

Mg, кальций Ca, кислород O₂ и кремний Si. При контакте с водой происходит частичное или полное растворение оксидов кальция и магния, что приводит к образованию гидроксидов (Mg(OH)₂, Ca(OH)₂). Растворение данных компонентов в воде приводит к уменьшению содержания твердой фазы в золе, соответственно, материал становится менее прочным. Наличие гидроксида магния препятствует сшивке геля, а гидроксид кальция приводит к увеличению времени сшивки. Водородный показатель водной вытяжки зольных отходов характеризуется значениями 11,9, т. е. создаваемая среда является щелочной, что недопустимо и критично для свойств жидкости разрыва. Повышенное значение pH приводит к ухудшению реологических свойств геля.

Таким образом, исследования образцов золошлаковых отходов различных предприятий г. Гомеля и г. Речицы в качестве расклинивающего материала (как альтернатива фрак-песка фракции 30/50) и в качестве функциональной добавки к жидкости разрыва показали их полное несоответствие требуемым технологическим параметрам. Данные компоненты существенно ухудшают свойства жидкости ГРП и способны привести к технологическим осложнениям при проведении работ, что делает недопустимым их применение в технологическом процессе.

Литература

1. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 9 сент. 2019 г., № 3-Т // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934631p&p1=1>. – Дата доступа: 09.10.2023.
2. Low-Density and High-Strength Fracking Proppant Made by High-Alumina Fly Ash // CGGP Journal. – Mode of access: <https://ccgpjournal.org/article/33234-low-density-and-high-strength-fracking-proppant-made-by-high-alumina-fly-ash>. – Date of access: 09.10.2023.
3. Композитный проппант на основе золошлаков // Центр инноваций современных материалов и технологий. – Режим доступа: <https://proppant.ru/>. – Дата доступа: 09.10.2023.

УДК 621.311:620.179.13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ПОСТОЯННОГО ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СТРАТЕГИЮ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Д. А. Лапченко

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Рассмотрены преимущества перехода на стратегию обслуживания и ремонта энергетического оборудования по техническому состоянию, целесообразность использования систем постоянного тепловизионного контроля для обеспечения надежности, безопасности и повышения эффективности работы энергооборудования.

Ключевые слова: ремонтные работы, безотказности, эффективность, планово-предупредительный ремонт

USE OF CONTINUOUS THERMAL IMAGING MONITORING SYSTEMS DURING THE TRANSITION ON THE STRATEGY FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF POWER EQUIPMENT ACCORDING TO TECHNICAL CONDITION

D. A. Lapchenko

Belarusian National Technical University, Minsk

The advantages of switching to a strategy for maintenance and repair of power equipment based on technical condition, the feasibility of using continuous thermal imaging monitoring systems to ensure reliability, safety and increase the efficiency of power equipment are considered.

Keywords: repair work, reliability, efficiency, scheduled maintenance.

Важнейшим аспектом обеспечения надежности и эффективности функционирования энергетики является система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) энергетического оборудования. Рационально организованная и хорошо отлаженная система ТОиР позволяет значительно снизить риск отказов и простоев оборудования, выступая фактором укрепления энергетической безопасности страны.

Основными задачами работ по ТОиР энергооборудования являются обеспечение его надежной и безопасной эксплуатации, предотвращение незапланированных простоев и продление срока службы. Работы по техническому обслуживанию включают плановые проверки, очистку, смазку, регулировку оборудования, замену изношенных деталей, калибровку измерительных приборов; ремонтные работы включают работы по восстановлению работоспособности и модернизации оборудования, замену неисправных агрегатов и деталей. Обеспечение безотказности работы и восстановление работоспособности оборудования выполняется путем реализации комплекса работ в рамках выбранной стратегии ТОиР, и выбор адекватной сложившимся условиям стратегии является критически важным условием надежного и эффективного функционирования энергообъектов. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике применяются различные стратегии ТОиР, имеющие разную степень распространения: плановые (планово-предупредительная система ТОиР, прогностическое ТОиР) и неплановые (реактивное ТОиР, ТОиР по состоянию) [1].

В энергетической системе Республики Беларусь действует планово-предупредительная система ТОиР, основанная на регламентированных по ремонтным циклам, структуре, периодичности, срокам, номенклатуре и объемам работ ремонтах и осуществлении непрерывного и периодического контроля технического состояния по эксплуатационным параметрам. Повышая безотказность работы оборудования и обладая рядом бесспорных преимуществ (контроль продолжительности межремонтных периодов; регулирование времени простоя; детерминированность затрат на ТОиР и др.), планово-предупредительная система ТОиР имеет существенные недостатки – большие затраты (так как около половины воздействий выполняется без особой необходимости, для диагностики требуется остановка или отключение оборудования и пр.); сложность оперативной корректировки запланированных процедур; возможное снижение надежности прошедшего обслуживания или ремонт оборудования по причине ремонтных замен. Применение такой стратегии продемонстрировало недопустимый разброс в отношении прогнозируемого срока службы однотипного оборудования, поэтому вскрылась необходимость определения параметров фактического состояния объектов методами, исключаящими разборку оборудования.

Наиболее прогрессивной системой ТОиР энергетического оборудования является система, базирующаяся на фактическом техническом состоянии оборудования, позволяющая обеспечить максимальную эффективность, проводить комплексную оценку состояния оборудования, его индивидуального ресурса. Такая система ТОиР обеспечивает поддержание работоспособности и восстановление исправности и ресурсов энергооборудования основана на ремонтах по техническому состоянию при осуществлении его непрерывного и периодического контроля по эксплуатационным параметрам для выявления неисправностей и отказов. Внедрение системы ТОиР по

техническому состоянию возможно при условии оснащения энергоустановок автоматизированными системами технического диагностирования, обеспечивающими переход от эмпирических оценок технического состояния оборудования к объективным, так как учитываются не только значения измеряемых параметров, но и скорость их изменений [2]. Стратегия ТОиР по состоянию нивелирует недостатки исторически предшествовавшей ей стратегии планово-предупредительного ремонта: значительно уменьшается количество «ненужных» воздействий; раннее обнаружение дефектов и неполадок позволяет проводить качественное выполнение работ, сокращать их сроки и, следовательно, заметно снижать затраты. Существенным препятствием перехода на стратегию ТОиР по состоянию являются высокие капитальные затраты на создание систем диагностики, однако по мере совершенствования диагностического оборудования и разработки специализированного программного обеспечения темп роста таких затрат снижается (например, появление беспроводных систем заметно уменьшило стоимость необходимых измерительных средств). Главным эффектом внедрения системы ТОиР по техническому состоянию в сравнении с планово-предупредительной системой является экономия средств, предназначенных для поддержания оборудования в рабочем состоянии.

Принципиальный вопрос в разрабатываемых моделях перехода к ремонтам энергетического оборудования по техническому состоянию – адаптация комплекса ремонтных воздействий к условиям функционирования систем технического диагностирования, обеспечивающих контроль технического состояния, поиск мест и установление причин неисправностей (отказов), прогнозирование технического состояния на основе контролируемых параметров в автоматизированных системах.

Основными методами диагностики состояния энергетического оборудования, которое требует особой надежности, являются такие методы неразрушающего контроля, как магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, визуально-оптический, радиационный, вибродиагностический, акустический, капиллярный [3, с. 9]. Широкое применение теплового метода неразрушающего контроля объектов тепло- и электроэнергетики объясняется его достоинствами: высокая производительность контроля и скорость обработки информации; дистанционность; наглядность; многомерный доступ к объектам и многопараметрический характер испытаний; возможность непрерывного контроля и создания автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами и др. Наиболее востребованными бесконтактными приборами теплового контроля являются тепловизоры. Сегодня тепловизионная диагностика – одно из основных направлений контроля состояния оборудования в сферах производства, транспортирования, преобразования, консервации и потребления энергии, мировая практика применения тепловизионного контроля насчитывает уже более четверти века. Система технической диагностики с использованием приборов инфракрасной техники (ИКТ) обеспечивает возможность контроля теплового состояния энергооборудования без вывода их из работы и выявления дефектов на ранней стадии, что сокращает затраты на ТОиР за счет прогнозирования сроков и объемов работ. Оценка теплового состояния объектов в зависимости от условий их работы и конструкции осуществляется по трем параметрам – превышению температуры, избыточной температуре и коэффициенту дефектности [4, с. 10]. Спектр технических возможностей применения приборов ИКТ в энергетике достаточно широк. В таблице представлен частичный перечень энергетического оборудования и характерных выявляемых дефектов.

**Технические возможности систем тепловизионной диагностики
в энергетике [5, с. 134]**

Оборудование электростанций и сетей	Выявляемые неисправности
Генераторы	Межлистовые замыкания статора. Ухудшение паек обмоток. Оценка теплового состояния щеточного аппарата. Нарушение работы систем охлаждения статоров. Проверка элементов системы возбуждения
Трансформаторы	Очаги возникновения магнитных полей рассеивания. Образование застойных зон в баках трансформаторов за счет шламообразования, разбухания или смещения изоляции обмоток, неисправности маслосистемы. Дефекты вводов
Коммутационная аппаратура	Перегрев контактов токоведущих шин, рабочих и дугогасительных камер. Состояние внутрибаковой изоляции. Дефекты вводов, делительных конденсаторов. Трещины опорностержневых изоляторов
Маслонаполненные трансформаторы тока	Перегревы наружных и внутренних контактных соединений. Ухудшение состояния внутренней изоляции обмоток
Конденсаторы	Пробой секций элементов
Воздушные ЛЭП	Перегревы контактных соединений проводов

Использование системы постоянного тепловизионного контроля как элемента стратегии ТОиР по техническому состоянию позволяет снизить риски аварийных сбоев оборудования, повышать эффективность его работы, сокращать эксплуатационные затраты минимум на 15 %, и целесообразность внедрения подтверждается расчетами: например, динамический срок окупаемости такой системы диагностики (со сроком полезного использования 7 лет) для оборудования филиала «Минская ТЭЦ-3» РУП «Минскэнерго» составит менее двух лет.

Л и т е р а т у р а

1. Выбор стратегии технического обслуживания электрооборудования: плюсы и минусы концепции CBM // TEST-ENERGY.ru. – М., 2013–2023. – Режим доступа: <https://test-energy.ru/vybor-strategii-tehnicheskogo-obslyzhvaniya-elektrooborudovaniya-cbm/>. – Дата доступа: 12.09.2023.
2. Косинов, Ю. П. Совершенствование ремонта энергетического оборудования для обеспечения надежной его эксплуатации за пределами паркового ресурса и сроков службы / Ю. П. Косинов, А. А. Романов, Ю. В. Трофимов // Тригенерация.ру – Портал по тригенерации, когенерации и мини-ТЭЦ. – М., 2007–2023. – Режим доступа: <http://www.combienergy.ru/stat/691-Sovershenstvovanie-remonta-energeticheskogo-oborudovaniya>. – Дата доступа: 18.09.2023.
3. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учеб. пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 64 с.
4. Орехов, Э. А. Методы неразрушающего контроля электротехнического оборудования / Э.А. Орехов, В. В. Абрамов // Энергоэксперт. – 2020. – № 2. – С. 10–13.
5. Методы диагностики и контроля энергооборудования : учеб.-метод. комплекс для специальности переподготовки 1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание энергооборудования организаций» / БНТУ, каф. «Метрология и энергетика» ; сост. А. А. Новиков, А. Г. Герасимова, Е. Г. Пономаренко. – Минск : БНТУ, 2017. – 169 с.