

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по использованию термоиндикаторных наклеек

Содержание:

1. Введение	3
1.1 Общие положения	3
1.2 Термины и сокращения	3
2. Виды термоиндикаторных наклеек	4
3. Элементы электроустановок, рекомендуемые к тепловому контролю с использованием термоиндикаторов.....	5
4. Установка термоиндикаторных наклеек	7
5. Методики термоиндикаторного контроля контактов и контактных соединений.....	10
5.1 Контроль по предельной температуре нагрева.	10
5.2 Контроль по избыточной температуре нагрева.....	12
5.3 Контроль по коэффициенту дефектности.....	13
6. Периодичность проведения термоиндикаторного контроля.....	13
7. Рекомендуемые характеристики термоиндикаторных наклеек	14

1. Введение

1.1 Общие положения

Термоиндикаторный контроль позволяет проводить оценку состояния контактов и контактных соединений.

Методические указания включают в себя методику проведения термоиндикаторного контроля, периодичность и объём измерений контролируемого объекта или совокупности объектов. Приведенные в настоящих методических указаниях периодичность и предельно допустимые значения температур для термоиндикаторного контроля электрооборудования РУ, КЛ и ВЛ определены с учетом требований РД 34.45-51.300-97, РД 153-34.0-20.363-99, ГОСТ 8865-93, 8024-90, 10693-81, 2213-79, 10434-82, 16708-84, 2585-81, 32397-2020, 26346-84, 839-2019, ГОСТ Р 51321.1-2007 и др., а также с учетом опыта эксплуатации, режима работы, внешних и других факторов.

При анализе результатов термоиндикаторного контроля должна осуществляться оценка выявленного дефекта. По полученным результатам термоиндикаторного контроля решение о замене или ремонте принимается техническим руководителем субъекта энергетики.

1.2 Термины и сокращения

В настоящих Методических указаниях применяются следующие термины и сокращения:

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

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

превышение температуры – разность между температурой нагрева и температурой окружающего воздуха.

ЭУ – электроустановка

РУ – распределительное устройство

КЛ – кабельная линия электропередачи

ВЛ – воздушная линия электропередачи

2. Виды термоиндикаторных наклеек

Конструктивно термоиндикаторные наклейки представляют собой гибкую самоклеящуюся пластину из полимерного материала с нанесенным в центральной части термочувствительным материалом в виде белых точек, полосок или иных форм с заданной температурой (Рис.1а) или температурной шкалой (Рис.1б).

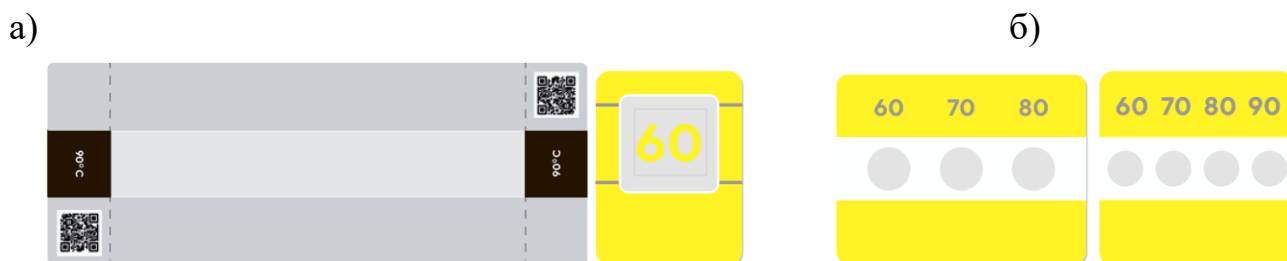


Рис. 1. Внешний вид однотемпературных (а) и многотемпературных (б) термоиндикаторных наклеек.

Термоиндикаторные наклейки могут выполняться в различном цветовом исполнении, что позволяет одновременно осуществлять цветовую маркировку фаз.

Принцип работы необратимых термоиндикаторных наклеек основан на фазовом переходе (плавлении) нанесенного термочувствительного вещества с его последующим растворением в полимерном связующем или материале наклейки. При воздействии температуры происходит необратимое изменение цвета термочувствительного материала на поверхности наклейки с белого на черный (см. Рис. 2).

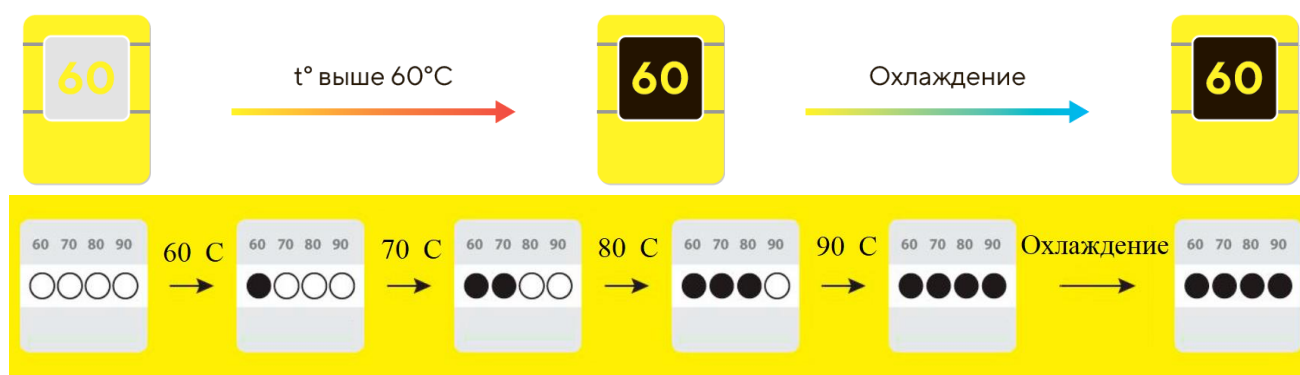


Рис. 2. Принцип работы необратимых однотемпературных (верхняя панель) и многотемпературных (нижняя панель) термоиндикаторных наклеек.

Термоиндикаторные наклейки могут быть наружного и внутреннего исполнения. Клеевой слой термоиндикаторных наклеек должен обеспечивать надёжную фиксацию на проводах, шинах, контактных соединениях, а также на плоской поверхности электрооборудования, необходимую для

функционирования наклейки на протяжении всего срока эксплуатации.

3. Элементы электроустановок, рекомендуемые к тепловому контролю с использованием термоиндикаторов

Термоиндикаторный контроль рекомендуется использовать на объектах, осмотр которых тепловизором неэффективен, в силу отсутствия необходимой нагрузки в момент осмотра, или конструкционно невозможен.

Термоиндикаторы рекомендуется использовать в дополнение к тепловизионному контролю в электроустановках ТЭС, электрических подстанций 35-220 кВ, в том числе двух-трансформаторных, закрытых центрах питания, не обслуживаемых и не оборудованных системами учета электроэнергии и телемеханики; в распределительных электросетях, в том числе работающих с предельными токовыми нагрузками или частыми случаями КЗ, не имеющими резервирования, обслуживающих потребителей первой категории, находящихся за пределом срока эксплуатации, удаленных и работающих в сложных климатических условия эксплуатации (ветровые нагрузки, гололед и т.п.).

Приоритетными объектами для установки термоиндикаторов являются контакты и контактные соединения электрических цепей номинальным током более 60А, а также наиболее нагруженных токоведущих частей электроустановок, щитов собственных нужд и электрооборудования, обеспечивающего безопасность эксплуатации технологического оборудования.

Оборудование и узлы, подлежащие термоиндикаторному контролю:

а) концевые соединения токоведущих частей (болтовые, сварные, выполненные методом обжатия и скрутки) в следующих Электроустановках:

главные распределительные щиты (ГРЩ), вводные распределительные устройства (ВРУ), шкафы распределительные 380 В;

распределительные щитки напряжением 220-380 В, установленные в производственных зданиях и помещениях;

шкафы и панели управления и защит 110-380 В;

шкафы системы оперативного постоянного тока подстанций;

закрытые распределительные устройства (ЗРУ);

КРУ с комбинированной воздушной изоляцией класса напряжения 6-35 кВ;

комплектные трансформаторные подстанции (КТП) класса напряжения 6-35 кВ;

отдельно стоящие комплектные ячейки класса напряжения 6-35 кВ;

ОРУ класса напряжения 35-220 кВ;

ВЛ класса напряжения 0,4- 220 кВ;
передаточные устройства (выполненные кабелем, токопроводом, шинопроводом);
осветительные шинопроводы;

б) аппаратные зажимы токоведущих частей электрооборудования подстанций 6-220 кВ:
вводов ВН, СН, НН силовых трансформаторов (автотрансформаторов), регулировочных трансформаторов, шунтирующих реакторов, заземляющих трансформаторов;
линейных вводов;
выключателей;
разъединителей (ЛР, ШР), отделителей;
трансформаторов тока;
трансформаторов напряжения;
высокочастотных заградителей;
ОПН;
БСК и синхронных компенсаторов и др.

в) аппаратные выводы токоведущих частей электроустановок:
клеммные коробки электродвигателей класса напряжения 0,4-10 кВ;
клеммные коробки трансформаторов тока и напряжения 6-220 кВ;
ответвительные зажимы устройств наружного освещения (в цоколе наружной опоры освещения);

г) контакты токоведущих частей коммутационных аппаратов:
воздушные разъединители, рубильники и выключатели класса напряжения до 1000 В, установленные в распределительных щитах и шкафах управления, осветительных щитках;
выключатели нагрузки 0,4-20 кВ;
магнитные пускатели, пакетные переключатели, контакторы 0,4 кВ установленные в силовых шкафах управления;
воздушные разъединители 6-35 кВ, установленные в ЗРУ и на ОРУ;
выкатные элементы в КРУ 6-35 кВ;
воздушные разъединители класса напряжения 35-220 кВ, установленные на ВЛ, ОРУ и в ЗРУ;
воздушные отделители и короткозамыкатели, установленные в ЗРУ и на ОРУ;
предохранители постоянного и переменного тока;

д) коллекторы и контактные кольца, корпуса электрогенераторов, электродвигателей класса напряжения до и выше 1000 В;

- е) кабельные и воздушные линии класса напряжения 0,4-220 кВ:
 - токоведущие жилы кабеля;
 - неизолированные провода ВЛ;
 - оболочка кабеля;
- ж) подшипники электродвигателей класса напряжения 0,4-10 кВ;
- з) токопроводы и шинопроводы класса напряжения до и выше 1000 В:
 - металлические части воздушных токопроводов, доступных для прикосновения человека;
 - металлические части экранированных литых токопроводов и шинопроводов, доступных для прикосновения человека;
 - изоляционная часть литых токопроводов и шинопроводов;
- и) нетоковедущие части электроустановок: рукоятки, средства ручного управления, доступные для прикосновения наружные оболочки и элементы оболочек Электроустановок;
- к) кабельная арматура класса напряжения 0,4-220 кВ:
 - концевая муфта;
 - соединительная муфта.
- л) аккумуляторные батареи 12-36 В;
 - нагрев электролита

К скрытым и труднодоступным элементам Электроустановок могут относиться такие элементы как:

- КС сборных шин КРУ;
- КС кабельных наконечников с шинами в кабельных отсеках КРУ;
- контакты выкатных элементов КРУ;
- контакты коммутационных аппаратов расположенных внутри КРУ;
- КС и контакты внутри ремонтнопригодных воздушных коммутационных аппаратов до 1000 В имеющих съемную (разборную) часть;
- кабельная арматура и кабели, расположенные в подвалах, полуподвалах и др.

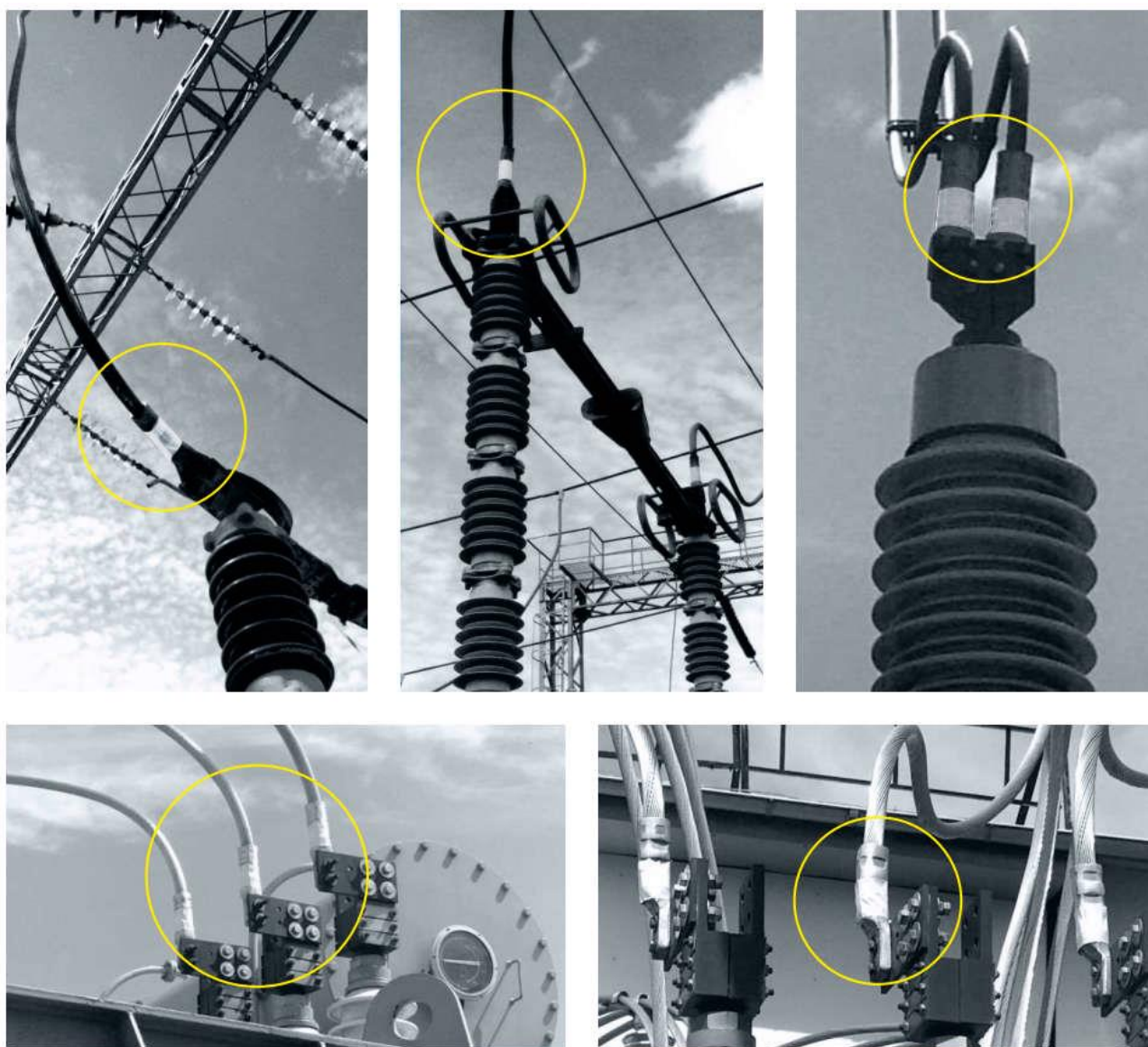
4. Установка термоиндикаторных наклеек

Установку ТИН следует производить на выведенном в ремонт электрооборудовании, с соблюдением Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, инструкций завода-изготовителя, других действующих НТД.

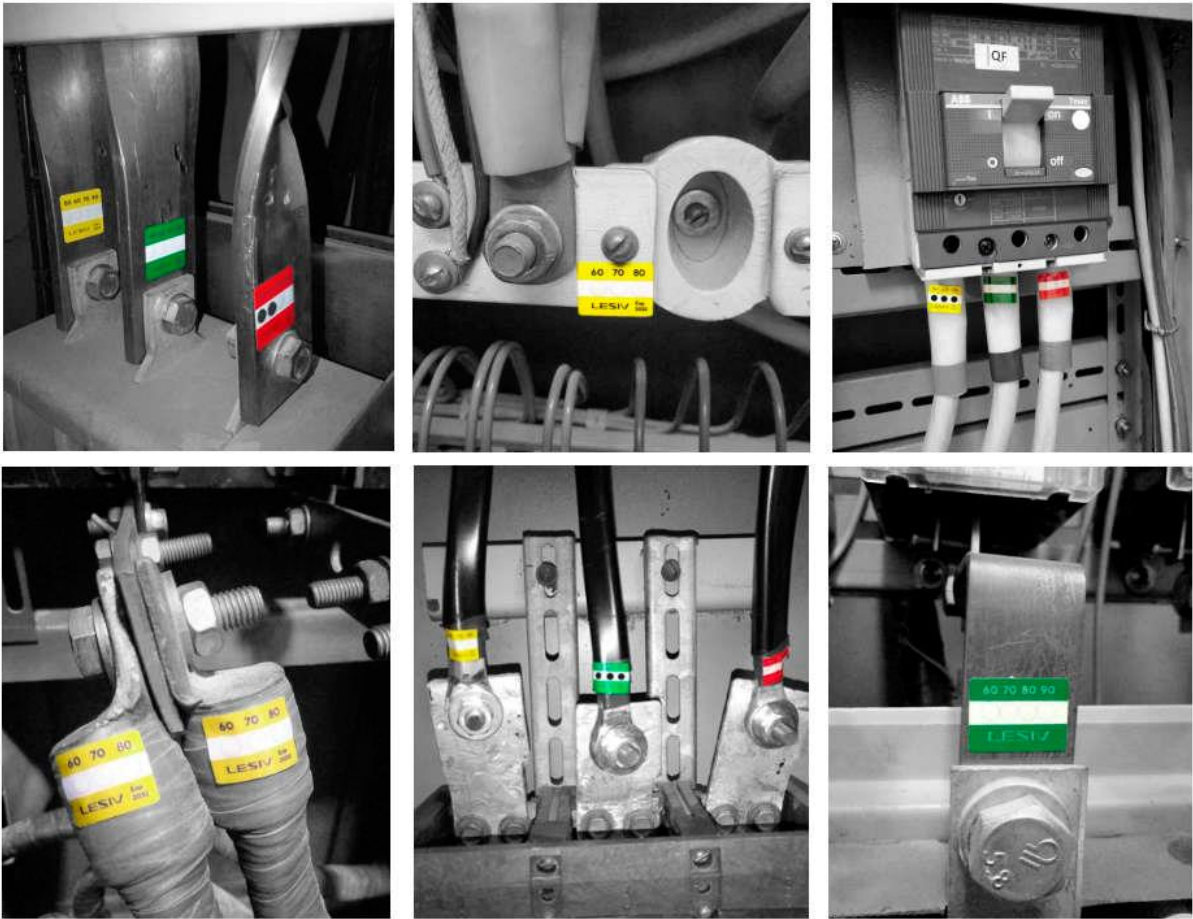
- Термоиндикаторы рекомендуется устанавливать на новом оборудовании, а также в существующих электроустановках при проведении ремонта или технического обслуживания.
- Места установки термоиндикаторов должны быть утверждены техническим руководителем.

- Факт установки термоиндикаторов должен быть отражен в журнале учёта термоиндикаторов.
- Термоиндикаторы необходимо устанавливать в непосредственной близости от контактов или контактных соединений таким образом, чтобы термочувствительный слой поверхности был хорошо видимым, а сама наклейка не препятствовала работе электроустановки, осмотрам и проведению ремонтных работ.

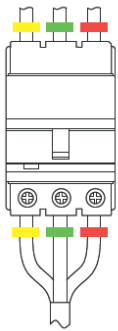
Примеры установки термоиндикаторов в ЭУ:



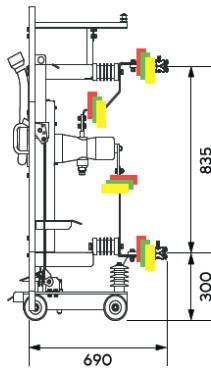
Места установки термоиндикаторов на аппаратных зажимах ВЛ



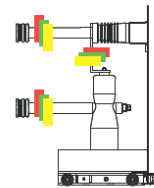
Пример установки термоиндикаторов на контактных соединениях РУ 0,4 кВ



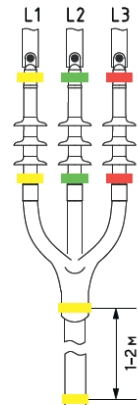
Монтаж термоиндикаторов на автоматический выключатель



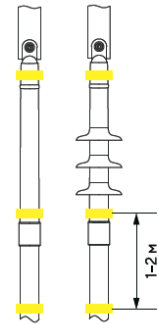
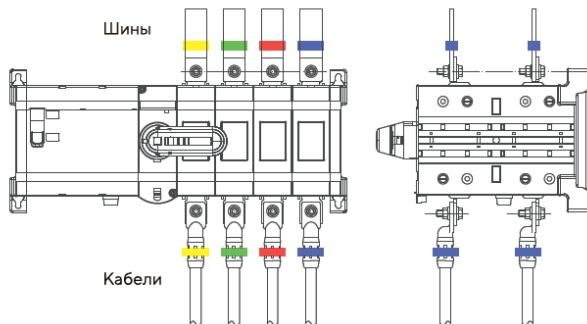
Выключатель ВВ/TEL



Выключатель ВВ/TEL



Монтаж термоиндикаторов на трехфазную кабельную муфту



Пример установки термоиндикаторов на выключателях и на кабельных муфтах

5. Методики термоиндикаторного контроля контактов и контактных соединений

При токах нагрузки более $0.3 I_{\text{НОМ}}$ оценка теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей в зависимости от условий их работы и конструкции может осуществляться по нормированным температурам нагрева, избыточной температуре, коэффициенту дефектности, динамике измерения температуры во времени с изменением нагрузки, путем сравнения измеренных значений температуры в пределах фазы, между фазами, заведомо исправными участками и т.п. в соответствии с указаниями отдельных пунктов настоящих методических указаний.

Для электроустановок с максимальным током нагрузки менее $0.3 I_{\text{НОМ}}$ термоиндикаторный контроль неэффективен.

5.1 Контроль по предельной температуре нагрева.

Термоиндикаторный контроль контактов и контактных соединений при максимальных токах нагрузки более $0.6 I_{\text{НОМ}}$ рекомендуется проводить по предельной температуре нагрева.

Таблица 1. Предельно допустимые и контролируемые температуры нагрева узлов электрооборудования.

Контролируемые узлы	Наибольшее допустимое значение		Контролируемые термоиндикаторами температуры	
	Температура нагрева, °С	Превышение температуры*, °С	Площадь сечения токопровода до 10мм ²	Площадь сечения токопровода свыше 10мм ²
1. Токоведущие (за исключением контактов и контактных соединений) и нетоковедущие металлические части: - не изолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами - изолированные или соприкасающиеся с изоляционными материалами классов нагревостойкости по ГОСТ 8865-93:	120	80	70-100-120	70-90-100-120
У	90	50	60-80-90	60-70-80-90
А	105	60	60-90-110	60-80-90-110
Е	120	80	70-100-120	70-90-100-120
2. Контакты из меди и медных сплавов: - без покрытий, в воздухе/в изоляционном масле	75/80	35/40	50-70-80	50-60-70-80
- с накладными серебряными пластинами, в воздухе/в изоляционном масле	120/90	80/50	70-100-120/ 60-80-90	70-90-100-120/ 60-70-80-90
- с покрытием серебром или никелем, в воздухе/в изоляционном масле	105/90	65/50	60-90-110/ 60-80-90	60-80-90-110/ 60-70-80-90
- с покрытием серебром толщиной не менее 24 мкм	120	80	70-100-120	70-90-100-120
- с покрытием оловом, в воздухе/в изоляционном масле	90/90	50/50	60-80-90	60-70-80-90

3. Контакты металлокерамические вольфрамо- и молибденосодержащие в изоляционном масле: на основе меди/на основе серебра	85/90	45/50	60-80-90	60-70-80-90
4. Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей: - без покрытия	90	50	60-80-90	60-70-80-90
- с покрытием оловом, серебром или никелем	105	65	60-90-110	60-80-90-110
5. Болтовые контактные соединения из меди, алюминия и их сплавов: - без покрытия, в воздухе/в изоляционном масле	90/100	50/60	60-80-90/ 60-80-100	60-80-90-90/ 60-80-90-100
- с покрытием оловом, в воздухе/в изоляционном масле	105/100	65/60	60-90-110/ 60-80-100	60-80-90-110/ 60-80-90-100
- с покрытием серебром или никелем, в воздухе/в изоляционном масле	115/100	75/60	70-100-120/ 60-80-100	70-90-100-120/ 60-80-90-100
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	50-70-80/ 60-80-100	50-60-70-80/ 60-70-80-100
- с разборным соединением (нажатие болтами или винтами), в том числе выводы предохранителя	90/105	50/65	60-80-90/ 60-90-110	60-70-80-90/ 60-80-90-110
металлические части, используемые как пружины - из меди	75	35	50-70-80	50-60-70-80
- из фосфористой бронзы и аналогичных сплавов	105	65	60-90-110	60-80-90-110
7. Токоведущие жилы силовых кабелей в режиме длительном/аварийном при наличии изоляции: - из поливинилхлоридного пластика и полиэтилена	70/80	-	50-55-60/ 50-70-80	50-55-60-70/ 50-60-70-80
- из вулканизирующегося полиэтилена	90/130	-	60-80-90/ 70-100-120	60-70-80-90/ 70-90-100-120
- из резины	65/-	-	50-55-60	50-55-60-70
- из резины повышенной теплостойкости	90/-	-	60-80-90	60-70-80-90
с пропитанной бумажной изоляцией при вязкой/обедненной пропитке и номинальном напряжении, кВ: 1 и 3	80/80	-	50-70-80	50-60-70-80
6	65/75	-	50-55-60/ 50-60-70-80	50-55-60-70/ 50-60-70-80
10	60/-	-	50-55-60	50-55-60-70
20	55/-	-	50-55-60	50-55-60-70
35	50/-	-	50-55-60	50-55-60-70
8. Подшипники скольжения/качения	80/100	-	50-70-80/ 60-80-100	50-60-70-80/ 60-70-80-100

* превышение температуры – разность между температурой контролируемого узла и температурой окружающего воздуха.

Определение наличия аварийного дефекта проводится следующим образом:

- отсутствие превышения нижней контролируемой температуры термоиндикатора свидетельствует об отсутствии аварийного дефекта;
- превышение всех контролируемых температур термоиндикатора свидетельствует о наличии аварийного дефекта;
- при неполном превышении контролируемых температур термоиндикатора критерием аварийного дефекта является выполнение условия:

$$\Delta T_{\text{макс. инд.}} > T_{\text{макс. окр.}} + \Delta T_{\text{прев.}} \left[\frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{ном}}} \right]^2, \quad (1)$$

где $\Delta T_{\text{макс. инд.}}$ – наибольшая температура зарегистрированная термоиндикатором;

$\Delta T_{\text{прев.}}$ – наибольшая допустимая температура превышения в соответствии с таблицей 2.

$T_{\text{макс. окр.}}$ – значение температуры окружающего воздуха в момент прохождения максимального тока нагрузки;

$I_{\text{макс}}$ – максимальный фактический рабочий ток ЭУ (А).

$I_{\text{ном}}$ – номинальный ток ЭУ (А);

5.2 Контроль по избыточной температуре нагрева.

Термоиндикаторный контроль электрооборудования при токах нагрузки 0.3-0.6 $I_{\text{ном}}$ проводится по методу избыточной температуры с использованием термоиндикаторных наклеек с температурными переходами 50-60-70 и 50-60-70-80. Вывод о наличии дефекта делается на основании разницы температур с учетом максимального тока нагрузки в соответствии с таблицей 2.

Избыточная температура определяется как разница между максимальными значениями температур идентичных узлов электрооборудования, зафиксированная термоиндикаторами, или разница между максимальной зафиксированной температурой термоиндикатора и максимальной температурой окружающего воздуха.

Таблица 2. Определение дефекта по избыточной температуре

Степень дефекта и выбор термоиндикаторов по избыточной температуре	Избыточная температура (разница температур превышения) при различных токах нагрузки, °С						
	$I=0.3I_{\text{ном}}$	$I=0.35I_{\text{ном}}$	$I=0.4I_{\text{ном}}$	$I=0.45I_{\text{ном}}$	$I=0.5I_{\text{ном}}$	$I=0.55I_{\text{ном}}$	$I=0.6I_{\text{ном}}$
Начальная степень неисправности	2-4	2-5	3-6	4-8	5-10	6-12	7-14
Развившийся дефект	4-11	5-15	6-19	8-24	10-30	12-36	14-43
Аварийный дефект	более 11	более 15	более 19	более 24	более 30	более 36	более 43

5.3 Контроль по коэффициенту дефектности.

Термоиндикаторный контроль КЛ, сварных, паяных и выполненных обжатием контактных соединений осуществляется по коэффициенту дефектности. Для этой цели используются термоиндикаторы с многотемпературной шкалой 50-55-60-70 для токов нагрузки ЭУ $0,3 I_{\text{ном}} - 0,6 I_{\text{ном}}$ или 50-60-70-80 при токах нагрузки ЭУ более $0,6 I_{\text{ном}}$. При соотношении температур превышения срабатывания термоиндикаторов над эффективной температурой окружающего воздуха между контролируемым элементом (узлом) и отдаленным участком ЭУ коэффициент дефектности определяется соотношением:

$$K_{\text{деф}} = \frac{T_1 - T_{\text{макс. окр.}}}{T_2 - T_{\text{макс. окр.}}}, \quad (2)$$

где T_1 – максимальная температура зарегистрированная термоиндикатором на контролируемом узле;

T_2 – максимальная температура показаний термоиндикатора на отдаленном участке;

В случае $K_{\text{деф}}$ принимающем значения:

- не более 1.20 – оценка теплового состояния относится к начальной степени неисправности (появлению дефекта);
- от 1.20 до 1.50 – оценка теплового состояния относится к развившемуся дефекту;
- более 1.50 – оценка теплового состояния относится к аварийному дефекту.

6. Периодичность проведения термоиндикаторного контроля

Контроль термоиндикаторов осуществляется во время проведения обязательных плановых и внеплановых осмотров электроустановок, а также в период выполнения ремонтных работ, но не реже чем указано в таблице 3.

Таблица 3. Периодичность проведения термоиндикаторного контроля по видам ЭУ

Вид ЭУ и вид тепловизионного контроля	Сроки проведения
1. Плановый тепловизионный контроль электрооборудования распределительных устройств (РУ) на напряжение	
1.1. 20 кВ и ниже	Не реже 1 раза в 3 года
1.2. 110-220 кВ	Не реже 1 раза в 2 года
1.3. РУ всех классов напряжений при усиленном загрязнении	Не реже 1 раза в 1 год
1.4. КС проводов ВЛ	В первый год эксплуатации после ввода в эксплуатацию
1.5. КС проводов ВЛ, находящиеся в эксплуатации более 25 лет (при отбраковке 5 % и более КС)	Не реже 1 раза в 1 год
1.6. КС проводов ВЛ, находящиеся в эксплуатации более 25 лет (при	Не реже 1 раза в 3 года

Вид ЭУ и вид тепловизионного контроля	Сроки проведения
отбраковке менее 5 % КС)	
1.7. КС проводов ВЛ, работающих с предельными токовыми нагрузками или питающих ответственных потребителей, или работающих в условиях повышенных загрязнений, больших ветровых и гололедных нагрузках	Не реже 1 раза в 1 год
1.8. Все остальные ВЛ	Не реже 1 раза в 6 лет
2. Внеплановый (внеочередной) тепловизионный контроль электрооборудования распределительных устройств (РУ) всех классов напряжения после стихийных воздействий (значительные ветровые нагрузки, КЗ на шинах РУ, землетрясения, сильный гололед и т.п.)	По решению технического руководителя объекта

7. Рекомендуемые характеристики термоиндикаторных наклеек

Для осуществления контроля контактов и контактных соединений электрооборудования, КЛ и ВЛ с помощью термоиндикаторов рекомендуется использовать необратимые (см. Рис. 2) термоиндикаторы со следующими техническими характеристиками:

- цветовой переход при достижении пороговой температуры: белый – черный. Допускается проявление при цветовом переходе рисунка или цифры иного цвета, при условии, что площадь такого рисунка составляет менее 30 % площади термочувствительного слоя;
- устойчивость цветового перехода: отсутствие цветового перехода в течение 30 дней при температуре на 5 °С ниже пороговой, указанной на термоиндикаторе и отсутствие обратного цветового перехода при выдержке сработавшей наклейки при минимальной температуре эксплуатации в течение 30 дней;
- термоиндикаторы для ЗРУ должны иметь цвет окантовки соответствующий цветовой маркировке фаз;
- термоиндикаторы для применения на ОРУ и ВЛ должны иметь световозвращающую окантовку серебристого цвета;
- площадь термочувствительного слоя термоиндикаторов должна обеспечивать заметность термоиндикатора при визуальном осмотре электроустановки и быть не менее 7 мм² для трехтемпературных термоиндикаторов, не менее 25 мм² для четырехтемпературных термоиндикаторов и не менее 4000мм² для термоиндикаторов для ВЛ;
- адгезия (FINAT ТМ 1, после 24 часов нержавеющей сталью) должна быть не менее 15 Н/25 мм;
- электростатические свойства: должны обладать свойствами электростатической искробезопасности, исключаящими или

предупреждающими возникновение разрядов статического электричества, способных стать источником зажигания или взрыва по ГОСТ 12.1.018-93;

- пожароустойчивость: должны обладать свойством самозатухания;
- точность измерения температуры: $\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- скорость цветового перехода при достижении поверхностью пороговой заданной температуры: не более 2 секунд;
- толщина термоиндикатора: не более 0,5 мм;
- классификация по степени воздействия на организм человека: малоопасные согласно ГОСТ 12.1.007-76, в частности термоиндикаторы не должны выделять вредных веществ;
- термоиндикаторы, устанавливаемые вне закрытых шкафов и панелей, должны обладать устойчивостью к истиранию термочувствительного слоя;
- срок службы: не менее 10 лет.

Маркировка термоиндикаторов должна содержать следующие сведения:

- цифровое обозначение температуры необратимого изменения цвета наклеек (температура срабатывания) в градусах Цельсия;
- дата окончания срока службы или дата следующей регламентной замены;