**Дисциплина: Эксплуатация оборудования электрических сетей**

**Лекция № 14 «Тепловизионный контроль электрооборудования и воздушных линий электропередачи»**

Оглавление

[14.1 Общие положения 1](#_Toc421199807)

[14.2 Организация инфракрасной диагностики 1](#_Toc421199808)

[14.3 Погрешности при инфракрасном контроле 3](#_Toc421199809)

[14.4 Допустимые температуры нагрева 7](#_Toc421199810)

[14.5 Методы пересчёта и нормативы допустимого нагрева 9](#_Toc421199811)

[14.6 Оборудование, подлежащее тепловизионному контролю 12](#_Toc421199812)

[14.7 Порядок проведения ИК – контроля и примеры теплограмм 12](#_Toc421199813)

# 14.1 Общие положения

Внедрение приборов инфракрасной техники (ИКТ) в энергетику является одним из основных направлений развития высокоэффективной системы технической диагностики, которая обеспечивает возможность контроля теплового состояния электрооборудования и электроустановок без вывода их из работы. Выявления дефектов на ранней стадии их развития, сокращает затраты на техническое обслуживание за счёт прогнозирования сроков и объёмов ремонтных работ. Тепловизионный контроль электрооборудования и воздушных линий электропередачи предусмотрен РД 34.45-51.300-97 "Объем и нормы испытаний электрооборудования". Для обеспечения единых технических требований к условиям и порядку проведения ИК - диагностики электрооборудования и оценки результатов измерений ОАО "Фирмой ОРГРЭС" разработаны Основные положения. При разработке этой методики учтены результаты работ по инфракрасной диагностике, проводившихся ОАО "Фирма ОРГРЭС" и рядом энергосистем, использованы информационные материалы фирм "Инфраметрикс" (США), "АГЕМА" (Швеция). В Основных положениях рассмотрены погрешности при ИК - контроле и способы их устранения, конструктивные особенности электрооборудования, связанные с протеканием тепловых процессов при его работе, приведены нормы оценки теплового состояния токоведущих частей, термограммы характерных неисправностей электрооборудования. Термограммы ИК – контроля рекомендуется использовать для уточнения мест развивающихся дефектов маслонаполненного оборудования, выявленных хроматографическим анализом растворённых газов (ХАРГ) в трансформаторном масле.

# 14.2 Организация инфракрасной диагностики

Схема организации и регламент инфракрасной диагностики энергетического оборудования представлены на рисунке 1.

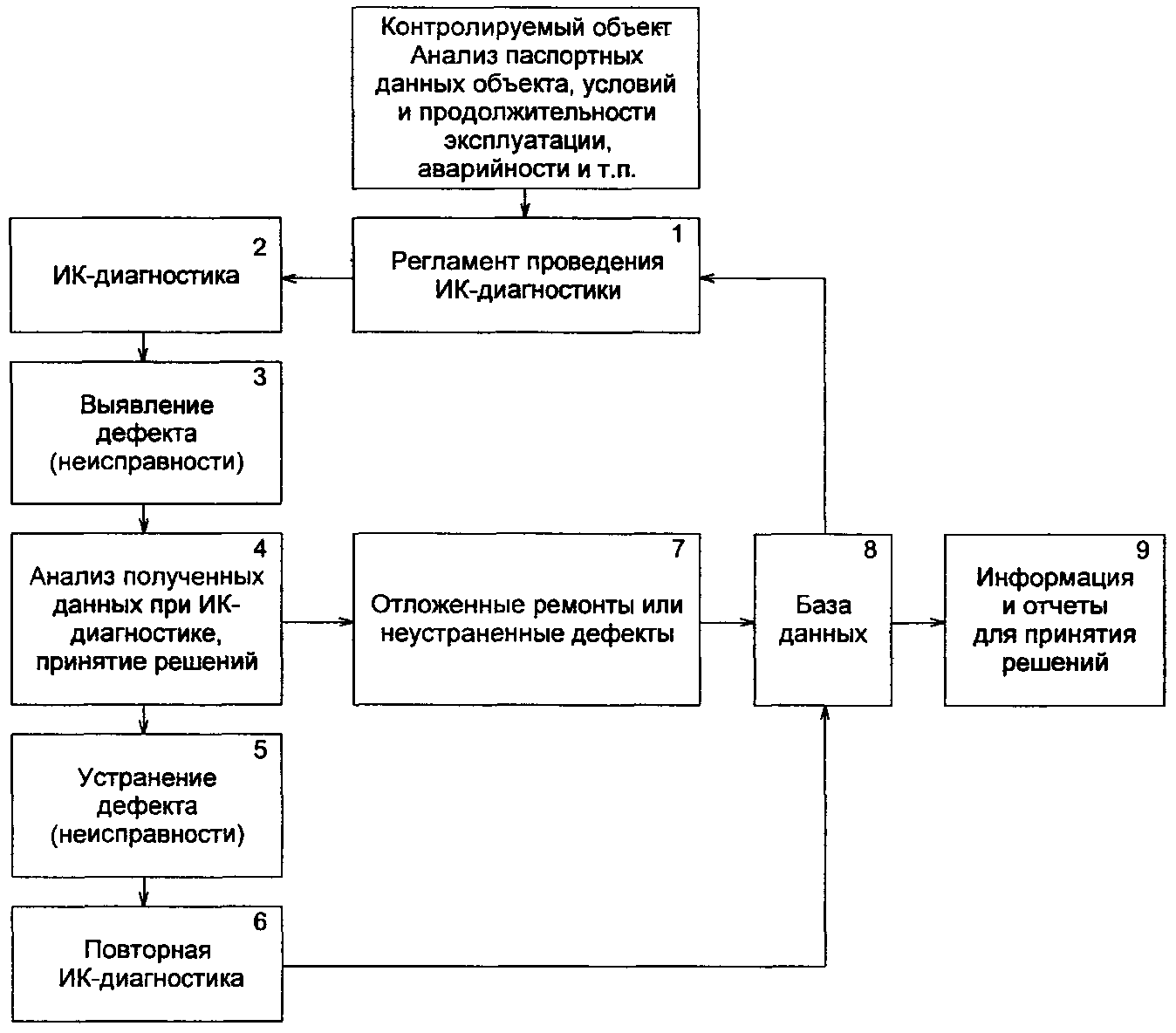


Рис.1Регламент проведения ИК - диагностики

Регламент проведения ИК - диагностики (1) включает в себя периодичность и объем измерений контролируемого объекта или совокупности объектов. Периодичность ИК - диагностики электрооборудования РУ и ВЛ определена лабораторией ИКТ с учётом опыта его эксплуатации, режима работы, внешних и других факторов и отражена в соответствующих рекомендациях.

Операция по проведению ИК - диагностики (2) должна выполняться приборами ИКТ, обеспечивающими достаточную эффективность в определении дефекта на работающем оборудовании.

Выявление дефекта (3) должно осуществляться по возможности на ранней стадии развития, для чего прибор ИКТ должен обладать достаточной чувствительностью даже при воздействии ряда неблагоприятных факторов, могущих наблюдаться в эксплуатации (влияние отрицательных температур, запылённости, электромагнитных полей и т.п.).

При анализе результатов ИК - диагностики (4) должна осуществляться оценка выявленного дефекта и прогнозирование возможностей его развития и сроков восстановления.

После устранения выявленного дефекта (5) необходимо провести повторное диагностирование (6) для суждения о качестве выполненного ремонта.

Базу данных (8) для ответственных объектов (трансформаторы, выключатели, разрядники) желательно закладывать в компьютер, с тем чтобы она отражала не только результаты ИК - диагностики, но и всю информацию о данном объекте, включая тип, срок службы, условия эксплуатации, режимы работы, объёмы и виды ремонтных работ, результаты профилактических испытаний и измерений и другие сведения, позволяющие на основании рассмотрения всего комплекса факторов, заложенных в память компьютера, судить о техническом состоянии объекта.

# 14.3 Погрешности при инфракрасном контроле

Инфракрасный (ИК) контроль желательно проводить при отсутствии солнца (в облачную погоду или ночью), предпочтительно перед восходом солнца, при минимальном воздействии ветра в период максимальных токовых нагрузок, лучше весной - для уточнения объема ремонтных работ и (или) осенью - в целях оценки состояния электрооборудования перед зимним максимумом нагрузки. При проведении ИК - контроля должны учитываться следующие факторы:

- коэффициент излучения материала;

- солнечная радиация;

- скорость ветра;

- расстояние до объекта;

- значение токовой нагрузки;

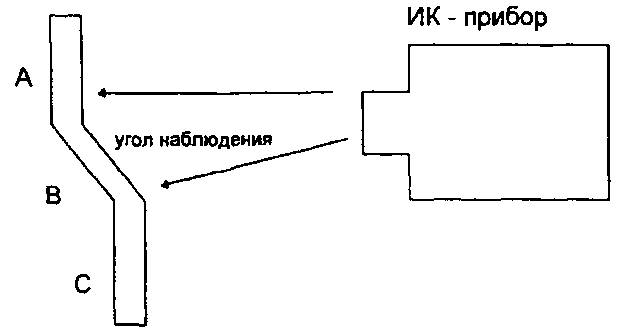
- тепловое отражение и т.п.

Влияние излучательной способности.

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.

В электроустановках различие в углах наблюдения может возникнуть при проведении ИК - контроля под углом токоведущей шины (см. рисунок 2).



На участках А и С наблюдение осуществляется по нормали к плоскости шины, на участке В будет превалировать отражательная способность материала, что будет искажать картину теплового изображения.

Рис. 2 Положение ИК - прибора

с различными углами наблюдения к

токоведущей шине.

Солнечное излучение***.***

Солнечная радиация нагревает контролируемый объект, а также при наличии участков (узлов) с хорошей отражательной способностью создает впечатление о наличии высоких температур в местах измерения. Эти явления особенно проявляются при использовании ИК - приборов со спектральным диапазоном 2-5 мкм. Для исключения влияния солнечной радиации рекомендуется осуществлять ИК - контроль в ночное время суток (предпочтительно после полуночи) или в облачную погоду. При острой необходимости измерение в электроустановках при солнечной погоде рекомендуется производить для каждого объекта поочерёдно из нескольких диаметрально противоположных точек.

Ветер.

Если ИК - контроль осуществляется на открытом воздухе, необходимо принимать во внимание возможность охлаждения ветром контролируемого объекта (контактного соединения). Так, превышение температуры, измеренное при скорости ветра 5 м/с, будет примерно в два раза ниже, нежели измеренное при скорости ветра 1 м/с. В диапазоне скоростей 1-7 м/с справедлива формула

,

где Δ*Т*1 - превышение температуры при скорости ветра *V*1;

Δ*Т*2 - то же при скорости ветра *V*2.

Измерения при скорости ветра выше 8 м/с рекомендуется не проводить.

При пересчётах полученных значений превышения температуры можно помимо формулы пользоваться коэффициентами коррекции (см. таблица 1).

Таблица 1 Коэффициенты коррекции в зависимости от скорости ветра

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Скорость ветра, м/с | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 |
| Коэффициент коррекции | 1,0 | 1,36 | 1,64 | 1,86 | 2,0 | 2,23 | 2,4 | 2,5 |

Следует отметить, что зачастую сила ветра при ИК - диагностике бывает переменной, поэтому указанный пересчёт может привести к дополнительным погрешностям.

Нагрузка.

Температура токоведущего узла (контактного соединения) зависит от нагрузки и прямо пропорциональна квадрату тока, проходящего через контролируемый участок:

,

где Δ*T*1 - превышение температуры при токе *I*1;

Δ*T*2 - то же при токе *I*2.

При необходимости пересчёт желательно проводить от более высокой нагрузки к более низкой и при близких значениях токов (отличия на 20-30%).

Тепловая энергия.

При переменной токовой нагрузке приходится считаться с тепловой инерцией контролируемого объекта. Так, тепловая постоянная времени для контактных узлов аппаратов составляет порядка 20-30 мин, поэтому при определении тока нагрузки по амперметру контролируемого присоединения не следует учитывать кратковременные "броски" тока, связанные с коммутационными процессами или режимом работы потребителя. Тепловая постоянная для вентильных разрядников составляет порядка 6-8 ч, поэтому результаты измерения тепловизором только что поставленного под напряжение разрядника могут оказаться ошибочными.

Дождь и снег.

Дождь, туман, мокрый снег в значительной степени охлаждают поверхность объекта, измеряемого с помощью ИК - прибора, и в определённой мере рассеивают инфракрасное излучение каплями воды; ИК - контроль допускается проводить при небольшом снегопаде с сухим снегом или лёгком моросящем дождике.

Магнитные поля.

При работе с ИК - приборами вблизи шин генераторного напряжения, реакторов и вообще в электроустановках с большими рабочими токами приходится сталкиваться с проблемой защиты ИК - прибора от влияния магнитного поля. Последнее вызывает искажение картины теплового поля объекта на кинескопе тепловизора или нарушает работу радиационного пирометра. При наличии магнитных полей при проведении ИК - контроля рекомендуется:

а) если токоведущие шины находятся над головой оператора с тепловизором или пирометром или вблизи него, постараться, перемещаясь около контролируемого объекта, выбрать местоположение с минимальным влиянием магнитного поля;

б) использовать объектив с меньшим углом наблюдения (например, 7x7°), что позволит осуществлять контроль за объектом с удалённого расстояния;

в) при контроле с помощью тепловизора с оптико-механическим сканированием можно сканер расположить вблизи объекта, ВКУ с кинескопом, используя длинный кабель от сканера, вынести за пределы зоны влияния магнитного поля.

Тепловое отражение

В ряде случаев, особенно при ИК - контроле токоведущих частей, расположенных в небольших замкнутых объемах (например, в КРУ или КРУН), приходится сталкиваться с возможностью получения ошибочных результатов из-за теплового отражения от нагревательных элементов, ламп освещения, соседних фаз и др. (см. рисунок 3).

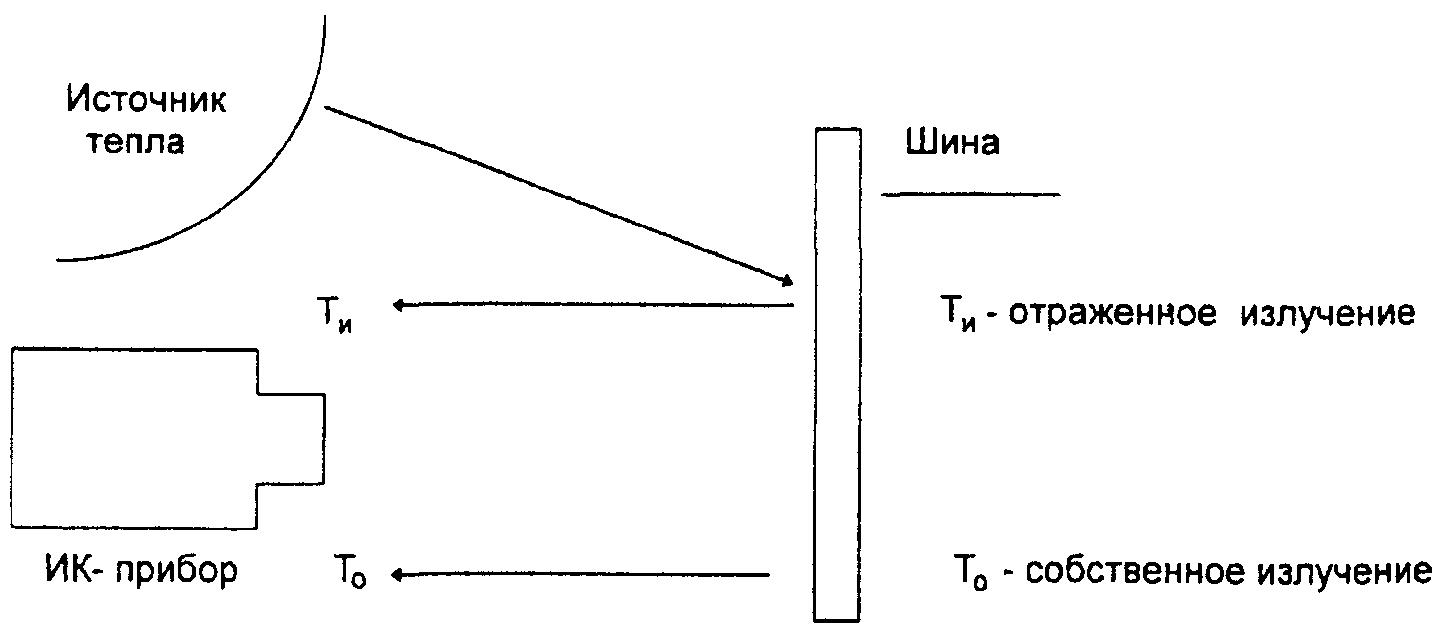


Рис. 3 Влияние теплового отражения

Последнее проявляется при контроле токоведущей части с малым коэффициентом излучения, обладающей хорошей отражательной способностью. В результате термографическая съёмка может показать горячую точку (пятно), хотя в действительности это просто тепловое отражение. Поэтому рекомендуется в подобных случаях производить ИК - обследование объекта под различными углами зрения и изменением местоположения оператора с ИК - прибором. При необходимости на время измерения отключается освещение объекта и т.п.

Нагрев индукционными токами.

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, крепёжные болты, близко расположенные металлоконструкции и т.п. Нагревы от индукционных токов, если они расположены вблизи контактных соединений, могут создавать ложное впечатление о перегреве последних.

Влияние дальности ИК – контроля.

Существенное значение при ИК - контроле имеет расстояние до контролируемого объекта ввиду рассеяния и поглощения ИК - излучения в атмосфере за счёт тумана, снега и других факторов. Особенно это влияние сказывается при использовании тепловизоров, работающих в спектральном диапазоне 2-5 мкм. При использовании пирометров необходимо, чтобы площадь наблюдения по возможности соответствовала площади контролируемого объекта. В противном случае на результаты измерения будет оказывать влияние температура окружающей среды.

# 14.4 Допустимые температуры нагрева

Таблица № 2. Допустимые температуры нагрева и перегрева контролируемых узлов.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Контролируемые узлы | Наибольшее допустимое значение | |
| Температура нагрева, °C | Превышение температуры, °C |
| 1. Токоведущие (за исключением контактов и контактных соединений) и нетоковедущие металлические части: |  |  |
| не изолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами | 120 | 80 |
| изолированные или соприкасающиеся с изоляционными материалами классов нагревостойкости по ГОСТ 8865-93: |  |  |
| Y | 90 | 50 |
| А | 100 | 60 |
| Е | 120 | 80 |
| В | 130 | 90 |
| F | 155 | 115 |
| Н | 180 | 140 |
| 2. Контакты из меди и медных сплавов: |  |  |
| - без покрытий, в воздухе/в изоляционном масле | 75/80 | 35/40 |
| - с накладными серебряными пластинами, в воздухе/в изоляционном масле | 120/90 | 80/50 |
| - с покрытием серебром или никелем, в воздухе/в изоляционном масле | 105/90 | 65/50 |
| - с покрытием серебром толщиной не менее 24 мкм | 120 | 80 |
| - с покрытием оловом, в воздухе/в изоляционном масле | 90/90 | 50/50 |
| 3. Контакты металлокерамические вольфрамо и молибденосодержащие в изоляционном масле: на основе меди/на основе серебра | 85/90 | 45/50 |
| 4. Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей: |  |  |
| - без покрытия | 90 | 50 |
| - с покрытием оловом, серебром или никелем | 105 | 65 |
| 5. Болтовые контактные соединения из меди, алюминия и их сплавов: |  |  |
| - без покрытия, в воздухе/в изоляционном масле | 90/100 | 50/60 |
| - с покрытием оловом, в воздухе/в изоляционном масле | 105/100 | 65/60 |
| - с покрытием серебром или никелем, в воздухе/в изоляционном масле | 115/100 | 75/60 |
| 6. Предохранители переменного тока на напряжение 3 кВ и выше: |  |  |
| соединения из меди, алюминия и их сплавов в воздухе без покрытий/с покрытием оловом |  |  |
| - с разъёмным контактным соединением, осуществляемым пружинами | 75/95 | 35/55 |
| - с разборным соединением (нажатие болтами или винтами), в том числе выводы предохранителя | 90/105 | 50/65 |
| металлические части, используемые как пружины |  |  |
| - из меди | 75 | 35 |
| - из фосфористой бронзы и аналогичных сплавов | 105 | 65 |
| 7. Изоляционное масло в верхнем слое коммутационных аппаратов | 90 | 50 |
| 8. Встроенные трансформаторы тока: |  |  |
| - обмотки | - | 10 |
| - магнитопроводы | - | 15 |
| 9. Болтовое соединение токоведущих выводов съёмных вводов в масле/в воздухе | - | 85/65 |
| 10. Соединения устройств РПН силовых трансформаторов из меди, ее сплавов и медесодержащих композиций без покрытия серебром при работе на воздухе/в масле: |  |  |
| - с нажатием болтами или другими элементами, обеспечивающими жёсткость соединения | - | 40/25 |
| - с нажатием пружинами и самоочищающиеся в процессе переключения | - | 35/20 |
| - с нажатием пружинами и не самоочищающиеся в процессе переключения | - | 20/10 |
| 11. Токоведущие жилы силовых кабелей в режиме длительном/аварийном при наличии изоляции: |  |  |
| - из поливинилхлоридного пластика и полиэтилена | 70/80 | - |
| - из вулканизирующегося полиэтилена | 90/130 | - |
| - из резины | 65/- | - |
| - из резины повышенной теплостойкости | 90/- | - |
| - с пропитанной бумажной изоляцией при вязкой/обедненной пропитке и номинальном напряжении, кВ: |  |  |
| 1 и 3 | 80/80 | - |
| 6 | 65/75 | - |
| 10 | 60/- | - |
| 20 | 55/- | - |
| 35 | 50/- | - |
| 12. Коллекторы и контактные кольца, незащищенные и защищенные при изоляции классов нагревостойкости: |  |  |
| А/Е/В | - | 60/70/80 |
| F/H | - | 90/100 |
| 13. Подшипники скольжения/качения | 80/100 | - |

Примечание. Данные, приведённые в таблице, применяют в том случае, если для конкретных видов оборудования не установлены другие нормы.

# 14.5 Методы пересчёта и нормативы допустимого нагрева

При тепловизионном контроле электрооборудования и ВЛ следует применять тепловизоры с разрешающей способностью не хуже 0,1°C предпочтительно со спектральным диапазоном 8-12 μм.

Применяются следующие понятия:

*превышение температуры* - разность между измеренной температурой нагрева и температурой окружающего воздуха;

*избыточная температура* - превышение измеренной температуры контролируемого узла над температурой аналогичных узлов других фаз, находящихся в одинаковых условиях;

*коэффициент дефектности* - отношение измеренного превышения температуры контактного соединения к превышению температуры, измеренному на целом участке шины (провода), отстоящем от контактного соединения на расстоянии не менее 1 м;

*контакт* - токоведущая часть аппарата, которая во время операции размыкает и замыкает цепь, или в случае скользящих или шарнирных контактов сохраняет непрерывность цепи;

*контактное соединение* - токоведущее соединение (болтовое, сварное, выполненное методом обжатия), обеспечивающее непрерывность токовой цепи.

*Оценка теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей в зависимости от условий их работы и конструкции может осуществляться:*

1. по нормированным температурам нагрева (превышениям температуры),

2. избыточной температуре,

3. 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., в соответствии с указаниями отдельных пунктов приложения.

1.Предельные значения температуры нагрева и ее превышения приведены в табл. № 2.

Для контактов и болтовых КС нормативами табл. № 2 следует пользоваться при токах нагрузки (0,6-1,0) Iном после соответствующего пересчёта.

Пересчёт превышения измеренного значения температуры к нормированному осуществляется исходя из соотношения:

**,**

где Δ*Т*ном. - превышение температуры при *I*ном; Δ*Т*раб. - то же, при *I*раб.

Тепловизионный контроль электрооборудования и токоведущих частей при токах нагрузки 0,3*I*ном и ниже не способствует выявлению дефектов на ранней стадии их развития.

**2.** Для контактов и болтовых КС при токах нагрузки (0,3-0,6) *I*ном оценка их состояния проводится по избыточной температуре. В качестве норматива используется значение температуры, пересчитанное на 0,5*I*ном.

Для пересчёта используется соотношение:

***,***

где Δ*Т*0,5 - избыточная температура при токе нагрузки 0,5*I*ном.

При оценке состояния контактов и болтовых КС по избыточной температуре и токе нагрузки 0,5*I*ном различают следующие области по степени неисправности.

*Избыточная температура 5-10°C*

*Начальная степень неисправности*, которую следует держать под контролем и принимать меры по ее устранению во время проведения ремонта, запланированного по графику.

*Избыточная температура 10-30°C*

*Развившийся дефек*т. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

*Избыточная температура более 30°C*

*Аварийный дефект.* Требует немедленного устранения.

Оценку состояния сварных и выполненных обжатием КС рекомендуется производить по избыточной температуре или коэффициенту дефектности.

При оценке теплового состояния токоведущих частей различают следующие степени неисправности исходя из приведённых значений коэффициента дефектности:

|  |  |
| --- | --- |
| Не более 1,2 | Начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем |
| 1,2-1,5 | Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы |
| Более 1,5 | Аварийный дефект. Требует немедленного устранения |

Принимается следующая периодичность проведения тепловизионного контроля.

Электрооборудование распределительных устройств на напряжение:

- 35 кВ и ниже - 1 раз в 3 года

- 110-220 кВ - 1 раз в 2 года

- 300-750 кВ – ежегодно

Распределительные устройства (РУ) всех напряжений при усиленном загрязнении электрооборудования - ежегодно.

Внеочередной ИК - контроль электрооборудования РУ всех напряжений проводится после стихийных воздействий (значительные ветровые нагрузки, КЗ на шинах РУ, землетрясения, сильный гололёд и т.п.).

Воздушные линии электропередачи - проверка всех видов контактных соединений проводов:

- вновь вводимые в эксплуатацию ВЛ - в первый год ввода их в эксплуатацию;

- ВЛ, находящиеся в эксплуатации 25 лет и более, при отбраковке 5% контактных соединений - ежегодно, при отбраковке менее 5% контактных соединений - не реже 1 раза в 3 года;

- ВЛ, работающие с предельными токовыми нагрузками, или питающие ответственных потребителей, или работающие в условиях повышенных загрязнений атмосферы, больших ветровых и гололёдных нагрузках - ежегодно;

- остальные ВЛ - не реже 1 раза в 6 лет.

# 14.6 Оборудование, подлежащее тепловизионному контролю

Тепловизионному контролю подлежат: силовые трансформаторы, маслонаполненные трансформаторы тока, внутренние и внешние переключающие устройства, аппаратные выводы трансформаторов тока, электромагнитные трансформаторы напряжения, выключатели, разъединители и отделители, контактные соединения, выводы разъединителей и отделителей, контакты и контактные соединения аппаратов и токоведущих частей ячеек КРУ и КРУН, силовые конденсаторы, элементы конденсаторов связи, вентильные разрядники и ограничители перенапряжений, маслонаполненные вводы, контактные соединения ВЛ и токопроводов, силовые тиристоры и диоды. Нормы и объёмы тепловизионного контроля электротехнического оборудования представлены в «Объём и нормы испытания электрооборудования» (РД 34.45-51.300-97 с изменениями 1,2 2000г., 20005 г.)

# 14.7 Порядок проведения ИК – контроля и примеры теплограмм

На примере силовых трансформаторов рассмотрим проведение ИК – контроля. Термографическое обследование трансформаторов напряжением 110 кВ и выше производится при решении вопроса о необходимости их капитального ремонта. Снимаются термограммы поверхностей бака трансформатора в местах расположения отводов обмоток, по высоте бака, периметру трансформатора, верхней его части, в местах болтового крепления колокола бака, системы охлаждения и их элементов и т.п. При обработке термограмм сравниваются между собой нагревы крайних фаз, нагревы однотипных трансформаторов, динамика изменения нагревов во времени и в зависимости от нагрузки, определяются локальные нагревы, места их расположения, сопоставляются места нагрева с расположением элементов магнитопровода, обмоток, а также определяется эффективность работы систем охлаждения.

Минимальное количество точек съёмки силовых трансформаторов - 4, максимальное - зависит от расположения и типа системы охлаждения (см. рисунок 4).

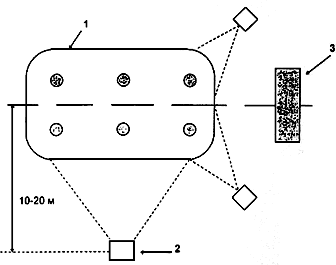


Рис.4 План термографической съёмки трансформатора

Так, при установке выносной системы охлаждения (3) количество точек съёмки увеличивается до 6. Термографическая съёмка сопровождается речевыми комментариями, записываемыми на звуковую дорожку кассеты видеомагнитофона. В комментариях должны отражаться: режим работы трансформатора, ход ведения обследования, описание явлений, фиксируемых тепловизором, и другие события, связанные с видеозаписью. В последующем осуществляется покадровое совмещение результатов съёмки в единый развёрнутый "тепловой" план. Участки плана с аномальными температурами нагрева должны сопоставляться с технической документацией на трансформатор, характеризующей конструктивное расположение отводов обмоток, катушек, зон циркуляции масла, магнитопровода и его элементов и т.п. При проведении планового ИК-контроля состояния трансформатора оценивается работоспособность отдельных его узлов. Примеры теплограмм представлены ниже рисунках 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. 12.

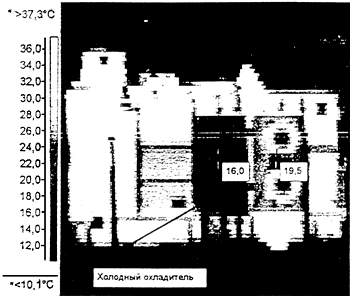


Рис. 5Автотрансформатор 500 кВ с двумя секциями охладителей, одна из которых не загружена ввиду неполного открытия вентиля

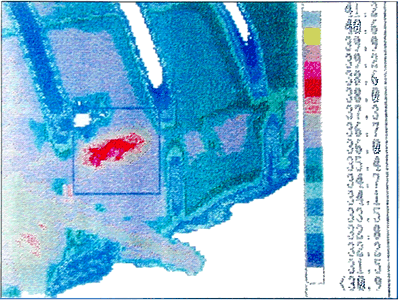


Рис.6 Нагрев болтов крепления колокола может свидетельствовать о появлении дополнительных полей рассеяния в результате нарушения связей в магнитопроводе. Нагрев болтов разъёма колокола бака трансформатора

Термограмма маслонасоса работающего трансформатора

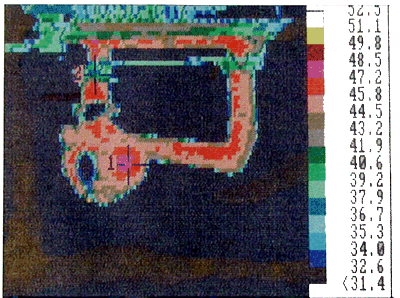


Рис.7 Температура в точках: 1 - 47,3°С; 2 - 40,6°С; точка 2 определяет температуру в маслопроводе системы. Температура окружающего воздуха - 20 °С

Термограммы термосифонных фильтров силовых трансформаторов

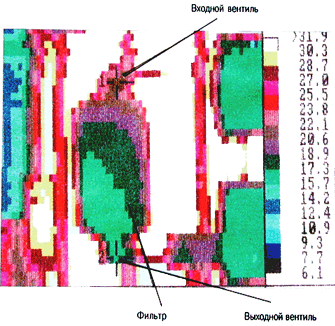


Рис. 8 Температура на входе масла в фильтр - 21,9 °С; на выходе - 17,1 °С. Разность температур масла на входе и выходе фильтра свидетельствует о протекании через него масла

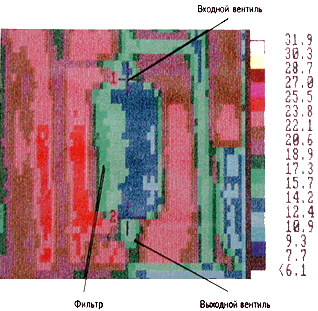


Рис. 9 Температуры на входе масла в фильтр и выходе из него практически одинаковы и находятся в пределах 14,3-14,5°С, что характеризует отсутствие протока масла через фильтр

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рис. 10Пристанционный узел, силовой трансформатор 21Т. Нагрев контактного соединения шины 10 кВ трансформатора 21Т с шинным мостом фаза «С», температура в области Р1= +39,4°С. Термограмма. Аварийные дефекты, требуется немедленное устранение.

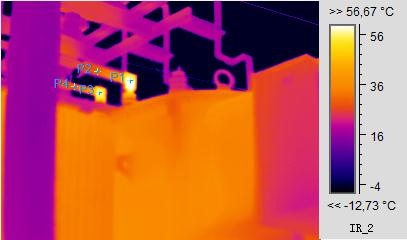
****

Рис. 11. Пристанционный узел, силовой трансформатор 22Т. Нагрев контактного соединения шины с вводами 3 кВ трансформатора 22Т фазы «А» и «В», температура в области Р1= +57,7°С и Р3= +53,8°С. Термограмма. Аварийные дефекты, требует немедленного устранения.

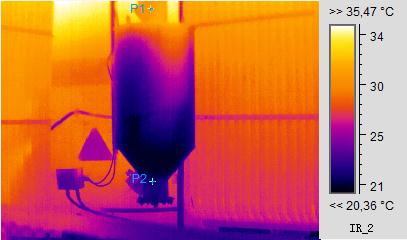
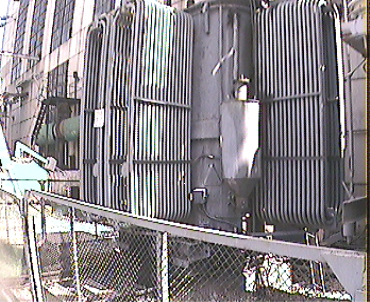


Рис.12 Пристанционный узел, силовой трансформатор 21Т. Температура термосифонного фильтра в области Р1= +31,0°С, а в области Р2= +21,7°С. Не достаточен объем циркуляция масла через термосифонный фильтр силового трансформатора 21Т. В результате чего не происходит непрерывная регенерация масла и удаление из масла продуктов старения. Для устранения дефекта требуется проверить положение запорной арматуры, наметить чистку фильтра от отложений.