

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің 60 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары– 13: дәстүрлерді сақтай отырып, болашақты құру» атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 13: сохраняя традиции, создавая будущее», посвященная 60-летию Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина. - 2017. - Т.1, Ч.3. - С.152-154

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Кулынтай А.*

В рамках настоящего доклада приводятся результаты, проводимые научные исследования по тепловизионные (термографические) методы диагностики механизмов электрооборудований сельскохозяйственных машин.

Тепловизионные (термографические) методы диагностики являются одним из перспективных методов бесконтактного и оперативного контроля технического состояния различных объектов (тепло - электроэнергетики, технологических машин и оборудования и много других). Преимуществом данного метода является оценка технического состояния объектов непосредственно в процессе эксплуатации под нагрузкой и в процессе работы. В последние годы тепловизионный контроль электрического оборудования стал незаменимым методом технической диагностики во многих областях. Особое значение имеет развитие, с одной стороны, методов технической диагностики для выявления, локализации и предупреждения отказов элементов оборудования, определяющих вероятные отказы и повреждения, с другой – разработка эффективных методов статистической обработки полученных данных для определения на их основе показателей надежности.

Тепловизионная диагностика надежности работы электрооборудования сельскохозяйственных машин, проводятся по оценкам теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей, в зависимости от условий их работы и конструкции. Это осуществляется по нормированным значениям температуры нагрева (значениям превышения температуры), избыточной температуре, коэффициенту дефектности, динамике изменения температуры во времени, с изменением нагрузки, путем сравнения измеренных значений температуры в пределах фазы, между фазами, с заведомо исправными участками и т.п.[1]. Оценка теплового состояния контактов и болтовых КС, находящихся в среде окружающего воздуха, при токах нагрузки (0,6-1,0) I<sub>ном</sub> проводится по значению превышения температуры нагрева с проведением при необходимости соответствующего пересчета:

$$\frac{\Delta T_{ном}}{\Delta T_{раб}} = \left[ \frac{I_{ном}}{I_{раб}} \right]^2, \quad (1)$$

где  $\Delta T_{ном}$  - нормированное (табл. 1) значение превышения температуры при номинальной нагрузке  $I_{ном}$ ;  $\Delta T_{раб}$  - значение превышения температуры при измерении при токе  $I_{раб}$ .

Классификация выявленного дефекта по значению превышения температуры в этом случае осуществляется исходя из соображений указанных в таблице 1.

Таблица 1.

Степень неисправности	Значение превышения температуры, °С, при номинальной нагрузке	Классификация дефекта
Начальная степень	10-20	Обнаруженную неисправность следует держать под контролем, предусмотренным графиком ТВК.
Развившийся дефект.	20-40	Учащенный контроль или устранение дефекта при возможности вывода в ремонт.
Аварийный дефект	≥ 40, но не более значений, приведенных в табл. 1	Аварийный дефект, требующий немедленного устранения.

В тех случаях, когда токовая нагрузка находится в пределах (0,3-0,6)  $I_{ном}$ , во избежание существенных ошибок при пересчете измеренного значения температуры к нормированному, рекомендуется оценку теплового состояния контактов и болтовых КС проводить по избыточной температуре с использованием в качестве норматива температуры, соответствующей  $0,5 I_{ном}$ .

$$\frac{\Delta T_{0,5}}{\Delta T_{раб}} = \left[ \frac{0,5 I_{ном}}{I_{раб}} \right]^2, \quad (2)$$

где  $\Delta T_{0,5}$  - избыточная температура при токе нагрузки  $0,5 I_{ном}$ .

Предельное значение избыточной температуры ( $\Delta T_{0,5}$ ) при токе нагрузки  $0,5 I_{ном}$  составляет 30 °С;  $\Delta T_{раб}$  - избыточная температура при токе нагрузки, отличном от  $0,5 I_{ном}$ . При оценке теплового состояния контактов и болтовых КС по избыточной температуре различают следующие области неисправности (таблице. 2).

Таблица 2

Степень неисправности	Значения избыточной температуры, °С, при токе нагрузки $0,5 I_{ном}$	Рекомендация
Начальная степень	5-10	Обнаруженную неисправность следует держать под контролем, предусмотренным графиком ТВК.
Развившийся дефект.	10-30	Учащенный контроль или устранение дефекта при возможности вывода в ремонт.
Аварийный дефект	≥ 30	Аварийный дефект, требующий немедленного устранения.

Оценку теплового состояния сварных КС, а также КС, выполненных методом обжата, рекомендуется производить по значению избыточной температуры или коэффициенту дефектности. При оценке теплового состояния КС по коэффициенту дефектности различают степени неисправности:

- коэффициент не более 1,2 - Начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем;

- коэффициент дефектности 1,2-1,5 - Развившийся дефект. Принять меры к устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы;

- коэффициент дефектности  $> 1,5$  - Аварийный дефект. Требуется немедленного устранения.

Оценка теплового состояния электрооборудования (силовые и измерительные трансформаторы, маслонаполненные аппараты и др.), а также контакты и КС, находящиеся в объеме масла или газа, изолированном от окружающего воздуха металлическими или изоляционными материалами, производится косвенным способом. В этом случае возможность непосредственного измерения температуры нагрева контролируемого узла с помощью тепловизора или иным способом, по существу, исключена.

При проведении тепловизионного обследования электрооборудования существенное значение имеет выявление и устранение систематических и случайных погрешностей, оказывающих влияние на результаты измерения. Систематические погрешности заключены в конструкции измерительного прибора, а также зависят от его выбора в соответствии с требованиями к совершенству измерения (разрешающей способности, поля зрения и т.п.). Случайными погрешностями, возникающими при проведении ИК-контроля, могут являться: воздействие солнечной радиации, выбор излучательной способности и др.

Коэффициент излучения материала в общем виде зависит от длины волны, угла наблюдения поверхности контролируемого объекта и температуры.

Для металлов в отличие от газообразных и жидких веществ спектральный коэффициент излучения изменяется весьма слабо. Коэффициент излучения помимо вышесказанного зависит также от угла наблюдения. Для металлов коэффициенты излучения постоянны в интервале углов наблюдения (0-40) градусов, для диэлектриков - в интервале углов (0-60) градусов. За пределами этих значений коэффициент излучения быстро уменьшается до нуля при направлении наблюдения по касательной. Так, при длине волны излучения 10 мкм при наблюдении по нормали вода близка к абсолютно черному телу, а при наблюдении по касательной становится зеркалом  $E = 0$ . В электроустановках различие в углах наблюдения может возникнуть при проведении ИК-контроля под углом токоведущей шины. Коэффициенты излучения металлов с ростом температуры обычно увеличиваются и зависят от состояния поверхности металла [2].

Поскольку токоведущий узел электрического аппарата или установки может включать в себя несколько компонентов из разнородных металлов, поверхности которых окрашены, имеют окисные пленки или разную степень обработки поверхности, т.е. различные коэффициенты излучения, при инфракрасном контроле могут возникнуть предположения о перегревах на участках с повышенными коэффициентами излучения.

В токоведущих частях электроустановок, обтекаемых значительными токами (например, шины генераторного напряжения), зачастую наблюдаются

нагревы, обусловленные индукционными токами, циркулирующими в магнитных материалах. В качестве последних в токоведущих шинах могут быть пластины шинодержателей, крепежные болты, близко расположенные металлоконструкции и т.п. Нагревы от индукционных токов, если они расположены вблизи контактных соединений, могут создавать ложное впечатление о перегреве последних[3].

Существенное значение при ИК-контроле имеет расстояние до контролируемого объекта ввиду рассеяния и поглощения ИК-излучения в атмосфере за счет тумана, снега и других факторов.

Особенно это влияние сказывается при использовании тепловизоров, работающих в спектральном диапазоне 2-5 мкм.

При использовании ИК – приборов (пирометров, тепловизоров и т.п.) необходимо, чтобы площадь наблюдения по возможности соответствовала площади контролируемого объекта. В противном случае на результаты измерения будет оказывать влияние температура окружающей среды.

### **Список литературы**

1. Методические указания по проведению тепловизионного контроля оборудования. МУ 14-621-2010, 17 стр.
2. Головки С.В. Диагностика судового электрооборудования и систем автоматизации». Учебное пособие АГТУ, – Астрахань, 2014, 64с.
3. Engineering for Rural Development– издательство Thomson Reuters 2012. – 114-117с.