
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2023

ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)

12-14 декабря 2023 г.

Новокузнецк
2023

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, к.т.н., доц. В.А. Кубарев,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве)
AS'2023: труды Всероссийской научно–практической конференции
(с международным участием), 12-14 декабря 2023 г. / Министерство
науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский
государственный индустриальный университет ; под общ. ред.
В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. –
420 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

- 2) анализ базовой модели функционирования для определения ключевых особенностей работы в железнодорожном транспортном узле;
- 3) разработка инструментов прогнозирования потребности в порожнем вагонопотоке и построения оптимального плана формирования порожних подач;
- 4) построение проектной модели функционирования железнодорожного транспортного узла;
- 5) сравнение результатов функционирования проектной и базовых моделей;
- 6) разработка программного приложения для непосредственного внедрения;
- 7) частичное внедрение цифрового подсказчика для оценки непосредственных результатов и корректировки параметров;
- 8) промышленное применение цифрового подсказчика.

В качестве предполагаемого результата ожидается оптимизация работы железнодорожной станции Западная при максимальном удовлетворении производственных потребностей предприятия.

Библиографический список

1. Сиразетдинова А.Д. Методика управления вагонопотоками на путях необщего пользования, учитывающая оперативную загруженность станций [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Сиразетдинова Альфия Данисовна; Магнитогорский государственный технический университет, – Екатеринбург, 2010.
2. Нечай Т.А. Модели и алгоритмы специализированной информационно-вычислительной системы для планирования маневровой работы на промышленном транспорте [Текст]: автооф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.17 / Нечай Татьяна Алексеевна; Пензенский государственный технологический университет, – Пенза, 2019.
3. Суслова О.А. Оптимизация технологического процесса промышленного железнодорожного транспорта металлургического комбината [Текст]: автооф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Суслова Ольга Анатольевна; Липецкий государственный технический университет, – Санкт-Петербург, 2006.

УДК 621.317

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОСНОВА ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Кузнецова Е.С., Кузьмина С.Ю., Кузьмин С.А.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, kuzlena00@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены вопросы интеллектуального учета электроэнергии. Интеллектуальные счетчики могут быть двух видов: одни выполняют дополнительные функции, включая считывание в реальном времени, об отключении электроэнергии и мониторинг качества электроэнергии. Другие - используют неинвазивный мониторинг нагрузки для автоматического определения количества и типа электроприемников. Приведены пути цифрового перехода в области учета электроэнергии на промышленном предприятии. Переход на интеллектуальный учет электроэнергии позволит решить проблему разделения потребления электроэнергии на группы потребителей, а также другие задачи.

Ключевые слова: интеллектуальный учет, неинвазивный мониторинг нагрузки, расход электроэнергии, условно-постоянные расходы, условно-переменные расходы, искусственный интеллект, цифровой переход, профиль нагрузки, дезагрегация электрической нагрузки.

Abstract. *The issues of intelligent electricity metering are considered. Smart meters can be of two types: some perform additional functions, including real-time reading of power outages and monitoring of electricity quality. Others use non-invasive load monitoring to automatically determine the number and type of electrical receivers. The ways of digital transition in the field of electricity metering at an industrial enterprise are given. The transition to intelligent electricity metering will solve the problem of dividing electricity consumption into consumer groups, as well as other tasks.*

Keywords: *intelligent accounting, non-invasive load monitoring, power consumption, conditionally fixed costs, conditionally variable costs, artificial intelligence, digital transition, load profile, electrical load disaggregation.*

Интеллектуальный учет электроэнергии – это система, которая позволяет измерять, записывать, передавать и анализировать данные о потреблении электроэнергии в режиме реального времени с помощью современных технологий связи и информационных систем.

Современные мировые энергетические стратегии определяют необходимость внедрения цифровых технологий во все этапы жизненного цикла электрической энергии. Внедрение интеллектуальных систем учета, управления и регулирования являются одним из направлений таких стратегий.

Эффективность управления и регулирования электропотреблением определяется минимизацией аварий оборудования, снижением числа остановок технологического процесса предприятий из-за обесточивания, скоростью восстановления нормального режима энергосистемы после аварии.

Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации по направлению: «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Исследователями доказано, что одними из основных технологий цифрового перехода в электроэнергетической отрасли являются технологии интеллектуальных систем учета электроэнергии, которые основываются на счетчиках электроэнергии, снабженных модулями сбора, обработки, хранения, отправки и получения данных.

В отличие от традиционных счетчиков электроэнергии системы интеллектуального учета обладают более широким спектром функций:

- мониторинг объема потребления в режиме реального времени;
- возможность агрегации данных различных счетчиков в единую базу данных;
- хранение статистических данных по электрическим характеристикам;
- получение информации по перетокам электроэнергии и достоверное определение уровня технологических и коммерческих потерь в электросетях;
- выявление безучетного энергопотребления и фактов воздействия на счетчики;
- формирование энергосберегающих стратегий и оценка их реализации;
- дистанционное ограничение энергопотребления;
- разделение электропотребления на условно-постоянные и условно-переменные расходы;
- разделением общей нагрузки на нагрузки отдельных потребителей электроэнергии.

Интеллектуальные счетчики идут дальше простого AMR (автоматическое считывание показаний счетчика). Они выполняют дополнительные функции, включая считывание в реальном времени, об отключении электроэнергии и мониторинг качества электроэнергии. Они позволяют агентствам по установлению тарифов вводить различные цены на электропотребление в зависимости от времени суток и сезона.

Другой тип интеллектуальных счетчиков использует неинвазивный мониторинг нагрузки для автоматического определения количества и типа электроприемников.

Дезагрегирование энергии или неинтрузивный мониторинг нагрузки изучается с 90-х годов, когда Харт (Hart 1992) предложил свой подход, основанный на обнаружении краевых изменений в сигнале мощности, их кластеризации и последующем оптимальном распределении между возможными устройствами, чтобы наилучшим образом соответствовать совокупному сигналу.

Технологии неинтрузивного мониторинга нагрузки – это метод анализа данных об общей электрической нагрузке, полученных путем измерения тока и напряжения в одной точке, с последующим разделением общей нагрузки на нагрузки отдельных потребителей электроэнергии.

Схема дезагрегации электрической нагрузки:

- 1) сбор и обработка данных электрической нагрузки;
- 2) выявление события;
- 3) анализ события;
- 4) определение типа нагрузки.

Расходы электроэнергии могут быть сгруппированы по отдельным потребителям электроэнергии или по группам потребителей, например на потребителей, которые участвуют в условно-переменных и условно-постоянных расходах.

Разделение расходов на условно-постоянные и условно-переменные очень важно, так как ответственность за условно-переменные расходы чаще всего должна ложиться на технологический (электротехнологический) персонал, который формирует идеологию производства, а также непосредственно реализует технологические режимы работы технологического оборудования. Ответственность за условно-постоянные расходы должен нести ответственный за электрохозяйство (главный энергетик) предприятия, так как именно он формирует идеологию работы вспомогательного оборудования (вентиляторы, системы воздухо- и водоснабжения), а также основных электрических вспомогательных производств. Безусловно, за увеличение условно-постоянных расходов несет несистемную ответственность и другой персонал производства, например, служба механиков – за неоптимальные сроки и качество ремонтов, аварийность механического оборудования; технологи – за аварийность технологического оборудования, приведшая к простоям.

Разработанный прибор для измерения энергоэффективности с использованием условно-постоянных и условно-переменных расходов на базе электронных счетчиков электроэнергии и АСКУЭ.

Для реализации интеллектуального учета требуется разработка многоуровневого алгоритма нейронной сети, который будет проводить анализ характеристик мощности нагрузки. Система определяет потребление энергии отдельными потребителями в пределах электрической нагрузки всего производства. Используя изменения активной и реактивной мощности, по является возможность кластерного анализа для идентификации электрического оборудования.

Для реализации интеллектуального учета электроэнергии на производстве требуется дальнейшие исследования в области искусственного интеллекта и нейронных сетей.

Его также можно использовать для анализа закона энергопотребления крупных промышленных потребителей, что поможет в дальнейшем построить централизованную систему прогнозирования мощности и электроэнергии. Идентификация электрических характеристик потребителя играет важную роль на рынке электроэнергии, основанное на вероятностном прогнозировании аномальных данных в режиме реального времени, использующем переменный байесовский вывод для обучения режиму вероятностного прогнозирования, чтобы реализовать онлайн-идентификацию аномальных данных. Это и касается обнаружения неисправностей в системе электроснабжения.

Для промышленности и крупных коммерческих зданий разделение по группам или электроприемникам, с учетом ценовых категорий нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность), обладают существенно большим экономическим эффектом.

Для управляющих компаний в сфере ЖКХ интеллектуальный учет электроэнергии позволит проанализировать затраты на общедомовые нужды по типам нагрузки и сделать жилые дома более энергоэффективными.

Для электросетевых компаний внедрение интеллектуального учета открывает возможности по предиктивному информированию о сбоях в работе оборудования. Автоматизированный сбор данных упростит сведение энергобалансов, повысит эффективность противодействия безучетному потреблению, а также снизит объем коммерческих и технологических потерь.

Для энергосбытовых компаний интеллектуальный учет позволит с большей эффективностью прогнозировать электрическую нагрузку, формируемую потребителями, что повысит результативность деятельности энергосбытовых компаний на оптовом рынке электроэнергии и мощности.

Для органов власти и регуляторов внедрение систем интеллектуального учета позволит проводить анализ больших данных, что в свою очередь даст возможность оптимизировать принятие решений по перспективному развитию электроэнергетического комплекса в рамках инвестиционных программ, в вопросах цено- и тарифообразования, а также при формировании программ энергоэффективности.

Управление спросом представляет собой систему стимулирования конечных потребителей к добровольному изменению графика потребления электроэнергии без дополнительного регулирования субъектом оперативно-диспетчерского управления и экономии в результате такого снижения потребления. Помимо маневренной генерации управление спросом – значимый источник гибкости энергосистемы, то есть способности поддерживать баланс мощности в условиях быстро изменяющейся мощности потребления и мощности стохастической генерации. Интеллектуальный учет, анализируя профили электрической нагрузки пользователей, позволяет идентифицировать устройства с высоким потенциалом в рамках управления спросом.

Широкий спектр интеллектуального учета расширяет такой вид деятельности, как энергетический консалтинг. Собранные данные позволяют:

- деагрегировать нагрузку и выявить приборы, вносящие основной вклад в энергопотребление;
- совершить разделение ежемесячного счета по приборам – источникам затрат;
- разработать стратегию по оптимизации внутрисуточного графика потребления;
- выявить несанкционированное использование оборудования сотрудниками компании;
- обнаружить факт незаконного присоединения к сетям объекта.

Интеллектуальная система учета – это необходимый шаг в рамках проекта развития электросетевого комплекса страны «Цифровая трансформация 2030». Получая полный контроль над учетом электроэнергии, ее качеством, объемом потребления, промышленное предприятие или сетевая компания обретает возможность управления параметрами электрической мощности, перераспределением электрических нагрузок, принятием оперативных решений. Все это дает возможность обеспечить повышение энергоэффективности электроснабжения, выявлять нарушения параметров качества электроэнергии, сбои электроснабжения, отказы в работе электрооборудования.

Библиографический список

1. Романюк, С.Ю. Использование системы учета расхода электроэнергии для формирования программы энергосбережения на промышленном предприятии / С.Ю. Романюк, Е.С. Кузнецова, В.А. Кузнецов // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника : труды Девятой научно-практической конференции, 25–26 ноября 2020 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2020. – С. 158–164.

2. Кузьмин, С.А. Использование устройства расхода электроэнергии на производстве на промышленном предприятии / С.А. Кузьмин, Е.С. Кузнецова, В.А. Кузнецов // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника : труды Девятой научно-практической конференции, 25-26 ноября 2020 г. – Новокузнецк : Изд. центр Сиб-ГИУ, 2020. – С. 136-144.
3. Кузьмин П.С. (2019). Неинтрузивный мониторинг нагрузки: эффекты внедрения и перспективы распространения // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 10. № 4. С. 306-319.
4. Tan Z, Liu B and Wu A (2022) Artificial Intelligence and Feature Identification Based Global Perception of Power Consumer: Definition, Structure, and Applications.

УДК 621.3.051

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Кузнецова Е.С., Долгих Р.В., Захаров А.В.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, kuzlena00@yandex.ru*

Аннотация. Проведен анализ основных параметров турбогенератора для разработки предиктивной диагностики. Предиктивная диагностика – это новое направление в области диагностики работающего электрооборудования. Интеллектуальный анализ параметров позволяет сделать прогноз о состоянии электрооборудования. (Предиктивная диагностика – комплекс инструментов, позволяющих определить отклонения технического состояния объекта диагностики от бездефектного (или номинального)).

Ключевые слова: предиктивная диагностика, анализ данных, статистика, нормальное распределение, частота генератора, температура активной стали, температура железа, температура меди, осевая и поперечная виброскорость, прогнозирования состояния.

Abstract. An analysis of the main parameters of a turbogenerator was carried out to develop predictive diagnostics. Predictive diagnostics is a new direction in the field of diagnostics of operating electrical equipment. Intelligent analysis of parameters allows you to make a forecast about the condition of electrical equipment.

Keywords: predictive diagnostics, data analysis, statistics, normal distribution, generator frequency, active steel temperature, iron temperature, copper temperature, axial and transverse vibration velocity, condition prediction.

Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении информационных технологий в промышленность, масштабной цифровизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. В электроэнергетике наблюдается переход от планово-предупредительных ремонтов к диагностике электрооборудования по текущему техническому состоянию для поддержания нормального состояния работы.

Нельзя сказать, что предупреждение аварийных ситуаций без введения предиктивной диагностики невозможно, однако в связи с необходимостью постоянного визуального контроля технологических параметров системы, принятием решений и выдаче рекомендаций в реальном времени в условиях недостатка информации, учета большого количества разноплановых факторов и исходных данных, а также недостаточной квалификации персонала ведут к возникновению аварий [1].

Предиктивная диагностика основывается на принципе обнаружения всех потенциально опасных дефектов на ранней стадии развития, наблюдения за их развитием и на этой основе составляется долгосрочный прогноз состояния оборудования. Каждый экземпляр промышленного оборудования уникален, потому данная система должна настраиваться для каждого конкретного агрегата индивидуально. Данная система использует методы статистического и интеллектуального анализа данных. Анализируются текущие и