***1.17 Лабораторная работа по Методы измерения температуры эл машин***

При испытаниях применяются два различных вида термопреобразователей — с линейной и резко нелинейной характеристикой «вход—выход» в зоне допустимых температур. Первые используются для непрерывного измерения температуры или превышения температуры над температурой окружающей среды, а вторые — для регистрации факта превышения температуры отдельных частей машины сверх допустимого значения.

Следует иметь в виду, что для получения достоверных результатов, отражающих тепловое состояние электрической машины или трансформатора, необходимо заранее знать примерную картину их теплового поля, чтобы правильно установить датчики температуры. К измерениям температуры предъявляются следующие технические требования:

возможность измерений в требуемых точках при различных тепловых режимах работы;

внесение минимальных нарушений в тепловое поле при измерениях;

возможность осуществления дистанционных измерений, преимущественно методами непосредственной оценки.

независимость результатов измерений от вибрации, электромагнитных полей и условий окружающей среды; высокая точность измерений;

возможность применения для измерений температуры простой и стандартной измерительной аппаратуры.

В соответствии с указанными требованиями рассмотрим различные методы и способы измерения температуры.

Температуру отдельных частей машины и охлаждающих сред в соответствии с ГОСТ 25000—81 «Машины электрические вращаюшиеся. Методы испытаний на нагревание» следует измерять методами термометра, сопротивления, заложенных датчиков температуры и встраиваемых датчиков температуры.

Метод термометра. При этом методе термопреобразователь датчика температуры (см. подразд. 1.3) прикладывается к доступным поверхностям собранной электрической машины. В качестве термопреобразователя датчика можно применять термометр расширения, термопару, термометр сопротивления или терморезистор. Результат измерения представляет температуру поверхности в точке приложения датчика температуры. Термометры расширения находят ограниченное применение и используются в основном для измерения температуры охлаждающих жидкостей и газов. При этом не следует применять ртутный термометр для измерения температуры тех частей машины, где имеются переменные магнитные поля. Это связано с тем, что переменные магнитные поля наводят в ртути вихревые токи, которые нагревают ее и приводят к неправильным показаниям.

Метод сопротивления дает среднее значение температуры обмотки.

Отметим, что для повышения точности результатов измерения сопротивления обмоток в холодном и горячем состоянии следует измерять с помощью одних и тех же приборов.

Метод заложенных датчиков температуры применяют для определения температуры обмотки или активной стали. Обычно устанавливают не менее шести датчиков, равномерно расположенных по окружности машины в таких точках обмотки в осевом направлении пазов, в которых ожидают наибольшие значения температуры. Каждый датчик должен соприкасаться непосредственно с поверхностью, температура которой подлежит измерению, и быть защищен от воздействия охлаждающей среды. В качестве термопреобразователей датчиков используют термопары, термометры сопротивления или терморезисторы.

Температуру в месте заложения термопары следует определять по ее градуировочной характеристике. Холодный спай термопары должен быть защищен от быстрых изменений температуры окружающей среды. При наличии одной-двух термопар ЭДС измеряется милливольтметром с пределом измерения 3... 10 мВ и внутренним сопротивлением не менее 25 Ом/мВ.

При большем числе термопар, как правило, используют компенсационный метод измерений. Температуру в месте заложения термометров сопротивления определяют путем измерения сопротивления термометра мостом или специально предназначенными для этого логометрами. Превышение температуры следует принимать равным наибольшему измеренному значению.

Метод встраиваемых датчиков температуры. При использовании этого метода датчики (термопреобразователями могут являться термопары, термометры сопротивления или терморезисторы) устанавливают в электрическую машину только на время испытаний. Место установки — лобовые части обмотки или между отдельными листами активной стали на глубину не менее 5 мм от ее поверхности. Кроме того, датчики могут устанавливаться в другие доступные точки машины, в которых ожидается наибольшее превышение температуры. Измерения проводятся так же, как и в предыдущем случае.

Характеристика термопреобразователей. Термопары используют явление термоэлектричества, состоящее в том, что в цепи, состоящей из двух различных проводников или полупроводников, соединенных концами (электродами) и имеющими различную температуру точек соединения, появляется термоэлектродвижущая сила. При небольшом перепаде температур между спаями термо- ЭДС можно считать пропорциональной разности температур.

Для промышленных термопар используются следующие материалы термоэлектродов: термопара типа ТИП — платинородий (10% родия) — платина, термопара типа ТПР — платинородий (30% родия) — платина, термопара типа ТХА — хромель-алкомель, термопара типа ТХК — хромель-копель. Пределы измерения температуры при длительном применении для указанных типов термопар составляют: для ТПП — от - 20 до +1300 С, для ТПР — от +300 до +1600 С, для ТХА - от 50 до +1000 °С, для ТХК — от-50 до +600 °С. Значения термоЭДС, развиваемой термопарами при температуре горячего спая 100 С и холодного спая 0 "С составляют: для термопары типа ТПП — 0,64 мВ, 1ХА — 4,1 мВ, ТХК — 6.9 мВ. Для измерения температур ниже 50 С используются термопары медь-константан (до -270°С) и медь-коппель (до -200 °С).

Отметим, что термопара измеряет не температуру места установки спая, а превышение этой температуры над температурой противоположной пары электродов, к которым подключается измерительный прибор, поэтому при проведении измерений необходимо знать температуру в месте установки холодного (измерительного) спая или включать в состав датчика компенсатор температуры «холодного» спая.

Термометры сопротивления относятся к одним из наиболее точных преобразователей температуры. В частности, платиновые термометры сопротивления позволяют измерять температуру с погрешностью 0,001 С. Для измерения температуры применяются металлы, обладающие высокостабильным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) и линейной зависимостью сопротивления от температуры. К таким материалам относятся платина и медь.

Промышленные платиновые термометры сопротивления используются в диапазоне температур от -200 до +650°С, медные — от -50 до +200 °С. Величина ТКС в диапазоне температур от 0 до 100 С для платины составляет 0,0039, для меди — 0,00427 K-i.

Промышленные платиновые термометры имеют сопротивления 10, 46 и 100 Ом при О С; медные — 53 и 100 Ом. Увеличение температуры чувствительного элемента термометра, помещенного в тающий лед, за счет нагревания измерительным током не должно превышать 0,24 С для платиновых термометров и 0,4 °С для медных при рассеиваемой мощности в термометре, равной 10 мВт.

Терморезисторы подразделяются на металлические и полупроводниковые.

Выбор металла для терморезистора определяется химической инертностью металла к измеряемой среде в интересующем интервале температур и высокостабильным ТКС. Кроме платины и меди для изготовления терморезисторов применяются никель и вольфрам. ТКС никеля в диапазоне температур от 0 до 100 °С равен 0,0069, вольфрама — 0.0048 К4.

Основным достоинством никеля является его относительно высокое удельное сопротивление, которое имеет линейную зависимость от температуры только до +100 °С. Медные и никелевые терморезисторы выпускают из литого микропровода в стеклянной изоляции. Микропроволочные терморезисторы герметизированы, высокостабильны, малойнериионны и при малых габаритах могут иметь сопротивление до десятков килоом. Для низкотемпературных измерений находят применение индиевые, германиевые и угольные терморезисторы.

Полупроводниковые терморезисторы отличаются от металлических меньшими габаритами. Обычно ТКС полупроводниковых терморезисторов имеет отрицательное значение и уменьшается обратно пропорционально квадрату абсолютной температуры. При температуре 20еС величина ТКС составляет 0,02 ...0,08 К\*\*1, что на порядок выше, чем у металлических терморезисторов (рис. 3.1, а).

Полупроводниковые терморезисторы выпускаются в большом ассортименте и имеют номинальные сопротивления при 20 С от 0,3 до 3300 кОм. Диапазон рабочих температур различных терморезисторов составляет от -100 до +300 °С. Точность измерения температуры с помощью полупроводниковых терморезисторов близка к точности металлических терморезисторов при соблюдении сроков их поверки.

Разработаны терморезисторы с положительным значением ГКС на базе сегнетоэлектриков, в частности ВаТЮ3, резко изменяющие свое сопротивление при малом изменении температуры (рис. 3.1, о). За пределами этого интервала сопротивление с ростом температуры уменьшается. В указанном интервале температур значение I КС достигает 0,3...0,5 К"1. Такие полупроводниковые терморезисторы нашли применение в устройствах защиты электрических машин от перегревов. С их помощью проверяют, превышает температура допустимую или нет. Критическая температура, при которой начинается резкий рост сопротивления, составляет для различных полупроводниковых терморезисторов с положительным значением ТКС от +70 до +150 С.

Инерционность термопар и термометров характеризуется их постоянной времени. Различают термопары и термометры сопротивления малоинерционные (постоянная времени меньше или равна 40 с для термопары и 9 с для термометра), средней инерционности (постоянные времени соответственно равны 60 и 80 с); большой инерционности (с постоянными времени до 3,5 и 4,0 мин) и ненормированной инерционности.

0 20 40 60 80 100 Г/С 0 30 60 90 120 Т."С

а 6

Характеристики полупроводниковых терморезисторов: а — с отрицательным ТКС; 6 — с положительным ТКС

Отдельную группу составляют измерители разового действия, к которым относятся теплочувствительные краски и легкоплавкие металлы. Эти измерители позволяют лишь ответить на вопрос, превысила ли измеряемая температура допустимую или нет. Если температура превысила допустимую, то теплочувствительная краска изменяет свой первоначальный цвет, а металлический предохранитель плавится, нарушает контакт в измерительной цепи и сигнализирует о недопустимом превышении температуры.

Особенности измерения температуры вращающихся частей электрических машин.

Температура вращающихся тел измеряется датчиками температуры, которые могут соединяться с индикатором через скользящий электрический контакт или бесконтактным способом. Возможно использование измерителей разового действия.

При использовании скользящего электрического контакта в качестве термопреобразователей используются термопары, термометры сопротивления или терморезисторы, которые через контактные кольца и щетки или жидкометаллические контакты соединяются с измерительными приборами. При использовании скользящего контакта в зоне последнего возникает коммутационная ЭДС. Сопротивление контакта сильно зависит от температуры, влажности, вибрации, скорости вращения и других факторов. В меньшей степени влияние указанных факторов проявляется в случае применения жидкометаллических контактов.

Скользящие контакты должны подвергаться испытаниям как в процессе изготовления, так и при эксплуатации, что затрудняет их использование. Кроме того, в ряде модификаций электрических машин нет места для установки дополнительного щеточно-контактного узла.

Бесконтактная передача информации с термопреобразователя на измерительное устройство может осуществляться с использованием индуктивной, емкостной или СВЧ связи. Широкое распространение получили бесконтактные методы измерения температуры, основанные на измерении теплового излучения ротора.

Индукционная связь может осуществляться с помощью вращающегося трансформатора — воздушного или с ферромагнитным сердечником. Вращающаяся катушка соединена с термометром сопротивления или терморезистором, а неподвижная включена в мостовую измерительную схему. Питание моста осуществляется от источника переменного тока.

В случае применения емкостной связи одна из обкладок конденсатора (обычно цилиндрического) вращается, а другая неподвижна. Время заряда или разряда конденсатора и его ток зависят от сопротивления термопреобразователя, соединенного с вращающейся обкладкой конденсатора.

В качестве термопреобразователей применяют и датчики с сердечниками из материалов, точка Кюри которых соответствует предельно допустимой температуре контролируемого элемента вращающегося ротора электрической машины.

СВЧ-связь применяется редко и осуществляется с помощью миниатюрных СВЧ-резонаторов, устанавливаемых на роторе. При изменении температуры в результате теплового расширения изменяются линейные размеры резонатора и его резонансная частота, что улавливается неподвижными приемниками частоты (частотомеры). Приемник может иметь шкалу в градусах либо может быть снабжен специальной градуировочной таблицей или кривой, которые позволяют по известному значению частоты определять температуру.

Использование теплового излучения вращающихся частей электрических машин для измерения их температуры стало возможным после разработки приемников излучения, имеющих длину волны около 5 мкм, что соответствует области излучения слабонагретых тел с температурами около Ю0°С (в частности, на базе сернистого свинца). Для бесконтактного измерения температуры вращающихся частей можно использовать стандартные фотоэлектрические пирометры и тепловизоры, которые серийно выпускаются промышленностью.

Измерение температуры в трансформаторах.

Температуру отдельных частей трансформатора и охлаждающих сред измеряют в соответствии с требованиями ГОСТ 3484—88\*. Измерение температуры охлаждающей среды (трансформаторное масло, жидкий негорючий диэлектрик, воздух, элегаз) осуществляют методом термометра, а температуры обмоток — методом сопротивления. В случае невозможности применения метода сопротивления для определения температуры обмоток применяют метод термометра. Используемые при этом датчики температуры не отличаются от описанных ранее.

В соответствии с ГОСТ 3484 — 88\* за среднюю температуру обмоток масляного трансформатора или трансформатора, заполненного жидким негорючим диэлектриком, принимается температура масла (жидкого негорючего диэлектрика) в верхних слоях, если трансформатор не подвергался нагреву в течение 20 ч и после заливки прошло не менее 6 ч. Температура средних слоев масла не должна превышать 40 °С

За среднюю температуру обмоток сухих трансформаторов, не подвергавшихся нагреву и находящихся не менее 16 ч в помещении, в котором колебания температуры охлаждающего воздуха не превышают 1 С в час, принимают среднее арифметическое показаний двух термометров, установленных у верхнего и нижнего краев боковой поверхности одной из наружных обмоток.

Температуру воздуха измеряют с помощью трех или более термометров, расположенных с трех сторон трансформатора примерно на середине его высоты на расстоянии 1 ...2 м от охлаждающей поверхности. Каждый термометр помешают в наполненный трансформаторным маслом сосуд объемом не менее 1 л, хорошо отражающий внешние тепловые излучения.

http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/izmerenie-temperatury-elektricheskih-mashin-i-transformatorov.html