

Приложение В
(обязательное)

**Методические указания по определению предела прочности металла
элементов опор высоковольтных воздушных линий**

Настоящие методические указания устанавливают требования к аппаратуре, контролируемым объектам, порядку подготовки и проведению измерений, оформлению результатов.

В.1 Предел прочности металла элементов опор ВЛ определяется косвенным методом — по значениям измерений твердости металла.

В.2 Измерение твердости на элементах опор ВЛ производится переносными твердомерами ультразвукового или динамического действия, обеспечивающими:

- постоянство приложенной нагрузки в течение требуемого времени;
- приложение действующего усилия перпендикулярно к поверхности испытуемого объекта.

В.3 Твердость измеряют при температуре от 0 до плюс 40 °С.

В.4 Поверхность элементов опор ВЛ в зоне контроля подлежит зачистке. Шероховатость поверхности в месте испытания должна быть не более $R_a = 0,25$ мкм и $R_a = 0,32$ мкм для приборов ультразвукового и динамического действия соответственно.

Для определения шероховатости поверхности следует применять аттестованные образцы шероховатости (сравнения), а также другие средства измерения.

В.5 Замер твердости (не менее трех измерений) проводится в местах крепления металлических опор ВЛ к конструкциям фундаментов (опорные башмаки).

В.6 Предел прочности металла определяется в соответствии с ГОСТ 22761 (таблица В.1) в зависимости от значений твердости по Бринеллю.

Таблица В.1 – Определение предела прочности стали по значениям твердости по Бринеллю

Твердость по Бринеллю $HВ$, кгс/мм ² (МПа)	Предел прочности на разрыв σ_B , кгс/мм ² (МПа)	Твердость по Бринеллю $HВ$, кгс/мм ² (МПа)	Предел прочности на разрыв σ_B , кгс/мм ² (МПа)
100 (981)	38,5 (378)	110 (1079)	41,2 (404)
102 (1000)	39 (383)	112 (1098)	41,8 (410)
104 (1020)	39,6 (388)	115 (1128)	42,7 (419)
106 (1040)	40,1 (393)	117 (1147)	43,3 (425)
108 (1059)	40,7 (399)	120 (1177)	44,2 (434)

В.7 Значения пределов прочности необходимо сравнить с нормативными данными для сталей, используемых при изготовлении стальных опор линий электропередачи, указанных в проектной документации на соответствующую конструкцию.

В.8 При несоответствии прочности металла нормативным требованиям проводят дополнительные измерения твердости металла на расстоянии 5–50 мм от точек предыдущего замера.

Количество дополнительных измерений определяют специалисты, проводящие измерения.

В.9 Зоны замера твердости необходимо указать на карте контроля.

В карте контроля приводится эскиз контролируемого объекта с указанием его геометрических размеров и привязки осей координат.

Указываются координаты мест измерений, где предел прочности металла не соответствует нормативным требованиям, и координаты мест дополнительных измерений.

В.10 При пределе прочности металла ниже нормативных требований руководитель диагностической бригады принимает решение о необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ.

В.11 Результаты измерений и карта контроля заносятся в Формуляр 8 паспорта технического состояния (приложение И). В паспорте технического состояния необходимо идентифицировать опоры в соответствии с их принятыми номерами при проведении обследования и их типами (А – анкерная, П – промежуточная).

Приложение Г
(обязательное)

**Методические указания по контролю заземляющих устройств
высоковольтных воздушных линий**

Настоящие методические указания устанавливают требования к аппаратуре, контролируемым объектам, порядку подготовки и проведению измерений, оформлению результатов, технике безопасности.

Г.1 Контроль заземляющих устройств (ЗУ) проводится с целью проверки соответствия параметров ЗУ нормативным требованиям РД 34.45-51.300-91 [3] и ПУЭ [4].

Основным параметром, характеризующим ЗУ ВЛ, является сопротивление ЗУ.

Дополнительными характеристиками ЗУ являются удельное сопротивление грунта, интенсивность коррозионного разрушения, качество, надежность соединения и соответствие сечения элементов ЗУ нормативным требованиям.

Г.2 В качестве основных приборов при измерениях параметров заземления опор ВЛ рекомендуются приборы: измеритель сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта (например, MRU-100), многофункциональные токовые клещи (например, АТК-4001).

Кроме указанных приборов, могут быть применены приборы для измерения сопротивлений по методу амперметра-вольтметра.

Г.3 Измерение сопротивления ЗУ

Г.3.1 Определение сопротивления, когда на ВЛ есть грозозащитный трос и его отсоединение невозможно или нецелесообразно, может проводиться по методу СибНИИЭ РД 34-20.504-94 [7].

Метод основан на использовании двух потенциальных (P_1, P_2) и двух токовых (СЭ, ВТ) электродов.

Производят три измерения с включением независимого источника тока и измерительных приборов по схемам, показанным на рисунке Г.1. Определяются последовательно три значения сопротивления R_1, R_2, R_3 . Искомое сопротивление ЗУ ВЛ R_{3y} , Ом, вычисляют по формуле

$$R_{3y} = R_1 \frac{R_2}{R_3} - R_2 \left(1,33 \frac{R_2}{R_3} - 1 \right). \quad (\text{Г.1})$$

При использовании измерителя MRU-100 проводятся три замера электродами, подключенными к измерительным гнездам, как показано на рисунке Г.2.

Сопротивление ЗУ ВЛ R_{3y} , Ом, вычисляют по формуле Г.1.

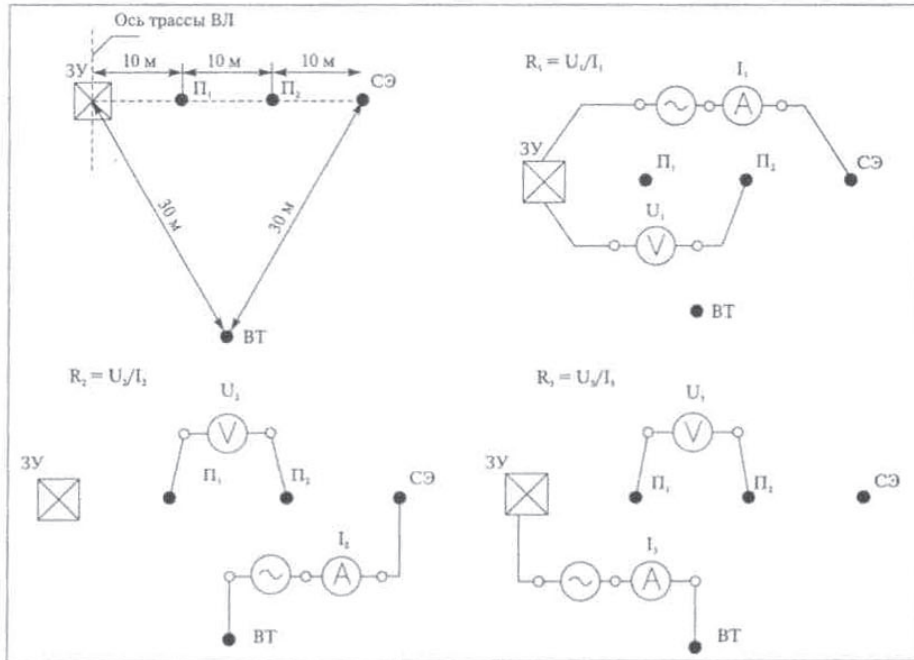


Рисунок Г.1

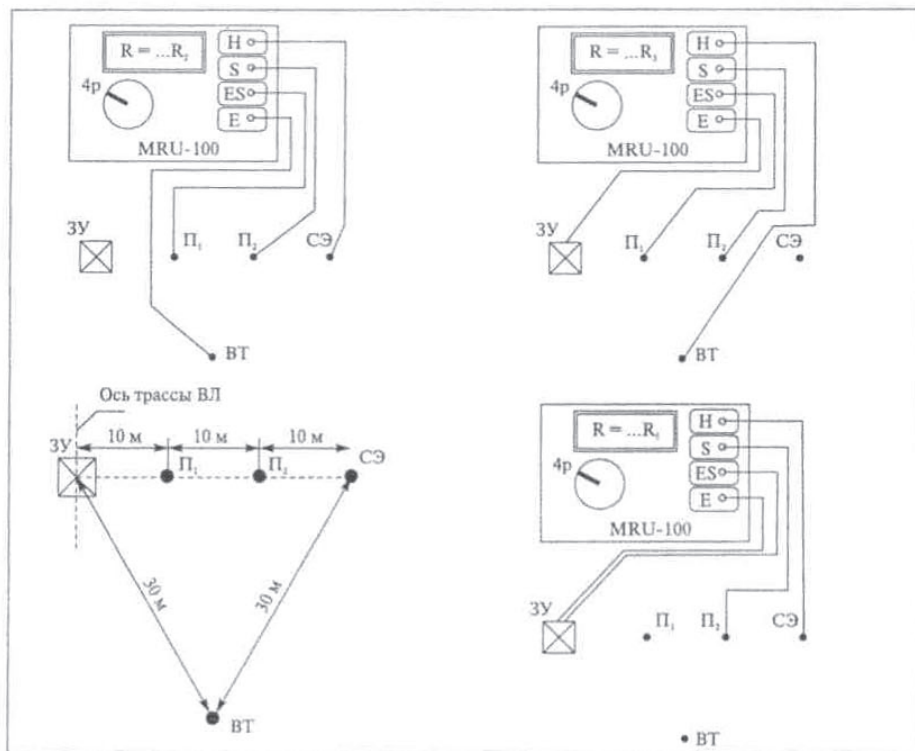


Рисунок Г.2

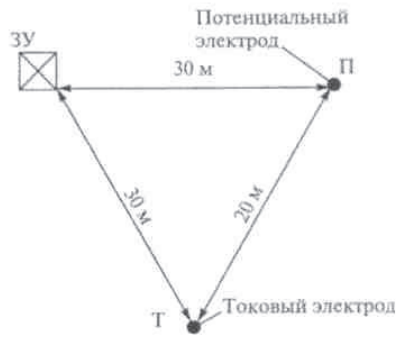


Схема взаимного расположения электродов при измерении сопротивления ЗУ ВЛ без грозозащитного троса

Рисунок Г.3

Расстояние должно измеряться от края ЗУ и во всех случаях должно составлять не менее 30 м от тела опоры.

Г.3.3 Определение сопротивления, если заземление опоры ВЛ выполнено присоединением к общему заземляющему контуру, имеющему большие размеры, выполняется по методу амперметра-вольтметра. Принципиальная схема измерений приведена на рисунке Г.4. Токовый и потенциальный электроды следует располагать на одной линии по территории, свободной от линий электропередачи и подземных коммуникаций.

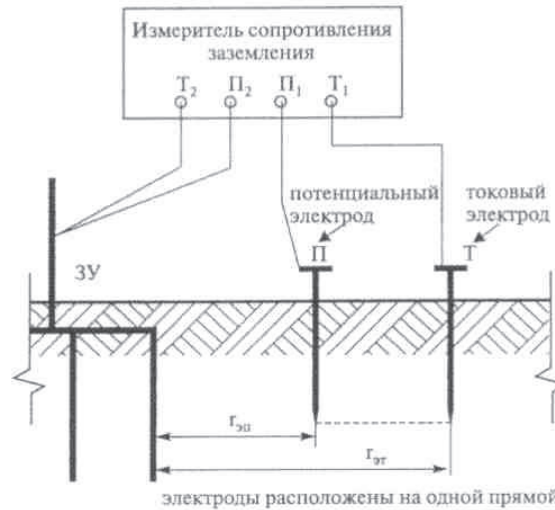


Рисунок Г.4

Г.3.2 Определение сопротивления, если ВЛ не имеет грозозащитного троса, производится однократным измерением $R_{ЗУ}$ при расположении электродов по двухлучевой схеме, как показано на рисунке Г.3, при расстояниях между электродами, удовлетворяющих соотношениям

$$r_{ЭП} = r_{ЭТ} = 1,5 r_{ТП},$$

где $r_{ЭП}$ – расстояние от края ЗУ до потенциального электрода, м;

$r_{ЭТ}$ – расстояние от края ЗУ до токового электрода, м;

$r_{ТП}$ – расстояние между токовым и потенциальным электродом, м.

Расстояния до токового и потенциального электродов выбираются в зависимости от размеров ЗУ и характерных особенностей территории. Если вокруг ЗУ имеется обширная площадь, свободная от линий электропередачи и подземных коммуникаций, то расстояния до электродов (токовых и потенциальных) выбираются следующим образом:

$$r_{\text{эт}} \geq 5 D; r_{\text{эп}} = 0,5 r_{\text{эт}},$$

где D – наибольший линейный размер ЗУ, характерный для данного типа заземлителя (для заземлителя в виде многоугольника – диагональ ЗУ, для глубинного заземлителя – длина глубинного электрода, для лучевого заземлителя – длина луча), м.

Если заземлитель имеет большие размеры, но вокруг него нет обширной площади, свободной от линий электропередачи и подземных коммуникаций, токовый электрод следует разместить на расстоянии $r_{\text{эт}} \geq 3 D$. Потенциальный электрод размещается последовательно на расстоянии $r_{\text{эп}}$, равном $0,1 r_{\text{эт}}; 0,2 r_{\text{эт}}; 0,3 r_{\text{эт}}; 0,4 r_{\text{эт}}; 0,5 r_{\text{эт}}; 0,6 r_{\text{эт}}; 0,7 r_{\text{эт}}; 0,8 r_{\text{эт}}; 0,9 r_{\text{эт}}$, и производится измерение значений сопротивления.

Далее строится кривая зависимости значения сопротивления от расстояния $r_{\text{эп}}$. Если кривая монотонно возрастает и имеет в средней части горизонтальный участок, как показано на рисунке Г.5, за истинное значение сопротивления принимается значение при $r_{\text{эп}} = 0,5 r_{\text{эт}}$. Если кривая немонотонная, что является следствием влияния различных коммуникаций (подземных и надземных), измерения повторяются при расположении электродов в другом направлении от ЗУ.

Если кривая сопротивления плавно возрастает, но не имеет горизонтального участка (разница сопротивлений, измеренных при $r_{\text{эп}} = 0,4 r_{\text{эт}}$ и $r_{\text{эп}} = 0,6 r_{\text{эт}}$, превышает более чем на

Зависимость измеренного сопротивления от расстояния потенциального электрода до токового

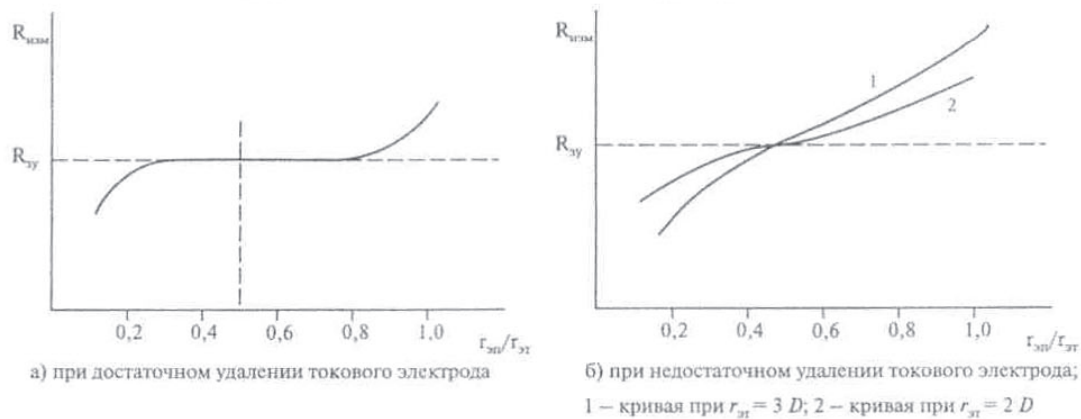


Рисунок Г.5

10 % значение, измеренное при $r_{\text{эл}} = 0,5 r_{\text{эл}}$) и отсутствует возможность перемещения токового электрода на большее расстояние, возможен следующий выход. Проводятся две серии измерений при $r_{\text{эл}} = 2 D$ и $r_{\text{эл}} = 3 D$. Кривые наносятся на один график. Точка пересечения кривых принимается за истинное значение сопротивления заземлителя.

Особое внимание должно быть уделено качеству соединения исследуемого заземлителя с измерительными проводниками. Место контакта должно быть очищено от краски, ржавчины и т.п. Если сопротивление контакта щупов измерителя с грунтом слишком высоко, измеренное сопротивление заземления будет иметь дополнительную ошибку. Ошибка измерения наблюдается, когда ЗУ имеет отличный контакт с грунтом, в то время как верхний уровень грунта сухой

и имеет плохую проводимость. Контакт измерительных электродов с грунтом необходимо улучшить увлажнением водой мест, в которых установлены электроды.

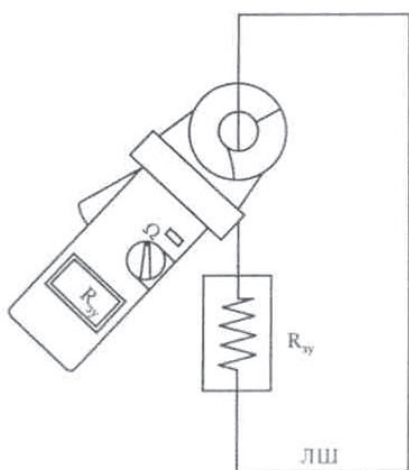


Рисунок Г.6

Г.3.4 Для измерения сопротивления ЗУ можно использовать многофункциональные токовые клещи, например АТК-4001. Данный прибор предназначен для измерения сопротивления заземления, тока утечки, прозвонки цепи. Прибор позволяет производить измерения только на одном проводе заземления без использования дополнительных электродов и может применяться для тестирования систем с множественным заземлением без их отключения. Измерения проводят, как показано на рисунке Г.6, при этом тестируемый проводник должен быть отцентрован.

Г.4 Определение удельного сопротивления грунта

Г.4.1 Измерение удельного сопротивления грунта идентично четырехполюсной схеме измерений сопротивления заземления, но содержит дополнительную процедуру ввода в прибор взаимного расстояния между измерительными электродами. Результат измерения – величина удельного сопротивления грунта ρ , Ом·м, вычисляемая по формуле, соответствующей методике измерения Веннера:

$$\rho = 2\pi d R_E. \quad (\text{Г.2})$$

Расположение и подключение электродов показано на рисунке Г.7.

Г.4.2 Возможно проведение измерения удельного сопротивления грунта с использованием трех электродов, как показано на рисунке Г.8. Удельное сопротивление грунта определяется как произведение измеренного сопротивления пробного электрода на коэффициент 0,6.

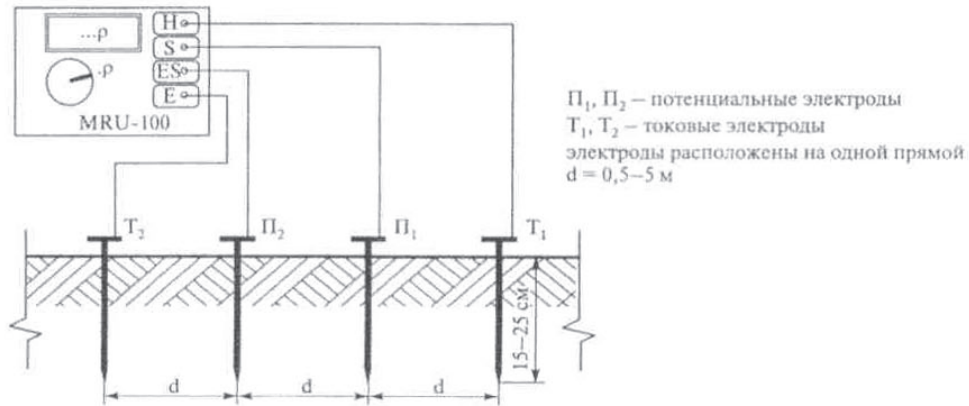


Рисунок Г.7 – Схема измерения удельного сопротивления грунта с использованием четырех электродов

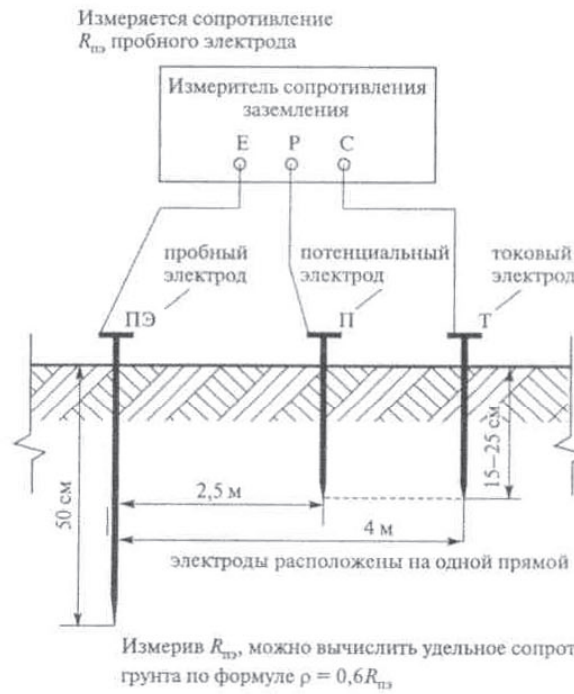


Рисунок Г.8 – Схема измерения удельного сопротивления грунта с использованием трех электродов

Г.5 Определение и прогноз коррозионного состояния ЗУ.

Г.5.1 Определение коррозионного состояния элементов заземляющего устройства, находящихся в земле.

При контроле ЗУ в процессе эксплуатации обязательна выборочная проверка заземляющих проводников со вскрытием грунта на глубину не менее 20 см.

Количественная оценка степени коррозионного износа производится выборочно по участкам контролируемого элемента ЗУ. При сплошной поверхностной коррозии определяются размеры поперечного сечения мест коррозии (диаметр, толщина, ширина), измеряемые штангенциркулем. При местной язвенной коррозии измеряется глубина отдельных язв, а также площадь язв на контролируемом участке.

Элемент ЗУ должен быть заменен, если разрушено более 50 % его сечения.

Г.5.2 Измерение электрохимического и поляризационного потенциала

Для выявления тенденции коррозии и прогнозирования срока службы заземлителей рекомендуется провести измерения электрохимического и поляризационного потенциала, удельного сопротивления грунта и определить наличие блуждающих токов в земле.

Измерения проводятся по схеме, изображенной на рисунке Г.9.

Для измерения применяются:

- пробный электрод из стали (Ст. 3) диаметром 10 мм и длиной 0,6 м;
- электрод сравнения, в качестве которого следует использовать хлорсеребряный типа ЭВЛ

(1 м) или медно-сульфатный типа ЭН-1;

- милливольтметр постоянного напряжения с большим входным сопротивлением (не менее 20 кОм/В).

Пробный электрод погружается на глубину 0,5 м в грунт таким образом, чтобы не образовалось случайного контакта с заземлителем. Электрод сравнения устанавливается в предварительно очищенный (от травы, щебня и т.п.) и увлажненный грунт на расстоянии 0,5–1 м от

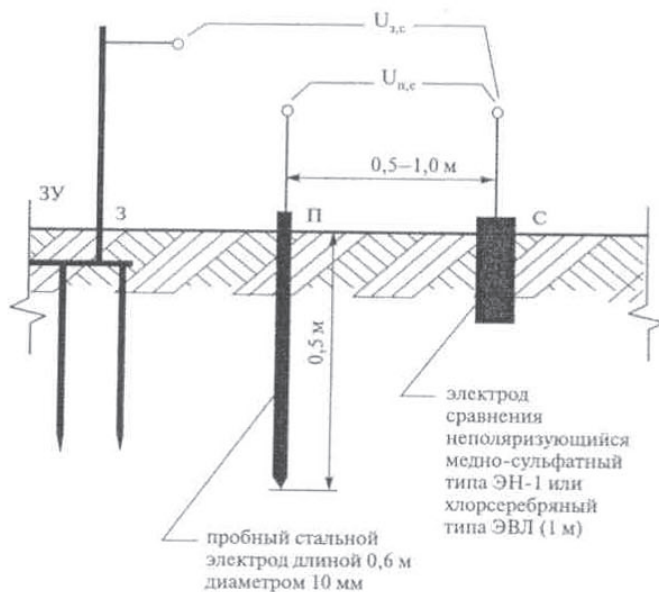


Рисунок Г.9

пробного электрода. Между ними измеряется разность потенциалов $U_{п,с}$ (электрохимический потенциал), составляющая обычно 200–500 мВ, причем пробный электрод более отрицателен. Затем измеряется разность потенциалов $U_{з,с}$ (поляризационный потенциал) между заземлителем ЗУ и электродом сравнения.

Г.6 Анализ результатов

Г.6.1 Погрешность, вызванная наличием активного сопротивления контакта измерительных зондов и грунта $\delta_{доп}$, %, вычисляется по формуле

$$\delta_{доп} = \frac{R_H \cdot (R_S + 30000)}{R_E} \cdot 3,2 \cdot 10^{-7}, \quad (\text{Г.3})$$

где R_E – сопротивление заземления, Ом;
 R_H, R_S – сопротивления измерительных зондов, Ом;
 $3,2 \cdot 10^{-7}$ – коэффициент, 1/Ом.

Полная погрешность $\delta_{полная}$, %, вычисляется по формуле

$$\delta_{полная} = \delta_{основная} + \delta_{доп}. \quad (\text{Г.4})$$

Г.6.3 Если при определении электрохимического и поляризационного потенциала по Г.5.2, $U_{п,с}$ отличается от $U_{з,с}$ более чем на 100 мВ, то это означает, что на процессы грунтовой коррозии наложены контактная коррозия и (или) электрокоррозия блуждающими токами.

По измеренному электрохимическому потенциалу определяется номер коррозионной зоны Z_k , вычисляемой по формуле

$$Z_k = 6,2 - 0,83 \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \ln U_{п,с}. \quad (\text{Г.5})$$

Значения Z_k , равные 0; 1; 2, соответствуют большой степени опасности коррозии; значения Z_k , равные 3 и 4, – средней степени опасности; равные 5 – слабой степени опасности.

Значения величин коррозионного уменьшения сечения заземлителей на величину $\Delta_{ср}$ в зависимости от срока эксплуатации ЗУ представлены кривыми на рисунке Г.10.

По данным кривым, с учетом срока с момента установки заземлителя, делается прогноз коррозионного уменьшения сечения элементов заземлителя на величину $\Delta_{ср}$ без вскрытия грунта.

Номинальное сечение заземлителя a_H измеряется на участке заземлителя, неподверженном коррозии.

Примечание – При сплошной поверхностной коррозии характерными размерами являются линейные размеры поперечного сечения проводника (диаметр, толщина), измеряемые штангенциркулем.

Определение срока до замены заземлителя.

1) Если $\Delta_{\text{ср}} < 0,4 a_{\text{н}}$, остаточный срок до замены заземлителя рассчитывается исходя:

- из срока эксплуатации ЗУ;
- номинального сечения заземлителя $a_{\text{н}}$;
- семейства кривых на рисунке Г.10;
- минимального допустимого значения сечения заземлителя, равного 50 % от номинального.

2) Если $\Delta_{\text{ср}} \geq 0,4 a_{\text{н}}$, необходимо произвести вскрытие грунта для измерения фактического сечения заземлителя $a_{\text{ф}}$ штангенциркулем на глубине 20 см. Оставшийся срок до замены заземлителя рассчитывается исходя:

- из срока эксплуатации ЗУ;
- номинального сечения заземлителя $a_{\text{н}}$;
- фактического сечения заземлителя $a_{\text{ф}}$;
- семейства кривых на рисунке Г.10;
- минимального допустимого значения сечения заземлителя, равного 50 % от номинального.

Г.7 Полученные в результате измерений и вычислений величины сопротивления заземляющих устройств сравниваются с допустимыми значениями сопротивлений заземляющих устройств, приведенными в таблице Г.1 (раздел 28.3) РД 34.45-51.300-97 [3].

Г.8 Перечень возможных дефектов и характеристик применяемого при проведении обследования ЗУ оборудования представлен в таблице Г.2.

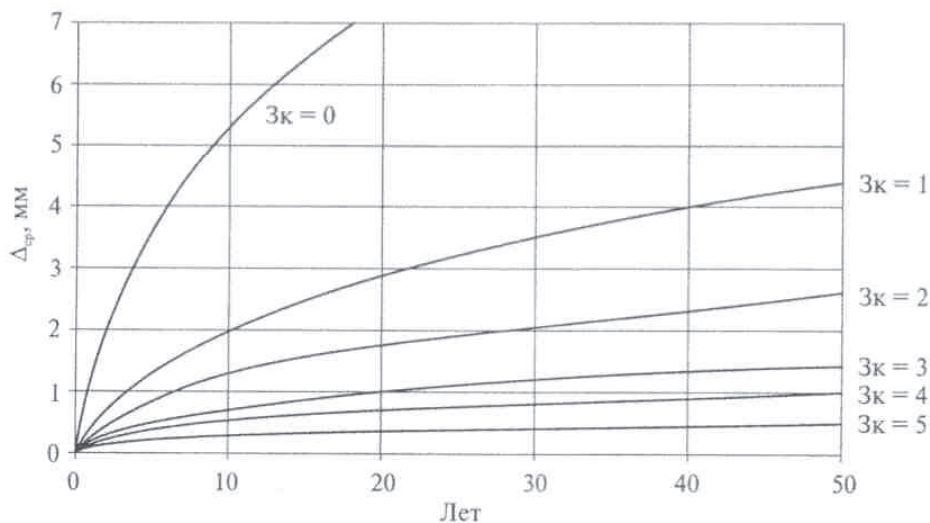


Рисунок Г.10

Таблица Г.1 – Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств

Вид ЭУ	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства		Сопротивление, Ом
ВЛ напряжением выше 1 кВ ¹⁾	Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3–20 кВ в населенной местности, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ 110 кВ и выше	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении ρ , Ом·м:		
		до 100;		10 ²⁾
		более 100 до 500;		15 ²⁾
		более 500 до 1000;		20 ²⁾
		более 1000 до 5000;		30 ²⁾
	более 5000		6·10 ⁻³ · ρ ²⁾	
	Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3–35 кВ	Заземлитель опоры		250/ I ³⁾ , но не более 10 Ом
	Железобетонные и металлические опоры ВЛ 3–35 кВ в ненаселенной местности	Заземлитель опоры при удельном сопротивлении грунта ρ , Ом·м:		
		до 100;		30 ²⁾
	Трубчатые разрядники и защитные промежутки ВЛ 3–220 кВ	Заземлитель разрядника или защитного промежутка при удельном сопротивлении грунта ρ , Ом·м:		
не выше 1000;		10		
более 1000		15		
Разрядники на подходах ВЛ к подстанциям с вращающимися машинами	Заземлитель разрядника		5	
ВЛ напряжением до 1 кВ	Опора ВЛ с устройством грозозащиты	Заземлитель опоры для грозозащиты		30
	Опоры с повторными заземлителями нулевого рабочего провода	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлений при напряжении источника, В:		
		трехфазный	однофазный	
		660	380	5
		380	220	10
220	127	20		

Окончание таблицы Г.1

Вид ЭУ	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства		Сопротивление, Ом
ВЛ напряжением до 1 кВ	Опоры с повторными заземлителями нулевого рабочего провода	Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении источника, В:		
		трехфазный	однофазный	
		660	380	15
		380	220	30
		220	127	60
<p>¹⁾ Сопротивление заземлителей опор ВЛ на подходах к подстанциям должно соответствовать требованиям Правил устройства электроустановок.</p> <p>²⁾ Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивление заземлителей должно быть в два раза меньше приведенных в таблице.</p> <p>³⁾ I – расчетный ток замыкания на землю, А.</p> <p>В качестве расчетного тока принимается:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в сетях без компенсации емкостного тока – ток замыкания на землю; - в сетях с компенсацией емкостного тока: <ul style="list-style-type: none"> - для заземляющих устройств, к которым присоединены дугогасящие реакторы, – ток, равный 125 % номинального тока этих реакторов; - для заземляющих устройств, к которым не присоединены дугогасящие реакторы, ток замыкания на землю, проходящий в сети при отключении наиболее мощного из дугогасящих реакторов или наиболее разветвленного участка сети. 				

Таблица Г.2 – Характеристики возможных дефектов и оборудования для проведения контроля

Объект	Диагностируемый параметр	Характеристика дефекта	Применяемый прибор/оборудование	Характеристика прибора/оборудования
Грунт	Удельное сопротивление грунта, ρ , Ом·м	Коррозионная активность сопротивление заземления	Измеритель сопротивления заземления MRU-100	Диапазон измерения удельного сопротивления грунта 0,01 Ом·м...999 кОм·м Погрешность измерения удельного сопротивления $\pm(2\% + 2 \text{ ед. мл. разряда})$ Диапазон рабочих температур от 0 до плюс 40 °С
Грунт	Наличие блуждающих токов	Коррозионная активность	Мультиметр	500 В...10000 В 0,1 МОм...600 ГОм $\pm 1\%$

Окончание таблицы Г.2

Объект	Диагностируемый параметр	Характеристика дефекта	Применяемый прибор/оборудование	Характеристика прибора/оборудования
Грунт	Электрохимический потенциал	Коррозионная активность	Мультиметр пробный электрод и электрод сравнения	500 В...10000 В 0,1 МОм...600 ГОм ± 1 %
Заземляющий контур	Сопротивление заземления		Измеритель сопротивления заземления MRU-100	Диапазон измеряемых сопротивлений 0,01 Ом...20 кОм Погрешность измерения сопротивления $\pm(2\% + 2 \text{ ед. мл. разряда})$ Диапазон рабочих температур от 0 до плюс 40 °С

Г.9 На основании полученных результатов и в соответствии с нормативно-технической документацией для данного типа ВЛ определяется техническое состояние элементов ВЛ и состав ремонтно-восстановительных работ ЗУ (таблица Г.3).

Таблица Г.3 – Определение технического состояния и состава ремонтно-восстановительных работ ЗУ

Диагностируемый параметр	Характеристика дефекта	Критерий	Состояние	Состав ремонтно-восстановительных работ
Сопротивление заземления	Повышенное сопротивление заземления	Больше максимально-допустимого значения, указанного в таблице Г.3	НР ¹⁾	Ремонт соединений элементов ЗУ или увеличение размеров ЗУ
Площадь сечения заземляющего проводника	Уменьшенное сечение проводника вследствие коррозии	Более 50 % сечения неповрежденного элемента	НР	Произвести замену на элементы большего сечения; при заметной коррозии изолировать места входа в грунт заземляющих проводников с помощью ПВХ-ленты на 20 см выше и ниже поверхности грунта; при обнаружении коррозии сварных соединений очистить от коррозии и изолировать ПВХ-лентой сварные соединения
¹⁾ Состояние «неисправное работоспособное».				

Г.10 Результаты измерений заносятся в Формуляр 7 паспорта технического состояния (приложение И). В паспорте технического состояния необходимо идентифицировать опоры в соответствии с их принятыми номерами при проведении обследования и их типами (А – анкерная, П – промежуточная).

Г.11 Работы по измерению сопротивлений заземления опор ВЛ разрешается проводить на включенной линии в сухую погоду при отсутствии росы на гирляндах изоляторов. Запрещается работать при приближении грозы и скорости ветра, превышающей расчетное значение для данной линии.

После размотки проводов и заглубления электродов измерительная цепь собирается таким образом, чтобы заключительным этапом было присоединение проводов к заземлителю опоры.

После сборки схемы и до начала ее разборки запрещается прикасаться к проводам и электродам. Прикосновение возможно лишь к изолированному корпусу и рукояткам приборов и приспособлений.

Заглубление электродов для уменьшения их сопротивления осуществляется кувалдой с сухой деревянной ручкой. Полив электродов солевым раствором производится в диэлектрических перчатках.

После проведения измерений в первую очередь отсоединяются провода от заземлителя опоры. Остальные проводники отсоединяются в произвольном порядке.

Приложение Д
(обязательное)

**Методические указания по тепловому контролю
высоковольтных воздушных линий**

Настоящие методические указания устанавливают требования к аппаратуре, контролируемым объектам, порядку подготовки и проведению измерений, оформлению результатов, технике безопасности.

Тепловой контроль обеспечивает возможность контроля теплового состояния электрооборудования и электроустановок без вывода их из работы, выявления дефектов на ранней стадии их развития, сокращения затрат на техническое обслуживание за счет прогнозирования сроков и объемов ремонтных работ.

Д.1 Измерению температуры подвергаются все элементы ВЛ, нагрев которых может быть обусловлен протеканием в них электрического тока.

Д.2 При тепловом контроле должны применяться тепловизоры с разрешающей способностью не менее 0,1 °С, со спектральным диапазоном 8–12 мкм в соответствии с РД 34.45-51.300-97 [3].

Д.3 При проведении контроля должны учитываться факторы в соответствии с РД 153-34.0-20.363-99 [9]:

- коэффициент излучения материала;
- солнечная радиация;
- скорость ветра;
- расстояние до объекта;
- значение токовой нагрузки и т.п.

Д.3.1 Коэффициент излучения материала в общем виде зависит от длины волны, угла наблюдения поверхности контролируемого объекта и температуры.

Для металлов коэффициенты излучения постоянны в интервале углов наблюдения от 0° до плюс 40°, для диэлектриков – в интервале углов от 0° до плюс 60°. За пределами этих значений коэффициент излучения быстро уменьшается до нуля при направлении наблюдения по касательной.

Коэффициенты излучения металлов с ростом температуры увеличиваются (приложение К).

Обычно коэффициент излучения зависит от состояния поверхности металла.

Поскольку токоведущий узел ЭУ может включать в себя несколько компонентов из разнородных металлов, поверхности которых окрашены, имеют окисные пленки или разную

степень обработки поверхности, т.е. различные коэффициенты излучения, при тепловом контроле могут возникнуть предположения о перегревах на участках с повышенными коэффициентами излучения. В этом случае если коэффициент излучения контролируемого объекта известен, его фактическая температура $T_{\text{факт}}$, °С, может быть вычислена по формуле

$$T_{\text{факт}} = \frac{T_{\text{рад}}}{\sqrt[4]{E}}, \quad (\text{Д.1})$$

где $T_{\text{рад}}$ – радиационная температура, измеренная с помощью тепловизора, °С;
 E – коэффициент излучения контролируемой поверхности, о.е. согласно приложению К.

Д.3.2 Для исключения влияния солнечной радиации тепловой контроль проводится в ночное время суток или в облачную погоду.

При необходимости измерение при солнечной погоде рекомендуется производить для каждого объекта поочередно из нескольких диаметрально противоположных точек.

Д.3.3 При проведении теплового контроля на открытом воздухе необходимо принимать во внимание возможность охлаждения ветром контролируемого объекта.

Не рекомендуется проводить измерения при скорости ветра выше 8 м/с.

Д.3.4 Контроль контактных соединений следует производить при нагрузке не менее 30 % от номинальной в соответствии с РД 34.45-51.300-97 [3].

Контроль изоляции ВЛ следует начинать не ранее, чем через шесть часов после подачи напряжения на ВЛ.

Д.3.5 Существенное значение при тепловом контроле имеет расстояние до контролируемого объекта.

Контроль должен производиться с расстояния, позволяющего фиксировать распределение температуры каждого элемента контролируемого объекта в отдельности (при необходимости применяются тепловизоры с телеобъективами).

Д.4 Алгоритм теплового контроля

Д.4.1 Подготовительный этап обследования ВЛ включает в себя:

- ознакомление с материалами предыдущих обследований;
- проверку работоспособности оборудования;
- зарядку фонарей, если обследование планируется в ночное время;
- получение подтверждения от диспетчера о возможности выхода на трассу ВЛ. Производится запись нагрузки ВЛ – номинальной и текущей. При отсутствии напряжения на ВЛ проведение теплового контроля откладывается.

Д.4.2 Порядок проведения теплового котроля:

- по прибытии на место обхода необходимо согласовать с водителем место встречи, описать особенности трассы;
- замерить температуру всех элементов линейной изоляции и линейной арматуры на опоре и линии;
- записать термограммы контролируемых элементов каждой опоры. Контролировать резкость изображения на термограмме;
- выбрать для записи термограмм наиболее информативный ракурс;
- отметить в блокноте номера термограмм и положение гирлянд и колонок опорных изоляторов на опоре. Колонки опорных изоляторов и подвесные гирлянды именовать «Левая», «Средняя», «Правая» относительно направления от меньшего номера опоры (должна быть за спиной) к большему. Для натяжных одиночных гирлянд указать дополнительно направление натяжения, например, «в сторону предыдущей», «в сторону следующей». Для двоярных натяжных гирлянд указать расположение гирлянды пары следующим образом: «первая верхняя» или «первая левая». Первой гирляндой в паре является левая гирлянда относительно направления от опоры с меньшим номером к опоре с большим номером. Второе слово в указании расположения означает положение первой гирлянды в кадре тепловизора: сверху, снизу, справа или слева кадра;
- на анкерных опорах проконтролировать состояние имеющихся контактных соединений;
- при обнаружении дефекта составить его описание и по возможности зафиксировать его изображение цифровой камерой;
- выключить тепловизор, закрыть объектив крышкой (при обследовании ВЛ, проходящих по ровной местности при маленькой длине пролетов, тепловизор можно не выключать);
- записать номер опоры, на которой произведена съемка термограмм;
- продолжить движение к следующей опоре.

Д.4.3 На завершающем этапе обследования необходимо:

- протереть поверхность тепловизора для снятия пыли и влаги;
- упаковать тепловизор в кейс;
- вернуться к месту базирования;
- произвести обработку термограмм. Обработка должна производиться в кратчайшие сроки после проведения обследования;
- при необходимости провести повторное обследование участков ВЛ.

Д.5 Анализ теплового состояния

Предельно допустимые значения температуры нагрева и возможные ее превышения приведены в таблице Д.1 в соответствии с РД 34.45-51.300-97 [3].

Д.5.1 Для контактов и болтовых КС нормативами таблицы Д.1 следует пользоваться при токах нагрузки $(0,6-1,0)I_{ном}$ после соответствующего пересчета.

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

$$\frac{\Delta T_{\text{ном}}}{\Delta T_{\text{раб}}} = \left(\frac{I_{\text{ном}}}{I_{\text{раб}}} \right)^2, \quad (\text{Д.2})$$

где $\Delta T_{\text{ном}}$ – превышение температуры при номинальном токе $I_{\text{ном}}$, °С;

$\Delta T_{\text{раб}}$ – превышение температуры при рабочем токе $I_{\text{раб}}$, °С.

Таблица Д.1 – Допустимые температуры нагрева

Контролируемый узел	Характеристика узла	Наибольшее допустимое значение	
		температура нагрева, °С	превышение температуры, °С
1 Металлические части (за исключением контактов и контактных соединений), изолированные или соприкасающиеся с изоляционными материалами классов нагревостойкости по ГОСТ 8865:	Не соприкасающиеся и неизолированные	120	80
	У	90	50
	А	100	60
	Е	120	80
	В	130	90
	Ф	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 вольфрам- и молибденсодержащие в изоляционном масле на основе меди/на основе серебра		85/90	45/50

Продолжение таблицы Д.1

Контролируемый узел	Характеристика узла	Наибольшее допустимое значение	
		температура нагрева, °С	превышение температуры, °С
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);	90/105	50/65
	- выводы предохранителя, используемые как пружины - из меди	75	35
	- выводы предохранителя, используемые как пружины - 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

Окончание таблицы Д.1

Контролируемый узел	Характеристика узла	Наибольшее допустимое значение	
		температура нагрева, °С	превышение температуры, °С
11 Токоведущие жилы силовых кабелей в режиме длительного/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, 1 и 3 кВ:	80/80	—
	----/---- 6 кВ	65/75	—
	----/---- 10 кВ	60/—	—
	----/---- 20 кВ	55/—	—
----/---- 35 кВ	50/—	—	
12 Коллекторы и контактные кольца, незащищенные и защищенные при изоляции классов нагревостойкости:	А/Е/В	—	60/70/80
	Ф/Н	—	90/100
13 Подшипники скольжения/качения		80/100	—

Д.5.2 Для контактов и болтовых КС при токах нагрузки $(0,3-0,6)I_{\text{ном}}$ оценка их состояния проводится по избыточной температуре в соответствии с РД 34.45-51.300-97 [3]. В качестве норматива используется значение температуры, пересчитанное на $0,5I_{\text{ном}}$.

Для пересчета используется соотношение:

$$\frac{\Delta T_{0,5}}{\Delta T_{\text{раб}}} = \left(\frac{0,5I_{\text{ном}}}{I_{\text{раб}}} \right)^2, \quad (\text{Д.3})$$

где $\Delta T_{0,5}$ – избыточная температура при токе нагрузки $0,5I_{\text{ном}}$, °С.

Д.5.3 Тепловой контроль электрооборудования и токоведущих частей при токах нагрузки $0,3I_{\text{ном}}$ и ниже не способствует выявлению дефектов на ранней стадии их развития.

Д.6 При оценке состояния контактов и болтовых КС по превышению температуры при токе нагрузки $(0,6-1,0)I_{\text{ном}}$, различают три области по степени неисправности (таблица Д.2).

Д.7 При оценке состояния контактов и болтовых КС по избыточной температуре при токе нагрузки $(0,3-0,6)I_{\text{ном}}$ различают следующие области по степени неисправности (таблица Д.3).

Таблица Д.2 – Оценка состояния контактов по превышению температуры

Степень неисправности	Значение превышения температуры, $\Delta T_{\text{ном}}$, °С, при номинальной нагрузке	Срок устранения неисправности
Начальная степень	От 10 включ. до 20	Меры по устранению неисправности принимаются во время проведения ремонта, запланированного по графику
Развившийся дефект	От 20 до 40 включ.	Меры по устранению неисправности принимаются при ближайшем выводе электрооборудования из работы
Аварийный дефект	Св. 40, но не более значений, приведенных в таблице Д.1	Требуется немедленное устранение неисправности

Таблица Д.3 – Оценка состояния контактов по избыточной температуре

Степень неисправности	Значение избыточной температуры, $\Delta T_{0,5}$, °С, при токе нагрузки $0,5I_{\text{ном}}$	Срок устранения неисправности
Начальная степень	От 5 включ. до 10	Меры по устранению неисправности принимаются во время проведения ремонта, запланированного по графику
Развившийся дефект	От 10 включ. до 30	Меры по устранению неисправности принимаются при ближайшем выводе электрооборудования из работы
Аварийный дефект	Св. 30 включ.	Требуется немедленное устранение неисправности

Д.8 Оценку состояния сварных и выполненных обжатием КС рекомендуется производить по избыточной температуре или коэффициенту дефектности.

Д.9 При оценке теплового состояния КС различают следующие области по степени неисправности, исходя из приведенных значений коэффициента дефектности (таблица Д.4).

Д.10 Результаты измерений заносятся в Формуляр 6 паспорта технического состояния (приложение И).

Таблица Д.4 – Оценка состояния КС по коэффициенту дефектности

Степень неисправности	Коэффициент дефектности, о.е	Срок устранения неисправности
Начальная степень	До 1,2 включ.	Меры по устранению неисправности принимаются во время проведения ремонта, запланированного по графику
Развившийся дефект	От 1,2 до 1,5 включ.	Меры по устранению неисправности принимаются при ближайшем выводе электрооборудования из работы
Аварийный дефект	Св. 1,5	Требуется немедленное устранение неисправности

Д.11 Термограммы и фотографии заносятся в Приложение паспорта технического состояния (приложение И). В паспорте технического состояния необходимо идентифицировать опоры в соответствии с их принятыми номерами при проведении обследования и их типами (А – анкерная, П – промежуточная).

Приложение Е
(рекомендуемое)

**Методические указания по оценке прочности бетона элементов
высоковольтных воздушных линий ультразвуковым методом**

Настоящие методические указания устанавливают требования к аппаратуре, контролируемым объектам, порядку подготовки и проведению измерений, оформлению результатов при проведении испытаний по оценке прочности железобетонных конструкций элементов ВЛ.

Определение прочности бетона ультразвуковым методом проводят по ГОСТ 17624.

Е.1 Прочность бетона определяют на участках конструкций, не имеющих видимых повреждений (отслоения защитного слоя, трещин, каверн и др.).

Е.2 Ультразвуковые испытания проводят при положительной температуре бетона.

Е.3 Ультразвуковые измерения проводят приборами, предназначенными для измерения времени распространения ультразвука в бетоне. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения времени распространения ультразвука на стандартных образцах, входящих в комплект прибора, не должен превышать значения:

$$\Delta = \pm(0,01t + 0,1), \quad (\text{Е.1})$$

где t – время распространения ультразвука, мкс.

Е.4 В зоне контакта ультразвуковых преобразователей с поверхностью бетона не должно быть раковин и воздушных пор глубиной более 3 мм и диаметром более 6 мм, а также выступов более 0,5 мм. Поверхность бетона должна быть очищена от пыли.

Е.5 Оценке прочности подвергаются:

- железобетонные опоры ВЛ на уровне 0, 100 и 200 см от уровня заделки в грунт с четырех сторон,

- железобетонные фундаменты металлических опор ВЛ на уровне земли с четырех сторон.

На каждом уровне с каждой стороны должно быть сделано не менее двух измерений в поперечном и продольном относительно вертикальной оси опоры или фундамента направлении.

Рассчитывается среднеарифметическое значение измерений на каждом уровне по каждому направлению.

Е.6 По значениям скорости распространения ультразвуковых волн определяется прочность бетона.

Соотношение между скоростью распространения продольных ультразвуковых волн и прочностью бетона исследуемых конструкций определяется по экспериментально установлен-

ным градуировочным зависимостям «скорость — прочность» или «время — прочность» согласно ГОСТ 17624.

Е.7 Полученная величина прочности бетона элемента фундамента в двух направлениях сравнивается:

- с нормативными значениями для конкретного объекта;
- величинами прочности бетона аналогичных элементов фундамента данной опоры;
- средней величиной прочности бетона аналогичных элементов фундамента других опор.

Решение о замене элемента фундамента принимается при одновременном выполнении двух условий:

1) прочность бетона элемента фундамента не соответствует нормативным значениям:

$$R_{и} < R_{н},$$

где $R_{и}$ — прочность бетона элемента фундамента, рассчитанная по результатам измерений, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);

$R_{н}$ — минимальная прочность бетона согласно нормативным данным для данного элемента фундамента, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);

2) величина прочности бетона элемента фундамента находится за пределами доверительного интервала 3δ нормального распределения значений:

$$R_{и} < R_{ср} - 3\delta,$$

где $R_{ср}$ — среднее значение прочности бетона, полученное для аналогичных элементов фундамента в данной серии измерений, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);

δ — дисперсия значения прочности бетона в данной серии измерений, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$).

Е.8 Полученная величина прочности бетона на разных уровнях опор в двух направлениях сравнивается:

- с нормативными значениями для конкретного объекта;
- величинами прочности бетона на двух других уровнях данной опоры;
- средней величиной для значений прочности бетона на данном уровне у других опор.

Решение о замене опоры принимается при одновременном выполнении двух условий:

1) прочность бетона опоры хотя бы на одном уровне не соответствует нормативным значениям для данного типа опор:

$$R_{и \min} < R_{н},$$

где $R_{и \min}$ — минимальная прочность бетона опоры, рассчитанная для трех уровней, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);

$R_{н}$ — минимальная прочность бетона согласно нормативным данным для данного типа опор, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);

2) величина прочности бетона опоры находится за пределами доверительного интервала 3δ нормального распределения значений для данного уровня

$$R_{i \min} < R_{\text{ср}} - 3\delta,$$

где $R_{\text{ср}}$ – среднее значение прочности бетона, полученное для этого уровня опор в данной серии измерений, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);

δ – дисперсия значения прочности бетона для данного уровня опор в данной серии измерений, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$).

Е.9 Результаты измерений заносятся в Формуляр 9 паспорта технического состояния (приложение И). В паспорте технического состояния необходимо идентифицировать опоры в соответствии с их принятыми номерами при проведении обследования и их типами (А – анкерная, П – промежуточная).

Приложение Ж

(обязательное)

Форма Предварительного заключения

ОБЪЕКТ:		
Предварительное заключение по результатам обследования высоковольтной воздушной линии		
Дата оформления	ООО _____ ЛПУМГ _____	
Обследование выполнялось с _____ по _____ специалистами ООО _____ по договору № _____ от _____ и включало в себя:		
<i>(Перечень работ по техническому диагностированию ВЛ, проведенных на объекте)</i>		
<u>Результаты обследования:</u>		
№	Объект технического диагностирования	Перечень дефектов
1		
<u>Рекомендации по ремонту и эксплуатации:</u>		
1		
<p><i>Руководитель бригады член бригады</i></p>		

Приложение И
(обязательное)

Форма Паспорта технического состояния
высоковольтной воздушной линии

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "Г А З П Р О М"

"Утверждаю"
Гл. инженер

"Согласовано"
Главный энергетик

_____ (Ф.И.О.)
" " _____ 200 г.

_____ (Ф.И.О.)
" " _____ 200 г.

ПАСПОРТ

**ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ**

ОБЪЕКТ:

ТИП ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ:

Дата обследования:

Начальник отдела

инженер
ОГЭ

_____ (Ф.И.О.)
" " _____ 200 г.

_____ (Ф.И.О.)
" " _____ 200 г.

Руководитель бригады

_____ (Ф.И.О.)
" " _____ 200 г.

СОДЕРЖАНИЕ		Стр.
ФОРМУЛЯР 1	Регистрация работ	65
ФОРМУЛЯР 2	Документация и средства контроля, использованные при проведении диагностического обследования	66
ФОРМУЛЯР 3	Паспортные данные	67
ФОРМУЛЯР 4	Эксплуатационные сведения	68
ФОРМУЛЯР 5	Визуально-оптический и измерительный контроль	70
ФОРМУЛЯР 6	Тепловой контроль	71
ФОРМУЛЯР 7	Измерение сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта	72
ФОРМУЛЯР 8	Определение прочности металла опор	73
ФОРМУЛЯР 9	Ультразвуковой контроль состояния железобетонных фундаментов	75
ФОРМУЛЯР 10	Схема трассы	76
ФОРМУЛЯР 11	Выводы и рекомендации	77
ПРИЛОЖЕНИЕ	Термограммы и фотографии	78

ОБЪЕКТ:			
ФОРМУЛЯР 1		Регистрация работ	
ВИД РАБОТ		Диагностическое обслуживание высоковольтных воздушных линий	
ДАТА НАЧАЛА ДАТА ОКОНЧАНИЯ		_____ _____	
СОСТАВ БРИГАДЫ СПЕЦИАЛИСТОВ		И.О. Фамилия. _____ _____	Должность руководитель бригады член бригады
ОРГАНИЗАЦИЯ		_____	
РАЗРЕШЕНИЕ		Лицензия № Выдана: Дата выдачи: Действительна до:	
СУБПОДРЯДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ			
РАЗРЕШЕНИЕ СУБПОДРЯДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ			
ПОДПИСИ ЧЛЕНОВ БРИГАДЫ		_____ _____ _____ Ф.И.О.	
Список сертифицированных членов бригады.			
№ п/п	И.О.Фамилия	№ квалифика- ционного удостовере- ния	Виды контроля, уровень
1			

ОБЪЕКТ:			
ФОРМУЛЯР 2		Документация и средства контроля, использованные при проведении диагностического обследования	
Вид документации		Отметка об использовании	
Перечень приборов			
№ п/п	Тип и заводской номер прибора	Свидетельство о поверке	Дата следующей поверки

ОБЪЕКТ:				
ФОРМУЛЯР 3		Паспортные данные		
Регистрационные данные				
Тип, марка провода				
Марка грозозащитного троса				
Завод – изготовитель провода				
ГОСТ				
ТУ				
Год изготовления				
Технические характеристики				
Срок службы, лет				
Номинальное напряжение, кВ				
Тип изоляции				
Режим		Номин.	Перегрузки	Аварийный
Ток, А				
Температура, °С				
Допустимая продолжительность работы в режиме перегрузки, ч.				
Количество проволок токопроводящей части/стального сердечника, шт.				
Сечение провода, мм ²		А	В	С
				гроз. трос

ОБЪЕКТ:					
ФОРМУЛЯР 4		Эксплуатационные сведения			
1	№				
2	Условное обозначение				
3	Принадлежность				
4	Наименование потребителя				
5	Наименование источника питания				
6	Дата ввода в эксплуатацию				
7	Ток подключенной к воздушной линии нагрузки, А	Рабочий	Перегрузки (по защите авт.)	Аварийный (по защите авт.)	
8	Группа района по гололеду				
9	Максимальная/минимальная температура окружающей среды, °С				
10	Длина воздушной линии, м				
11	Общее количество опор, шт.				
12	Количество анкерных опор, шт.				
13	Максимальное количество цепей, шт.				
Сведения о проводившихся испытаниях					
Измерение сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта					
Дата испытания	Номер опоры	Сопротивление заземления, Ом		Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Заключение
		по норме	фактически		

ОБЪЕКТ:						
ФОРМУЛЯР 4			Эксплуатационные сведения			
Проверка линейной изоляции						
Дата проверки	Номер опоры с неисправным изолятором	Фаза	Номер изолятора	Тип изолятора	Характер неисправности	Заключение
Сведения о ремонтах						
Дата ремонта	Причина ремонта	Описание ремонта				

ОБЪЕКТ:				
ФОРМУЛЯР 5		Визуально-оптический и измерительный контроль		
Опора №	Дефекты			Рекомендации
	Фундамент	Опора	Арматура и провода	

ОБЪЕКТ:																	
ФОРМУЛЯР 6				Тепловой контроль													
1. Контроль нагрева контактных соединений фаз																	
Сторона ВЛ	Температура, °С				I, А		Тип дефекта										
	А	В	С	Среды	Рабочий	Номиналь- ный	По избыточной температуре	По допуст имому нагреву	По допусти- мому превыше- нию темп. нагрева								
Питания																	
Потребления																	
2. Контроль нагрева участков с повышенной температурой с расчетом степени дефектности*																	
№	Идентификация участка				Температура в дефектной области		Температура в метре от дефектной области с поправкой на атмосферный градиент температуры										
1																	
<p><i>*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.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Коэффициент дефектности</th> <th>Тип дефекта</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Не более 1,2</td> <td>Начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем</td> </tr> <tr> <td>1,2+1,5</td> <td>Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы</td> </tr> <tr> <td>Более 1,5</td> <td>Аварийный дефект. Требуется немедленного устранения</td> </tr> </tbody> </table>										Коэффициент дефектности	Тип дефекта	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. Требуется немедленного устранения
Коэффициент дефектности	Тип дефекта																
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. Требуется немедленного устранения																

ОБЪЕКТ:						
ФОРМУЛЯР 7			Измерение сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта			
Идентификация заземляющего устройства	Номинальное сечение заземлителя, мм	Сопротивление заземления $R_{з\text{у}}$, Ом	Удельное сопротивление грунта ρ , Ом·м	Разность потенциалов между ЗУ и электродом сравнения (медно-сульфатным) $U_{з,с}$, мВ	Электрохимический поляризационный потенциал $U_{п,с}$, мВ	Год необходимой замены
Электроустановки 3+35 кВ сетей с изолированной нейтралью		$250/I_p^*$, но не более 10 Ом		до 500		
		$0,002\rho \cdot 250/I_p^*$		более 500		
<p>*I_p – расчётный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается: в сетях без компенсации ёмкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю; в сетях с компенсацией ёмкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю: - для электроустановок, к которым присоединены компенсирующие аппараты, – ток, равный 125 % номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов; - для электроустановок, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, – ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.</p>						
<p>Результаты технического диагностирования ЗУ ВЛ. Состояние заземляющих устройств исправное.</p>						

ОБЪЕКТ:							
ФОРМУЛЯР 8			Определение предела прочности металла опор ВЛ				
Опора №	Марка стали	Объект контроля	Зона измерения	Единичное значение твердости HB , МПа	Среднее значение твердости в зоне измерения, HB_{cp} , МПа	Предел прочности на разрыв, σ_b , МПа	Состояние

ОБЪЕКТ:						
ФОРМУЛЯР 8			Определение предела прочности металла опор ВЛ			
КАРТА КОНТРОЛЯ						
Объект контроля: Зона измерения: Класс стали:						
ЧЕРТЕЖ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ						
Точка измерения	Координаты		Значение твердости, НВ, МПа		Предел прочности, σ_b , МПа	Выводы, примечания
	X	Y	измеренное	нормируемое для данного класса стали		
Среднее значение в зоне измерения						

ОБЪЕКТ:																	
ФОРМУЛЯР 9				Ультразвуковой контроль состояния железобетонных фундаментов													
Скорость распространения звука в бетоне фундаментных блоков, м/с																	
Опора №	Зона	Ф/б № 1				Ф/б № 2				Ф/б № 3				Ф/б № 4			
		1 стор	2 стор	3 стор	4 стор	1 стор	2 стор	3 стор	4 стор	1 стор	2 стор	3 стор	4 стор	1 стор	2 стор	3 стор	4 стор

ОБЪЕКТ:	
ФОРМУЛЯР 10	Схема трассы
<p>ЧЕРТЕЖ СХЕМЫ ТРАССЫ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ</p>	

ОБЪЕКТ:			
ФОРМУЛЯР 11		Выводы и рекомендации	
Выводы			
Работоспособность	Состояние	Провести следующее диагностическое обследование	Срок продления эксплуатации
Рекомендации			
№	Рекомендации по технической эксплуатации	Рекомендации по проведению ремонта	

ОБЪЕКТ:	
ПРИЛОЖЕНИЕ	Термограммы и фотографии
Цифровой фотоснимок дефектного элемента	Цифровой фотоснимок дефектного элемента
фото №	фото №
Комментарии	Комментарии
Объект: идентификация дефектного элемента	
Цифровой фотоснимок дефектного элемента	Термограмма дефектного элемента
фото №	Термограмма №
Температура дефектной области, °С	
Температура аналогичной области, °С	
Температура среды, °С	
$I_{\text{раб.}}/I_{\text{ном.}}, \%$	
Вид дефекта	

Приложение К
(обязательное)

Коэффициенты излучения материалов

Таблица К.1

Вид материала	Состояние поверхности	Температура, °С	Коэффициент излучения
алюминий	анодированный	100	0,55
	необработанный	20–50	0,06–0,07
	окисленный	50–500	0,2–0,3
	полированный	50–100	0,04–0,06
бронза	необработанная	50–100	0,55
	полированная	50	0,1
железо	ржавое	20	0,61–0,85
	необработанное	20	0,24
	окисленное	100	0,74
	оцинкованное	30	0,25
	полированное	400–1000	0,14–0,38
латунь	окисленная	200–600	0,6
	полированная	100	0,03
медь	полированная	20–100	0,02–0,05
	с тонкой окисной пленкой	20	0,037
	оксидированная	100–200	0,6–0,73
	электролитическая, полированная	20–100	0,05
	на токоъемниках, блестящая	20–100	0,3
	на токоъемниках, матовая или оксидированная	20–100	0,5
свинец	блестящий	250	0,08
	серый, окисленный	20	0,28
сталь	ржавая	20	0,69
	легированная	500	0,35
	нержавеющая	20–700	0,16–0,45
	оксидированная	200–600	0,8
	оцинкованная	20	0,28
	полированная	100	0,07
каучук	твердый	20	0,95
	мягкий	20	0,86
краски масляные	матовая черная	100	0,98
	разных цветов	100	0,92–0,94
стекло	–	20–100	0,91–0,94
фарфор	глазурованный	20	0,75–0,93
	неглазурованный	20	0,9
битум	кровельный, плоский	–	0,96
	жидкий	–	1

Приложение Л

(обязательное)

Средства технического диагностирования

Л.1 Для технического диагностирования ВЛ в соответствии с настоящей методикой применяется оборудование, перечисленное в таблице Л.1.

Таблица Л.1 – Оборудование, применяемое при техническом диагностировании

Оборудование и его назначение	Техническая характеристика	
1 Переносной компьютер. Используется для сбора, обработки и хранения полученной в ходе обследования информации	С интерфейсом, обеспечивающим связь с оборудованием (например, RS-232)	
2 Цифровой фотоаппарат. Используется для осмотра удаленных объектов и документирования результатов визуального осмотра	Наличие функций увеличения и стабилизации изображения	
	Эффективное число пикселей ПЗС-матрицы	4 млн
3 Бинокуляр. Используется для осмотра удаленных объектов	Кратность оптического увеличения	Не менее x12
	Кратность оптического увеличения	Не менее x48
4 Уровень строительный гидравлический. Используется для определения относительного уровня площадок опор и фундаментных блоков	Длина, м	Не менее 10
5 Лупа Польди. Используется для измерения ширины раскрытия трещин	Цена деления, мм	0,1

Л.2 Для технического диагностирования ВЛ в соответствии с настоящей методикой применяются средства и аппаратура для контроля диагностических параметров, подлежащие поверке (таблица Л.2).

Таблица Л.2 – Средства и аппаратура для оценки диагностических параметров, подлежащие поверке

Оборудование и его назначение	Техническая характеристика	
1 Мультиметр. Используется для измерения переходного сопротивления БКС	диапазон сопротивления, Ом	$0,01-2 \cdot 10^{-9}$
	погрешность измерения, %	$\pm 0,05$
	внутреннее сопротивление, кОм	более 50
	диапазон рабочих температур, влажность, °С, %	5-40, 0-80
	встроенный накопитель данных и возможность подключения к ЭВМ по стандартному интерфейсу (RS-232)	

Продолжение таблицы Л.2

Оборудование и его назначение	Техническая характеристика	
2 Клещи токовые многофункциональные. Используется для измерения сопротивления заземления, тока утечки	Диапазон измеряемого сопротивления, Ом	0,025–1500
	Диапазон измеряемого тока утечки	$2 \cdot 10^{-3}$ –15
	разрешающая способность, А	0,1
	диапазон рабочих температур, влажность, °С, %	+5–+40, 0–80
3 Тепловизор. Используется для измерения теплового поля элементов ВЛ	диапазон измеряемых температур, °С	-20–+250
	погрешность измерений абсолютная, °С	±0,1
	погрешность измерения, %	0,2
	диапазон рабочих температур, °С	0–50
4 Уровень электронный строительный. Используется для определения угла наклона поверхностей	диапазон измерения углов	0°–180°
	разрешающая способность	0,1°
	диапазон рабочих температур, °С	-4–+60
5 Рулетка. Используется для измерения расстояний	Погрешность для 2 класса Δ	$0,3 + 0,15 \cdot (L - 1)$
	Погрешность для 2 класса Δ	$0,4 + 0,2 \cdot (L - 1)$
	где L – длина	
6 Твердомер портативный с ультразвуковым датчиком. Используется для измерения твердости металла	Диапазон измерения:	
	шкала Роквелла	20–60 HRC
	шкала Бринелля	75–650 HB
	шкала Виккерса	75–1000 HV
	шкала Шора	23–102 HSD
	погрешности измерений по шкалам Роквелла, Бринелля, Виккерса, Шора соответственно	±1,5HRC; ±10HB; ±12HV; ±2HSD
	диапазон рабочих температур, влажность, °С, %	-5–+45, 30–80
7 Тестер ультразвуковой по бетону. Используется для определения прочности бетона по времени и скорости распространения ультразвуковых волн в бетоне	диапазон измерения времени, мкс	15–100
	диапазон измерения скорости, м/с	1500–9999
	относительная погрешность измерений, %	±1
	диапазон рабочих температур, влажность, °С, %	-20–+50, 30–95
8 Измеритель сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта	Диапазон измерений сопротивления заземления, Ом	0,01–20000 Ом
	Диапазон измерений удельного сопротивления грунта, Ом·м	$0,01–999 \cdot 10^{-3}$
	Диапазон рабочих температур, °С	0–+40

Л.3 Кроме вышеуказанных средств измерения и оборудования для контроля работы ВЛ используются штатные измерительные приборы, средства индикации сигнализации и т.д.

Библиография

- [1] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждены приказом Минэнерго России от 31 января 2003 г. № 6
- [2] Правила Ростехнадзора
ПБ 03-440-02
Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля
- [3] Руководящий документ РАО «ЕЭС России»
РД 34.45-51.300-97
Объемы и нормы испытаний электрооборудования
- [4] Правила устройства электроустановок. 7-е издание. Утверждены приказом Министра энергетики России от 8 июля 2002 г. № 204
- [5] Руководящий документ Госгортехнадзора России
РД 03-606-03
Инструкция по визуальному и измерительному контролю
- [6] Строительные нормы и правила
Госстрой СССР
СНиП 3.05.06-85
Электротехнические устройства
- [7] Руководящий документ РАО «ЕЭС России»
РД 34.20.504-94
Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35–800 кВ
- [8] Руководящий документ
РАО «ЕЭС России»
РД 153-34.0-20.525-00
Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок
- [9] Руководящий документ РАО «ЕЭС России»
РД 153-34.0-20.363-99
Методика инфракрасного контроля электрооборудования и ВЛ
- [10] Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35–800 кВ. Часть I и II
- [11] Руководящий документ Минэнерго России
СО 153-34.20.501-2003
Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации
- [12] Руководящий документ
Минэнерго России
ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00
Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок
- [13] Строительные нормы и правила Госстроя СССР
СНиП 2.02.01-83
Основания зданий и сооружений

ОКС 29.020

Ключевые слова: воздушная линия, техническое диагностирование, оценка технического состояния, техническое обслуживание, ремонт, контрольные испытания, продление срока эксплуатации

Корректурa *В.И. Кортикова*
Компьютерная верстка *С.Н. Демьянова, Н.А. Владимиров*

Подписано в печать 05.07.2007 г.
Формат 60x84/8. Гарнитура «Ньютон». Тираж 60 экз.
Уч.-изд. л. 9,6. Заказ 62

ООО «ИРЦ Газпром» 117630, Москва, ул. Обручева, д. 27, корп. 2.
Тел.: (495) 719-64-75, 719-31-17.

Отпечатано в ЗАО «Издательский Дом Полиграфия»