

УДК 621.3.08

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Гуров А.В., Баран Ю.Г., Антонов И.И.

Научный руководитель – КИСЛЯКОВ А.Ю.

Нагрев электрооборудования является одним из основных показателей режима его работы и технического состояния. По нагреву можно судить о нагрузке электрооборудования, обнаружить возникновение неисправности, например, в контактах или системе охлаждения.

Температура оборудования – это первое, на что обращает внимание дежурный персонал в процессе обслуживания. К измерению температуры оборудования в энергетике предъявляются два основных требования: точность и надежность.

В большинстве своем точность измерения температуры оборудования находится в пределах $\pm 1-1,5$ °С, кроме измерения температуры водоохлаждаемых обмоток, где точность лежит в пределах $\pm 0,5$ °С. При различных испытаниях и исследованиях температура измеряется с точностью до $\pm 0,1$ °С.

Требования к надежности измерения температуры оборудования достаточно жесткие, т. к. от термоконтроля зачастую зависит надежность работы. Система термоконтроля должна быть долговечна, допускать простую калибровку в любое время, и не подвергаться влиянию внешних факторов – вибрации, сильных электрических и магнитных полей.

Разработано несколько методов термоконтроля, основными из которых являются: метод терморезистора (прямой и косвенный), метод термопары, инфракрасный метод, методы, использующие изменение физического или химического состояния вещества при изменении его температуры. Каждый из перечисленных способов имеет свои преимущества и недостатки.

Метод терморезистора использует зависимость сопротивления проводника от его температуры. В большинстве случаев сопротивление увеличивается с ростом температуры. Эта зависимость линейна у меди в пределах от -50 °С до $+200$ °С, у железа и вольфрама она в основном нелинейна.

На принципе температурной зависимости сопротивления выполнено много различных устройств и схем для измерения температуры, использующих сопротивление проводников самого аппарата, например, обмоток машин, так и специальные терморезисторы; этот принцип измерения чрезвычайно универсален. Рассмотрим некоторые примеры. Измерения по методу терморезистора (ТР) удобнее всего производить с использованием мостовой схемы.

Логометрическая схема проще, но менее точна, т. к. имеет невысокий класс точности, обеспечивающий измерение температуры с точностью не лучше ± 2 °С. Эта схема широко применяется для штатного термоконтроля за обмотками, подшипниками и подпятниками генераторов, за температурой охлаждающей воды, воздуха и масла в трансформаторах.

Применение метода терморезистора. Простота и универсальность метода терморезистора обеспечили ему широкое применение в практике эксплуатации, наладки и испытаний электрооборудования.

Для измерения температуры обмотки и железа статора электрической машины используют ТР из тонкой медной проволоки диаметром 0,1 мм, намотанной на тонкую пластинку из изоляционного материала, защищенный внешней изоляцией. ТР, измеряющий температуру обмотки (меди), закладывается в пазу статора между секциями обмотки ТРМ. ТР, измеряющий температуру железа статора, закладывается на дно паза (ТРЖ.). Необходимо отметить, что ТРМ практически измеряет температуру на поверхности изоляции обмотки, а не температуру собственно меди обмотки, которая на $1-2$ °С выше за счет температурного перепада на изоляции. Но эта погрешность неизбежна, т. к. невозможно укрепить ТРМ непосредственно на обмотке, находящейся под высоким напряжением. Эта погрешность учитывается во всех нормах и ГОСТ.

Периодическое измерение температуры шин и в особенности шинных и аппаратных соединений можно производить измерительной штангой с ТР.

Метод термопары. Метод является достаточно точным и универсальным, основанным на известном явлении возникновения термо-ЭДС при нагревании спая двух разнородных металлов. Термо-ЭДС спая медь-константан равна приблизительно $0,04 \text{ В}/^\circ\text{С}$. Точное значение термо-ЭДС зависит от материала спая и его технологии. Практически все термопары перед использованием калибруются.

Метод термопары обладает одним недостатком – малой ЭДС при высоких температурах. Поэтому его редко применяют для штатного измерения температуры электрических аппаратов, чаще – для точных измерений при специальных испытаниях и исследованиях. Более широко он применяется для измерений в теплотехнической части электростанции, где температуры достигают сотен градусов и термо-ЭДС достаточно велика.

Бесконтактное измерение температуры применяется в основном в тех случаях, когда перечисленные классические способы неприменимы. Например, при измерении сопротивления обмотки ротора генератора с выпрямительной системой возбуждения на ходу возникают заметные трудности, связанные с наличием на обмотке возбуждения большой переменной составляющей напряжения.

Измерение температуры методом измерения физического состояния измерителя используется для разовых измерений или измерений в дежурном режиме для сигнализации о превышении допустимой температуры.

Легкоплавкие припои с четким переходом из твердой в жидкую фазу при определенной температуре используются для пайки сигнальных флажков-семафоров. При достижении заданной, опасной для оборудования, температуры припой расплавляется и флажок падает. При очередном обходе оборудования дежурный персонал зафиксировывает недопустимый нагрев элемента оборудования.

Из легкоплавких материалов изготавливают «свечи», по оплавлению которых также можно определить температуру оборудования в труднодоступных местах.

Для контроля за температурой в недоступных местах используются термокраски. Термокраска – терморезактивное вещество, резко изменяющее свой цвет при достижении заданной температуры. Термокраска наносится на изучаемый элемент оборудования, например, на ротор машины. После проведения эксперимента машину останавливают и наблюдают цвет термокраски: если он изменился, машина нагревалась выше пороговой температуры термокраски. Обычно на объект измерения наносят несколько красок с различными пороговыми температурами. Если были нанесены термокраски с температурами срабатывания 70 , 90 и $100 \text{ }^\circ\text{С}$ и после опыта термокраски на 70 и $90 \text{ }^\circ\text{С}$ изменили свой цвет, а 100 -градусная не изменила, то это значит, что объект нагревался в среднем до $95 \text{ }^\circ\text{С}$ (более 90° и менее $100 \text{ }^\circ\text{С}$).