

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ВК «Кузбасская ярмарка»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 9 - 2023

УДК 622.2

ISSN 2311-8342

ББК 33.1

Н 340

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2023. - № 9. – 390 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоемких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2023 г.).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

УДК 621.317

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

¹к.т.н. Кузнецова Е.С., ²Кузьмина С.Ю., ³Кузьмин С.А.

1 – Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия

2 – ООО «Горэлектросеть», г. Новокузнецк, Россия

3 – ООО «Фаза», г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрена структура расхода электроэнергии на горных предприятиях. 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: электросчётчик, неинвазивный мониторинг нагрузки, расход электроэнергии, условно-постоянные расходы, условно-переменные расходы, искусственный интеллект, цифровой переход.

Система электроснабжения горнодобывающего предприятия является динамической структурой, подвергающейся внешним воздействиям. Упорядочение учета электроэнергии и, как следствие этого, обеспечение нормального производственного режима, выравнивания графика нагрузки, круглосуточный мониторинг состояния электрохозяйства способствуют повышению энергоэффективности производства и возможности управления им на современном уровне.

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.

В стратегии научно-технологического развития Российской Федерации выделено направление «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».

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.

Типовая структура расхода электроэнергии на горных предприятиях представлена в табл. 1.

Исследователями доказано, что основными технологиями 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 отличаются от простого AMR (автоматическое считывание показаний счетчика). Они выполняют дополнительные функции, включая считывание данных в реальном времени, отключение электроэнергии и мониторинг качества электроэнергии. Они позволяют агентствам по установлению тарифов вводить различные цены на электропотребление в зависимости от времени суток и сезона.

Таблица 1

Типовая структура расхода электроэнергии на горных предприятиях		
Типовая структура расхода электроэнергии на предприятиях с подземными горными работами		
Участковые нормы	шахтные	компрессорные установки, вентиляционные установки, водоотливные установки, подъёмные установки, подземный транспорт (электровозный транспорт, канатная откатка, конвейерный транспорт), прочие энергоёмкие установки в подземных выработках и на поверхности
Общешахтная норма		расходы электроэнергии, учтенные в участковых нормах, расходы электроэнергии вспомогательными установками предприятия (механические мастерские, насосы водоснабжения), освещение, потери электроэнергии в системе электроснабжения
Типовая структура расхода электроэнергии на предприятиях с открытыми горными работами		
Участковые нормы	карьерные	экскавация, буровые работы, транспортирование горной массы, водоотливные установки
Общекарьерные нормы		расходы электроэнергии, учтенные в участковых нормах, расходы электроэнергии на вспомогательные нужды карьера (механические мастерские, дренажные работы, освещение, потери электроэнергии в системе электроснабжения разреза

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 крайних 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.

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. 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.

Внедрение интеллектуальных систем учета электроэнергии для горных предприятий позволит получить различные срезы по профилю электрической нагрузки:

- условно-постоянные и условно-переменные расходы электроэнергии;
- расход электроэнергии наземными и подземными потребителями;
- расход электроэнергии вентиляционными установками;
- расход электроэнергии компрессорными установками;
- расход электроэнергии водоотливными установками;
- расход электроэнергии подъемными установками;
- расход электроэнергии подземным транспортом.

Выводы. 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, появляется возможность кластерного анализа для идентификации электрического оборудования.

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

Список литературы

1. Романюк С.Ю., Кузнецова Е.С., Кузнецов В.А. Использование системы учета расхода электроэнергии для формирования программы энергосбережения на промышленном предприятии // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника : тр. девятой всерос. науч.-практ. конф., 25–26 ноября 2020 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2020. – С. 158–164.
2. Кузьмин С.А., Кузнецова Е.С., Кузнецов В.А. Использование устройства расхода электроэнергии на производстве на промышленном предприятии // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника : тр. девятой всерос. науч.-практ. конф., 25–26 ноября 2020 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2020. – С. 136–144.
3. Кузьмин П.С. Неинтрузивный мониторинг нагрузки: эффекты внедрения и перспективы распространения // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – Т. 10. – № 4. – С. 306–319.