МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Цифровые технологии и платформы в электроэнергетике»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**по изучению**

**дисциплины «Технические системы управления установившимися режима ми в ЭЭС»**

**для магистрантов направления подготовки**

**13.04.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»** **очной и заочной форм обучения**

Ростов-на-Дону ДГТУ

УДК 620.9 (075.8)

Рецензент д-р техн. наук Н.И. Цыгулёв Составитель: Абрамов Ю.В., Антонов М.А.

Методические указания к контрольным работам для студентов очной и заочной по дисциплине «Технические системы управления установившимися режимами ЭЭС». / Дон. гос. техн. ун-т

– Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2022. – 15 с.

Настоящие указания содержат указания по выполнению лабораторных работ и контрольные задания по техническим системам управления установившимися режимами ЭЭС, предусмотренных программой дисциплины «Технические системы управления установившимися режимами ЭЭС». Приведены примеры решения типовых задач.

Предназначены для студентов бакалавриата и магистратуры очной и заочной формы обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 13.04.02 профиля «Интеллектуальные электроэнергетические системы»

УДК 620.9 (075.8)

Печатается по решению редакционно-издательского совета Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Безопасность технологических процессов и производств» д-р техн. наук, профессор С.Л. Пушенко.

В печать 20 г.

Формат 60×84/16. Объем усл.п.л Тираж экз. Заказ №. .

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия: 344000,г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1

© Донской государственный технический университет, 2022

© Абрамов Ю.В., Антонов М.А.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тема работы: “Тепловизионное обследование методом инфракрасного контроля контактов и контактных соединений электротехнического оборудования”**

Определить состояние контактов и контактных соединений по результатам измерений тепловизором. Решение задач представлено по трём методикам: превышению температуры; избыточной температуре; коэффициенту дефектности.

**Превышение температуры** - разность между измеренной температурой нагрева и значением температуры окружающего воздуха. В Приложении № 1, Таблице № 1 приведены наибольшие допустимые значения температуры нагрева и превышения температуры нагрева, регламентируемые стандартами, при значении эффективной температуры окружающего воздуха, принимаемой 40 °С.

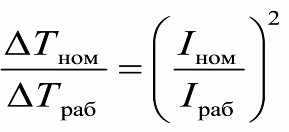
**Избыточная температура** - превышение измеренной температуры контролируемого узла одной фазы над температурой аналогичных узлов других фаз (с наименьшей температурой нагрева) или заведомо исправного узла.

**Коэффициент дефектности** - отношение значения превышения температуры нагрева контактного соединения к значению превышения температуры, на целом участке шины (провода), отстоящем от контактного соединения на расстоянии не менее 1 м.

# Контроль контактов и болтовых КС при токах нагрузки (0,6-1,0) Iном. (Превышение температуры)

Для контроля состояния контактов и болтовых КС следует пользоваться при токах нагрузки (0,6-1,0) Iном **методом превышения температуры,** после соответствующего пересчёта. Пересчёт превышения измеренного значения температуры к нормированному (Tном) осуществляется исходя из

соотношения:

,

Где  Tном - превышение температуры при Iном;

Tраб – то же, при Iраб. (Tраб., Iраб. - измеряются при обследовании объекта)

Классификация дефектов по превышению температуры приведена в таблице № 1. Таблица № 1. 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, учащённый контроль 1 раз в |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | месяц. Устранение  необходимости | | дефекта | при первой |
| 3 | 40 но не более значений,  приведённых в  Приложении № 1, таблица №1 | Аварийный устранения | дефект. | Требует | немедленного |

1. **ЗАДАНИЕ ПО ВАРИАНТАМ № 1-4**

Расчёт по методу превышения температуры

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант**  **№** | **№ термо- граммы** | **Tраб.**  **°С** | **Tокр.**  **°С.** | **∆Tраб.**  **°С,** | **Iном**  **А** | **Iраб**  **А** | **∆Tном.**  **°С,** | **Доп. T °C** | **Прев. T °C** | **Заклю чение.** |
| 1 | 1 | +97,4 | +10 | **?** | 610 | 350 | **?** | 90 | 50 | **?** |
| 2 | 2 | +50,4 | +10 | **?** | 4000 | 3200 | **?** | 90 | 50 | **?** |
| 3 | 3 | +80,9 | +45 | **?** | 4000 | 3200 | **?** | 90 | 50 | **?** |
| 4 | 4 | +85,0 | +45 | **?** | 4000 | 3200 | **?** | 90 | 50 | **?** |

# Термограмма № 1

ОРУ 35 кВ, ЛР-35 кВ силового трансформатора 11Т. Нагрев контактного соединения шлейфа с разъединителем фаза «В» в сторону МВ-35 кВ, температура в области R1 = +97,4°С, а превышение температуры при токе нагрузки Iном ∆T°ном. = …°С. Термограмма 1. Заключение…



# Термограмма № 2

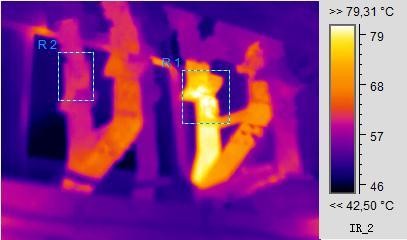
Пристанционный узел, силовой трансформатор 11Т. Нагрев контактного соединения шины 10 кВ трансформатора 11Т с шинным мостом фаза «С», температура в области R1 = +50,4°С, а превышение температуры при токе нагрузки Iном ∆T°ном. = …°С. Термограмма 2. Заключение…

5



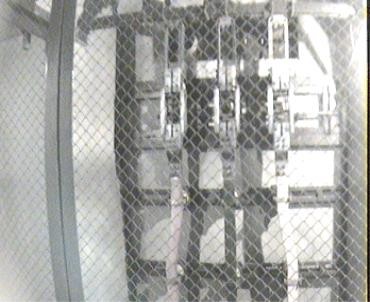
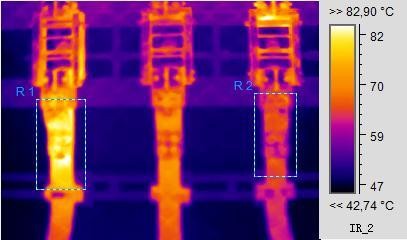
# Термограмма № 3

Камера выводов генератора Г-1. Нагрев контактного соединения шины линейного вывода к проходному изолятору, температура в области R1 = +80,9°С, а превышение температуры при токе нагрузки Iном ∆T°ном. = …°С. Термограмма 3. Заключение…



# Термограмма № 4

Камера выводов генератора Г-1. Нагрев контактного соединения шины с разъединителем 10,5 кВ Г-1фаза «С» со стороны МВ, температура в области R1 = +85,0°С, а превышение температуры при токе нагрузки Iном ∆T°ном. = +62,5°С. Термограмма 4. Развивающийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы (см. Приложение 5 настоящего отчета).



Так как токовая нагрузка обследуемых объектов находится в пределах (0,3-0,6)Iном, во избежание существенных ошибок при пересчёте измеренного значения температуры к нормированному, оценку теплового состояния контактов и болтовых КС проводить по избыточной температуре с использованием в качестве норматива температуры, соответствующей 0,5 Iном.

Для пересчёта используется соотношение:

Δ*Т*  0,5*I* 

2

0,5   ном 

Δ*Т*раб  *I*раб  ,

где **∆**T0,5 - избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном.;

**∆**Tраб - то же, при Iраб. (**∆**Tраб., Iраб. - измеряются при обследовании объекта).

# 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.

1. **ЗАДАНИЕ ПО ВАРИАНТАМ № 5-10**

Расчёт по методу избыточной температуры.

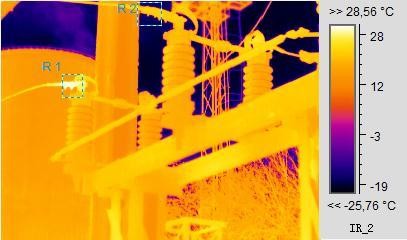
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант**  **№** | **№ тер мог**  **рам мы** | **Tконтр,**  **°С** | **Tисправн**  **, °С** | **∆Tизбыт**  **. при Iраб., °С** | **0,5Iном, А** | **Iраб., А** | **∆T при 0,5 Iн избыт.,**  **°С** | **Заключение** |
| 5 | 5 | +30,2 | +21,5 | **?** | 80 | 40 | **?** | **?** |
| 6 | 6 | +30,4 | +10,3 | **?** | 65 | 45 | **?** | **?** |
| 7 | 7 | +54,0 | +18,6 | **?** | 200 | 135 | **?** | **?** |
| 8 | 8 | +38,1 | +16,4 | **?** | 200 | 120 | **?** | **?** |
| 9 | 9 | +39,8 | +18,7 | **?** | 170 | 130 | **?** | **?** |
| 10 | 10 | +55,9 | +25,5 | **?** | 300 | 255 | **?** | **?** |

# Термограмма № 5

ОРУ 35 кВ, ЛР-35 кВ ВЛ «ЭЧЭ-63». Нагрев контактного соединения шлейфа с разъединителем фаза «С» в сторону МВ-35 кВ, температура в области R1 = +30,2°С, а избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном ∆T°избыт.= …°С. Термограмма 5.

Заключение …

# Термограмма № 6



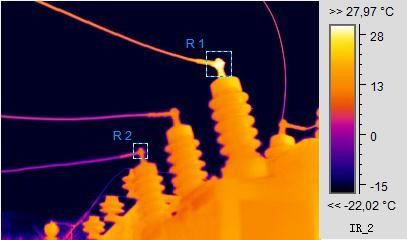
ОРУ 35 кВ, МВ-35 кВ ВЛ «Укромное». Нагрев контактного соединения шлейфа с высоковольтным вводом 35 кВ фаза «С» в сторону ЛР-35 кВ, температура в области R1 =

+30,4°С, а избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном ∆T°избыт.= …°С. Термограмма

1. Заключение …

**ЛНЕНИЮ ЗАДАЧИ №3**

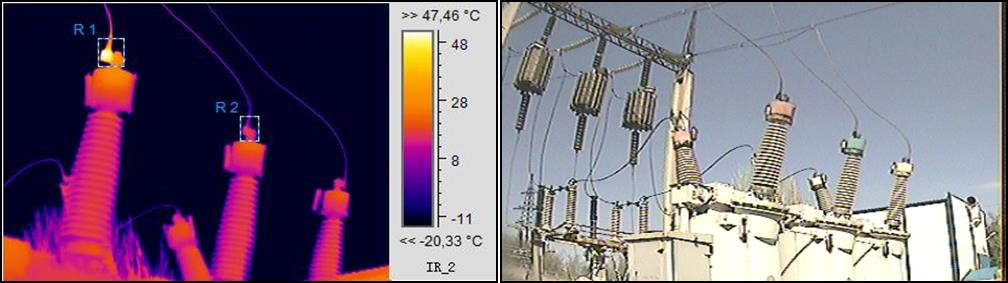
**6. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПО**



# Термограмма № 7

ОРУ 110 кВ, МВ-110 кВ ВЛ «Жаворонки». Нагрев контактного соединения шлейфа с высоковольтным вводом 110 кВ фаза «С» в сторону СШ, температура в области R1 =

+54,0°С, а избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном ∆T°избыт.= …°С. Термограмма

1. Заключение…

# Термограмма № 8

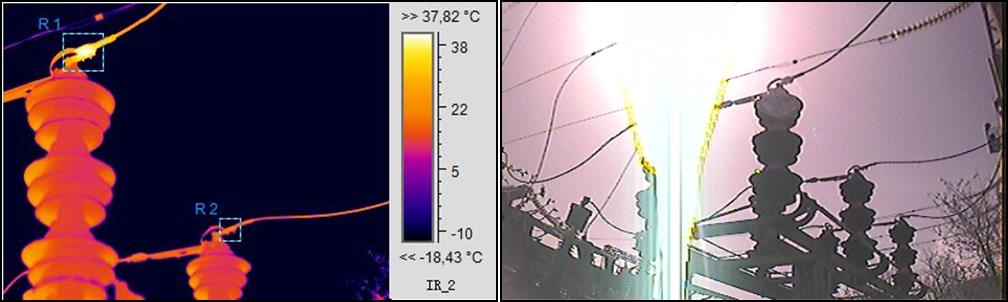
ОРУ 110 кВ, МВ-110 кВ ВЛ «Родниковое». Нагрев контактного соединения шлейфа с высоковольтным вводом 110 кВ фаза «С» в сторону ЛР, температура в области R1 = +38,1°С,

а избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном ∆T°избыт.= …°С. Термограмма 8. Заключение…



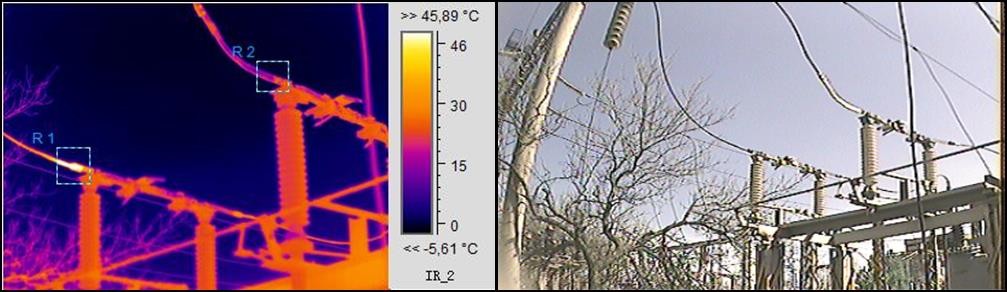
# Термограмма № 9

ОРУ 110 кВ, ЛР-110 кВ ВЛ «Почтовое». Нагрев контактного соединения шлейфа с разъединителем фаза «А» в сторону ВЛ, температура в области R1 = +39,8°С, а избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном ∆T°избыт.= …°С. Термограмма 9. Заключение…



## Термограмма № 10

ОРУ 110 кВ, ЛР-110 кВ ВЛ «Северная». Нагрев контактного соединения шлейфа с разъединителем фаза «А» в сторону ВЛ, температура в области R1 = +55,9°С, а избыточная температура при токе нагрузки 0,5Iном ∆T°избыт.= …°С. Термограмма 10. Заключение…



# Оценка состояния сварных и выполненных обжатием КС

**(Коэффициент дефектности)**

Оценку теплового состояния сварных КС, а также КС, выполненных методом обжатия, 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. Следует держать дефект под контролем;
* коэффициент дефектности 1,2-1,5 – развивающийся дефект. Принять меры к устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы;
* коэффициент дефектности > 1,5 – аварийный дефект, требует немедленного устранения.

# 3. ЗАДАНИЕ ПО ВАРИАНТАМ № 11-15

Расчёт и оценка теплового состояния сварных КС и КС, выполненных методом обжатия (по коэффициенту дефектности)

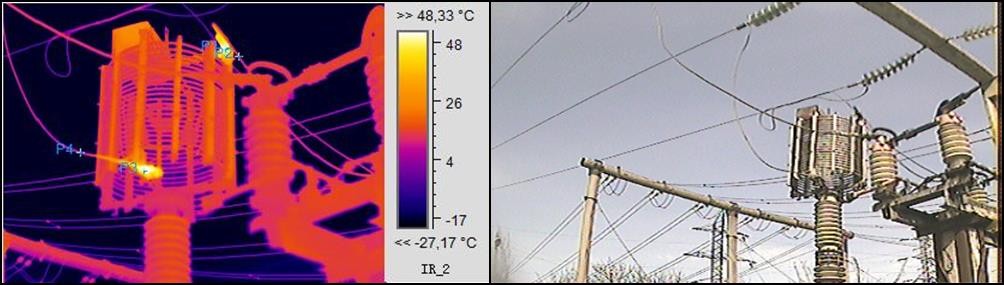
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант №** | **№ термо- грамм ы** | **Контролиру емый узел** | **T**  **контр. узла,**  **°С** | **T целог о участка шины,**  **°С** | **T**  **окружа ющего воздуха,**  **°С** | **∆T кон такта**  **°С** | **∆T ши н °С** | **К**  **коэф. дефе ктнос**  **ти** | **Зак люч ение** |
| 11 | 11 | ВЧ  заградитель в сторону  ЛР, методом обжатия | +56,3 | +12,6 | +10,0 | **?** | **?** | **?** | **?** |
| 11 | 11 | ВЧ  заградитель в сторону ВЛ, методом  обжатия | +53,5 | +12,4 | +10,0 | **?** | **?** | **?** | **?** |
| 12 | 12 | Шина 10 кВ с шинным мостом трансформат ора 21Т,  методом обжатия | +39,4 | +21,6 | +10 | **?** | **?** | **?** | **?** |
| 13 | 13 | Шина с  вводами 3 кВ трансформат ора 22Т фаза  «А», | +57,7 | +29,4 | +10 | **?** | **?** | **?** | **?** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | методом  обжатия |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 13 | Шина с  вводами 3 кВ трансформат ора 22Т фаза  «А»,  методом обжатия | +53,8 | +29,3 | +10 | **?** | **?** | **?** | **?** |
| 14 | 14 | кабель с предохранит елем фаза  «С»,  методом обжатия | +45,3 | +33,6 | +15 | **?** | **?** | **?** | **?** |
| 15 | 15 | шина с  рубильнико м фаза «С»,  методом обжатия | +107,  7 | +34,7 | +15 | **?** | **?** | **?** | **?** |

## Термограмма № 11

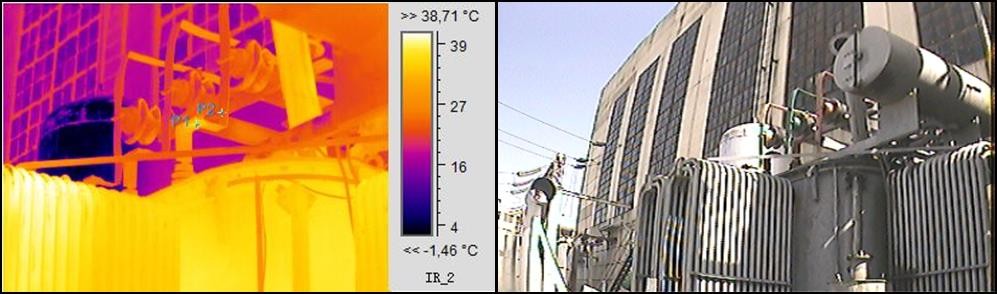
ОРУ 35 кВ, ВЧ заградитель 35 кВ ВЛ «Пригородная». Нагрев контактного соединения шлейфа с ВЧ заградителем в сторону ЛР-35 кВ и ВЛ 35 кВ, температура в области Р1=

+56,3°С, Р3= +53,5°С. Термограмма 11. Заключение …



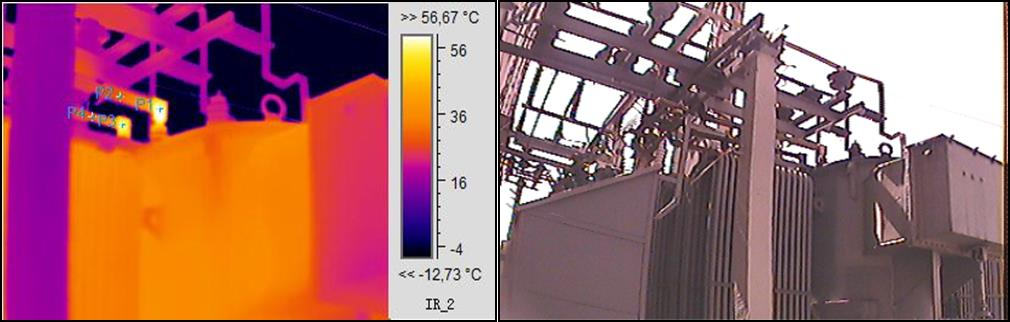
## Термограмма № 12

Пристанционный 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 12. Заключение…



## Термограмма № 13

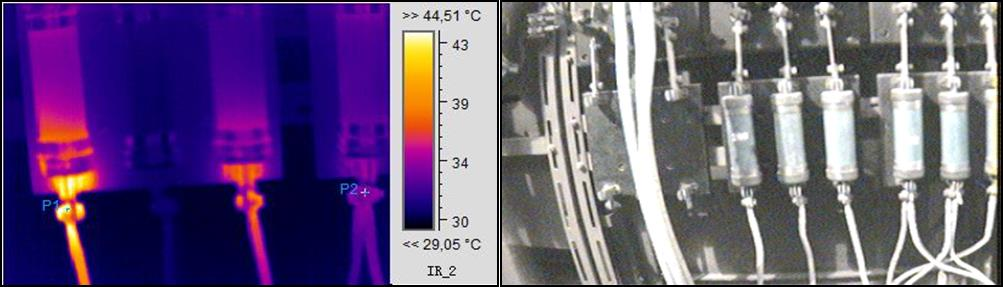
Пристанционный узел, силовой трансформатор 22Т. Нагрев контактного соединения шины с вводами 3 кВ трансформатора 22Т фазы «А» и «В», температура в области Р1= +57,7°С и Р3= +53,8°С. Термограмма 13. Заключение…



## Термограмма № 14

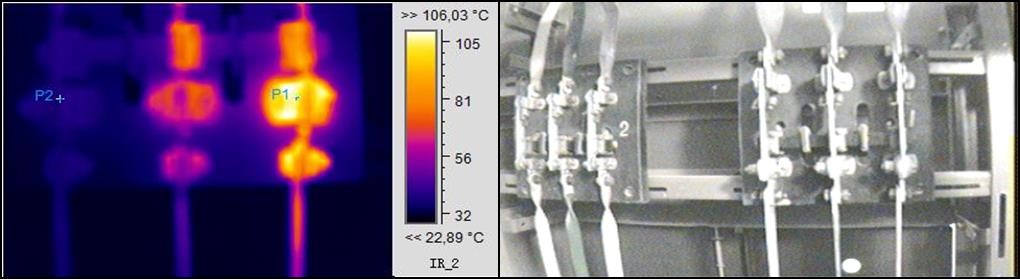
РУСН 0,4 кВ, 1 секция панель №4, группа №4 «служебный корпус». Нагрев контактного соединения силового кабеля 0,4 кВ с предохранителем фаза «С», температура в области Р1=

+45,3°С. Термограмма 14. Заключение …



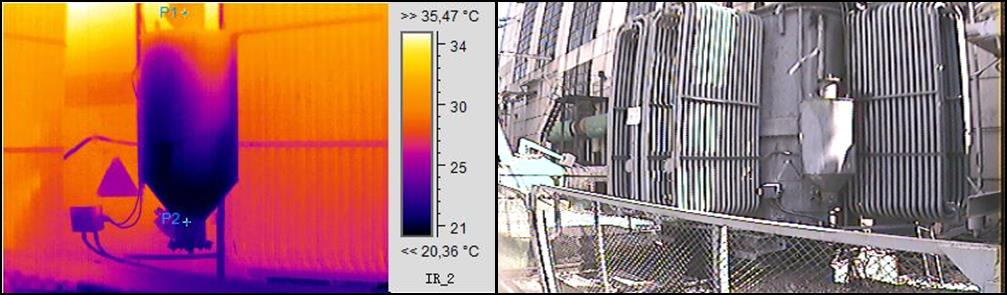
## Термограмма № 15

РУСН 0,4 кВ, 2 секция панель №25, группа №1 «компрессор №2». Нагрев контактного соединения шины 0,4 кВ с рубильником фаза «С», температура в области Р1= +107,7°С. Термограмма 15. Заключение…



## Термограмма № 16

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.



**3. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Приведена информация по техническим системам управления установившимися режимами ЭЭС. Представлены справочные данные по их техническим характеристикам и основным конструктивным особенностям. Лабораторные работы проводятся в рамках углубления знаний студентов лекционного материала. К каждой лабораторной работе для её исполнения в начале семестра преподаватель выдаёт источники с информацией к каждой лабораторной работе.

Перечень лабораторных работ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование лабораторных работ |  |
| 1 | Составить схему и описать последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами при включении и отключении  присоединений воздушных и кабельных линий |  |
| 2. | Составить схему и описать последовательность операций в КРУ с  выкатными элементами при включении присоединений воздушных и кабельных линий. |  |
| 3 | Составить схему и описать последовательность операций при включении  и отключении трехобмоточного трансформатора (автотрансформатора). |  |
| 4 | Составить схему и описать последовательность операций и действий  персонала при включении и отключении трансформатора Т1 на двух трансформаторной подстанции, выполненной по упрощённой схеме. |  |
| 5 | Составить схему и описать последовательность операций и действий персонала при отключении и включении трансформатора Т1 на ответвительной подключённой к двум проходящим параллельным  линиям с двусторонним питанием. |  |
| 6 | Составить схему и описать включение или отключение одной из двух  спаренных линий при отключенной другой. |  |
| 7 | Составить схему и описать отключение одной из двух спаренных линий,  когда обе линии находятся в работе. |  |
| 8 | Составить схему и описать последовательность операций и действий персонала при переводе всех присоединений, находящихся в работе, с  рабочей системы шин на резервную с помощью ШСВ. |  |
| 9 | Составить схему и описать последовательность операций и действий персонала при переводе части или всех присоединений с одной системы шин на другую без шиносоединительного выключателя в электроустановках, где часть присоединений имеет по два выключателя  на цепь и имеется присоединение с дистанционным управлением шинными разъединителями |  |
| 10 | Составить схему и описать оследовательность операций и действий  персонала при выводе в ремонт трансформатора 6/0,4 кВ собственных нужд электростанции |  |
| 11 | Составить схему и описать замену выключателя присоединения  шиносоединительным выключателем |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 12 | Составить схему и описать замену выключателя присоединения  обходным выключателем |  |
| 13 | Составить схему и описать основные операции при выводе в ремонт  питающей кабельной линии КЛ1 (Схема питающей сети 6-10 кВ в нормальном режиме работы) |  |
| 14 | Сформировать краткую информацию о переключения в схемах релейной  защиты и автоматики |  |

Структурный план лабораторной работы.

Наименование Лабораторной работы.

1. Титульный лист
2. Задание на выполнение лабораторной работы.
3. Теория вопроса по теме Лабораторной работы, наименования стандартов и заводских инструкций.
4. Схемы, Фото, чертежи оборудования, формулы, информация на основании которых выполняется лабораторная работа.
5. Основные технические характеристики и краткое описания конструкции оборудования.
6. Решение математическое или логическое поставленной задачи в лабораторной работе. При изучении конструкций описание преимуществ данного вида, серии, типа оборудования.
7. Оценка вопросов безопасности выполнения Лабораторной работы, пожарная безопасность.
8. Заключение или рекомендация исполнителя (автора) лабораторной работы.

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., 2005 г.)
4. РД 153-34.0-46.302-00 Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворённых в масле.