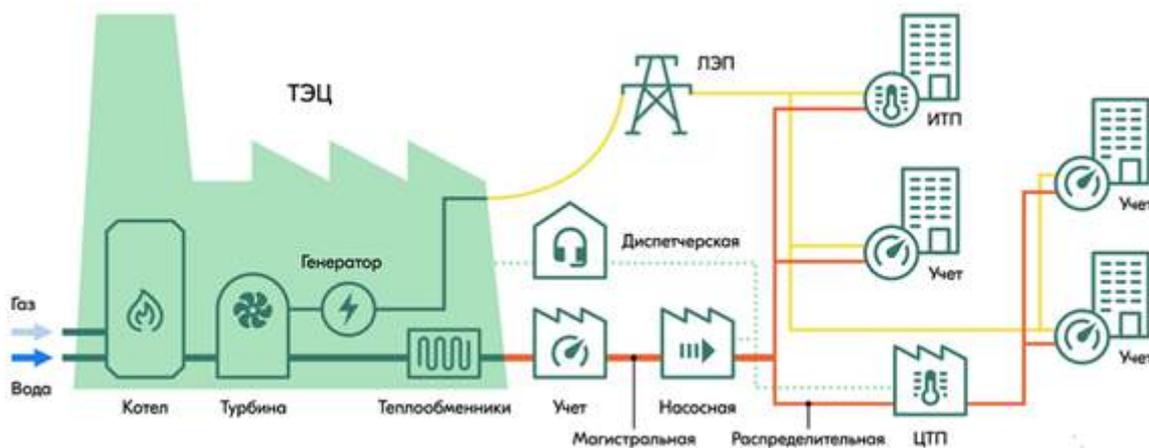


Рисунок 1 – Принцип работы ТЭЦ

По типу паропроизводящих установок ТЭЦ могут быть:

- с паровыми котлами;
- с парогазовыми установками;
- с ядерными реакторами (атомная ТЭЦ).

Могут быть также ТЭЦ без паропроизводящих установок – с газотурбинными установками.

Поскольку ТЭЦ часто строятся, расширяются и реконструируются в течение десятков лет (что связано с постепенным ростом

тепловых нагрузок), то на многих станциях имеются установки разных типов.

Паровые котлы ТЭЦ различаются также по типу топлива: уголь, мазут или газ.

По типу выдачи тепловой мощности различают турбины:

- с регулируемыми теплофикационными отборами пара (в обозначении турбин, выпускаемых в России, присутствует буква «Т», например, Т-110/120-130);
- с регулируемыми производственными отборами пара («П»);
- с противодавлением («Р»).

Обычно имеется 1-2 регулируемых отбора каждого вида. При этом количество нерегулируемых отборов, используемых для регенерации тепла внутри тепловой схемы турбины, может быть любым (как правило, не более 9, как для турбины Т-250/300-240).

Давление в производственных отборах (номинальное значение примерно 1-2 МПа) обычно выше, чем в теплофикационных (примерно 0,05-0,3 МПа).

Термин «противодавление» означает, что турбина не имеет конденсатора, а весь отработанный пар уходит на производственные нужды обслуживаемых предприятий.

Такая турбина не может работать, если нет потребителя пара противодавления.

В похожем режиме могут работать теплофикационные турбины (типа "Т") при полной тепловой нагрузке: в таком случае весь пар уходит в отопительный отбор, однако давление в конденсаторе поддерживается немного больше номинального (обычно не более 12-17 кПа).

Для некоторых турбин возможна работа на «ухудшенном вакууме» - до 20 кПа и более.

Кроме того, выпускаются паровые турбины со смешанным типом отборов:

- с регулируемыми теплофикационными и производственными отборами («ПТ»);
- с регулируемыми отборами и противодавлением («ПР») и др.

На ТЭЦ могут одновременно работать турбины различных типов в зависимости от требуемого сочетания тепловых нагрузок.

Особенности организации систем мониторинга первичного оборудования

Подход к организации систем мониторинга первичного оборудования на крупных предприятиях, таких как ТЭС, состоит существенным образом продлить регламентные сроки службы первичного оборудования, снизить расходы на организацию плановых ремонтных работ, а также путем централизации данных на верхнем уровне управления (SCADA) сформировать объективную модель энергорайона с выводом информации о проблемных точках (конкретном первичном оборудовании с указанием его дефекта) энергосистемы, которые являются угрозой бесперебойной поставке электроэнергии от мест её генерации до конечного потребителя [6].

Из этого вытекает, что каждую конфигурацию системы мониторинга можно реализовать индивидуально под каждое предприятие с учетом его текущей конфигурации и всех имеющихся особенностей технического комплекса.

Современные АСУ ТП АЭС и ТЭС являются, как правило, 2-уровневыми, в которых

вычислительный комплекс выполняет следующие функции:

- контроль хода технологического процесса;
- расчет косвенно-определяемых показателей (техничко-экономических показатели, расчет энерговыделения в реакторе и др.);
- диагностика оборудования;
- регистрация предаварийных и аварийных ситуаций;
- оптимизация режима работы;
- ведение документации;
- оперативная связь с верхним уровнем управления (АСУ АЭС).

На 1-м уровне управления выполняются следующие функции:

- автоматическая стабилизация параметров;
- дистанционное управление объектом с помощью оператора;
- управление функциональными группами в нормальных режимах, в режимах пуска и останова энергоблока;
- автоматические защиты, блокировки и включение резерва;
- автоматический пуск и останов энергоблока.

Поскольку функции АСУ ТП разнообразны, а также с учетом того, что с энергоблока поступает огромное количество информации, в комплекс технических средств (КТС) АСУ ТП входят информационный (ИК) и вычислительный (ВК) комплексы [7-8].

Удобная архитектура разработки позволяет обеспечить [8]:

- эффективный оперативный контроль за рациональным использованием теплоресурсов за счет сокращения времени сбора и обработки данных автоматизированного учета по всей структурной иерархии предприятия с доведением этого контроля до каждого заинтересованного подразделения, службы и руководства предприятия;
- минимизацию производственных и непроизводственных затрат, а также снижение технологических и коммерческих потерь;
- уменьшение размеров разбалансирования теплоресурсов по основным направлениям использования за счет повышения точности учёта;
- упорядочивание и оперативность взаимных финансовых расчетов отпуска/потребления теплоносителя за счет ведения объективного автоматизированного коммерческого учета на основании действующих норм и правил.

Все эти особенности учтены при реализации текущей версии системы мониторинга ТЭС.

Выбор технологии реализации

Учитывая опыт реализации систем мониторинга [9], текущая версия реализована в виде сайта на языке PHP с использованием платформы PhpStorm. Данная технология представляет собой богатый и интеллектуальный редактор кода для PHP с расширенной конфигурацией форматирования кода, проверкой на наличие ошибок в текущем времени, а также умным авто дополнением.

PHPstorm предлагает новую модель программирования и инфраструктуру, которые позволяют разрабатывать защищенные и масштабируемые решения.

В системе мониторинга для хранения информации используется единая база данных, которая управляется при помощи СУБД Microsoft SQL Server.

Microsoft SQL Server — система управления реляционными базами данных, разработанная корпорацией Microsoft. MS SQL Server является одной из наиболее популярных и

устойчивых систем управления базами данных (СУБД) в мире [10].

Данная СУБД подходит для самых различных проектов: от небольших приложений до больших высоконагруженных проектов. СУБД MS SQL Server является предпочтительной для работы с приложениями, написанными на языке PHP. Исходя из этого данная СУБД была выбрана при реализации.

Так же следует учитывать возможность интерпретации Web SCADA системы с её последующей реализацией.

Реализация текущей версии системы

По состоянию на текущий момент реализован мониторинг отдельных производственных процессов предприятия. На рис. 2 показан пример отображения схемы теплоснабжения. В ней еще видны некоторые не вполне удачные цветовые решения, которые планируется устранить.



Рисунок 2 – Отображение схемы теплоснабжения

На рис. 3 приведен пример мониторинга центрального теплового пункта. При этом выполняются следующие функции:

- измерение мгновенных и расчет усредненных за интервалы времени значений температуры, давления и расхода (массы или объема) теплоносителя;
- определение по результатам измерений температуры и давления теплофизических

параметров теплоносителя: плотности, динамической вязкости, энтальпии и других параметров;

- расчет количественных параметров теплоносителя и тепловой энергии: массового (объемного) расхода, тепловой мощности, массы (объема) и тепловой энергии теплоносителя за отчетные интервалы времени;

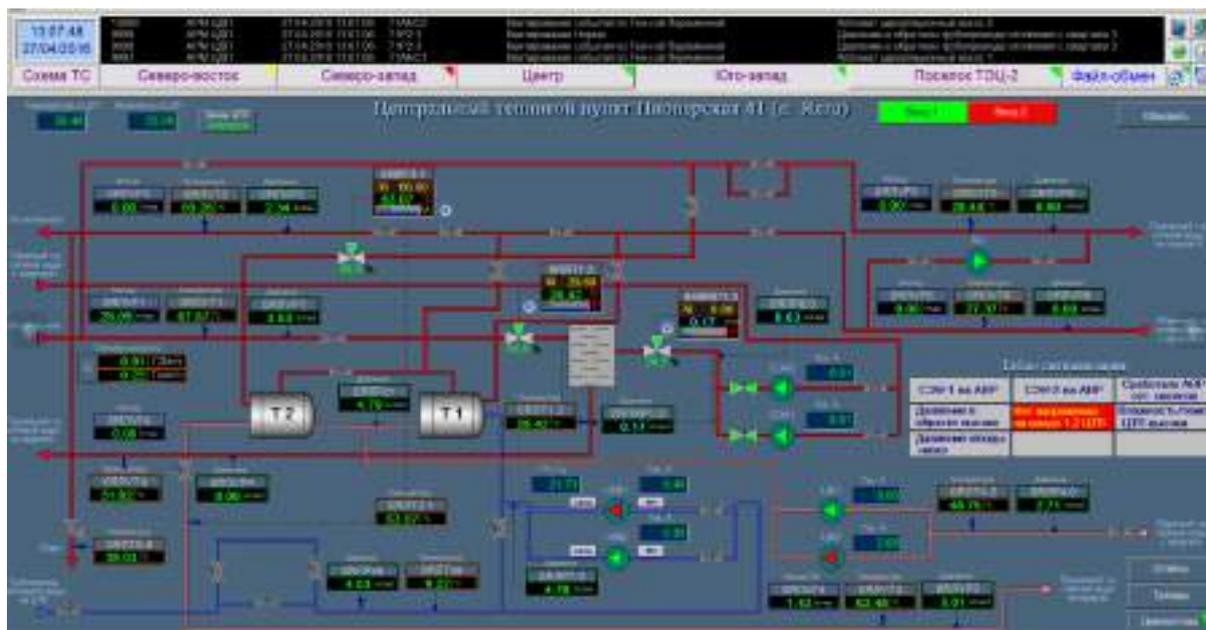


Рисунок 3 – Пример мониторинга центрального теплового пункта

– расчет балансов выработки и потребления теплоносителя и тепловой энергии, определение нормативных и фактических тепловпотерь по каждой тепломагистральной;

– автоматическое формирование ведомостей учета теплоносителя и тепловой энергии за отчетные интервалы времени по каждому направлению их использования;

управление отпуском/потреблением теплоносителя и теплофикационной арматурой (опционально).

Выводы

В современных системах мониторинга для крупных аварийно-опасных объектов стоит учитывать, что системы наблюдения в настоящее время требуют развития и адаптации, т.к. не отвечает современным тенденциям в следствие чего снижается эффективность эксплуатации.

В ходе реализации и комплексной оценки ТС позволяет выявлять «слабое звено» в цепи технологического транзита от производителя электроэнергии до конечного потребителя, направлять соответствующие материальные и технические ресурсы на оптимизацию системы, поддерживая при этом уровень надежности электроснабжения на высоком уровне при невысоких затратах.

Современные программные комплексы совместно с системами мониторинга позволяют решать такую технико-экономическую задачу, как управление производственными активами электросетевых компаний.

В настоящее время система мониторинга реализована частично и проходит апробацию на

реальной ТЭС в ДНР. Планируется продолжение работ в этом направлении.

Литература

1. Мальчева, Р. В. Компьютерные технологии – основа цифровой экономики / Р. В. Мальчева // Бизнес-инжиниринг сложных систем: модели, технологии, инновации. Сборник материалов III международной научно-практической конференции. Донецк: ДОННТУ, 2018. - С. 102-105.

2. Развитие информационных технологий [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: ИНТУИТ. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/curriculum/16336/courses/1230/lecture/24057>

3. Мальчева, Р. В. Автоматизация проектирования буровзрывных работ на карьерах / Р. В. Мальчева, А. Н. Шкуматов // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. - Т. 5., № 1 (4). - С. 103-108.

4. «Умные электростанции» цифровое будущее энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energypolicy.ru/umnye-elektrostantsii%E2%80%AF-cifrovoe-budushhee-energetiki/energoperehod/2021/17/13/>

5. Теплоэлектроцентраль «ТЭЦ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/elektrostantsii/142466-teploelektrotsentral-tets/?msckid=e4dfcfa3c56f11ec9788d201c20ea8e0>

6. Системы мониторинга высоковольтного энергетического оборудования [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://energybase.ru/news/articles/monitoring-systems-for-high-voltage-power-equipment-2020-03-16>

7. Функции АСУ ТП на ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tesiaes.ru/?p=13024>

8. Автоматизированная система комплексного учета теплоресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_comac/c/ackyt.html?utm_source=&utm_medium=&utm_campaign=

9. Кобыляцкий, А. И. Выбор аппаратно-программных средств для реализации мониторинга инфраструктуры «Умный дом» / А. И. Кобыляцкий, Р. В. Мальчева, Л. П. Володько // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2021). Материалы VII Международной научно-технической конференции. – Донецк: ДОННТУ, 2021. - С. 175-179.

10. Павленко, А. Microsoft SQL Server — особенности и установка СУБД MS SQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://otus.ru/nest/post/1566/>

Легкоступ К. В., Завадская Т. В., Мальчева Р. В. Разработка системы мониторинга тепловой электростанции. В статье представлен краткий обзор современных проблем автоматизации технологических процессов и пояснена необходимость модернизации систем мониторинга теплоэлектростанции. Дан краткий обзор языков программирования, сформулированы требования к проекту и обоснован выбор платформы для реализации системы. Приведены примеры работы системы. Ожидаемым эффектом от внедрения системы мониторинга тепловой электростанции является минимизация ущерба при эксплуатации ТЭС, связанного, в том числе, с человеческим фактором.

Ключевые слова: электростанция, тепло, разработка, Php, PhpStorm, SQL, СУБД, мониторинг.

Legkostup K. V., Zavadskaya T. V., Malcheva R. V. Development of a monitoring system of a thermal power plant. The article presents a brief overview of current problems and the need to modernize the monitoring systems of a thermal power plant. The choice of a platform for the implementation of the system. A brief overview of programming languages and the requirements for the designed language are formed. The prospects for the introduction of a distributed monitoring system for a thermal power plant is to minimize damage during the operation of a thermal power plant, to minimize the human factor.

Keywords: power plant, heat, development, Php, PhpStorm, SQL, DBMS, monitoring, research.

Статья поступила в редакцию 20.05.2022
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.