

*Г.А. Кигель, канд. техн. наук, Н.Ю. Рухлова*  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИАГНОСТИКИ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТОВ ИЗНОШЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

**Постановка задачи.** В последнее время проблема эксплуатации электрооборудования, срок службы которого превышает нормированные значения, является наиболее актуальной. Изношенное электрооборудование обладает повышенной восприимчивостью к повреждениям и возникновению отказов ввиду того, что его номинальные параметры при длительной эксплуатации могут не соответствовать нормируемым значениям. В связи с этим возникает необходимость своевременного обнаружения и устранения дефектов путем диагностирования оборудования и, соответственно, применения мероприятий в случае необходимости.

**Цель** данной работы – оценка эффективности диагностирования изношенного электрооборудования и обоснование перехода на более целесообразную систему ремонтов.

**Изложение основного материала.** В процессе эксплуатации электрооборудования осуществляется контроль его технического состояния, что способствует отводу повреждений и аварий электроустановок, позволяет корректировать сроки ремонтов, а также выявлять возможность дальнейшей его эксплуатации. Ухудшение технического состояния электроустановок может быть выявлено:

- при плановых осмотрах (например, состояние контактных соединений, повышение вибрации и уровня шума, возникновение трещин и других дефектов);
- во время текущего контроля режимных параметров (снижение экономичности, локальное или общее повышение температуры);
- в результате проведения специальных измерений и испытаний (например, ухудшения электрических характеристик изоляции, износа конструктивных элементов, возникновения дефектов и неисправностей).

На сегодняшний день контрольные мероприятия реализуются тремя путями: осмотрами, диагностическими испытаниями и мониторингом [1].

Проведение осмотров связано со значительными расходами и привлечением специально подготовленного персонала для работы в опасной рабочей зоне. Осмотр является диагностическим мероприятием, но фактически не решает диагностических заданий, так как с его помощью не всегда возможно предупредить аварийный отказ, сделать прогноз о работоспособности оборудования. Оценить состояние оборудования при осмотрах возможно только по внешним, доступным признакам через установленные интервалы времени (смена, сутки и т. п.). В то же время оборудование требует постоянного контроля.

Диагностика состоит из комплекса диагностических испытаний и делится на две составляющие:

- функциональную оперативную диагностику;
- диагностическое обследование.

Диагностические мероприятия могут выполняться как на работающем электрооборудовании (на оборудовании, находящемся под напряжением), так и на неработающем (отключенном от напряжения). В последнем случае к общей задаче диагностики, которая выполняется в виде всестороннего диагностического обследования, добавляется не менее важное задание: определение способности изоляции выдерживать перенапряжения при включении под напряжение, при отключении и перенапряжениях в сети. Соответствие установленным параметрам должно выполняться как для нового, так и работающего электрооборудования.

Оперативная диагностика использует неразрушительные методы контроля, которые не приводят к расходам ресурсов и выполняются одновременно с функционированием электрооборудованием, т. е. это диагностика физико-химическая; тепловизионная; акустическая; электротехническая.

Мониторинг, как и оперативная диагностика, предусматривает использование неразрушительных методов контроля, т. е. методов, которые не приводят к уменьшению ресурса. Мониторинг, т. е. непрерывное наблюдение за установленными параметрами с целью их контроля и восстановления, осуществляется одновременно с выполнением электрооборудованием своих функций. При наличии системы мониторинга сигнал о необходимости более углубленного диагностического обследования должен поступать от нее. Основным методом устранения дефектов является ремонт (средний или капитальный).

Конечная цель диагностического контроля – определение типа и объема ремонта для увеличения остаточного ресурса или для возобновления работоспособности электрооборудования [1].

Работы по контролю технического состояния электроустановок выполняются в рамках системы технического обслуживания и ремонтов. Основным из них является непрерывный температурный контроль оборудования, периодические профилактические испытания изоляции, диагностика состояния электроустановок, специальные измерения и испытание на воздушных линиях. Диагностика состояния – универсальный метод контроля, что позволяет на базе комплекса измерений и испытаний специальной аппаратурой получить детальную информацию о возникновении и развитии дефектов и неисправностей и предупреждать о наступлении предаварийной ситуации.

Тепловизионный контроль, как один из наиболее эффективных методов диагностики электрооборудования, позволяет выявлять контактные соединения с повышенной температурой по сравнению с остальными объектами, т. е. дефекты. Уровень превышения температуры определяется как превышение измеренной температуры ( $\Delta T$ ) контактного соединения одной фазы над температурой контакта целого участка ошиновки других фаз. Вследствие чего выдается заключение о необходимости устранения данного дефекта [2]:

- при  $\Delta T = 5 \div 10^\circ \text{C}$  – во время планового ремонта;
- при  $\Delta T = 10 \div 30^\circ \text{C}$  – во время внепланового ремонта;
- при  $\Delta T > 30^\circ \text{C}$  – во время аварийного ремонта.

Тепловизионная диагностика, прежде всего, должна решать такие основные задачи как установление технического диагноза, т. е. поиск места неисправности, определение причин отказа, контроль и прогнозирование технического состояния. При диагностических испытаниях показатели надежности необходимо определять путем статистического анализа, который позволит оценить особенности эксплуатации и уровень качество технического обслуживания оборудования различных подстанций, прогнозировать поведение элементов высоковольтного оборудования [3].

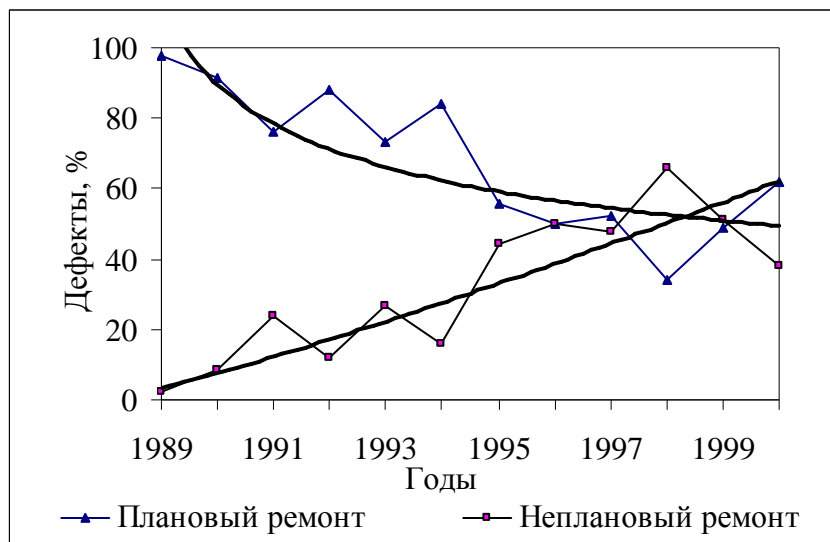
Эффективность электроснабжения потребителей напрямую зависит от технического состояния электротехнического оборудования, которое определяется диагностическими методами и поддерживается одним из основных способов – применением системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Сущность системы ППР состоит в том, что каждый агрегат, электродвигатель, трансформатор и все электрические аппараты высокого и низкого напряжения через определенные интервалы времени проходят плановый профилактический осмотр и требуют соответственно разного вида ремонтов. Длительность этих интервалов времени определяется особенностями конструкции оборудования и условиями его эксплуатации. Система ППР включает два вида работ: периодическое выполнение плановых ремонтов (текущие ремонты (ТР) и капитальные ремонты (КР)) и межремонтное техническое обслуживание (ТО). Важным показателем ППР является ремонтный цикл, т. е. интервал времени между двумя капитальными ремонтами, который состоит из нескольких технических обслуживаний, текущих ремонтов и одного капитального ремонта [1].

В работе [2] приведены также результаты анализа данных тепловизионного контроля контактных соединений электротехнического оборудования подстанций за 13 лет. Как видим, за контролируемый период происходит монотонный рост наблюдаемых дефектов. При этом на фоне уменьшения процента дефектов, которые должны быть устранены при очередном плановом ремонте, возрастает процент тех нарушений, которые требуют внепланового или аварийного ремонта (см. рисунок).

Анализируя кривые можно сделать вывод, что количество плановых ремонтов значительно сокращается за счет устранения дефектов (неполадок) путем проведения неплановых или аварийных ремонтных мероприятий. Это позволяет сказать, что существующие межремонтные сроки плановых ремонтов достаточно велики для большинства электрооборудования и возникающие дефекты приходится устранять путем проведения внеплановых ремонтных мероприятий, чтобы исключить появление аварийных ситуаций.

Длительность межремонтных промежутков электрооборудования определяется в соответствии с требованиями ПТЭ, что приводит к жестким срокам проведения ремонтных мероприятий. Для изношенного электрооборудования такое положение неприемлемо, так как не позволяет в полной мере учитывать его реальное техническое состояние, которое с каждым годом ухудшается. Ввиду того, что для современной национальной электроэнергетики наиболее актуальной становится проблема старения основных фондов, т. е. парк изношенного электрооборудования постоянно увеличивается, применение жесткого графика

проведения ремонтных мероприятий неэффективно для стареющего или уже изношенного электротехнического оборудования.



Плановые и неплановые ремонты в сетях 110-330 кВ

Данная проблема приводит к тому, что необходимо корректировать существующую систему ППР либо отказываться от нее путем перевода электрооборудования на ремонт по техническому состоянию [4, 5].

### Выводы

1. Постоянное проведение диагностического контроля электрооборудования позволяет своевременно выявлять возникающие дефекты (неполадки).
2. При эксплуатации изношенного электрооборудования необходимо применять индивидуальный подход к планированию режима его работы и осуществлять постоянный контроль за его техническим состоянием, что обеспечит устойчивое функционирование такого оборудования сверх нормированного срока службы.
3. Существующая система ППР не позволяет эффективно контролировать и поддерживать работоспособное состояние большей части имеющегося изношенного электрооборудования. Поэтому возникает необходимость в пересмотре системы ППР для изношенного электрооборудования и электрооборудования, срок службы которого не превысил нормированный, или в переходе на систему ремонта по техническому состоянию.

### Список литературы

1. Експлуатація електроустановок: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, А.В. Журахівський, Г.А. Кігель та ін.; За ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 445 с.
2. Власов А.Б., Джура А.В. Оценка параметров надежности контактных соединений по данным тепловизионного контроля // Электротехника. – 2002. – № 6. – С. 2-5.
3. Власов А.Б. Факторный анализ показателей надежности контактных соединений по данным тепловизионного контроля // Электротехника. – 2003. – № 4. – С. 51-55.
4. Головатюк М.К., Ключко В.П. Оптимизация планирования ремонтов в распределительных

электрических сетях // Энергетика и электрификация. – 2001. – № 8. – С. 27-31.

5. Барков А.В., Тулугуров В.В. Диагностическое обслуживание предприятий – основа перевода оборудования на ремонт по состоянию // Промышленная энергетика. – 2002. – № 10. – С. 15-18.