**Пример оформления решения задачи № 3.**

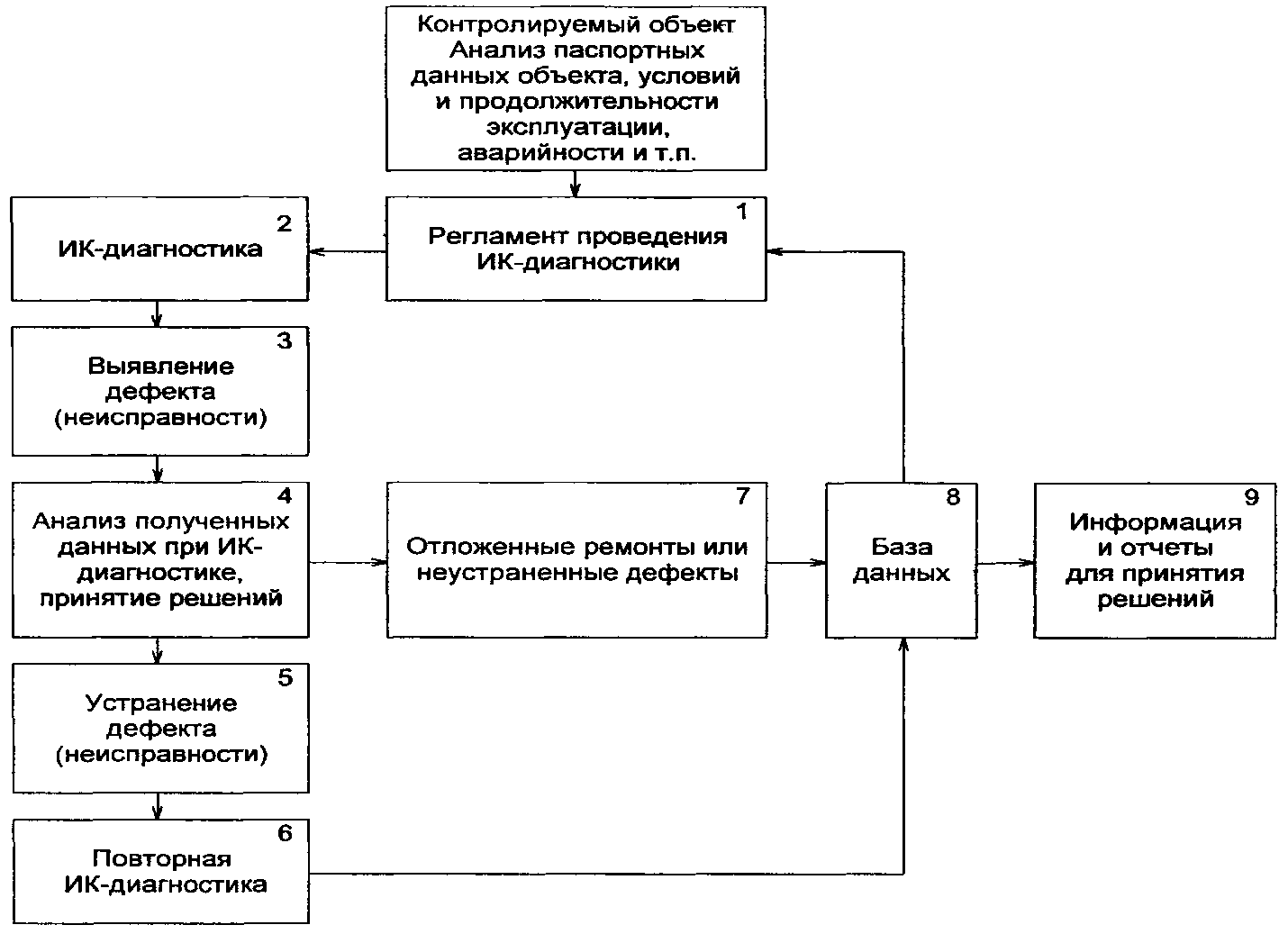
**Вариант № …..**

**Задача № 3.** «**Определение состояния контактных соединений электротехнического оборудования приборами инфракрасной диагностики»**

**Теория вопроса:**

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 счет прогнозирования сроков и объемов ремонтных работ.

**Система инфракрасной диагностики энергетического оборудования и технологических сооружений представлена на Рис 1.**

****

Регламент проведения ИК - диагностики (1) включает в себя периодичность и объем измерений контролируемого объекта или совокупности объектов. Периодичность ИК - диагностики электрооборудования РУ и ВЛ определяется лабораторией ИКТ с учетом опыта его эксплуатации, режима работы, внешних и других факторов и отражается 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, запыленности, 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, объемы 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.

**1 Общие положения**

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

При решении поставленных задач используются 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** (КС) - токоведущее соединение (болтовое, сварное, выполненное методом обжатия), обеспечивающее непрерывность токовой цепи.

**2.Оценка теплового состояния электрооборудования, токоведущих частей, контактов и КС в зависимости от условий их работы и конструкции**

Оценка теплового состояния электрооборудования, токоведущих частей, контактов и КС может осуществляться:

- по превышению температуры нагрева,

- избыточной температуре,

- коэффициенту дефектности.

При этом учитывается динамика изменения температуры во времени, изменение нагрузки, сравнение измеренных значений температуры в пределах фазы, между фазами, с заведомо исправными участками и т.п., в соответствии с указаниями отдельных пунктов приложения.

Предельные значения температуры нагрева и ее превышения приведены в Таблице № 1. **Для контактов и болтовых КС нормативами (Таблице № 1) следует пользоваться при токах нагрузки (0,6-1,0)Iном после соответствующего пересчета.**

2.1.Пересчет **превышения значения температуры при протекании номинального тока выполняется по формуле (1)**

(1)

Где ∆Тном - превышение температуры при протекании Iном;

∆Траб - то же, при Iраб

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

**Таблица №1**

**Допустимые температуры нагрева**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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 разъемным 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 съемных 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 жесткость 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  ГОСТ 8850: |  |  |
| А/Е/В | - | 60/70/80 |
| F/H | - | 90/100 |
| 13. Подшипники скольжения/качения | 80/100 | - |

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

Длительная эксплуатация токоведущих частей электрооборудования, контактов и контактных соединений с наибольшей допустимой температурой нагрева или превышением температуры не допускается. Наибольшие допустимые температуры нагрева и превышения установлены с учётом конструктивного выполнения токоведущих частей, контактов и контактных соединений, класса нагревостойкости, вида покрытий поверхностей контактов и контактных соединений и других факторов. При составлении Таблицы № 1 превышение температуры определено при максимальной температуре окружающего воздуха 40°C.

Классификация выявленного дефекта по значению превышения температуры в этом случае выполняется в соответствии с таблицей № 2.

**Таблица № 2.**

**Классификация дефектов по превышению температуры**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Степень неисправности | Значение превышения температуры, °С, при номинальной нагрузке | Классификация дефекта |
| 1 | 10-20 | Начальная степень развития дефекта, которую следует держать под контролем |
| 2 | 20-40 | Развившийся дефект, учащенный контроль 1 раз в месяц. Устранение дефекта при первой необходимости |
| 3 |  40 но не более значений приведённых в Таблице № 1 | Аварийный дефект. Требует немедленного устранения |

**Задача № 3**

**Исходные данные по Таблице № 1а, вариант 1:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Контролируемый узел.** | **Траб °С (температура контактного соединения)** | **Т°С окружающего воздуха** | **∆Траб °С**  **(превышен**ие **температуры при рабочем** **токе контактного соединения)** | **Iном А** | **Iраб А** | **∆Тном °С (превышение температуры при номинальном токе - расчётная величина)** | **Допустимая Т°С нагрева**. | **Превышение**  **Т°С нагрева.** | **Определение состояния контактного соединения** |
| **1** | Аппаратные выводы из меди без покрытия. | **35** | **25** | 10 | **1000** | **600** | 27,8 | 90 | 50 | Развившийся дефект, учащенный контроль 1 раз в месяц. Устранение дефекта при первой необходимости |

**Решение задачи:**

1. Определяем превышение температуры при протекании рабочего тока через контактное соединение (**∆Траб °С)**

∆Траб °С = 35°С - 25°С = 10**°**С;

1. Выполняем расчет приведения превышения значения температуры КС при протекании номинального тока через контактное соединение по формуле (1)
2. Учитывая, что по Таблице № 1. п.4 наибольшее допустимое значениетемпературы нагрева 90 °C, а превышение температуры 50 °Cи в соответствии с Таблицей № 2, п.2 значение превышения температуры при номинальной нагрузке находится в приделах 20-40 °С (27,8**°**С) делается вывод о необходимости ремонта контактного соединения.
3. **Заключение:** Развившийся дефект, учащенный контроль 1 раз в месяц. Устранение дефекта при первой

необходимости

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

Пересчёт выполняется по формуле (2):

(2)

где ∆Т0,5 - избыточная температура при протекании тока нагрузки 0,5Iном; ∆Траб - то же, при Iраб

При оценке состояния контактов и болтовых КС по избыточной температуре и токе нагрузки 0,5Iном 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 дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

Избыточная температура более 30°C

Аварийный дефект. Требует немедленного устранения.

**Задачи № 3**

**Исходные данные по Таблице № 1б, вариант 10:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Контролируемый**  **узел.** | **Т°С температура**  **контролируемого узла** | **Т°С температура**  **других аналогичных**  **узлов (исправных**) | **∆ТИ °С избыточная температура при** **Iраб А** | **0,5 \*IномА** | **IРАБ А** | **∆Т °С избыточная температура при 0,5 \*I ном** | **Определение состояния контактного узла** | **Примечание.** |
| **10** | **Контакт** | **35** | **25** | 10 | **500** | **400** | 15,6 | Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы. |  |

**Решение задачи:**

1. Определяем избыточную температурупри протекании рабочего тока через контакт (Iраб А)

∆Траб °С = 35°С - 25°С = 10**°**С;

1. Выполняем расчет приведения избыточной температуры контакта к протеканию тока **0,5 \*Iном** через контакт по формуле (2)

3. Если по п. 2.2. Избыточная температура контакта находится в интервале 10-30°C, то контакт требует ремонта.

4. **Заключение:** Избыточная температура 15,6 °C. Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

2.3**. 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 приведенных значений коэффициента дефектности:

Коэффициент дефектности 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 более 1,5. – аварийный дефект. Требует немедленного устранения.

(3) **Кдеф -** коэффициент дефектности;

∆**Тк.с -** превышение температуры контактного соединения;

∆**Тк.с -** превышение температуры, на целом участке шины, отстоящем от контактного соединения на расстоянии не менее 1 м.

**Задача № 3**

**Исходные данные по Таблице № 1в, вариант 20:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Контролируемое соединение** | **ТС****°С температура контактного соединения** | **ТШ°С температура**  **целого участка шины** | **Тв ° С окружающего воздуха** | **∆ Тс°С превышение температуры**  **контролируемого соединения** | **∆ ТШ°С**  **Превышение температуры**  **целого участка шины.** | **К**  **коэффициент дефектности** | **Определение состояния контактного соединения** | **Примечание.** |
| **20** | **Сварное соединение** | **35** | **27** | **25** | 10 | 2 | 5 | Коэффициент дефектности более 1,5 – аварийный дефект. Требует немедленного устранения. |  |

**Решение задачи:**

1.Определяем превышение температуры при протекании рабочего тока через контактное соединение.

∆**Тк.с** = 35°С - 25°С = 10**°**С

2.Определяем превышение температуры при протекании рабочего тока на целом участке шины, отстоящем от контактного соединения на расстоянии не менее 1 м.

∆**Тц.у.ш.** = 27°С - 25°С = 2**°**С

3. Определяем коэффициент дефектности по формуле (3)

5(3)

При **Кдеф** боле 1,5 требуется ремонт контактного соединения**.**

1. **Заключение:** Коэффициент дефектности более 1,5. – аварийный дефект. Требует немедленного устранения.

**Литература:**

1.Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Зарегистрировано в Минюсте РФ 22 января 2003 г. № 4145. (ПТЭЭП) (вводятся с 01.07.2003 взамен ПТЭЭП, 5-е издание)

2. СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Зарегистрировано в Минюсте РФ 20 июня 2003 г. Регистрационный № 4799 (взамен РД 34.20.501-95)

3. СО 34.45-51.300-97 Объём и нормы испытания электрооборудования. ( РД 34.45-51.300-97 с изменениями 1,2 2000г., 20005 г.)

4. РД 34.46.501. Инструкция по эксплуатации трансформаторов. 1978 г.

5. РД 153-34.0-20.363-99 Основные положения методики инфракрасной

диагностики электрооборудования и ВЛ.

**В конце каждой работы указывается Ф.И.О. исполнителя, ставится подпись и дата выполнения работы.**