

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ – ЗАЛОГ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

Безотказная и безопасная работа систем электроснабжения объектов производства, социальной сферы и коммунальной инфраструктуры – залог нормальных условий жизнедеятельности и социально-экономической стабильности не только отдельных предприятий и организаций, но и целых районов.

Аварийные повреждения электроустановок в процессе эксплуатации часто сопровождаются разрушением оборудования. Но даже их предварительные состояния приводят к нарушению электроснабжения потребителя и, как правило, к значительному экономическому, а порой и социальному ущербу, особенно при каскадном развитии ситуации.

Всем памятна авария в 2005 г. на подстанции «Мосэнерго», из-за которой официально пострадали почти 5 млн. человек, а также недавняя авария в Европе еще большего масштаба.

Другим, не менее очевидным примером является состояние систем электроснабжения при анализе факторов пожароопасности.

По данным МЧС, **ежедневно в России возникает 115** (около 20% от общего количества) **пожаров по причине неисправности электрооборудования и неправильной его эксплуатации. Прямой материальный ущерб от каждого такого пожара в среднем составляет около 9 млн. рублей** (данные относительно «спокойного» первого полугодия 2006 г.).

Не лучше ли вкладывать средства в обеспечение работоспособности и безопасности электрооборудования, чем в возмещение потерь от его неисправности и пожаров, последствия которых зачастую невосполнимы ничем?

По количеству пострадавших и экономическому ущербу в общей статистике **пожаров случаи возгораний из-за неисправности электрооборудования из года в год**

устойчиво держат скорбную пальму первенства, опережая случаи неосторожного обращения с огнем (из-за последних происходит почти половина всех пожаров). Поэтому организация постоянной работы по предупреждению аварий в электроустановках – не менее значимая, чем средства пожарной сигнализации и пожаротушения.

Поддержание необходимой степени надежности электрооборудования в процессе его эксплуатации обеспечивается системой технического обслуживания и ремонтов.

Обеспечение надежной работы и безопасной эксплуатации электроустановок, предупреждение наступления аварийных ситуаций регламентируются «**Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей**» (утверждены Приказом Министерства энергетики РФ от 13.01.2003 г., №6, зарегистрированы Минюстом РФ 22.01.2003 г., №4145).

Данными ПТЭ установлены сроки, виды и порядок проведения технического обслуживания, планово-предупредительного ремонта, испытаний и обновления электрооборудования, обязательные для содержания электроустановок в работоспособном состоянии, включая контроль экономичности и надежности.

Диагностические испытания электрооборудования могут осуществляться как на основе непосредственных электрических измерений, что вполне традиционно, так и путем измерения косвенных характеристик работы электроустановок, в частности температуры поверхности.

В последнем случае наибольший приоритет отдается бесконтактному Тепловому Неразрушающему Контролю (ТНК).

Традиционные методы контроля электрооборудования, как правило, ориентированы на необходимость временного вывода его из работы (что иногда, например при испытаниях повышенным напряжением, может привести и к окон-

чательному выходу его из строя). В отличие от них тепловизионная диагностика позволяет производить поэлементную, а также общую оценку технического состояния электрооборудования в процессе его работы, выявлять многие дефекты на ранней стадии их развития, а также определять приемлемые эксплуатационные ограничения, препятствующие развитию дефектов.

При этом обеспечиваются:

- 100%-ная объективная инструментальная фиксация фактического состояния электрооборудования посредством термограмм и фотографий, прилагаемых к отчету;

- выявление дефектов, оценка степени их опасности, получение прямой экспериментальной информации для оценки остаточного ресурса объекта и разработка рекомендаций по устранению дефектов и предотвращению их развития;

- выявление средствами тепловизионного контроля случаев недостоверности сведений о проведении регламентных мероприятий и периодических испытаний электроустановок на объектах проверки;

- создание компьютерного архива результатов контроля для ретроспективного анализа и прогнозирования технического состояния электроустановок, планирования эксплуатационных мероприятий и обновления.

С учетом особой эффективности данного метода в пункте 3.6.30. ПТЭ специально указано, что **«тепловизионный контроль состояния электрооборудования следует по возможности производить для электроустановки в целом»**.

Вместе с тем слабая информированность эксплуатационного персонала о функциональных достоинствах тепловизионного контроля, а также недостаточная его методическая оснащенность препятствовали широкому применению данного вида диагностики в прак-



Рис. 1. Анализ теплового состояния современных распределительных устройств с уплотненным монтажом.

тику. В последнее время ситуация стала меняться к лучшему.

Увеличивается тенденция проведения ремонтов электрооборудования по результатам профилактического контроля и мониторинга, а не в зависимости от продолжительности эксплуатации, что повышает востребованность и значение ТНК, как оперативного, информативного и достоверного метода диагностики.

Все больше руководителей энергослужб осознают, что в условиях недостаточности средств на проведение технического обслуживания и модернизацию тепловизионная диагностика может стать **основой для организации надежного наблюдения за техническим состоянием оборудования**, позволяя обнаруживать дефекты контактных соединений, участки перегрузки кабелей, производить оценку работоспособности трансформаторов, электродвигателей, разрядников и другого электрооборудования в процессе их эксплуатации без снятия напряжения. Такая диагностика информативна, экономична и удобна. В реконструируемых, вновь сооружаемых и эксплуатируемых электроустановках применение тепловизионной диагностики позволяет выявить проблемы конструктивного и технологического характера на ранней стадии с опережающим принятием мер и в целом **переходить от ППР к ремонтам по наблюдениям**.

Периодичность тепловизионного контроля оборудования зависит от его повреждаемости и затрат на профилактику. При этом современные предприятия, заботясь о повышении надежности и устойчивости производства, по собственной инициативе вводят периодичность тепловизионной диагностики электрооборудования с интервалом в полгода, чтобы не упустить ситуацию из-под контроля.

С учетом особенностей функционирования электрооборудования разработаны математические модели, описывающие процесс теплового контроля этих объектов и позволившие создать и реализовать на практике алгоритмическое и программное обеспечение обнаружения и распознавания дефектов электрооборудования на основе обработки термограмм, а также прогнозирования остаточного ресурса по данным мониторинга.

- регистрацию первичной информации: реальных эксплуатационных характеристик, температурных полей, параметров окружающей среды и т.п.;

- обработку информации посредством специального программного обеспечения с целью обнаружения дефектов, определения степени их опасности и др.;

- оформление и выпуск отчетной документации по результатам контроля, заключения и рекомендации.



Рис. 2. Ведомость тепловизионного наблюдения за техническим состоянием электрооборудования.

Современный тепловой контроль электрооборудования включает следующие основные этапы:

- анализ нормативной, технической документации на контролируемый объект и условий его эксплуатации;

- математическое моделирование процесса теплового контроля;

На рис. 2 показан пример ведомости тепловизионного наблюдения за техническим состоянием элементов системы электроснабжения. Появились новые методики проведения теплового контроля электрооборудования, применяющиеся не только для высоковольтного оборудования ПАО «ЕЭС России»,

но и на самом широком спектре потребительских электроустановок, в которых чаще всего и происходят отказы, аварии и возгорания. Новое методическое обеспечение имеет возможность, опираясь на теоретические основы ТНК и накопленный опыт теплового неразрушающего контроля, по-новому, более обоснованно, подойти как к организации измерений, так и к определению браковочных признаков.

Помимо этого, общим требованием для всех методик тепловизионного контроля, допускаемых к применению в эксплуатации электроустановок, является их аттестация и регистрация в Федеральном реестре методик выполнения измерений, а для объектов, подведомственных Ростехнадзору, – в независимом органе по аттестации методических документов, аккредитованном в системе Ростехнадзора.

В помощь организациям, разрабатывающим и применяющим методики тепловизионной диагностики, Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору подготовлен и прошел согласование с территориальными управлениями руководящий документ **«Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств...»**, устанавливающий базовые принципы тепловизионного контроля, в том числе и в системах электроснабжения.

Организация надежного тепловизионного мониторинга технического состояния электроустановок в связи с проблемой пожароопасности имеет еще один существенный аспект, на котором следует остановиться особо.

При оценке надежности системы противопожарной защиты от факторов неисправности систем электроснабжения очень часто ошибочно возлагаются неоправданные надежды на такие известные методы защиты, как автоматика отключения (защита от токов короткого замыкания, перегрузки или утечки). Между тем реальной причиной пожаров является, как правило, не «короткое замыкание» (чаще всего фигурирующее в протоколах), а искрение в некачественных соединениях и контактах (например, по причине ослабления крепежа) или в местах разрыва жил проводника.

Пожары, возникающие из-за искрения в электропроводке, не могут

быть предотвращены существующей автоматикой защиты от токов, так как токи искрения протекают по штатной цепи и не превышают штатных токов нагрузки.

Природа искрения объясняется образованием переходного сопротивления в местах недостаточно плотного соприкосновения подвижных и неподвижных контактов коммутирующих элементов (реле, выключателей, разъединителей и др.), а также в местах некачественного соединения проводов, шин, фидеров (в соединительных коробках, штекерных и др. соединениях) и подключения в электросеть различных элементов (электроламп, плавких вставок, вилок и пр.). Переходное сопротивление характеризует процесс циклического образования и гашения электрической искры при относительно малых «паразитных» токах, обуславливающих выделение и постепенное накопление тепловой энергии в местах ослабленного крепления проводов, что и приводит к возгоранию.

Протекающий через неисправное соединение ток обычно не превышает номинальной величины и его изменение не связано с изменением сопротивления изоляции проводов, поэтому автоматика защитного отключения (в том числе и УЗО) нечувствительна к неисправностям такого типа.

В данном случае тепловизионный мониторинг состояния электрических контактов и соединений незаменим, так как способен с помощью регистрации тепловых выделений обнаруживать неисправности даже в скрытой проводке.

Прямой материальный ущерб, причиненный пожарами, ежегодно прирастает на 22%. Этот факт (не говоря уже о жизни и здоровье людей) должен подтолкнуть руководителей, заботящихся об устойчивом положении своих предприятий, ускорять внедрение современных методов технической диагностики и мониторинга в практику эксплуатации электроустановок.

Учитывая, что технологии теплового неразрушающего контроля электрооборудования позволяют предупредить аварии, оптимизировать затраты на его ремонт и эксплуатацию и к настоящему времени практически полностью обеспечены необходимой методической, технической и организационной базой,

можно с уверенностью констатировать, что роль их в повышении надежности и безопасности систем электроснабжения будет год от года возрастать.

*А.В. ЦАПЕНКО,
зам. начальника Управления
государственного энергетического
надзора Федеральной службы
по экологическому,
технологическому и атомному
надзору;*

*Д.В. СЕННОВСКИЙ,
зам. генерального директора
Технологического института
энергетических обследований,
диагностики
и неразрушающего контроля ВЕМО;*

*Р.Т. ТРОИЦКИЙ-МАРКОВ,
специалист лаборатории ТНК
«ВЕМО-2000»*

Литература

1. Методика тепловизионной неразрушающей диагностики электрооборудования (основные положения). – Технологический институт энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля ВЕМО 08.00.00.000 ДМ, 2003., св. атт. №022/442-2003 от 19 августа 2003 г., ФР.1.32.2006.02.661.
2. С.А. Бажанов, О.Н. Будадин, Е.В. Абрамова, Т.Е. Троицкий-Марков и др. Комментарии и пояснения к «Методике тепловизионной неразрушающей диагностики электрооборудования». – Технологический институт энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля ВЕМО 08.00.00.000 ДМ, 2003, 168 с.
3. О.Н. Будадин, А.И. Потапов, В.И. Колганов, Т.Е. Троицкий-Марков, Е.В. Абрамова. Тепловой неразрушающий контроль изделий. — М.: Наука, 2002, 472 с.
4. С.А. Бажанов. ИК-диагностика электрооборудования распределительных устройств. – М.: НТФ «Электропрогресс», 2000, 76 с. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; вып. 4(16)].