

ФГБОУ ВО
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Е. Е. ПРИВАЛОВ, А. В. ЕФАНОВ, В. А. ЯРОШ, С. С. ЯСТРЕБОВ
М. А. АФАНАСЬЕВ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Под редакцией доцента Е. Е. Привалова

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Ставрополь
2020

УДК 621.311 (075.8)

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент А.В. Ивашина;
кандидат технических наук, доцент В.Г. Жданов
(кафедра Электроснабжения и эксплуатации электрооборудования)

Основы технического обслуживания и ремонта линий электропередачи:
учебное пособие. / Е.Е. Привалов и др., под ред. Е.Е. Привалова –
Ставрополь: Изд-во ПАРАГРАФ, 2020. - 96с.

В учебном пособии изложены основные положения по техническому обслуживанию и ремонту, поиску и устранению неисправностей в процессе эксплуатации оборудования воздушных и кабельных линий электропередачи. Пособие содержит часть нормативно-технической и другой документации по дисциплине «Эксплуатация систем электроснабжения».

Пособие предназначено для студентов высшего и среднего профессионального образования, обучающихся по направлениям «Электроэнергетика и электротехника», «Электроснабжение (по отраслям)» и «Агроинженерия».

УДК 621.311 (075.8)

© Привалов Е.Е., Ефанов А.В., Ярош В.А.,
Ястребов С.С., Афанасьев М.А. текст, 2020
© Издательство «ПАРАГРАФ» оформление,
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ЗАНЯТИЕ № 1 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	10
1 Организация работ по обследованию опор линий	11
2 Мониторинг технического состояния опор линий.....	13
2.1 Визуально-оптический и измерительный контроль опор	13
2.2 Определение предела прочности металла опор по зонам.....	15
2.3 Оценка механической прочности бетона опор и фундаментов.....	16
3 Методика принятия решений по результатам технического осмотра опор.....	17
4 Этапы анализа технического состояния опор.....	19
5 Оформление результатов оценки технического состояния опор	21
6 Рекомендации по обоснованию планов и программ деятельности и разработке НТД по ТО и ремонту опор.....	21
ПРОГРАММА РАБОТЫ	23
Оборудование рабочего места Порядок выполнения работы Оформление отчета	
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	24

ЗАНЯТИЕ № 2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	25
1 Организация работ по обследованию воздушных линий	26
2 Мониторинг технического состояния элементов линий	28
3 Правила технического обслуживания и капитального ремонта	29
3.1 Планирование работ на воздушной линии и оформление технической документации	31
3.2 Оценка технического состояния линий напряжением 35 и 110кВ	32
4 Характерные неисправности оборудования линий	34
5 Технические требования, допуски и нормы отбраковки элементов линий напряжением 35 и 110кВ	36
5.1 Опоры воздушных линий	36
5.2 Провода грозозащитные тросы и их соединения	36
5.3 Линейная арматура	38
5.4 Линейная изоляция	39
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	41
ПРОГРАММА РАБОТЫ	42
Оборудование рабочего места	
Порядок выполнения работы	
Оформление отчета	

ЗАНЯТИЕ № 3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ПРОВОДАМИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	44
1 Преимущества воздушных линий с изолированными проводами	46
2 Конструкция линий с изолированными проводами	48
3 Организация работ по обследованию линий с самонесущими изолированными и защищенными проводами	51

4 Мониторинг технического состояния элементов линий с самонесущими изолированными и защищенными проводами	54
5 Техническое обслуживание воздушных линий	55
6 Ремонты воздушных линий	61
6.1 Ремонт провода ответвления к зданию и сооружению	62
6.2 Ремонт поврежденного участка фазного провода в пролете	64
6.3 Ремонт протяженного участка проводов линий	66
7 Планирование работ на линии и оформление технической документации	67
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	69
ПРОГРАММА РАБОТЫ	70
Оборудование рабочего места	
Порядок выполнения работы	
Оформление отчета	

ЗАНЯТИЕ № 4

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	72
1 Организация работ по обследованию кабельных линий	75
2 Эксплуатационные технические мероприятия	77
2.1 Методы визуального осмотра кабельной линии	77
2.2 Методы инструментального осмотра и испытаний линии	79
2.3 Виды и способы устранения дефектов	85
2.4 Порядок отыскания мест повреждения	88
2.5 Методы определения мест повреждения	89
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	94
ПРОГРАММА РАБОТЫ	95
Оборудование рабочего места	
Порядок выполнения работы	
Оформление отчета	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	96

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1.....	97
Перечень работ на элементах опоры	
Приложение 1.2.....	97
Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля опоры	
Приложение 1.3.....	99
Таблица технического состояния опор по результатам визуально-оптического и измерительного контроля.	
Методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ	
Приложение 1.4.....	103
Методические указания по определению предела прочности металла элементов опор	
Приложение 1.5	105
Оценка прочности бетона опоры и фундамента опоры ультразвуковым методом	
Приложение 1.6	107
Средства измерений твердости материалов опор методами Бринелля, Виккерса, Роквелла, Либа и Шора	
Приложение 1.7	109
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-750 кВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ	
7.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	
7.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ВЛ	
7.3. СОСТАВ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ВЛ	
7.4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	
Приложение 1.8.....	128
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ, ИНСТРУМЕНТОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	
Приложение 1.9.....	130
ХАРАКТЕРНЫЕ ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И КРИТЕРИИ ИХ БРАКОВКИ	

Приложение 1.10.....	137
ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	
Приложение 1.11.....	139
МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОРРОЗИОННЫХ ПОТЕРЬ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Приложение 2.1	140
Перечень работ на элементах оборудования воздушных линий с неизолированными проводами	
Приложение 2.2	142
Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов линий с неизолированными проводами	
Приложение 2.3	144
Таблица технического состояния линий и методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ	
Приложение 2.4	149
Цифровой прибор MRU-101 для измерений сопротивления заземляющих устройств линий с неизолированными проводами	
Приложение 2.5	153
Распределение напряжений по подвесным фарфоровым изоляторам гирлянд линий	
Приложение 3.1	154
Перечень работ на элементах оборудования воздушной линии с изолированными проводами	
Приложение 3.2	155
Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов линий с изолированными проводами	
Приложение 3.3	157
Таблица технического состояния элементов линий и методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ	

Приложение 3.4	160
Перечень приспособлений, приборов и инструмента для технического обслуживания линий с изолированными проводами	
Приложение 3.5	161
Перечень специальных приспособлений, приборов и инструмента для ремонта линий с изолированными проводами напряжением 0,38кВ	
Приложение 4.1	29

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ГЛАВА 2.3

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 220 кВ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ	163
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ	165
ВЫБОР СПОСОБОВ ПРОКЛАДКИ	168
ВЫБОР КАБЕЛЕЙ	171
ПОДПИТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И СИГНАЛИЗАЦИЯ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА КАБЕЛЬНЫХ МАСЛОПОЛНЕННЫХ ЛИНИЙ	175
СОЕДИНЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЕЙ	176
ЗАЗЕМЛЕНИЕ	177
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАБЕЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	179
ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ЗЕМЛЕ	181
ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ БЛОКАХ, ТРУБАХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЛОТКАХ	189
ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ	191
ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	201
ПОДВОДНАЯ ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ	202
ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ СООРУЖЕНИЯМ	204
Приложение 4.2	205

Пошаговый анализ объекта эксплуатации – проводов, брони и изоляции кабельной линии электропередач

Приложение 4.3	206
ПРОТОКОЛ № 1 Визуальный осмотр и тепловизионный контроль оборудования кабельной линии электропередач	
Приложение 4.4.	207
ПРОТОКОЛ № 2 Измерение сопротивления изоляции оборудования кабельной линии электропередач	
Приложение 4.5	208
ПРОТОКОЛ № 3 Испытание изоляции оборудования линии повышенным напряжением выпрямленного тока	
Приложение 4.6	209
Нормы тепловизионного контроля электроэнергетического оборудования	
Приложение 4.7	211
Цифровой прибор MRU-101 для измерений сопротивления заземляющих устройств	

ЗАНЯТИЕ № 1

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Мониторинг технического состояния опор воздушных линий электропередачи.

Обоснование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту опор воздушных линий электропередачи.

Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту опор воздушных линий электропередачи.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Воздушной линией электропередачи (ВЛЭП) называется устройство для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

Основными техническим мероприятиями, проводимыми при эксплуатации систем электроснабжения (СЭС), являются технические обслуживания (ТО) и ремонты электрооборудования. Помимо основной задачи, связанной с поддержанием электрооборудования СЭС в исправном состоянии, персонал предприятий электрических сетей (ПЭС) обосновывает планы и программы деятельности по ТО и ремонту ВЛЭП, разрабатывает нормативно-техническую документацию (НТД) по ТО и ремонту ВЛЭП, проводит обучение по разработке и обоснованию планов и программ деятельности по ТО и ремонту опор ВЛЭП.

Мониторингом называют состояние, которое характеризуется в определенный момент времени и в определенной среде значениями параметров, установленных НТД на объект эксплуатации – опору.

Дефектом опоры ВЛЭП называют отдельное несоответствие элемента электрической сети требованиям технической эксплуатации, установленным НТД.

Объектами эксплуатации ВЛЭП являются: фундаменты; металлические, железобетонные и деревянные опоры; провода, грозозащитные тросы; линейная изоляция; линейная арматура; заземляющие устройства; элементы защиты от разряда молний; самонесущие изолированные провода (СИП), трассы воздушных линий.

Работы в период эксплуатации опор ВЛЭП электрической сети проводят с целью решения задач по:

- обоснованию планов и программ деятельности по ТО и ремонту опор;
- разработке НТД по ТО и ремонту опор;
- оценке технического состояния конструкции;
- поиску места неисправностей на элементах;
- установке причин неисправностей материалов опор;
- определению состава и срока ремонтно-восстановительных работ;
- прогнозированию технического состояния линии;
- определению остаточного ресурса опор;
- составлению рекомендаций по дальнейшей эксплуатации объекта.

1 Организация работ по обследованию воздушных линий

Оценку технического состояния опор ВЛЭП производят по результатам их обследования. Для объективной оценки состояния линий образуется рабочая группа (комиссия) в составе представителей ПЭС, эксплуатирующей обследуемую ВЛЭП, и специалистов других организаций, проводящих обследование. Руководителем рабочей группы (председателем комиссии) является, как правило, главный инженер ПЭС.

При необходимости в состав рабочей группы (комиссии) включаются представители заводов-изготовителей, проектных, строительно-монтажных, специализированных, научно-исследовательских и других организаций. Специализированные и научно-исследовательские организации привлекают к следующим работам по оценке технического состояния элементов ВЛЭП:

- испытания конструкций и других элементов;
- проведение проверочных расчетов элементов;
- определение структуры и расчетного сопротивления металлоконструкций опор при отсутствии проектной документации;
- определение фактической прочности железобетонных стоек и фундаментов неразрушающими методами;
- проведение механических испытаний опор;
- проведение испытаний линейной изоляции;
- определение фактической прочности проводов, грозозащитных тросов и линейной арматуры.

Специализированные организации привлекают к обследованию конструкций ВЛЭП также в случаях:

- обнаружения значительных отступлений от проекта при наличии массовых дефектов и повреждений;

- увеличения по сравнению с проектом нагрузок на опоры, увеличения пролетов, замены проводов, тросов на большие сечения, изменения расчетных ветровых, гололедных нагрузок.

На основе проведенного обследования, изучения и анализа проектной, строительной и эксплуатационной документации, изменений условий эксплуатации и проведения в случае необходимости испытаний элементов ВЛЭП составляется акт, протокол или технический отчет, в которых приводится оценка технического состояния элементов линии и ВЛЭП в целом, и рекомендации по их дальнейшему использованию. В случае принятия решения о техническом перевооружении, реконструкции или модернизации ВЛЭП данные обследования прикладываются к техническому заданию на проектирование.

В функции заказчика (ПЭС) по организации обследования входит:

- выдача заказа проектной, специализированным организациям (исполнителю) на участие в обследовании ВЛЭП с указанием наименования, протяженности, предполагаемого объекта обследования;
- оформление договора, перечисление аванса и поэтапных выплат в установленные договором сроки;
- утверждение программы и календарного плана выполнения работ;
- предоставление рабочей группе (комиссии) полного комплекта строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛЭП, данных по измененным условиям за время эксплуатации ВЛЭП;
- инструктаж по технике безопасности, обеспечение средствами защиты (при необходимости), назначение работников, ответственных за безопасное проведение работ;
- обеспечение транспортными средствами для передвижения по трассе ВЛЭП, предоставление электромонтеров для верхового осмотра элементов ВЛЭП;
- обеспечение жильем членов рабочей группы (комиссии) на время проведения обследования.

В функции проектной, специализированной организации (исполнителя) входит:

- составление договора на обследование ВЛЭП, составление программы и календарного плана проведения работ;
- заключение при необходимости субподрядного договора с привлекаемыми в соответствии с объемом и составом работ организациями;
- изучение строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛЭП и проверка ее на соответствие проекту;

- анализ измененных нормативов и условий работы ВЛЭП за период эксплуатации и оценка степени их влияния на надежность работы ВЛЭП;
- проведение обследования ВЛЭП в соответствии с утвержденными объемом, программой и календарным планом;
- выполнение необходимых измерений, расчетов и проработок для выработки окончательных выводов, и рекомендации по оценке технического состояния элементов линии и ВЛЭП в целом;
- оформление документов по итогам работы.

2 Мониторинг технического состояния опор линии

2.1 Визуально-оптический и измерительный контроль опор

В процессе эксплуатации, визуально-оптический и измерительный контроль материалов опор проводят в соответствии с НТД для выявления видимых деформаций элементов ВЛЭП, поверхностных или выходящих на поверхность дефектов и повреждений в материале конструкций, образовавшихся при эксплуатации или монтаже опор.

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют для участка трассы ВЛЭП и элементов: фундаментов; опор; проводов, СИП, грозозащитных тросов; линейной изоляции; линейной арматуры; заземляющих устройств; элементов защиты от грозы. Визуально-оптический и измерительный контроль опор ВЛЭП проводят в дневное время и независимо от наличия рабочего напряжения (Приложение 1).

В процессе эксплуатации визуально-оптический контроль выполняют невооруженным глазом, а также с применением оптических приборов: увеличительной лупы, бинокля, гаджетов и специальной фотоаппаратуры.

Для измерительного контроля используют: рулетки, линейки, штангенциркули, уровни, измерительные лупы, твердомеры.

Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии, что разработаны и утверждены требуемым порядком инструкции и методики их применения, например, специализированные тепловизоры к смартфонам. Величины погрешностей средств измерения определяются по стандартам и техническим условиям на средства измерения.

Выбор условий осмотра и контроля сводят к обеспечению нормальных условий освещенности и взаимного расположения опор ВЛЭП и аппаратуры в соответствии с НТД. Операции контроля ВЛЭП производят с учетом климатических характеристик и требований размещения аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации.

В процессе эксплуатации при визуально-оптическом контроле опор ВЛЭП проверяют отсутствие (наличие):

- механических повреждений поверхностей элементов;
- деформаций элементов конструкций; трещин и других поверхностных дефектов, получивших развитие в процессе эксплуатации;
- коррозионного и механического износа поверхностей;
- фактов неправильного монтажа или эксплуатации.

При измерительном контроле состояния опор определяют:

- размеры механических повреждений материала конструкций;
- геометрические параметры элементов;
- величины расстояний между элементами;
- величины расстояний между объектами, находящимися в зоне ВЛЭП;
- глубину коррозионных язв и размеры зон коррозионного повреждения, включая их глубину;
- твердость материалов опор.

Для детального анализа дефектов применяют гаджеты с оптическим увеличением не менее $\times 12$.



Рисунок 1.1 – Гаджеты для измерения параметров ВЛЭП

На основании полученных результатов и в соответствии с НТД для данного типа опор ВЛЭП определяют техническое состояние элементов и состав необходимых ремонтно-восстановительных работ.

По результатам визуально-оптического и измерительного контроля оформляется формуляр паспорта технического состояния опор ВЛЭП.

2.2 Определение предела прочности металла опор по зонам

Предел прочности металла элементов опор ВЛ определяется косвенным методом неразрушающего контроля по значениям измерений твердости материала (Приложение 2).

Измерение твердости по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу выполняют переносными цифровыми твердомерами ультразвукового или динамического действия в опасных зонах опор, испытывающих максимальные статические и динамические нагрузки (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Универсальный цифровой твердомер Т-УДЗ

Величины погрешностей средств измерения определяют по стандартам и техническим условиям на конкретные типы средств измерения. Операции контроля материалов опор ВЛЭП выполняют с учетом климатических характеристик и требований размещения аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации. В каждой контролируемой проблемной зоне опоры делают не менее трех измерений твердости заданным методом, например, Роквелла.

По среднеарифметическому значению твердости цифрового прибора в зоне измерения в соответствии с НДТ определяют временное сопротивление, равное пределу прочности.

Полученные значения предела прочности сравниваются с нормативными значениями, указанными в проектной документации на соответствующую стальную конструкцию.

При несоответствии значений предела прочности металла опоры нормативным требованиям проводят дополнительные измерения. Количество дополнительных измерений определяют специалисты, в зависимости от наличия дефектов в проблемной зоне. Местоположение опасных зон измерений твердости металла опоры указывают на карте контроля линии. Результаты измерений и карты контроля заносят в «Формуляр паспорта технического состояния ВЛЭП».

2.3 Оценка механической прочности бетона опор и фундаментов

На практике, оценку механической прочности бетона опор и фундаментов выполняют ультразвуковым методом. Прочность бетона опор и фундаментов определяют косвенным методом по значениям скорости распространения продольных ультразвуковых волн.

Оценку механической прочности железобетонных опорах и фундаментах металлических опор производят переносными ультразвуковыми цифровыми приборами. Для определения прочности, твердости, выявления неоднородности структуры бетона используют электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.03 (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Универсальный цифровой измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.03

Величины погрешностей применяемых средств измерения определяются по стандартам и условиям на конкретные типы средств измерения. Оценка прочности опор выполняют с учетом климатических характеристик и требований размещения аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации.

Оценке механической прочности подвергают: железобетонные опоры на уровне «0», 100 и 200 см от уровня заделки в грунте с четырех сторон; железобетонные фундаменты металлических опор на уровне земли с четырех сторон. На каждом уровне делают не менее двух измерений в поперечном и продольном направлении относительно вертикальной оси опоры или фундамента. За результаты принимают среднеарифметическое значение измерений в каждом направлении и на каждом уровне.

Прочность бетона определяют по значениям скорости распространения ультразвуковых волн. Соотношение между скоростью распространения продольных ультразвуковых волн и прочностью бетона исследуемых конструкций выполняют по установленным градуировочным зависимостям «скорость распространения ультразвука - прочность бетона».

Полученные значения прочности бетона сравниваются с нормативными данными для конкретной опоры ВЛЭП. Результаты измерений заносят в формуляр паспорта технического состояния объекта.

3 Методика принятия решений по результатам технического осмотра опор

В процессе эксплуатации, при проверке технического состояния линии выявляют дефекты и определяют значения технических параметров. Оценку текущего технического состояния ВЛЭП проводят на основе анализа НТД и параметров состояния элементов опор, полученных при ТО объекта (Приложение 3).

Техническое состояние фундаментов опор определяют по следующими параметрам:

- наличие (отсутствие) просадки или набухания грунта вокруг фундаментов;
- разностью вертикальных отметок верха подножников;
- прочностью бетона конструкций;
- разностью расстояний между осями подножников в плане;
- шириной раскрытия трещин в бетоне;
- наличием (отсутствием) оголения арматуры;
- значение фактической площади поперечного сечения несущей арматуры;
- наличие (отсутствие) пористости бетона;
- наличие (отсутствие) отслоения поверхностного слоя бетона;
- наличие (отсутствие) деформированных или срезанных анкерных болтов.

При эксплуатации техническое состояние опор оценивают следующими параметрами:

- наличие (отсутствие) просадки или набухания грунта вокруг опор;
- прочностью металла элементов опор;
- наличие (отсутствие) трещин в сварных швах;
- прочностью бетона железобетонных стоек опор;
- отклонение опор от вертикальной оси вдоль и поперек оси ВЛЭП;
- углом наклона стоек опор вдоль или поперек оси ВЛЭП;
- расстояние между стойками железобетонной portalной опоры;
- размером трещин в бетоне железобетонных стоек;
- стрелой прогиба элементов металлических опор;
- площадью поперечного сечения оттяжек;
- величиной «тяжения» в оттяжках;
- степенью затяжки гаек и контргаек на анкерных болтах;
- наличие (отсутствие) условных обозначений;
- наличие (отсутствие) темных полос на бетоне;
- наличие (отсутствие) оголения поперечной арматуры стоек опор;
- наличие (отсутствие) раковин в бетоне стоек опор;
- наличие (отсутствие) коррозии металлических элементов (деталей);
- наличие (отсутствие) отслоения поверхностного слоя бетона стоек;
- наличие (отсутствие) лакокрасочного покрытия металлических опор;
- наличие (отсутствие) или несоответствием гаек диаметрам анкерных болтов.

Техническое состояние опор одной ВЛЭП устанавливается на основании коэффициента дефектности опор (КДО):

$$\text{КДО} = \frac{n_{\text{д}}^{\circ}}{n_{\text{у}}^{\circ}} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где $n_{\text{д}}^{\circ}$ - количество дефектных опор, зарегистрированных на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года;

$n_{\text{у}}^{\circ}$ - количество установленных опор, находящихся в эксплуатации на данной линии по состоянию на 31 декабря отчетного года.

Техническое состояние фундаментов одной ВЛЭП устанавливается на основании коэффициента дефектности фундаментов (КДФ):

$$\text{КДФ} = \frac{n_{\text{д}}^{\Phi}}{n_{\text{у}}^{\Phi}} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где $n_{\text{д}}^{\text{ф}}$ - количество дефектных фундаментов, зарегистрированных на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года;

$n_{\text{у}}^{\text{ф}}$ - количество установленных фундаментов, находящихся в эксплуатации на данной линии по состоянию на 31 декабря отчетного года.

Комплексная качественная оценка технического состояния одной опоры ВЛЭП устанавливается на основании коэффициента дефектности (КДЛ) данной линии:

$$\text{КДЛ} = 0,40 \text{ КДО} + 0,10 \text{ КДФ} \quad (1.3)$$

где 0,40; 0,10 - весовые коэффициенты, отражающие соответственно влияние технического состояния опор и фундаментов на стоимость ремонтных работ по замене всех дефектных элементов ВЛЭП исправными аналогичными элементами.

На основании значения коэффициента дефектности опор данной ВЛЭП устанавливается комплексная качественная оценка технического состояния (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Комплексная качественная оценка технического состояния ВЛЭП

Значение коэффициента дефектности (КДВЛ)	Комплексная качественная оценка технического состояния линии
0	Хорошее
Менее 30	Удовлетворительное
От 31 до 60	Неудовлетворительное
61 и выше	Непригодное

4 Этапы анализа технического состояния опор

В зависимости от выявленных дефектов и значений технических параметров элементов опор ВЛЭП, анализ может состоять из одного, двух или трех последовательно выполняемых этапов (Приложение 4).

На первом этапе анализа проверяют соответствие значений контролируемых параметров нормативным требованиям.

При соответствии параметров опор ВЛЭП требованиям НТД техническое состояние системы электроснабжения оценивают, как «исправное» - (И), и дальнейший анализ не выполняют. Срок продления эксплуатации определяют сроком проведения следующего обследования, определенным в ходе ТО опор.

При несоответствии контролируемых параметров опор требованиям эксплуатационной и нормативной документации проводят дальнейший анализ технического состояния опор.

На втором этапе проверяют соответствие значений эксплуатационных параметров опоры критериям работоспособности ВЛЭП в соответствии с приложениями 1-5.

При соответствии значений параметров критериям работоспособности состояние опор ВЛЭП оценивают, как «неисправное работоспособное» (НР), и разрабатывают рекомендации по технической эксплуатации или проведению восстановительного ремонта дефектных элементов опор. В противном случае техническое состояние опоры ВЛЭП определяют, как «неработоспособное» (Н).

При соответствии состояния опоры «неработоспособному» рассматривают технико-экономическое обоснование возможности перевода опор ВЛЭП в «работоспособное» состояние путем восстановительного ремонта.

В случае, если мероприятия по переводу опоры ВЛЭП из «неработоспособного» состояния в «работоспособное» технически нереализуемы или экономически нецелесообразны, когда капитальные затраты на восстановление работоспособности опоры сопоставимы с суммарной стоимостью закупки, поставки и монтажа новой опоры, обладающей аналогичными характеристиками. В этом случае принимают решение о невозможности продления срока эксплуатации элемента или всей опоры.

В заключении по результатам обследования технического состояния опор ВЛЭП указывают:

- все обнаруженные неисправности и, если возможно, место их расположения;
- вид технического состояния объекта;
- прогноз технического состояния;
- рекомендованный объем ремонтных работ опор по выявленным неисправностям;
- рекомендации по изменению условий эксплуатации (при необходимости);
- рекомендуемый срок следующего ТО опор ВЛЭП.

5 Оформление результатов оценки технического состояния опор

Документ (акт, протокол или технический отчет), отражающий результаты проведенного обследования, в общем случае должен содержать:

- описание элементов ВЛЭП (основные сведения об элементах и их назначение);
- сведения о сроке эксплуатации элементов линии, особенности их эксплуатации, проведении ремонтных и других видов работ на ВЛЭП;
- ведомости неисправностей, дефектов и повреждений;
- качественную оценку неисправностей и краткое описание характерных дефектов и повреждений с указанием очевидных или предполагаемых причин их возникновения;
- оценку состояния отдельных элементов ВЛЭП;
- общую оценку технического состояния всей линии;
- рекомендации по устранению обнаруженных неисправностей элементов ВЛЭП путем усиления (ремонта) или замены.

В документе по обследованию приводятся рекомендации по проведению испытаний отдельных элементов ВЛЭП или их узлов, если другим путем определить их техническое состояние или пригодность к дальнейшей эксплуатации не представляется возможным.

Данные обследования элементов линии служат основным источником определения объемов работ при проектировании, реконструкции (модернизации, техническом перевооружении) ВЛЭП.

Заключение о техническом состоянии, рекомендации по эксплуатации и срокам проведения ремонтов, решение о продлении срока безопасной эксплуатации и назначении срока следующего обследования оформляют в формуляре паспорта технического состояния ВЛЭП.

6 Рекомендации по обоснованию планов и программ деятельности и разработке НТД по ТО и ремонту опор

Рассмотрим рекомендации по обоснованию планов и программ деятельности и разработке НТД по ТО и ремонту опор ВЛЭП. Для обеспечения планирования работ должны составляться годовые и месячные планы и графики ТО и ремонта. При эксплуатации линий годовые планы работ по ТО и ремонту составляют службы линий или руководство районных электрических сетей (РЭС) на основании многолетних графиков.

Планы материально-технического снабжения должны полностью соответствовать объема и срокам, предусмотренным планом проведения капитального ремонта.

Годовые планы работ на ВЛЭП рекомендуется оформлять в виде:

- планов-графиков работ по ТО и ремонту каждой линии;
- сводных планов (в денежном выражении) для линий каждого класса напряжения с разбивкой по месяцам с указанием сводных объемов основных работ по капитальному ремонту.

Планы и графики составляются в нескольких экземплярах: для мастера бригады централизованного обслуживания, службы линий, планового отдела и вышестоящей организации, а затем утверждаются руководителем предприятия электрических сетей (ПЭС).

При составлении планов и планов-графиков комплексных работ должен учитываться сезонный характер отдельных видов работ. Объемы работ по ТО и капитальному ремонту ВЛЭП определяются на основании результатов измерений, проверок и осмотров.

Для обеспечения нормальной эксплуатации ВЛЭП и контроля за выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту осуществляется ведение технической документации в соответствии с приложением 6. РД 34.20.504-94 «Типовая инструкция по эксплуатации ВЛЭП напряжением 35-800кВ».

Все изменения на существующих ВЛЭП, а также технические данные новых объектов после их приемки подлежат немедленному занесению в техническую документацию.

В сроки, установленные руководством ПЭС, мастерами бригад, обслуживающих ВЛЭП, и инженерно-техническим персоналом службы линий или территориальных производственных подразделений, производится сдача объемов работ по каждой линии с соответствующим оформлением планов-графиках и оценкой качества проведения этих работ.

Плановый отдел на основании принятых службой линий объемов работ составляет сводный отчет в денежном выражении с указанием физических объемов выполненных основных работ по капитальному ремонту и представляет его в вышестоящую организацию.

Техническая документация по эксплуатируемым ВЛЭП: утвержденный проект, паспорт линии, рабочие чертежи и схемы, исполнительная трасса (профиль), журналы монтажа, акты на скрытые работы, протоколы испытаний и измерений, акты измерений и осмотров, акты приемки в эксплуатацию, материалы учета ТО и ремонта ВЛЭП должна храниться в ПЭС.

При отсутствии проектной документации по ВЛЭП необходимые характеристики ее элементов и конструкций должны быть определены на основании технической инвентаризации и расчетов, которые проводят специалисты ПЭС.

ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Изучить и кратко законспектировать теоретические сведения о методах и средствах для измерения и контроля параметров опор воздушных линий электропередач систем электроснабжения.
2. Выполнить визуальный осмотр элементов опор воздушных линий электропередач систем электроснабжения.
3. Проверить и оценить параметры элементов опор воздушных линий электропередач систем электроснабжения.
4. Провести анализ полученных технических характеристик и параметров опор воздушных линий электропередач систем электроснабжения характеристик и сделать выводы по лабораторной работе.
5. Ответить на контрольные вопросы и защитить отчет по работе.

Оборудование рабочего места

1. Модели элементов опор воздушной линии электропередач.
2. Приборы визуально-оптического контроля: бинокль (кратность оптического увеличения не менее $\times 48$); цифровой фотоаппарат или смартфон (с наличием функций увеличения и стабилизации изображения, кратность оптического увеличения не менее $\times 12$).
3. Приборы измерительного контроля:
 - набор луп, (лупа Польди), цена деления не более 0,1 мм;
 - линейка металлическая;
 - угольник измерительный;
 - штангенциркуль;
 - измеритель натяжения канатов (предел измерений 1...100кН, погрешность не более 2 %);
 - уровень электронный (разрешающая способность не менее 0,2°);
 - уровень гидравлический строительный;
 - высотомер (погрешность измерения не более 4 %);
 - ультразвуковой измеритель расстояния (погрешность измерения не более 1%)

Оформление отчета

1. Перечень работ на элементах опоры линии: организация работ; обследование части ВЛЭП, относящийся к одной опоре; обработка и оформление документации (Приложение 1.1).
2. Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов опоры (Приложение 1.2).

3. Таблица технического состояния опор по результатам визуально-оптического и измерительного контроля методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ (Приложение 3).
4. Таблица сопоставлений пределов прочности стали заданных опор методами Бринелля, Виккерса и Роквелла (Приложение 4).
5. Оценка прочности бетона фундамента опоры ультразвуковым методом (Приложение 5).
6. Обработка и оформление. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют воздушной линией электропередачи?
2. Что называют дефектом элемента опоры?
3. Что является объектами эксплуатации линии?
4. Для решения каких задач проводят работы при эксплуатации опор?
5. Что выявляет визуально-оптический контроль материалов опор?
6. Что проверяют в при визуально-оптическом контроле опор?
7. Что определяют при измерительном контроле состояния опор?
8. Что оформляют по результатам визуально-оптического и измерительного контроля опор?
9. Какими методами и средствами определяют твердость металла опор?
10. Какие документы заполняют по результатам измерений твердости металла опоры?
11. Какими методами и средствами определяют механической прочности бетона опор и фундаментов?
12. По каким параметрам определяют Техническое состояние фундаментов опор?

ЗАНЯТИЕ № 2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Мониторинг технического состояния элементов воздушных линий электропередачи.

Обоснование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования воздушных линий электропередачи.

Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Воздушная линия электропередачи (ВЛЭП) - устройство для передачи и распределения электрической энергии по *неизолированным (изолированным) проводам*, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

За начало и конец ВЛЭП принимаются линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а за ответвления - ответвительные опоры и линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств. Воздушные линии электропередачи могут быть переменного и постоянного тока.

ВЛЭП переменного тока присоединяют к источнику переменного тока или соединяют ими две системы переменного тока. Воздушные линии переменного тока выполняют одно цепными, содержащими одну цепь, двух цепными, содержащими две отдельные цепи, подвешиваемые на одной или нескольких опорах, и много цепными с более чем двумя отдельными цепями, подвешиваемыми на одной опоре. Соответственно, один или несколько проводов, или один из выводов многофазной системы переменного тока линии выполняют с одним или несколькими проводами в фазе, во этом случае фазу называют расщепленной.

ВЛЭП постоянного тока присоединяют к источнику постоянного тока, которую делают одно цепной, двух цепной и много цепной, однополюсной и двухполюсной.

Техническими мероприятиями, проводимыми при эксплуатации систем электроснабжения (СЭС), являются технические обслуживания (ТО) и ремонты электрооборудования. Помимо основной задачи, связанной с поддержанием электрооборудования СЭС в исправном состоянии,

персонал предприятий электрических сетей (ПЭС) обосновывает планы и программы деятельности по ТО и ремонту ВЛЭП, разрабатывает нормативно-техническую документацию (НТД) по ТО и ремонту элементов ВЛЭП, проводит обучение по разработке и обоснованию планов и программ деятельности по ТО и ремонту элементов ВЛЭП.

Мониторингом называют состояние, которое характеризуется в определенный момент времени и в определенной среде значениями параметров, установленных НТД на объект эксплуатации – ВЛЭП.

Дефектом опоры ВЛЭП называют отдельное несоответствие элемента электрической сети требованиям технической эксплуатации, установленным НТД.

Объектами эксплуатации ВЛЭП являются: фундаменты; металлические, железобетонные и деревянные опоры; провода, грозозащитные тросы; линейная изоляция; линейная арматура; заземляющие устройства; элементы защиты от разряда молний; самонесущие изолированные провода (СИП), трассы воздушных линий.

Работы в период эксплуатации опор ВЛЭП электрической сети проводят с целью решения задач по:

- обоснованию планов и программ деятельности по ТО и ремонту опор;
- разработке НТД по ТО и ремонту опор;
- оценке технического состояния конструкции;
- поиску места неисправностей на элементах;
- установке причин неисправностей материалов опор;
- определению состава и срока ремонтно-восстановительных работ;
- прогнозированию технического состояния линии;
- определению остаточного ресурса опор;
- составлению рекомендаций по дальнейшей эксплуатации объекта.

1 Организация работ по обследованию воздушных линий

Оценку технического состояния элементов ВЛЭП производят по результатам их обследования. Для объективной оценки состояния линий образуется рабочая группа (комиссия) в составе представителей ПЭС, эксплуатирующего обследуемую ВЛЭП, и специалистов других организаций, проводящих обследование. Руководителем рабочей группы (председателем комиссии) является, как правило, главный инженер ПЭС.

При необходимости в состав рабочей группы (комиссии) включаются представители заводов-изготовителей, проектных, строительно-монтажных, специализированных, научно-исследовательских и других организаций.

Специализированные и научно-исследовательские организации привлекают к следующим работам по оценке технического состояния элементов ВЛЭП:

- испытания конструкций и других элементов;
- проведение проверочных расчетов элементов;
- определение структуры и расчетного сопротивления металлоконструкций опор при отсутствии проектной документации;
- определение фактической прочности железобетонных стоек и фундаментов неразрушающими методами;
- проведение механических испытаний опор;
- проведение испытаний линейной изоляции;
- определение фактической прочности проводов, грозозащитных тросов и линейной арматуры.

Специализированные организации привлекают к обследованию конструкций ВЛЭП также в случаях:

- обнаружения значительных отступлений от проекта при наличии массовых дефектов и повреждений;
- увеличения по сравнению с проектом нагрузок на опоры, увеличения пролетов, замены проводов, тросов на большие сечения, изменения расчетных ветровых, гололедных нагрузок.

На основе проведенного обследования, изучения и анализа проектной, строительной и эксплуатационной документации, изменений условий эксплуатации и проведения в случае необходимости испытаний элементов ВЛЭП составляется акт, протокол или технический отчет, в которых приводится оценка технического состояния элементов линии и ВЛЭП в целом, и рекомендации по их дальнейшему использованию. В случае принятия решения о техническом перевооружении, реконструкции или модернизации ВЛЭП данные обследования прикладываются к техническому заданию на проектирование.

В функции заказчика (ПЭС) по организации обследования входит:

- выдача заказа проектной, специализированным организациям (исполнителю) на участие в обследовании ВЛЭП с указанием наименования, протяженности, предполагаемого объекта обследования;
- оформление договора, перечисление аванса и поэтапных выплат в установленные договором сроки;
- утверждение программы и календарного плана выполнения работ;
- предоставление рабочей группе (комиссии) полного комплекта строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛЭП, данных по измененным условиям за время эксплуатации ВЛЭП;

- инструктаж по технике безопасности, обеспечение средствами защиты (при необходимости), назначение работников, ответственных за безопасное проведение работ;
- обеспечение транспортными средствами для передвижения по трассе ВЛЭП, предоставление электромонтеров для верхового осмотра элементов ВЛЭП;
- обеспечение жильем членов рабочей группы (комиссии) на время проведения обследования.

В функции проектной, специализированной организации (исполнителя) входит:

- составление договора на обследование ВЛЭП, составление программы и календарного плана проведения работ;
- заключение при необходимости субподрядного договора с привлекаемыми в соответствии с объемом и составом работ организациями;
- изучение строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛЭП и проверка ее на соответствие проекту;
- анализ измененных нормативов и условий работы ВЛЭП за период эксплуатации и оценка степени их влияния на надежность работы ВЛЭП;
- проведение обследования ВЛЭП в соответствии с утвержденными объемом, программой и календарным планом;
- выполнение необходимых измерений, расчетов и проработок для выработки окончательных выводов, и рекомендации по оценке технического состояния элементов линии и ВЛЭП в целом;
- оформление документов по итогам работы.

2 Мониторинг технического состояния элементов линий

Визуально-оптический и измерительный контроль

В процессе эксплуатации, визуально-оптический и измерительный контроль материалов элементов проводят в соответствии с НТД для выявления видимых деформаций частей ВЛЭП, поверхностных или выходящих на поверхность дефектов и повреждений в материале конструкций, образовавшихся при эксплуатации или монтаже.

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют всей трассе ВЛЭП для: фундаментов; опор; проводов, СИП, грозозащитных тросов; линейной изоляции; линейной арматуры; заземляющих устройств; элементов защиты от грозы. Визуально-оптический и измерительный контроль оборудования проводят в дневное время (Приложение 1).

В процессе эксплуатации визуально-оптический контроль выполняют невооруженным глазом, а также с применением оптических приборов: увеличительной лупы, бинокля, гаджетов и специальной фотоаппаратуры.

Для измерительного контроля используют: рулетки, линейки, штангенциркули, уровни, измерительные лупы, твердомеры.

Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии, что разработаны и утверждены требуемым порядком инструкции и методики их применения, например, специализированные тепловизоры к смартфонам. Величины погрешностей средств измерения определяются по стандартам и техническим условиям на средства измерения.

Выбор условий осмотра и контроля сводят к обеспечению нормальных условий освещенности и взаимного расположения опор ВЛЭП и аппаратуры в соответствии с НТД. Операции контроля ВЛЭП производят с учетом климатических характеристик и требований размещения аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации.

В процессе эксплуатации при визуально-оптическом контроле опор ВЛЭП проверяют отсутствие (наличие):

- механических повреждений поверхностей элементов;
- деформаций элементов конструкций; трещин и других поверхностных дефектов, получивших развитие в процессе эксплуатации;
- коррозионного и механического износа поверхностей;
- фактов неправильного монтажа или эксплуатации.

При измерительном контроле состояния опор определяют:

- размеры механических повреждений материала конструкций;
- геометрические параметры элементов;
- величины расстояний между элементами;
- величины расстояний между объектами, находящимися в зоне ВЛЭП;
- глубину коррозионных язв и размеры зон коррозионного повреждения, включая их глубину;
- твердость материалов опор.

Для детального анализа дефектов применяют гаджеты с оптическим увеличением не менее $\times 12$.

3 Правила технического обслуживания и капитального ремонта

Объектами технической эксплуатации воздушной линии (ВЛ) напряжением 35 и 110кВ являются: фундаменты; опоры; провода, грозозащитные тросы; линейная изоляция; линейная арматура;

заземляющие устройства; элементы защиты от разряда молний; трассы воздушных линий.

Работы в период эксплуатации - технического обслуживания и капитального ремонта ВЛ проводят с целью решения следующих задач:

- оценки технического состояния конструкции;
- поиска места неисправностей на элементах;
- установке причин неисправностей материалов опор;
- определению состава и срока ремонтно-восстановительных работ;
- прогнозированию технического состояния линии;
- определению остаточного ресурса опор;
- составлению рекомендаций по дальнейшей эксплуатации объекта.

При техническом обслуживании и капитальном ремонте ВЛ применяется один из следующих методов:

- комплексный, т.е. одна или несколько бригад выполняет полный объем работ на ВЛ в течение возможно более короткого срока;
- по видам работ, т.е. специализированные бригады выполняют однотипные работы на одной или нескольких параллельных ВЛ (например, замену приставок и выправку опор под напряжением, окраску металлических опор, расчистку трасс от зарослей и т.д.).

Техническое обслуживание и капитальный ремонт выполняют преимущественно комплексным методом.

При *капитальном ремонте ВЛ* выполняют комплекс мероприятий по поддержанию или восстановлению первоначальных эксплуатационных показателей и параметров ВЛ или отдельных ее элементов. При этом изношенные детали и элементы либо ремонтируют, либо заменяют более прочными и экономичными, улучшающими эксплуатационные характеристики линии.

Плановые работы по ремонту и техническому перевооружению ВЛ, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, производят по согласованию с землепользователями и, как правило, в период, когда эти угодья не заняты сельскохозяйственными культурами или, когда возможно обеспечение сохранности этих культур.

Работы по ликвидации аварий и техническому обслуживанию ВЛ производят в любой период без согласования с землепользователем, но с уведомлением его о проводимых работах.

После выполнения указанных работ предприятием электрических сетей (ПЭС), в ведении которого находятся ВЛ, должно привести земельные угодья в состояние, пригодное для использования по целевому назначению, а также возместить землепользователям убытки, причиненные при проведении работ.

Порядок эксплуатации ВЛ на территории предприятий и организаций, в полосах отвода железных и автомобильных дорог, в охранных зонах трубопроводов и линий связи согласовывают ПЭС, в ведении которого находятся эти ВЛ, с соответствующими предприятиями и организациями. Техническому персоналу ПЭС, в ведении которых находятся эти ВЛ, должно предоставляться право беспрепятственного доступа к ВЛ для их ремонта и технического обслуживания.

3.1 Планирование работ на воздушной линии и оформление технической документации

Для обеспечения планирования работ составляют годовые и месячные планы и графики технического обслуживания и ремонта ВЛ. Годовые планы работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ составляет служба линий или руководством районных электрических сетей (РЭС) на основании многолетних графиков.

Планы материально технического снабжения должны полностью соответствовать объемам и срокам, предусмотренным планом проведения капитального ремонта. *Годовые планы работ* на ВЛ оформляют в виде:

- планов графиков работ по техническому обслуживанию и ремонту каждой ВЛ;
- сводных планов (в денежном выражении) для ВЛ каждого класса напряжения с разбивкой по месяцам с указанием сводных объемов основных работ по капитальному ремонту.

Планы графики составляют в нескольких экземплярах (для мастера бригады централизованного обслуживания, службы линий, планового отдела и вышестоящей организации) и утверждаются ПЭС. При составлении планов и планов-графиков комплексных работ учитывают сезонный характер отдельных видов работ.

Объемы работ по техническому обслуживанию и капитальному ремонту ВЛ определяют на основании результатов измерений, проверок и осмотров. Для обеспечения нормальной эксплуатации ВЛ и контроля за выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту осуществляют ведение технической документации. Все изменения на существующих ВЛ, а также технические данные новых объектов после их приемки подлежат немедленному занесению в техническую документацию.

В сроки, установленные руководством ПЭС, мастерами бригад, обслуживающих ВЛ, и инженерно-техническим персоналом службы линий или территориальных производственных подразделений, производят сдачу и приемку выполненных объемов работ по каждой линии с

соответствующим оформлением в планах-графиках и оценку качества проведения этих работ.

Плановый отдел на основании принятых службой линий объемов работ составляет сводный отчет в денежном выражении с указанием физических объемов выполненных основных работ по капитальному ремонту и представляет его в вышестоящую организацию.

Техническая документация по эксплуатируемым ВЛ утвержденный проект, паспорт ВЛ, рабочие чертежи и схемы, исполнительная трасса (профиль), журналы монтажа, акты на скрытые работы, протоколы испытаний и измерений, акты измерений и осмотров, акты приемки и эксплуатацию, материалы учета технического обслуживания и ремонта ВЛ должна храниться в ПЭС.

При отсутствии проектной документации по ВЛ необходимые характеристики ее элементов и конструкций должны быть определены на основании технической инвентаризации и расчетов.

3.2 Оценка технического состояния линий напряжением 35 и 110кВ

Визуально-оптический и измерительный контроль

В процессе эксплуатации, визуально-оптический и измерительный контроль ВЛ проводят в соответствии с НТД для выявления видимых деформаций элементов ВЛ, поверхностных или выходящих на поверхность дефектов и повреждений в материале конструкций, образовавшихся при эксплуатации или монтаже опор.

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют для участка трассы ВЛ и элементов: фундаментов; опор; проводов, грозозащитных тросов; линейной изоляции; линейной арматуры; заземляющих устройств; элементов защиты от грозы. Контроль линии проводят в дневное время и независимо от наличия рабочего напряжения на объекте.

В процессе эксплуатации *визуально-оптический контроль* выполняют невооруженным глазом, а также с применением оптических приборов: увеличительной лупы, измерительной, бинокля, смартфонов и специальной фотоаппаратуры. Для измерительного контроля используют: рулетки, линейки, штангенциркули, уровни, измерительные лупы, твердомеры.

Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии, что разработаны и утверждены требуемым порядком инструкции и методики их применения, например, специализированные смартфоны.

Величины погрешностей применяемых средств измерения определяются по стандартам и техническим условиям на конкретные типы средств измерения. Выбор условий осмотра и контроля сводят к обеспечению нормальных условий освещенности объекта и взаимного расположения ВЛ и аппаратуры в соответствии с НТД.

Операции контроля производят с учетом климатических характеристик и требований размещения аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации.

В процессе эксплуатации при визуально-оптическом контроле оборудования ВЛ проверяют отсутствие (наличие):

- механических повреждений поверхностей элементов;
- деформаций элементов конструкций; трещин и других поверхностных дефектов, получивших развитие в процессе эксплуатации;
- коррозионного и механического износа поверхностей;
- фактов неправильного монтажа или эксплуатации.

При измерительном контроле состояния ВЛ определяют:

- размеры механических повреждений конструкций – заземляющего устройства, линейной изоляции, проводов, грозозащитных тросов и контактных соединений;
- геометрические параметры элементов ВЛ и величины расстояний между элементами;
- состояния контактных болтовых соединений проводов заданным НТД электрическими измерениям;
- значение электрической прочности подвесных тарельчатых фарфоровых изоляторов;
- величину сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 110кВ;
- знаков и плакатов на отдельных опорах ВЛ.

Для детального анализа дефектов применяют цифровой фотоаппарат или смартфон с оптическим увеличением не менее $\times 12$.

На основании полученных результатов и в соответствии с НТД для данного типа ВЛ определяют техническое состояние элементов и состав необходимых ремонтно-восстановительных работ.

По результатам визуально-оптического и измерительного контроля оформляется формуляр паспорта технического состояния опор воздушных линий электропередач.

4 Характерные неисправности оборудования линий

Рассмотрим характерные неисправности на различном электрооборудовании. *Неисправности на проводах, грозозащитных тросах и контактных соединениях:*

- наличие набросов, оборванных (лопнувших) или перегоревших проволок, следов перекрытия, оплавления верхнего повива;
- разрегулировка проводов фаз, разрегулировка проводов в одной расщепленной фазе;
- изменение стрел провеса и расстояний от проводов ВЛ до земли, до пересекаемых объектов,
- междуфазами до значений, отличных от допустимых;
- наличие коррозии проводов и тросов;
- повреждения проводов и тросов у зажимов, дистанционных распорок, гасителей пляски и подзащитными муфтами в роликовых подвесах на переходах ВЛ через водные преграды;
- отсутствие гасителей вибрации, гасителей пляски, предусмотренных проектом ВЛ, или их смещение от места установки;
- в креплениях и соединениях проводов и тросов: образование трещин в корпусе зажима или соединителя, отсутствие болтов и шайб, отвинчивание гаек, отсутствие или выползание шплинтов;
- неправильный монтаж зажимов или соединений;
- следы перегрева контакта зажима, вытяжка провода из зажима или соединителя, приближение петли к элементам анкерных и угловых опор, значительная изогнутость петли;
- ослабление крепления (вязки) провода к штыревым изоляторам, проскальзывание провода в вязке, дефекты сварки, наличие нестандартных зажимов.

Неисправности в подвесках и арматуре:

- механические повреждения фарфора или стекла изоляторов - скол части тарелок изолятора, появление трещин;
- следы перекрытия гирлянд и отдельных изоляторов - повреждение глазури, разрушение фарфора, стекла, следы оплавлений на армировке изоляторов и арматуре гирлянд;
- наличие дефектных (негодных) изоляторов;
- загрязненность изоляторов, вызывающая при сырой погоде коронирование;
- отклонение изолирующих поддерживающих подвесок от проектного положения сверх допустимого значения;

- неправильная насадка штыревых изоляторов на штыри, крюки;
- выползание стержня из головки изолятора, наличие погнутых стержней изоляторов, наличие трещины на шапке изолятора;
- отсутствие гаек, замков или шплинтов;
- коррозия арматуры и шапок изоляторов;
- трещины в арматуре, перетирание или деформация деталей арматуры;
- повреждение защитных рогов и колец, координирующих промежутков, изменение расстояния между рогами до значения, меньшего или большего допустимого;
- разгибание штырей и крюков (для крепления штыревых изоляторов), наличие трещин в них;
- разрушение защитных муфт на проводах (тросах) в роликовых подвесках на переходах ВЛ через водные преграды.

Неисправности заземляющих устройств:

- повреждения или обрывы заземляющих спусков на опоре и у земли;
- неудовлетворительный контакт в болтовых соединениях грозозащитного троса с заземляющими спусками или телом опоры;
- неудовлетворительный контакт соединения заземлителя с телом опоры - арматурой железобетонной опоры;
- превышение сверх допустимого значения сопротивления заземления опоры;
- отсутствие скоб, прикрепляющих заземляющие спуски к опоре;
- разрушение коррозией контура заземляющего устройства;
- выступание заземлителей над поверхностью земли;
- дефекты в установке трубчатых разрядников на опорах, несоответствие значения внешнего искрового промежутка заданному, плохое закрепление рогов разрядников;
- неправильная установка разрядника (возможность попадания влаги внутрь разрядника);
- неправильное расположение зон срабатывания разрядников, загрязнения, трещины и другие повреждения лакового покрытия разрядников;
- смещение разрядника от проектного положения, отсутствие или неисправность указателей срабатывания разрядника;
- наличие оплавлений на электродах внешнего искрового промежутка разрядника.

5 Технические требования, допуски и нормы отбраковки элементов линий напряжением 35 и 110кВ

5.1 Опоры воздушных линий

Обозначения опор в технической документации должны соответствовать фактическим данным.

На опорах ВЛ на высоте 2,5 - 3,0 м должны быть следующие постоянные знаки: порядковый номер и год установки на всех опорах; номер ВЛ или ее условное обозначение на концевых опорах, на первых опорах ответвления от ВЛ, на опорах в месте пересечения ВЛ одного напряжения, на опорах, ограничивающих пролет пересечения с железными дорогами и автомобильными дорогами IV категорий, а также на всех опорах участков трассы с параллельно идущими ВЛ, если расстояние между их осями менее 200 м.

На двух цепных и много цепных опорах ВЛ:

- обозначена цепь; расцветка фаз на концевых опорах, на опорах, смежных с транспозиционными, на первых опорах ответвлений от ВЛ;
- предупредительные плакаты на всех опорах ВЛ в населенной местности;
- плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи, на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до этих кабелей.

Кроме того, на стойках железобетонных опор несмываемой краской наносят заводскую маркировку с указанием проектного шифра стойки и кольцевые полосы (выше уровня грунта) и указанием расстояния от полосы до заглубленного конца стойки.

Опоры ВЛ, представляющие опасность для полетов самолетов и вертолетов, должны иметь сигнальное освещение (светоограждение) и дневную маркировку (окраску), выполненную в соответствии с ПУЭ.

5.2 Провода грозозащитные тросы и их соединения

При эксплуатации ВЛ допускается уменьшение площади поперечного сечения монопроводов и тросов (алюминиевых, медных, бронзовых, стальных, из сплавов) и проводящей части комбинированных проводов и тросов (алюминия в сталеалюминевых, бронзы в сталебронзовых, алюминиевого сплава в проводах типа АЖС) до:

- 17%, но не более четырех проволок при закреплении оборванных или поврежденных проволок бандажами;

- 34 % при ремонте места повреждения с помощью ремонтных зажимов, монтируемых методом опрессования.

При повреждениях провода или троса больше, чем указано выше, а также при обрыве хотя бы одной проволоки сердечника комбинированного провода (троса) необходимо вырезать поврежденный участок провода.

При одновременном обрыве и местном повреждении принимается, что местное повреждение трех проволок соответствует обрыву двух проволок. Местным повреждением проволок, подлежащих ремонту, считается вмятина на глубину, превышающую половину диаметра проволоки.

Допустимые расстояния от проводов (тросов) ВЛ до поверхности земли, сооружений, дорог, рек, наименьшие расстояния приближения ВЛ к различным объектам и сооружениям, а также между проводами и грозозащитными тросами пересекающихся ВЛ приведены в НТД. Фактическая стрела провеса провода или троса не должна отличаться от проектного значения более чем на 5 % (с учетом температуры воздуха в момент измерения) при соблюдении расстояний до земли и пересекаемых объектов.

Изоляционное расстояние по воздуху между проводами петель и телом опоры, а также расстояние между проводами ВЛ в местах их пересечения между собой или транспозиции на опоре, ответвлениях и переходе с одного положения проводов на другое не должны отличаться от проектных значений более чем на минус 10 %.

Разрегулировку проводов различных фаз одного относительно другого, а также разрегулировку тросов следует допускать не более 10 % проектного значения стрелы провеса провода (троса).

В пролетах пересечения ВЛ, находящихся в эксплуатации, с другими ВЛ и линиями связи допускается установка на каждом проводе или тросе пересекающей ВЛ не более двух соединителей. Количество соединений проводов и тросов на пересекаемой ВЛ не регламентируется.

Минимальное расстояние от соединительного зажима до зажима с ограниченной прочностью заделки должно быть не менее 25 м.

Расстояние между соединительными (ремонтными) зажимами в пролете должно быть не менее:

- 5 м для проводов (тросов) сечением до 50 мм вкл.,
- 10 м св. 50 до 95 мм вкл.,
- 15 м - св. 95 до 185 мм вкл.,
- 30 м - св. 185 мм.

Прочность заделки проводов и грозозащитных тросов в соединительных и натяжных зажимах, установленных в пролетах ВЛ, должна составлять не менее 90 % предела прочности провода или троса.

Соединительные и натяжные зажимы проводов и грозозащитных тросов отбраковывают, если:

- монтаж зажимов выполнен с нарушением указаний по их монтажу;
- геометрические размеры (длина и диаметр спрессованной части) не соответствуют требованиям указаний по монтажу зажимов;
- на поверхности соединителя имеются трещины, следы значительной коррозии или механические повреждения;
- кривизна спрессованного соединителя превышает 3 % его длины;
- стальной сердечник спрессованного соединителя расположен несимметрично по отношению к алюминиевому корпусу;
- наблюдается свечение или изменение цвета соединителя от нагрева током нагрузки ВЛ.

Прессуемые зажимы должны иметь диаметр после опрессования, превышающий не более чем на 0,3мм диаметр матрицы, а диаметр матрицы не должен превышать ее номинальный диаметр более чем на 0,2мм.

Сварные соединения бракуют, если пережжен наружный повив провода, нарушена сварка при перегибе проводов руками, образовалась усадочная раковина в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода, но не более 6 мм для сталеалюминиевых проводов сечением 150 - 600мм.

Болтовые соединения на действующей ВЛ бракуют, если падение напряжения или сопротивление на участке соединения более чем в 2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке целого провода той же длины.

На соединителях, смонтированных методом скручивания, число витков должно быть в пределах 4 - 4,5, а для скрученных соединителей СОАС – 95-3 с проводом АЖС 70/39 - 5,5 витков.

Неисправный участок провода или молниезащитного троса должен быть заменен отрезком нового провода (троса) той же марки, что и поврежденный.

5.3 Линейная арматура

Арматура должна браковаться и подлежать замене, если:

- поверхность арматуры покрыта сплошной коррозией и площадь опасных сечений ослаблена более чем на 20 %;
- в деталях арматуры имеются трещины, раковины, оплавления, изгибы;
- форма и размеры деталей не соответствуют чертежам;
- оси и другие детали шарнирных сочленений имеют значительный износ и их размеры отличаются от проектных более чем на 10 %.

Сцепление изоляторов подвесок должно быть зафиксировано с помощью замков; замки в изоляторах должны быть расположены входными концами в сторону стойки опоры у поддерживающих подвесок и входными концами вниз у натяжных подвесок. Все детали цепной арматуры должны быть зашплинтованы. Пальцы должны быть установлены головкой вверх и иметь навернутую гайку.

Эксплуатация замков изоляторов и шплинтов в арматуре, имеющих размеры, отличающиеся от указанных на чертежах, а также покрытых коррозией и потерявших упругость, *не допускается*. Такие замки и шплинты должны быть заменены при верховых осмотрах и проверках или при очередном капитальном ремонте ВЛ.

У гасителей вибрации расстояния между осью гасителя и местом выхода провода (троса) из поддерживающего или натяжного зажима, точки схода с ролика много роликового подвеса или от края защитной муфты не должны отличаться от проектного значения более чем на ± 25 мм.

Разворот коромысла подвесного зажима расщепленных проводов фазы допускается до 5° . Расстояние между группами дистанционных распорок не должно отличаться от проектного более чем на ± 10 %. Расстояние между рогами искровых промежутков на молниезащитных тросах не должно отличаться от проектного более чем на ± 10 %.

Крепление проводов вязкой на штыревых изоляторах производят вязальной проволокой из того же металла, что и провод. При этом алюминиевая проволока должна иметь диаметр 2,5 - 3,5 мм, а стальная – 2 - 2,7 мм.

5.4 Линейная изоляция

Количество и тип изоляторов на ВЛ выбирают в соответствии с проектом, требованиями ПУЭ, Инструкции по выбору изоляции электроустановок, а также с учетом местных условий.

Фарфоровые изоляторы должны браковаться и подлежать замене, если:

- имеются радиальные трещины, бой фарфора (более 25 % объема фарфора) ;
- есть оплавления или ожоги глазури, стойкое загрязнение поверхности фарфора;
- имеются трещины, искривление и выползание стержней изоляторов; трещины в шапках изоляторов;
- не выдерживают напряжения (нулевые изоляторы) при измерении изоляторов штангой с искровым промежутком или другими штангами;

- выдерживают не более 50 % значения напряжения, нормально приходящегося на изолятор, с учетом места его установки в гирлянде; значение напряжения, приходящегося на изолятор, устанавливается с помощью измерительной штанги с переменным искровым промежутком;
- отсутствует нормальное распределение напряжений в гирляндах из изоляторов разных типов;
- при испытании повышенным напряжением 50кВ частоты 50Гц от постороннего источника они пробиваются или перекрываются при приложении испытательного напряжения в течение 1 мин;
- при проверке мегаомметром на напряжение 2500В сопротивление сухих изоляторов менее 300МОм.

Изоляторы, имеющие незначительные повреждения фарфора (сколы ребер или краев «тарелки» и т.п.), а также незначительные следы перекрытия на поверхности фарфора могут быть оставлены в эксплуатации после контрольных измерений этих изоляторов по решению главного инженера.

Стекланные изоляторы должны браковаться и подлежать замене при разрушении стекла, появлении на поверхности стекла волосяных трещин, стойком загрязнении поверхности стекла. Выявленные на ВЛ 35 и 110кВ неисправные изоляторы подлежат замене в сроки, приведенные в НТД.

Значение допустимого отклонения поддерживающих изолирующих подвесок от проектного положения вдоль ВЛ должно быть не более:

- 50 мм - для ВЛ 35кВ;
- 100 мм - для ВЛ 110кВ;

Разность длины различных цепей (ветвей) натяжных изолирующих подвесок одной фазы с общим узлом крепления к траверсе допускается не более ± 1 % длины подвески.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение воздушной линии (ВЛ) с неизолированными проводами.
2. Что принимают за начало и конец ВЛ?
3. Какими выполняют ВЛ переменного и постоянного тока?
4. Что является объектами эксплуатации ВЛ напряжением 35 и 110кВ?
5. С целью выполнения каких задач проводят работы в период эксплуатации ВЛ?
6. Какие методы применяются при техническом обслуживании и капитальном ремонте ВЛ?
7. Когда производят работы при ликвидации аварий и обслуживанию ВЛ?
8. В каком виде оформляют годовые планы работ на ВЛ?
9. Какая техническая документация по эксплуатируемым ВЛ должна храниться в ПЭС?
10. Какими приборами выполняют визуально-оптический контроль элементов ВЛ?
11. Что проверяется в процессе эксплуатации при визуально-оптическом контроле оборудования ВЛ?
12. Какие неисправности возникают на проводах, грозозащитных тросах и контактных соединениях ВЛ?
13. Назовите неисправности в подвесках и арматуре ВЛ.
14. Перечислите неисправности заземляющих устройств ВЛ.
15. Какие постоянные знаки должны быть на опорах ВЛ?
16. На какой процент допускается уменьшение площади поперечного сечения монопроводов и тросов ВЛ?
17. Когда отбраковывают соединительные и натяжные зажимы проводов и грозозащитных тросов ВЛ?
18. В каких случаях бракует линейную арматуру ВЛ?
19. Когда отбраковывают линейные фарфоровые изоляторы ВЛ?
20. В каких случаях бракует линейные стеклянные изоляторы ВЛ?

ПРОГРАММА РАБОТЫ

6. Изучить и кратко законспектировать теоретические сведения о методах и средствах для измерения и контроля параметров оборудования воздушных линий электропередач с неизолированными проводами.
7. Выполнить визуальный и инструментальный осмотр элементов воздушных линий электропередач систем электроснабжения.
8. Измерить, проверить и оценить электрические и механические параметры элементов воздушных линий электропередач с неизолированными проводами.
9. Измерить, проверить и оценить распределение напряжений по подвесным фарфоровым изоляторам гирлянд напряжением 35-110кВ.
10. Провести анализ полученных технических и электрических характеристик и параметров оборудования воздушных линий электропередач систем характеристик и сделать выводы по лабораторной работе.
11. Ответить на контрольные вопросы и защитить отчет по работе.

Оборудование рабочего места

1. Модели оборудования и элементов ВЛ с неизолированными проводами.
2. Цифровые и аналоговые приборы визуально-оптического контроля: бинокль (кратность оптического увеличения не менее $\times 48$); цифровой фотоаппарат или смартфон с дополнительным оборудованием.
3. Цифровой измеритель сопротивления групповых заземляющих устройств, молниезащиты, проводников соединения к земле и выравнивания потенциалов MRU-101.
4. Провод измерительный 25 и 50 м на катушке с разъемами.
5. Провод измерительный 1,2 м с острым зондом.
6. Провод измерительный 2,2 м разъемами «банан».
7. Зонд измерительный для забивки в грунт (30 см).
8. Зажим «Крокодил» изолированный.
9. Кабель для зарядки аккумуляторов (для MRU-101).
10. Кабель последовательного интерфейса RS-232.
11. Прибор цифровой NOVOTEST Т-УДЗ.
11. Оборудование лаборатории.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. По инструкции подготовить прибор для MRU-101 к работе.
3. По заданной трех или четырех проводной схеме, в соответствии с инструкцией по эксплуатации MRU-101, выполнить пункты 4 и 5.
4. Подключить цифровой прибор MRU-101 к макету одиночного заземляющего устройства.
5. Произвести измерение и оценить величины сопротивления элементов заземляющего устройства.
6. Заполнить протоколы измерений сопротивления макетов одиночных заземляющих устройств воздушной линии с неизолированными проводами.

Оформление отчета

1. Перечень работ на элементах оборудования воздушной линии с неизолированными проводами: организация работ; обследование части ВЛ, относящийся к одной опоре; обработка и оформление документации (Приложение 2.1).
2. Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов воздушной линии (Приложение 2.2)
3. Таблица технического состояния оборудования по результатам визуально-оптического и измерительного контроля методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ на ВЛ (Приложение 2.3).
4. Цифровой прибор для измерений сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ и протокол измерений (Приложение 2.4).
5. Средства измерений твердости металла опор ВЛ с неизолированными проводами методами Бринелля, Виккерса и Роквелла (Приложение 2.5).
6. Обработка и оформление. Выводы по работе.

ЗАНЯТИЕ № 3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ПРОВОДАМИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Мониторинг технического состояния воздушных линий электропередачи с самонесущими изолированными и защищенными проводами.

Обоснование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования воздушных линий электропередачи.

Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий с самонесущими изолированными и защищенными проводами.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Воздушная линия электропередачи (ВЛЭП) с самонесущими изолированными и защищенными проводами - устройство для передачи и распределения электрической энергии по *изолированным* (неизолированным) *проводам*, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

За начало и конец ВЛЭП принимаются линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а за ответвления - ответвительные опоры и линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств. Воздушные линии электропередачи могут быть переменного и постоянного тока.

ВЛЭП переменного тока присоединяют к источнику переменного тока или соединяют ими две системы переменного тока. Воздушные линии переменного тока выполняют одно цепными, содержащими одну цепь, двух цепными, содержащими две отдельные цепи, подвешиваемые на одной или нескольких опорах, и много цепными с более чем двумя отдельными цепями, подвешиваемыми на одной опоре.

Соответственно, один или несколько проводов, или один из выводов многофазной системы переменного тока линии выполняют с одним или несколькими проводами в фазе, во этом случае фазу называют расщепленной.

ВЛЭП постоянного тока присоединяют к источнику постоянного тока, которую делают одно цепной, двух цепной и много цепной, однополюсной и двухполюсной.

Техническими мероприятиями, проводимыми при эксплуатации систем электроснабжения (СЭС), являются технические обслуживания (ТО) и ремонты электрооборудования.

Помимо основной задачи, связанной с поддержанием электрооборудования СЭС в исправном состоянии, персонал предприятий электрических сетей (ПЭС) обосновывает планы и программы деятельности по ТО и ремонту ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами.

Персонал разрабатывает нормативно-техническую документацию (НТД) по ТО и ремонту элементов ВЛЭП, проводит обучение по разработке и обоснованию планов и программ деятельности по ТО и ремонту элементов ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами.

Мониторингом называют состояние, которое характеризуется в определенный момент времени и в определенной среде значениями параметров, установленных НТД на объект эксплуатации – ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами.

Дефектом опоры ВЛЭП называют отдельное несоответствие элемента электрической сети требованиям технической эксплуатации, установленным НТД.

Объектами эксплуатации ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами являются: фундаменты; металлические, железобетонные и деревянные опоры; заземляющие устройства; элементы защиты от разряда молний; самонесущие изолированные провода (СИП), трассы воздушных линий.

Работы в период эксплуатации ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами проводят с целью решения задач по:

- обоснованию планов и программ деятельности по ТО и ремонту;
- разработке НТД по ТО и ремонту;
- оценке технического состояния конструкции;
- поиску места неисправностей на элементах;
- установке причин неисправностей материалов;
- определению состава и срока ремонтно-восстановительных работ;
- прогнозированию технического состояния линии;
- определению остаточного ресурса;
- составлению рекомендаций по дальнейшей эксплуатации.

1 Преимущества воздушных линий с изолированными проводами

Первые воздушные линии с изолированными (ВЛИ) проводами появились во Франции в 1955 году. Из-за ограниченности выбора материалов в то время жилы были медными, а изоляция – из искусственной резины с неопреновой оболочкой для защиты от атмосферных воздействий. Новая технология оказалась надежной, и энергосистема Франции совместно с производителями кабеля и арматуры продолжила её развитие.

На сегодняшний день эксплуатируются ВЛИ напряжением до 35кВ. Применение самонесущих изолированных и защищённых проводов является наиболее перспективным, с точки зрения эксплуатации, путём развития электрических распределительных сетей.

Основными конструктивными особенностями ВЛИ по сравнению с традиционными ВЛЭП с применением неизолированных проводов являются:

- наличие изоляции на токоведущих жилах;
- отсутствие траверс и изоляторов;
- минимальное расстояние между токоведущими жилами, которое ограничивается только толщиной изоляции и обуславливает малое реактивное сопротивление ВЛИ.

Основные преимущества при проектировании, монтаже и эксплуатации ВЛИ состоят в значительном повышении надёжности распределительных электрических сетей. Следствием этого является снижение эксплуатационных затрат при техническом обслуживании и ремонте, т.к. провода ВЛИ располагаются на существующих опорах ВЛЭП.

Все преимущества ВЛИ можно объединить в три группы.

Первая группа. При проектировании и монтаже обеспечивается:

- простота конструктивного исполнения опор (отсутствие траверс и изоляторов);
- простота исполнения нескольких ответвлений от одной опоры;
- простота исполнения многоцепных линий, возможность исполнения четырёх - и более цепных линий;
- возможность совместной подвески нескольких цепей ВЛИ с ВЛ 6-10кВ и линиями связи;
- уменьшение безопасных расстояний от зданий и инженерных сооружений;
- возможность применения для опор ВЛИ стоек меньшей длины;
- увеличение длины пролётов (это преимущество не распространяется на систему СИП с изолированным нулевым несущим проводом);
- возможность прокладки СИП по стенам зданий и сооружений;

- эстетичность конструктивного исполнения воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ в условиях жилой застройки при отказе от опор на тротуарах и монтаже линии по фасадам зданий;
- эстетичность исполнения воздушных линий уличного освещения;
- отсутствие необходимости в вырубке просеки перед монтажом;
- простота монтажных работ и, соответственно, уменьшение сроков строительства.

Вторая группа. При эксплуатации ВЛИ, обеспечивается дополнительная безопасность работников, за счет:

- высокой надёжности в обеспечении электрической энергией в связи с низкой удельной повреждаемостью;
- отсутствия многочисленных замен повреждённых изоляторов, дефектного провода, выправки или замены дефектных траверс;
- сокращения объёмов и времени аварийно-восстановительных работ;
- снижения (более 80 %) эксплуатационных затрат по сравнению с традиционными ВЛЭП. Это обуславливается высокой надёжностью и бесперебойностью электроснабжения потребителей, а также отсутствием необходимости в расчистке просек в процессе эксплуатации линии;
- исключения коротких междуфазных замыканий и замыканий на землю;
- отсутствия гололёда и налипания мокрого снега. Полиэтилен изоляционной оболочки проводников является неполярным диэлектриком и не образует ни электрических, ни химических связей с контактирующим с ним веществом;
- высокой механической прочности проводов, которая уменьшает вероятность их обрыва;
- пожаробезопасности, обусловленной исключением коротких замыканий при схлёстывании проводов или перекрытии их посторонними предметами;
- адаптация к изменению режима и развитию сети;
- уменьшение безопасных расстояний до зданий и инженерных сооружений;
- возможность выполнения работ на воздушных линиях с изолированными проводами ВЛИ под напряжением без отключения потребителей (подключение абонентов, присоединение новых ответвлений);
- значительное уменьшение случаев электротравматизма при эксплуатации ВЛИ;

- обеспечение безопасности работ вблизи ВЛИ по сравнению с традиционными ВЛЭП.

Третья группа – преимущества, влияющие на качество электрической энергии и снижение технических потерь в воздушных распределительных сетях напряжением до 1000В:

- снижение потерь напряжения как основного показателя качества электрической энергии вследствие малого реактивного сопротивления ВЛИ по сравнению с традиционными ВЛЭП;
- снижение технических потерь электрической энергии вследствие малого реактивного сопротивления СИП;
- снижение коммерческих потерь электрической энергии. Существенно ограничен несанкционированный отбор электроэнергии, так как изолированные, скрученные между собой жилы исключают самовольное подключение к воздушным линиям с изолированными проводами ВЛИ путём набросов на провода;
- значительное снижение случаев вандализма и воровства. Температура плавления изоляции жил близка к температуре плавления алюминия. СИП не пригодны для вторичной переработки с целью получения цветного металла.

2 Конструкция линий с изолированными проводами

Эксплуатируемый объект - ВЛИ представляет собой воздушную линию с изолированными скрученными в жгут проводами, проложенными без изоляторов вне помещений на опорах, стенах зданий и сооружениях и между ними с применением специальной арматуры. Провода ВЛИ могут подвешиваться на опорах других ВЛЭП напряжением 0,38 - 35кВ.

Самонесущие изолированные провода – СИП представляют собой провод с алюминиевыми токопроводящими жилами, с изоляцией из светостабилизированного сшитого или термопластичного полиэтилена, скрученными с нулевым несущим проводом из алюминиевого сплава, причём несущий провод может быть изолирован или не изолирован. Европейский стандарт HD 626 описывает все типы СИП.

На практике распространены три основные системы СИП (рисунок 1).

Воздушные линии с изолированными проводами до 1000В сооружаются в соответствии с требованиями НТД. Изолированные скрученные в жгут провода могут иметь следующие конструктивные исполнения:

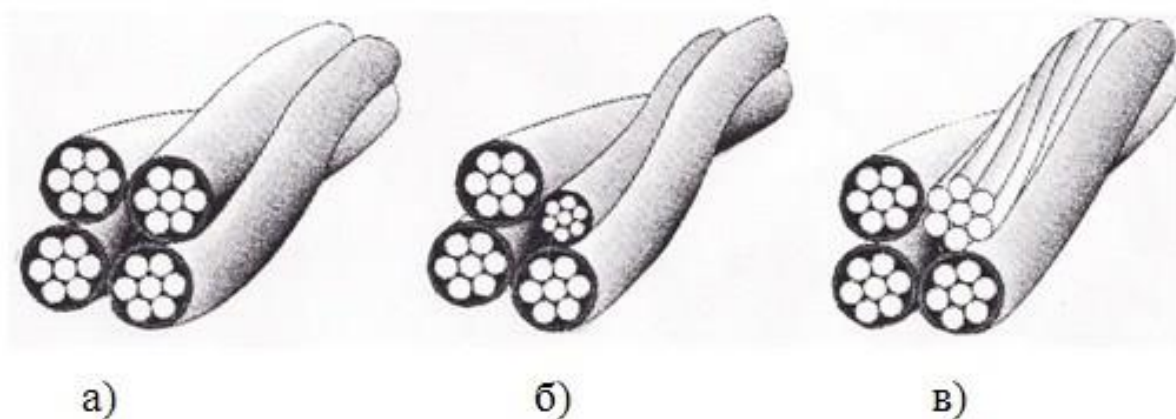


Рисунок 1 - Основные типы объектов эксплуатации - СИП до 1000В по Европейскому стандарту HD 626:

а) – самонесущая система проводов СИП; б) – СИП с изолированной несущей нейтралью; в) – СИП с голой несущей нейтралью

- изолированные фазные провода скручены вокруг изолированного нулевого несущего провода;
- изолированные фазные провода скручены вокруг неизолированного нулевого несущего провода;
- изолированные фазные и нулевой провода скручены без несущего провода;
- изолированные фазные и нулевой провода являются несущими.

В конструкции СИП при необходимости могут добавляться изолированные контрольные провода и провода освещения. Жилы фазных проводов выполнены из алюминия, жила нулевого несущего провода из алюминиевого сплава. Изолирующая оболочка проводов выполнена из светостабилизированного атмосферостойкого полиэтилена черного цвета.

На линиях ВЛИ применяют СИП с несущим проводом или без него. СИП, выполненный без несущего провода, используют только для выполнения ответвлений к вводам в здания или сооружения при длине промежуточного пролета не более 20 м.

Технические характеристики СИП различного конструктивного исполнения приведены в НТД.

Маркировку проводов СИП выполняют следующим образом:

- по всей длине проводов, изготавливаемых АО "Иркутсккабель" (типа СИП-2А), на изоляцию наносятся несмываемой краской непрерывные продольные полосы различного цвета или вдавливанием цифры 1, 2 или 3;
- по всей длине фазных проводов Торсада на изоляцию наносятся несмываемой краской или вдавливанием цифры 1, 2 или 3 с интервалом 1 м, на провода наружного освещения маркер «Ер 1» или

«Ер 2» с таким же интервалом, на изоляцию нулевого несущего провода маркер «RETILENS 268» и номер стандарта NFS 32209, в соответствии с которым изготовлен провод;

- по всей длине фазных проводов АМКА, СИП-1, СИП-2 на изоляцию наносятся непрерывные продольные выступающие гребни: фазные провода имеют 2, 3 или 4 параллельно расположенных гребня.

Маркировка проводов других заводов изготовителей приводится в технической документации на конкретные типы проводов.

Сооружение ВЛИ 0,38кВ осуществляют с применением специальной арматуры и с помощью инструментов и приспособлений, предназначенных для проводов конкретного конструктивного исполнения. Технические характеристики арматуры для соединения и подвески СИП на опорах, а также прокладки по фасадам зданий и сооружений приводят в НТД конкретных фирм и заводов изготовителей.

Разработаны и испытаны для применения на СИП системы соединителей с прокалыванием изоляции. Технология прокола повысила безопасность работы под напряжением, исключив снятие изоляции с провода, при этом упростив и ускорив монтаж соединителя. Одним из главных преимуществ технологии прокола является то, что алюминий не подвергается окислению перед монтажом контакта. Соприкасающаяся с соединителем поверхность не нуждается в предварительной зачистке. Благодаря большому контактному давлению и отличному внедрению в контактной точке технология прокола оказалась инновационным решением.

Для допуска в эксплуатацию герметичные соединители проходят испытания для проверки работоспособности в самых тяжёлых условиях окружающей среды:

- монтаж и эксплуатация при низких температурах;
- гарантированная герметичность при испытании напряжением 6кВ при погружении в воду на глубину 30 см в течение 30 мин.;
- коррозионная стойкость металлических деталей;
- неизменная температура и сопротивление контакта при циклических нагрузках и перегрузках.

Провода марки СИП-3 – высоковольтные самонесущие изолированные провода, рассчитанные на рабочее напряжение до 20кВ частотой 50 Гц.

Поводом для разработки этих проводов послужила возможность уменьшить ширину просеки при прохождении лесных массивов. Конструкция СИП-3 позволяет обеспечить бесперебойную работу линии даже в случае падения деревьев на провода или их схлёстывания, что

невозможно для аналогичных традиционных линий с голыми проводами марок А и АС.

Это одножильный провод, в котором уплотнённая сталеалюминевая жила имеет изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена (XLPE) (рисунок 2).

Сечение проводов от 50 до 120 мм². Районы по гололёду и ветровым нагрузкам с I по IV.

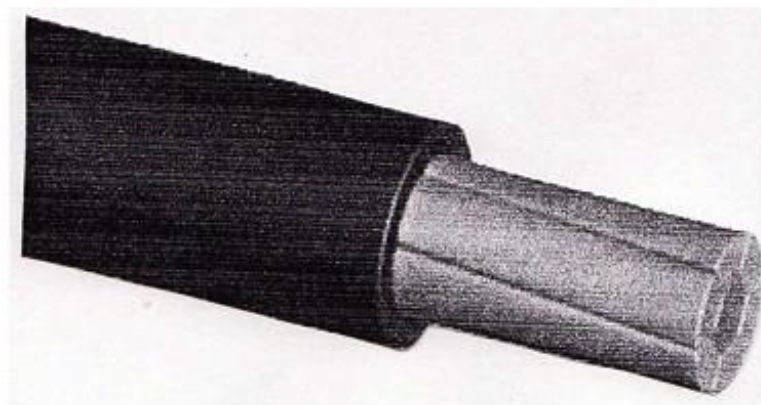


Рисунок 2 – Элементы конструкции СИП-3

Модифицированный провод для ВЛИ напряжением до 35кВ частотой 50 Гц марок ЗАЛП и ЗАЛП-В выпускает предприятие ЗАО «Завод Москабель».

Уникальность этих проводов заключается в обеспечении повышенной гибкости провода при его монтаже. Наличие блокирующих воду элементов в конструкции провода ЗАЛП-В препятствует продольному распространению влаги по токопроводящей жиле, что позволяет продолжить работы по монтажу линии в случае возникновения повышенной влажности (дождь).

Провод ЗАЛП представляет собой многопроволочную уплотнённую токопроводящую жилу из алюминиевого сплава, с защитной оболочкой из сшитого светостабилизированного полиэтилена. Конструкция ЗАЛП-В дополнена блокирующими воду элементами в виде нитей и лент.

3 Организация работ по обследованию линий с самонесущими изолированными и защищенными проводами

Оценку технического состояния элементов ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами производят по результатам их обследования. Для объективной оценки состояния линий образуется рабочая группа (комиссия) в составе представителей ПЭС,

эксплуатирующего обследуемую ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами, и специалистов других организаций, проводящих обследование.

Руководителем рабочей группы (председателем комиссии) является, как правило, главный инженер ПЭС.

При необходимости в состав рабочей группы (комиссии) включаются представители заводов-изготовителей, проектных, строительно-монтажных, специализированных, научно-исследовательских и других организаций.

Специализированные и научно-исследовательские организации привлекают к следующим работам по оценке технического состояния элементов ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами:

- испытания конструкций и других элементов;
- проведение проверочных расчетов элементов;
- определение структуры и расчетного сопротивления металлоконструкций опор при отсутствии проектной документации;
- определение фактической прочности железобетонных стоек и фундаментов неразрушающими методами;
- проведение механических испытаний;
- проведение испытаний линейной изоляции;
- определение фактической прочности проводов и линейной арматуры.

Специализированные организации привлекают к обследованию конструкций ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами также в случаях:

- обнаружения значительных отступлений от проекта при наличии массовых дефектов и повреждений;
- увеличения по сравнению с проектом нагрузок на опоры, увеличения пролетов, замены проводов на большие сечения, изменения расчетных ветровых, гололедных нагрузок.

На основе проведенного обследования, изучения и анализа проектной, строительной и эксплуатационной документации, изменений условий эксплуатации и проведения в случае необходимости испытаний элементов ВЛЭП составляется акт, протокол или технический отчет, в которых приводится оценка технического состояния элементов линии и ВЛЭП в целом, и рекомендации по их дальнейшему использованию.

В случае принятия решения о техническом перевооружении, реконструкции или модернизации ВЛЭП данные обследования прикладываются к техническому заданию на проектирование.

В функции заказчика (ПЭС) по организации обследования входит:

- выдача заказа проектной, специализированным организациям (исполнителю) на участие в обследовании ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами с указанием наименования, протяженности, предполагаемого объекта обследования;
- оформление договора, перечисление аванса и поэтапных выплат в установленные договором сроки;
- утверждение программы и календарного плана выполнения работ;
- предоставление рабочей группе (комиссии) полного комплекта строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛЭП, данных по измененным условиям за время эксплуатации ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами;
- инструктаж по технике безопасности, обеспечение средствами защиты (при необходимости), назначение работников, ответственных за безопасное проведение работ;
- обеспечение транспортными средствами для передвижения по трассе ВЛЭП, предоставление электромонтеров для верхового осмотра элементов ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами;
- обеспечение жильем членов рабочей группы (комиссии) на время проведения обследования.

В функции проектной, специализированной организации (исполнителя) входит:

- составление договора на обследование ВЛЭП, составление программы и календарного плана проведения работ;
- заключение при необходимости субподрядного договора с привлекаемыми в соответствии с объемом и составом работ организациями;
- изучение строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами и проверка ее на соответствие проекту;
- анализ измененных нормативов и условий работы ВЛЭП за период эксплуатации и оценка степени их влияния на надежность работы ВЛЭП;
- проведение обследования ВЛЭП в соответствии с утвержденными объемом, программой и календарным планом;
- выполнение необходимых измерений, расчетов и проработок для выработки окончательных выводов, и рекомендации по оценке технического состояния элементов линии и ВЛЭП в целом;
- оформление документов по итогам работы.

4 Мониторинг технического состояния элементов линий с самонесущими изолированными и защищенными проводами

Визуально-оптический и измерительный контроль

В процессе эксплуатации, визуально-оптический и измерительный контроль материалов элементов проводят в соответствии с НТД для выявления видимых деформаций частей ВЛЭП, поверхностных или выходящих на поверхность дефектов и повреждений в материале конструкций, образовавшихся при эксплуатации или монтаже.

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют всей трассе ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами для: фундаментов; опор; проводов, СИП, грозозащитных тросов, линейной арматуры; заземляющих устройств; элементов защиты от грозы. Визуально-оптический и измерительный контроль оборудования проводят в дневное время (Приложение 1).

В процессе эксплуатации визуально-оптический контроль выполняют невооруженным глазом, а также с применением оптических приборов: увеличительной лупы, бинокля, гаджетов и специальной фотоаппаратуры.

Для измерительного контроля используют: рулетки, линейки, штангенциркули, уровни, измерительные лупы, твердомеры.

Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии, что разработаны и утверждены требуемым порядком инструкции и методики их применения, например, специализированные тепловизоры к смартфонам. Величины погрешностей средств измерения определяются по стандартам и техническим условиям на средства измерения.

Выбор условий осмотра и контроля сводят к обеспечению нормальных условий освещенности и взаимного расположения опор ВЛЭП и аппаратуры в соответствии с НТД. Операции контроля ВЛЭП производят с учетом климатических характеристик и требований размещения аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации.

В процессе эксплуатации при визуально-оптическом контроле опор ВЛЭП с самонесущими изолированными и защищенными проводами проверяют отсутствие (наличие):

- механических повреждений поверхностей элементов;
- деформаций элементов конструкций; трещин и других поверхностных дефектов, получивших развитие в процессе эксплуатации;
- коррозионного и механического износа поверхностей;
- фактов неправильного монтажа или эксплуатации.

При измерительном контроле определяют:

- размеры механических повреждений материала конструкций;
- геометрические параметры элементов;
- величины расстояний между элементами;
- величины расстояний между объектами, находящимися в зоне ВЛЭП;
- глубину коррозионных язв и размеры зон коррозионного повреждения, включая их глубину;
- твердость материалов опор.

Для детального анализа дефектов применяют гаджеты с оптическим увеличением не менее $\times 12$.

5 Техническое обслуживание воздушных линий

Работы в период эксплуатации - технического обслуживания воздушных линий с изоляцией (ВЛИ) на базе самонесущих изолированных (СИП) и защищенных (ВЛЗ) проводов проводят с целью решения следующих задач:

- оценки технического состояния конструкции;
- поиска места неисправностей на элементах;
- установке причин неисправностей материалов опор;
- определению состава и срока ремонтно-восстановительных работ;
- прогнозированию технического состояния линии;
- определению остаточного ресурса опор;
- составлению рекомендаций по дальнейшей эксплуатации объекта.

При техническом обслуживании ВЛИ применяется один из следующих методов:

- комплексный, т.е. одна или несколько бригад выполняет полный объем работ на объекте эксплуатации в течение возможно более короткого срока;
- по видам работ, т.е. специализированные бригады выполняют однотипные работы на одной или нескольких параллельных ВЛИ (например, замену приставок и выправку опор под напряжением, расчистку трасс от зарослей и т.д.).

Техническое обслуживание ВЛИ выполняют преимущественно комплексным методом (рисунок 3).

Плановые работы по техническому перевооружению ВЛИ, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, производят по согласованию с землепользователями и, как правило, в период, когда эти угодья не заняты сельскохозяйственными культурами или, когда возможно обеспечение сохранности этих культур.



Рисунок 3 – Работы по техническому обслуживанию ВЛИ

Работы по техническому обслуживанию ВЛИ производят в любой период без согласования с землепользователем, но с уведомлением его о проводимых работах. После выполнения указанных работ предприятием электрических сетей (ПЭС), в ведении которого находятся ВЛИ, должно привести земельные угодья в состояние, пригодное для использования по целевому назначению, а также возместить землепользователям убытки, причиненные при проведении работ.

Порядок эксплуатации ВЛИ на территории предприятий и организаций, в полосах отвода железных и автомобильных дорог, в охранных зонах трубопроводов и линий связи согласовывают ПЭС, в ведении которого находятся эти ВЛИ, с соответствующими предприятиями и организациями.

Техническому персоналу ПЭС, в ведении которых находятся эти ВЛИ, должно предоставляться право беспрепятственного доступа к ВЛИ для их ремонта и технического обслуживания.

Техническое обслуживание ВЛИ предусматривает выполнение работ по визуальному осмотру, инструментальной проверке опор и их элементов,

а также проводов и арматуры с выполнением работ по мере необходимости, т.е. по текущему состоянию оборудования (таблица 1).

Таблица 1 – Периодичность технического обслуживания ВЛИ

Наименование работы	Периодичность	Примечание
1. Визуальные осмотры объекта		
1.1. Осмотр после стихийного явления	Для определения объема восстановительного ремонта; после окончания ремонта	С заполнением листка осмотра
1.2. Осмотр, в том числе верховой, ВЛИ, включенной в лан ремонта на следующий год	В течение года, предшествующего проведению ремонта	На основании результатов осмотра составляются сметы и спецификации. Осмотр выполняется с участием инженерно-технического персонала
2. Инструментальные проверки опор и их элементов		
2.1. Проверка степени загнивания древесины опор и их элементов	Перед подъемом на опору. В процессе визуального осмотра по п. 1.2. Не реже одного раза в 3 года	С заполнением ведомости контроля загнивания
2.2. Проверка состояния железобетонных опор, их элементов, железобетонных приставок	Перед подъемом на опору. В процессе визуального осмотра по п. 1.2. При замене деталей. Не реже одного раза в 6 лет	С заполнением ведомости

2.3. Проверка состояния заземления опор	В процессе визуального осмотра по п. 1.2. Не реже одного раза в 6 лет	С заполнением ведомости
2.4. Измерение сопротивления петли «фаза - нуль»	При подключении новых потребителей. При возрастании нагрузки, требующей замены плавкой вставки предохранителя или установки автоматического выключателя. При выполнении работ, вызывающих изменение сопротивления	С заполнением ведомости
3. Визуальные и инструментальные проверки проводов и арматуры		
3.1. Проверка габаритов проводов, расстояний приближения в местах пересечений	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.2. Проверка расстояний приближения проводов ВЛИ и других ВЛ при совместной подвеске на общих опорах	В течение года, предшествующего проведению ремонта	Оформляется в паспорте ВЛИ
3.3. Проверка наличия и состояния защитных кожухов на ответвительных зажимах	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.4. Проверка отсутствия повреждений анкерных зажимов и их изолирующих частей	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости

3.5. Проверка отсутствия повреждений соединительных зажимов и их изолирующего покрытия	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.6. Проверка состояния поддерживающих зажимов, узлов их крепления к опоре, наличия изолирующих накладок	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.7. Проверка состояния изоляции проводов в местах соприкосновения с деревьями	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.8. Проверка отсутствия повреждений зажимов и арматуры для соединения проводов с оборудованием и подземным кабелем	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.9. Проверка состояния секционирующих устройств, рубильников предохранителей, из защитных кожухов, узлов крепления к опоре	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
3.10. Проверка состояния разрядников	В течение года, предшествующего проведению ремонта	С заполнением ведомости
4. Отдельные работы, выполняемые по мере необходимости		
4.1. Вырубка отдельных деревьев, обрезка сучьев, угрожающих повреждению провода или изоляции провода	Оформляется в паспорте ВЛИ	

4.2. Замена дефектных элементов опор	Оформляется в паспорте ВЛИ
4.3. Выправка опор	Оформляется в паспорте ВЛИ
4.4. Уплотнение грунта в пазухах котлованов опор	С заполнением ведомости
4.5. Перетяжка проводов	С заполнением ведомости
4.6. Замена оборванных заземляющих проводников	С заполнением ведомости
4.7. Замена поврежденных или установка отсутствующих защитных кожухов на зажимах и колпачков на свободных торцах изолированных проводов	С заполнением ведомости
4.8. Наложение изолирующей скрепляющей ленты на поврежденные места проводов	С заполнением ведомости
4.9. Наложение отсутствующих бандажных хомутов или скрепляющей ленты на жгуты проводов в местах установки анкерных, поддерживающих, соединительных, ответвительных и других зажимов	С заполнением ведомости

Осмотры ВЛИ производятся в соответствии с графиком в дневное время. Осмотр ВЛИ, включенных в план ремонта на следующий год, производят в целях уточнения объемов работ, требуемых материалов и оборудования.

При верховых осмотрах обследуют крюки, кронштейны, поддерживающие, анкерные (концевые), соединительные и ответвительные зажимы, защитные кожухи и колпачки, изоляция проводов фаз и нулевого несущего провода, особенно в местах установки зажимов, соединений провода с заземляющими проводниками.

Осмотр ВЛИ после стихийных явлений (сверх расчетные гололедные и ветровые нагрузки, ледоход и разливы рек на участках, пожары вблизи, ураганы, оползни и т.п.) производят с целью выявления дефектов и повреждений, вызванных этими явлениями, а также повреждений, вызванных падением деревьев на провода и опоры.

Оценку состояния деревянных элементов опор производят специальными инструментами и приспособлениями с целью выявления недопустимого загнивания приставки или стойки, обгорания элемента.

Проверку состояния железобетонных опор и приставок выполняют с целью выявления оголения арматуры, растрескивания бетона, недопустимого изгиба стойки.

Проверку качества заделки опор в грунте производят с целью выявления увеличенных наклонов промежуточных опор и оценки прочности опор анкерного типа.

При проверке состояния заземления опор выявляют повышенные значения сопротивления и разрушение заземляющего контура.

Проверка габаритов СИП и расстояний до проводов других ВЛ при совместной подвеске на общих опорах, расстояний до различных объектов выполняют для выявления нарушений габаритов до земли, расстояний сближений и пересечений, а также нарушений расстояний в свету до стен и других элементов зданий и сооружений.

Измерение сопротивления «фаза - нуль» производят для выявления соответствия значения сопротивления данной петли предъявляемым требованиям НТД.

6 Ремонты воздушных линий

Ремонт выполняют в сроки, устанавливаемые в зависимости от технического состояния линии с периодичностью не реже одного раза в 6 лет (для ВЛИ на деревянных опорах) и не реже одного раза в 12 лет (для ВЛИ на железобетонных опорах).

При ремонте осуществляют все виды работ по техническому обслуживанию, намечавшиеся на год проведения ремонта. Ремонтные работы производят по технологическим картам.

При выполнении ремонтных операций, связанных с проводом, необходимо тщательно следить за сохранением целостности изолирующего покрытия жил и принимать меры, исключающие его повреждение. Порядок проведения отдельных видов работ при ремонте приведен Типовой инструкции для ВЛИ напряжением 0,38кВ.

По завершении ремонта производят приемку выполненных работ; визуально проверяют целостность изолирующего покрытия жил проводов; в случае обнаружения повреждения на поврежденный участок накладывают в два слоя изолирующую клейкую ленту, а при необходимости участок провода заменяют новым и составляют акт приемки ВЛИ.

При техническом надзоре за сооружением, реконструкцией или ремонтом ВЛИ 0,38кВ эксплуатационный персонал выявляет допущенные отступления от проекта линии, дефекты и добивается их устранения.

При надзоре особое внимание обращают на сохранность изоляции проводов, правильность установки и целостность натяжных, поддерживающих, соединительных, ответвительных и других видов зажимов, наличие и целостность защитных кожухов.

Рекомендуемый перечень приспособлений и инструмента для технического обслуживания и ремонта ВЛИ 0,38кВ приведен в приложении 1, а перечень специальных приспособлений, устройств и инструмента для монтажа и ремонта СИП приведен в приложении 2.

Техническое обслуживание и ремонт ВЛИ 0,38кВ с совместной подвеской проводов проводного вещания и линий связи следует производить с соблюдением требований НТД.

6.1 Ремонт провода ответвления к зданию и сооружению

Ремонт ответвления к зданию или сооружению выполняют в случае повреждения изоляции провода ответвления на участке не более 20% его общей длины, повреждения или разрушения ответвительных зажимов, повреждения или разрушения концевых зажимов. В случае повреждения изоляции провода ответвления на участке более 20% его общей длины производят замену провода.

Работы могут выполняться как на обесточенной линии, так и под напряжением (по технологическим картам). При производстве ремонта под напряжением нагрузка потребителя должна быть отключена.

Ответвление осуществляется, как правило, с применением ответвительных и анкерных (концевых) зажимов. Отсоединение проводов

ответвления начинают с фазного провода, при этом специальными клиньями его выделяют из жгута СИП.

Операцию отсоединения выполняют в такой последовательности:

- снять верхнюю часть защитного кожуха ответвительного зажима, торцевым или накидным ключом;
- ослабить болт (или несколько болтов) крепления провода в зажиме;
- сдвинуть зажим с места его установки, чтобы были видны следы проколов изоляции (если на ВЛИ были применены зажимы с прокалыванием изолирующего покрытия) или неизолированный участок провода (если на ВЛИ были применены зажимы с гладкими контактными поверхностями). В последнем случае этот участок провода закрывают защитной пластмассовой накладкой, чтобы избежать случайного касания;
- защитить специальной клейкой лентой места проколов изоляции;
- удалить провод ответвления из зажима;
- снять зажим с магистрального провода.

Те же операции выполняют и с ответвительным зажимом, установленным на нулевом несущем проводе.

С кронштейна подвески на опоре снимают анкерный зажим. При этом должны быть приняты меры, предотвращающие падение проводов на землю или провода других ВЛ, например, использование страховочной веревки. Провода опускают на землю, с них снимают анкерный зажим. Далее аналогичные операции выполняют со стороны потребителя удаляют провода из ответвительных зажимов и снимают анкерный зажим.

Заменяют поврежденный ответвительный (или анкерный) зажим и восстанавливают ответвление в последовательности, обратной приведенной выше.

Внимание! После затяжки болта или с момента отрыва калиброванной головки болта ответвительного зажима на магистральном проводе (если использован зажим с прокалыванием изолирующего покрытия провода) этот болт и соответствующий провод ответвления находятся *под напряжением*.

Ремонт изолирующего покрытия на отдельных участках фазного или нулевого несущего провода производят под напряжением, если не требуется замена этого участка провода целым. Необходимо принять меры, исключающие случайное касание работника неизолированных участков провода, используя отделительные клинья и изолирующие накладки.

Ремонт заключается в наложении на поврежденный участок специальной клейкой изолирующей ленты в два слоя. Для облегчения работы поврежденный провод выделяют из жгута с помощью

пластмассовых отделительных клиньев, которые удаляют по окончании ремонта.

6.2 Ремонт поврежденного участка фазного провода в пролете

При обнаружении механического повреждения или обгорания участка одного из фазных проводов (длиной не более двух шагов скрутки жгута) необходимо произвести ремонт этого провода без замены жгута целиком. Для ремонта используют ответвительные зажимы. Ремонт участка провода может осуществляться как на обесточенной линии, так и под напряжением с использованием телескопической вышки или гидроподъемника.

Ремонт поврежденного участка фазного провода в пролете выполняют следующим образом:

- выделяют поврежденный участок провода из жгута с помощью пластмассовых клиньев;
- определяют длину поврежденного участка;
- готовят отрезок нового провода на 10-15см длиннее заменяемого. Тип, сечение и маркировка нового провода должны соответствовать ремонтируемому проводу;
- определяют и отмечают места установки ответвительных зажимов на ремонтируемом проводе;
- определяют положение зажимов в зависимости от направления установки нового отрезка провода.

Соединение с использованием ответвительных зажимов, контакт в котором обеспечивается прокалыванием изолирующего покрытия провода, выполняют без снятия изоляции с проводов.

Вариант 1. Ремонт с применением зажимов типа PZ для проводов Торсада или аналогичных выполняют в следующей последовательности;

- заводят оба конца нового провода в желоба зажимов таким образом, чтобы его торцы касались дна защитных колпачков;
- подводят новый провод вместе с зажимами к месту установки последних (на неповрежденных участках ремонтируемого провода);
- ремонтируемый провод укладывают в свободные желоба зажимов;
- подтягивают болты зажимов;
- торцевым ключом болты затягивают до срыва калиброванной головки.

Внимание! Следует учитывать, что после выполнения этой операции болт может находиться под напряжением.

Вариант 2. Ремонт с применением зажимов типа SL для проводов АМКА или аналогичных выполняют в следующей последовательности:

- с зажимов снимают защитные кожухи. Ослабляют стяжные болты зажимов настолько, чтобы в образовавшееся между зубцами пространство свободно входил новый провод;
- конец провода не должен выступать за пределы кожуха;
- вручную подтягивают болты, чтобы зажимы удерживались на проводе;
- подводят новый провод с зажимами к местам установки на ремонтируемом проводе;
- заводят ремонтируемый провод в свободное пространство между зубцами зажимов с противоположной от нового провода стороны;
- затягивают ключом болты обоих зажимов, используя специальный держатель зажимов. Момент затяжки болтов должен строго соответствовать значению, приведенному в технической документации на зажим или указанному на корпусе зажима.

Вариант 3. Ремонт с применением ответвительных зажимов, имеющих гладкие контактные поверхности, выполняют в следующей последовательности:

- удаляют изолирующее покрытие с участков проводов в местах установки зажимов;
- покрывают эти участки слоем смазки и зачищают стальной щеткой;
- осуществляют ремонт провода в порядке, аналогичном приведенному выше.

После установки нового отрезка провода на ремонтируемый участок выполняют операции:

- вырезают поврежденный провод специальными ножницами с изолированными рукоятками;
- на свободные торцы проводов надевают защитные колпачки;
- на зажимы устанавливают защитные кожухи;
- удаляют пластмассовые клинья;
- новый участок фазного провода крепят к остальному жгуту с помощью, скрепляющей ленты или пластмассовых хомутов, устанавливаемых на расстоянии 15-20см от зажимов с обеих сторон.

6.3 Ремонт протяженного участка проводов линий

При обнаружении механического повреждения или обгорания изолирующего покрытия нескольких проводов ВЛИ на протяженном (длиной более 1 м) участке СИП оперативно производят его замену.

Работу выполняют, как правило, со снятием напряжения. После проверки отсутствия напряжения на ремонтируемом участке ВЛИ рабочее место заземляют с помощью переносных заземлений, присоединяемых к проводам посредством специальных ответвительных зажимов.

Ремонт поврежденного участка СИП выполняют, как правило, на земле в следующей последовательности:

- освобождают из ответвительных зажимов концы проводов всех ответвлений на опорах, с которых временно демонтируют провода;
- извлекают из поддерживающих зажимов на одной или двух опорах (в зависимости от места повреждения) нулевой несущий провод;
- опускают помощью вспомогательных веревок жгут до земли.

При ремонте протяженного участка проводов ВЛИ необходимо принять меры, исключающие дополнительные повреждения изоляции проводов: не допускать трения жгута о поверхность опор, зданий или сооружений, укладывать провод на прокладки.

В случаях, когда места анкерных (концевых) креплений СИП удалены от места ремонта более чем на два промежуточных пролета, следует дополнительно укрепить промежуточные опоры с помощью оттяжек, устанавливаемых вдоль ВЛИ на ближайших к месту ремонта опорах и выполнить следующие операции:

- установить на этих опорах комплекты анкерного (концевого) крепления несущего провода;
- переложить с помощью монтажного зажима (тип монтажного зажима должен соответствовать типу СИП) и ручной лебедки с тросом несущий провод из поддерживающего зажима в анкерный разъемный зажим последовательно на обеих опорах;
- снять монтажные зажимы и лебедку, при этом поддерживающие зажимы не следует демонтировать.

Выполняют разметку мест установки соединительных зажимов с обеих сторон поврежденного участка. При разметке мест установки зажимов учитывают, что *расстояние между ближайшими зажимами должно быть не менее 0,2 м.*

На расстоянии 1,0 м от последней отметки (в сторону анкерного крепления) на нулевой несущий провод устанавливают монтажные зажимы, на которые посредством ручной лебедки передается полное

тяжение с поврежденного участка. Тяжение в несущем проводе на участке между монтажными зажимами должно отсутствовать.

В соответствии с разметкой удаляют поврежденный участок жгута СИП, включая несущий провод. Для замены подготавливают новый отрезок жгута такой же длины и одинакового конструктивного исполнения. Комплектуют соединительные зажимы.

Концы всех соединяемых проводов освобождают от изоляции на длине, соответствующей типу соединительного зажима; неизолированные участки проводов покрывают слоем смазки и зачищают металлической щеткой. Вставляют в зажимы концы проводов. Проверяют правильность маркировки соединяемых проводов. При использовании зажимов с изолирующим покрытием необходимо убедиться в отсутствии неизолированных участков проводов вблизи зажимов.

Ручным прессом последовательно спрессовывают зажимы всех изолированных проводов с обеих сторон заменяемого участка жгута (если применяются прессуемые зажимы). Для соединения проводов используют прессуемые зажимы без изолирующего покрытия, а также автоматические зажимы, опрессовка которых не требуется.

Для сохранения формы жгута и предохранения его от раскручивания на расстоянии 0,2 м от соединительных зажимов устанавливают фиксирующие пластмассовые хомуты или накладывают скрепляющую ленту. Ослабляют тяжение лебедки, снимают монтажные зажимы и лебедку. Отремонтированный жгут СИП поднимают на опору (опоры) и несущий провод укладывают в поддерживающий зажим таким образом, чтобы положение ответвительных зажимов соответствовало их положению до ремонта.

На опорах, где временно были установлены комплекты анкерных креплений, их демонтируют. Снимают оттяжки с опор и заземляющие устройства и производят проверку фазировки проводов, а затем восстанавливают схему электроснабжения.

7 Планирование работ на линии и оформление технической документации

Для обеспечения планирования работ составляют годовые и месячные планы и графики технического обслуживания и ремонта ВЛ. Годовые планы работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ составляет служба линий или руководством районных электрических сетей (РЭС) на основании многолетних графиков.

Планы материально технического снабжения должны полностью соответствовать объемам и срокам, предусмотренным планом проведения капитального ремонта. *Годовые планы работ* на ВЛ оформляют в виде:

- планов графиков работ по техническому обслуживанию и ремонту каждой ВЛ;
- сводных планов (в денежном выражении) для ВЛ каждого класса напряжения с разбивкой по месяцам с указанием сводных объемов основных работ по капитальному ремонту.

Планы графики составляют в нескольких экземплярах (для мастера бригады централизованного обслуживания, службы линий, планового отдела и вышестоящей организации) и утверждаются ПЭС. При составлении планов и планов-графиков комплексных работ учитывают сезонный характер отдельных видов работ.

Объемы работ по техническому обслуживанию и капитальному ремонту ВЛ определяют на основании результатов измерений, проверок и осмотров. Для обеспечения нормальной эксплуатации ВЛ и контроля за выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту осуществляют ведение технической документации. Все изменения на существующих ВЛ, а также технические данные новых объектов после их приемки подлежат немедленному занесению в техническую документацию.

В сроки, установленные руководством ПЭС, мастерами бригад, обслуживающих ВЛ, и инженерно-техническим персоналом службы линий или территориальных производственных подразделений, производят сдачу и приемку выполненных объемов работ по каждой линии с соответствующим оформлением в планах-графиках и оценку качества проведения этих работ.

Плановый отдел на основании принятых службой линий объемов работ составляет сводный отчет в денежном выражении с указанием физических объемов выполненных основных работ по капитальному ремонту и представляет его в вышестоящую организацию.

Техническая документация по эксплуатируемым ВЛ утвержденный проект, паспорт ВЛ, рабочие чертежи и схемы, исполнительная трасса (профиль), журналы монтажа, акты на скрытые работы, протоколы испытаний и измерений, акты измерений и осмотров, акты приемки и эксплуатацию, материалы учета технического обслуживания и ремонта ВЛ должна храниться в ПЭС.

При отсутствии проектной документации по ВЛ необходимые характеристики ее элементов и конструкций должны быть определены на основании технической инвентаризации и расчетов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является конструктивными особенностями ВЛИ по сравнению с традиционными ВЛ с применением неизолированных проводов?
2. В чем состоят преимущества при проектировании, монтаже и эксплуатации воздушные линии с изолированными проводами по сравнению с традиционными ВЛ?
3. Перечислите первую группу преимуществ при проектировании и монтаже ВЛИ.
4. Перечислите вторую группу преимуществ при эксплуатации ВЛИ.
5. Перечислите третью группу преимуществ, влияющих на качество электрической энергии и снижение технических потерь в воздушных распределительных сетях напряжением до 1000В.
6. Перечислите три основные системы с самонесущими изолированными проводами - СИП.
7. Какие конструктивные исполнения могут иметь изолированные скрученные в жгут провода?
8. Из каких материалов выполняют жилы фазного и нулевого несущего провода, и оболочка СИП?
9. Каким образом выполняют маркировку проводов СИП?
10. Каким образом технология прокола СИП повысила безопасность работы под напряжением?
11. Перечислите преимущества технологии прокола СИП?
12. Почему технология прокола СИП является инновационным решением?
13. Какие испытания проходят для допуска в эксплуатацию герметичные соединители СИП?
14. Что позволяет конструкция СИП-3 по сравнению с традиционными линиями с голыми проводами марок А и АС?
15. В чем заключается уникальность проводов ВЛИ напряжением до 35кВ частотой 50 Гц марок ЗАЛП и ЗАЛП-В?
16. Какие задачи решают в период эксплуатации - технического обслуживания воздушных линий с изоляцией (ВЛИ) на базе самонесущих изолированных (СИП) и защищенных (ВЛЗ) проводов?
17. Какие методы применяют при техническом обслуживании ВЛИ?
18. Что предусматривает техническое обслуживание ВЛИ 0,38кВ?
19. Что обследуют при верховых осмотрах ВЛИ?
20. Что выявляют при проверке состояния заземления опор ВЛИ 0,38кВ?
21. Что делают для проверки габаритов СИП и расстояний до проводов других ВЛ при совместной подвеске на общих опорах?

22. Назовите наименование работ и их периодичность при визуальном осмотре ВЛИ 0,38кВ.
23. Назовите наименование работ и их периодичность при инструментальной проверке опор и их элементов ВЛИ 0,38кВ.
24. Назовите наименование работ и их периодичность при визуальной и инструментальной проверке проводов и арматуры ВЛИ 0,38кВ.
25. Какие отдельные работы на ВЛИ 0,38кВ выполняют по мере необходимости?
26. Ремонт провода ответвления к зданию, сооружению ВЛИ напряжением до 1000В.
27. Ремонт поврежденного участка фазного провода в пролете ВЛИ.

ПРОГРАММА РАБОТЫ

Изучить и кратко законспектировать теоретические сведения о методах и средствах для измерения и контроля параметров оборудования воздушных линий электропередач с изолированными проводами.

Выполнить визуальный и инструментальный осмотр элементов воздушных линий электропередач систем электроснабжения.

Измерить, проверить и оценить электрические и механические параметры элементов воздушных линий электропередач с изолированными проводами.

Провести анализ полученных технических и электрических характеристик и параметров оборудования воздушных линий электропередач систем характеристик и сделать выводы по лабораторной работе.

Ответить на контрольные вопросы и защитить отчет по работе.

Оборудование рабочего места

12. Модели оборудования и элементов ВЛ с изолированными проводами.
13. Цифровые и аналоговые приборы визуально-оптического контроля: бинокль (кратность оптического увеличения не менее $\times 48$); цифровой фотоаппарат или смартфон с дополнительным оборудованием.
14. Цифровой измеритель сопротивления групповых заземляющих устройств, молниезащиты, проводников соединения к земле и выравнивания потенциалов MRU-101.
15. Провод измерительный 25 и 50 м на катушке с разъемами.
16. Провод измерительный 1,2 м с острым зондом.
17. Провод измерительный 2,2 м с разъемами «банан».
18. Зонд измерительный для забивки в грунт (30 см).

19. Зажим «Крокодил» изолированный.
20. Кабель для зарядки аккумуляторов (для MRU-101).
21. Кабель последовательного интерфейса RS-232.
22. Прибор цифровой NOVOTEST Т-УДЗ.
11. Оборудование лаборатории.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. По инструкции подготовить прибор для MRU-101 к работе.
3. По заданной трех или четырех проводной схеме, в соответствии с инструкцией по эксплуатации MRU-101, выполнить пункты 4 и 5.
4. Подключить цифровой прибор MRU-101 к макету одиночного заземляющего устройства.
5. Произвести измерение и оценить величины сопротивления элементов заземляющего устройства.
6. Заполнить протоколы измерений сопротивления макетов одиночных заземляющих устройств воздушной линии с изолированными проводами.

Оформление отчета

1. Перечень работ на элементах оборудования воздушной линии с изолированными проводами: организация работ; обследование части ВЛ, относящийся к одной опоре; обработка и оформление документации (Приложение 3.1).
2. Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов воздушной линии (Приложение 3.2)
3. Таблица технического состояния оборудования по результатам визуально-оптического и измерительного контроля методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ на ВЛ (Приложение 3.3).
4. Цифровой прибор для измерений сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ и протокол измерений (Приложение 3.4).
5. Средства измерений твердости металла опор ВЛ с изолированными проводами методами Бринелля, Виккерса и Роквелла (Приложение 3.5).
6. Обработка и оформление. Выводы по работе.

ЗАНЯТИЕ № 4

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение и отработка эксплуатационных технических мероприятий на кабельных линиях электропередачи.

Обоснование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования кабельных линий электропередачи.

Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Эксплуатируемая кабельная линия электропередач (КЛ) напряжением выше 1000В - это линия для передачи электрической энергии, состоящая из одного или нескольких параллельных силовых кабелей с соединительными стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

На практике, силовые кабели различают по роду элементов:

- металла токопроводящих жил – кабели с алюминиевыми и медными жилами;
- материалов, которыми изолируют токопроводящие жилы – кабели с бумажной, с пластмассовой и резиновой изоляцией;
- защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды – кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке;
- способу защиты от механических повреждений – бронированные и небронированные;
- количеству жил – одно-, двух-, трех-, четырех- и пятижильные.

Силовые кабели имеют общие конструктивные элементы: токопроводящие жилы, изоляцию, оболочку и защитные покровы.

Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заземлители (рисунок 1).

На практике, соединительные муфты при эксплуатации силовых кабельных электропередач:

- обеспечивают герметизацию мест соединений;
- повышают изоляционные свойства в соединенных частях кабеля;
- придают высокую механическую прочность и огнеупорные свойства;
- увеличивают стойкость к агрессивной внешней среде;
- дают необходимую толщину изоляционного слоя;
- обеспечивают защиту места соединения (окончания) кабеля от влаги и грязи.

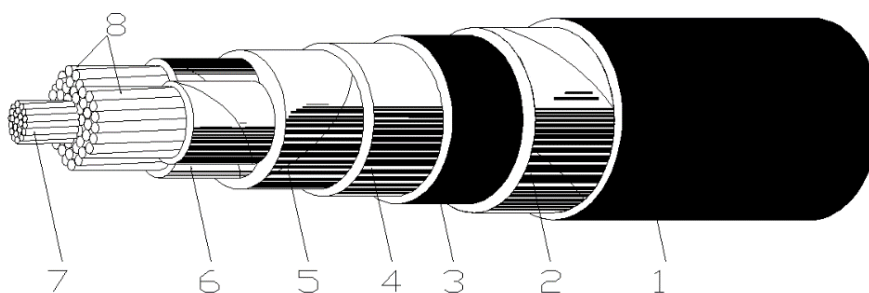
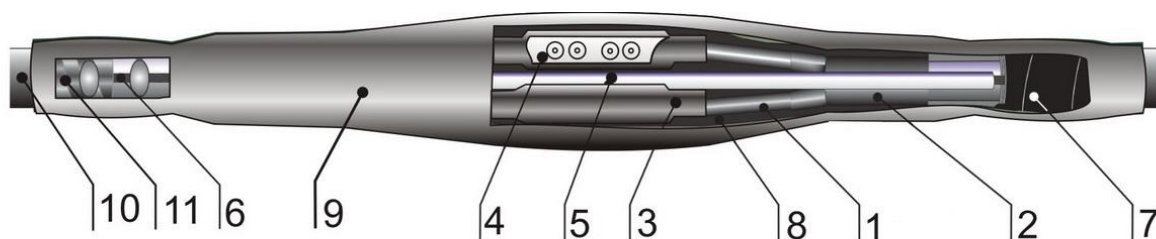


Рисунок 1 - Конструкция силового кабеля:

1 – покровная оболочка; 2 – броня; 3 – подушка; 4 – внутренняя оболочка; 5 – поясная бумажная изоляция; 6 – жильная изоляция; 7 – нулевая жила; 8 – токоведущие жилы

Конструкция соединительной муфты типа ЗСТп-1-(25-50) (М) показана на рисунке 2.



1.Трубка изолирующая	7.Лента герметик
2.Перчатка изолирующая	8.Межфазный наполнитель
3.Манжета изолирующая	9.Труба наружная
4.Соединитель болтовой, под опрессовку или пайку	10.Кабель
5.Трубка ХВТ	11. Бронеленты
6.Провод заземления	

Рисунок 2 – Муфта соединительная типа ЗСТп-1-(25-50) (М)

Все материалы, которые используются для комплектации термоусаживаемых муфт, обладают электрической прочностью более 20кВ/мм. Марка силового кабеля характеризует основные конструктивные элементы и область применения кабельной продукции.

Буквенные обозначения конструктивных элементов кабеля приведены в таблице 1.

На практике применяют кабели следующих стандартных сечений жил в мм: 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240.

Таблица 1 - Буквенные обозначения конструктивных элементов кабеля

Конструктивный элемент кабеля	Материал	Буквенное обозначение
Жила	Медь Алюминий	Нет буквы А
Изоляция жил	Бумажная. Полиэтиленовая. Поливинилхлоридная Резиновая.	Нет букв П В Р
Поясная изоляция	Бумажная. Полиэтиленовая. Поливинилхлоридная Резиновая.	Нет букв П В Р
Оболочка	Свинцовая Алюминиевая гладкая Алюминиевая гофрированная Поливинилхлоридная Полиэтиленовая негорючая резина	С А А _Г В П Н
Подушка	Бумага и битум без подушки. Полиэтиленовая (шланг). Поливинилхлоридная: один слой пластмассовой ленты типа ПВХ два слоя пластмассовой ленты типа ПВХ.	Нет букв б в л и 2л
Броня	Стальная лента. Проволока плоского сечения. Проволока круглого сечения.	Б П К
Наружный кабельный покров	Кабельная пряжа без наружного кабельного покрова. Стеклопластиковая пряжа из волокна (негорючий кабельный покров) Полиэтиленовый шланг. Поливинилхлоридный шланг.	Нет букв Г Н Ш _П Ш _В

Примечание: 1. Буквы в обозначении - в соответствии с конструкцией кабеля.

2. Если в конце буквенной части марки стоит буква «П», написанная через черточку, то это означает, что он имеет по сечению плоскую форму.

3. Обозначение контрольного отличается от обозначения КЛ только тем, что после материала жилы кабеля ставится буква «К».

4. После букв стоят числа, указывающие число основных изолированных жил и их сечение (через знак умножения), а также номинальное напряжение (через тире). Число и сечение жил у КЛ с нулевой жилой или заземляющей жилой обозначается суммой чисел.

Организационные и технические мероприятия на оборудовании КЛ в процессе подготовки и монтажа, проведении приемо-сдаточных испытаний производят в соответствии с требованиями главы 1.8 «Нормы приемо-сдаточных испытаний» и 6 «Нормы испытания электрооборудования» Правил устройства электроустановок (ПУЭ).

Испытания оборудования КЛ, находящихся в эксплуатации, производят по требованиям Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) приложение 1 «Нормы испытания электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей».

1. Организация работ по обследованию кабельных линий

Оценку технического состояния элементов КЛ производят по результатам их обследования. Для объективной оценки состояния линий образуется рабочая группа (комиссия) в составе представителей ПЭС, эксплуатирующего обследуемую КЛ, и специалистов других организаций, проводящих обследование. Руководителем рабочей группы (председателем комиссии) является, как правило, главный инженер ПЭС.

При необходимости в состав рабочей группы (комиссии) включаются представители заводов-изготовителей, проектных, строительно-монтажных, специализированных, научно-исследовательских и других организаций. Специализированные и научно-исследовательские организации привлекают к следующим работам по оценке технического состояния элементов КЛ:

- испытания конструкций и других элементов;
- проведение проверочных расчетов элементов;
- определение структуры и расчетного сопротивления металлоконструкций линии при отсутствии проектной документации;
- определение фактической прочности кабеля неразрушающими методами;
- проведение механических испытаний;
- проведение испытаний линейной изоляции;
- определение фактической прочности проводов кабеля.

Специализированные организации привлекают к обследованию конструкций КЛ также в случаях:

- обнаружения значительных отступлений от проекта при наличии массовых дефектов и повреждений линии;
- увеличения по сравнению с проектом нагрузок на элементы линии.

На основе проведенного обследования, изучения и анализа проектной, строительной и эксплуатационной документации, изменений условий эксплуатации и проведения в случае необходимости испытаний элементов КЛ составляется акт, протокол или технический отчет, в которых приводится оценка технического состояния элементов линии и КЛ в целом, и рекомендации по их дальнейшему использованию. В случае принятия решения о техническом перевооружении, реконструкции или модернизации КЛ данные обследования прикладываются к техническому заданию на проектирование.

В функции заказчика (ПЭС) по организации обследования входит:

- выдача заказа проектной, специализированным организациям (исполнителю) на участие в обследовании КЛ с указанием наименования, протяженности, предполагаемого объекта обследования;
- оформление договора, перечисление аванса и поэтапных выплат в установленные договором сроки;
- утверждение программы и календарного плана выполнения работ;
- предоставление рабочей группе (комиссии) полного комплекта строительной и эксплуатационной документации по обследуемой КЛ, данных по измененным условиям за время эксплуатации КЛ;
- инструктаж по технике безопасности, обеспечение средствами защиты (при необходимости), назначение работников, ответственных за безопасное проведение работ;
- обеспечение транспортными средствами для передвижения по трассе КЛ, предоставление электромонтеров для осмотра элементов КЛ;
- обеспечение жильем членов рабочей группы (комиссии) на время проведения обследования.

В функции проектной, специализированной организации (исполнителя) входит:

- составление договора на обследование КЛ, составление программы и календарного плана проведения работ;
- заключение при необходимости субподрядного договора с привлекаемыми в соответствии с объемом и составом работ организациями;
- изучение строительной и эксплуатационной документации по обследуемой КЛ и проверка ее на соответствие проекту;
- анализ измененных нормативов и условий работы КЛ за период эксплуатации и оценка степени их влияния на надежность работы КЛ;
- проведение обследования КЛ в соответствии с утвержденными объемом, программой и календарным планом;

- выполнение необходимых измерений, расчетов и проработок для выработки окончательных выводов, и рекомендации по оценке технического состояния элементов линии и КЛ в целом;
- оформление документов по итогам работы.

2 Эксплуатационные технические мероприятия

По объему работ эксплуатационные технические мероприятия делят на:

- техническое обслуживание (ТО) – визуальный, инструментальный осмотр и ремонт, не требующий отключения линии;
- текущий ремонт (ТР) с отключением КЛ;
- средний ремонт (СР) с отключением и заменой участка линии;
- капитальный ремонт (КР) с отключением и заменой всей КЛ.

Объектами технической эксплуатации КЛ напряжением 3-10 и 20-35кВ являются: один или несколько параллельных силовых кабелей с соединительными стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями; трассы кабельных линий.

При выполнении эксплуатационных технических мероприятий на КЛ применяется один из следующих методов:

- комплексный, т.е. одна или несколько бригад выполняет полный объем работ на линии в течение возможно более короткого срока;
- по видам работ, т.е. специализированные бригады выполняют однотипные работы на одной или нескольких параллельных линиях.

Техническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонты выполняют преимущественно комплексным методом.

2.1 Методы визуального осмотра кабельной линии

Техническое обслуживание методом визуального и инструментального осмотра КЛ и кабельных сооружений выполняют специально обученным персоналом электростанции или районной электрической сети.

При визуальном, инструментальном осмотре и ремонте, не требующим отключения КЛ, выполняют следующие операции:

- проверяют техническое состояние антикоррозионных покрытий металлических оболочек кабелей;
- измеряют температуру оболочек кабелей;
- проверяют внешнее состояние соединительных муфт и концевых заделок;
- проверяют, нет ли смещений и провесов КЛ;

- соблюдение требуемых ПУЭ расстояния между кабелями;
- проверяют наличие и правильность маркировки КЛ;
- проверяют исправность рабочего освещения сооружений КЛ;
- измеряют температуру воздуха в помещениях сооружений КЛ;
- проверяют исправность устройств сигнализации и пожаротушения на объекте;
- проверяют состояние строительной части сооружений КЛ, дверей, люков и их запоров, крепежных конструкций;
- проверяют наличие разделительных несгораемых перегородок и плотности заделки кабелей в местах прохода через стены, перекрытия и перегородки;
- проверяют, нет ли посторонних предметов, строительных и монтажных материалов;
- проверяют, не проникают ли грунтовые и сточные воды, нет ли технологических отходов производства в сооружениях КЛ.

Визуальный и инструментальный осмотр кабельных колодцев в сооружениях КЛ производят двумя работниками в следующем порядке:

- открывают технологический\ люк колодца;
- спускают на уровень не ниже 0,25 м до дна колодца резиновый шланг, соединенный с вентилятором или компрессором,
- нагнетают в колодец в течение 15 мин наружный свежий воздух ;
- проверяют с помощью прибора отсутствие в колодце горючих и вредных газов;
- спускается в колодец один работник, а второй постоянно дежурит около люка колодца;
- работник выполняет осмотр КЛ в сооружении.

Визуальный и инструментальный осмотр концевых участков и концевых муфт КЛ, заходящих в распределительные устройства электростанций и подстанций, выполняют своим техническим персоналом.

Результаты обходов с визуальным и инструментальным осмотром регистрируют в журнале по обходам и осмотрам КЛ. Одновременно, все обнаруженные на трассах КЛ дефекты, записывают в журнал дефектов и неполадок или в карты дефектов.

По окончании обхода с визуальным и инструментальным осмотром трассы закрытой территории вручают предписание работнику предприятия, ответственному за сохранность КЛ, в целях своевременного устранения обнаруженных дефектов.

При выявлении дефектов в сооружениях КЛ, требующих немедленного устранения, производящий обход и осмотр обязан немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику.

Результаты осмотра трасс КЛ инженерно-техническим персоналом регистрируют в журнале дефектов и неполадок данного объекта.

Осмотр подводных трасс КЛ оформляют актом комиссии в составе ответственного представителя эксплуатирующей организации, бригадира водолазов и водолаза, непосредственно осматривавшего трассу.

При обнаружении на трассе КЛ производства земляных работ, выполняемых без разрешения районной электрической сети, а также при обнаружении над местом прокладки подводных кабелей стоянки кораблей, судов и других нарушений, действующих НТД производящий обход и осмотр должен принять меры по предотвращению вышеуказанных нарушений и сообщить об этом своему непосредственному начальнику и сделать запись в журнале обходов и осмотров.

Результаты осмотров открыто проложенных КЛ и кабельных сооружений регистрируются инженерно-техническим персоналом, производящим осмотр, соответственно в паспортах данного сооружения и в журнале дефектов и неполадок КЛ.

Результаты осмотров концевых участков КЛ и концевых муфт в распределительных устройствах электростанций и подстанций регистрируются в том же журнале дефектов и неполадок. Если дефекты обнаружены на концах отходящих КЛ, то сведения о них передаются эксплуатирующей организации.

2.2 Методы инструментального осмотра и испытаний линии

Методы инструментального осмотра и испытаний КЛ, находящихся в эксплуатации, включают:

- проверку целостности и фазировки жил кабеля;
- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением выпрямленного тока;
- проверку повышенным напряжением промышленной частоты;
- определение активного сопротивления жил;
- измерение электрической рабочей емкости жил;
- проверку распределения тока по одножильным кабелям;
- работу защиты от блуждающих токов;
- испытание на наличие нерастворенного воздуха;
- проверку автоматического подогрева концевых муфт;
- контроль технического состояния антикоррозийного покрытия;
- проверку физико-химических и электрических характеристик масла;
- измерение сопротивления заземления.

Измерение сопротивления изоляции выполняют мегаомметром на напряжение 2500В, при контроле кабелей до 1000В сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5МОм.

Для кабелей выше 1000В сопротивление изоляции не нормируется, но должно быть более 10МОм. Измерения сопротивления изоляции проводят до и после испытания кабеля повышенным напряжением.

Перед началом измерения сопротивления изоляции проверяют отсутствие напряжения на КЛ и заземляют её на время подключения прибора, а после окончания измерения снимают накопленный заряд путем наложения переносного заземления.

Разрядку емкости кабеля производят разрядной штангой сначала через ограничительное сопротивление, а затем накоротко. Короткие участки КЛ длиной до 100м разряжают без ограничительного сопротивления.

При измерении сопротивления изоляции объекта большой длины, необходимо помнить, что КЛ обладает значительной емкостью, поэтому показания мегаомметра надо отмечать только после окончания заряда кабеля.

Запрещается измерять сопротивление изоляции на КЛ, если линия проходит вблизи другой кабель, находящейся под напряжением.

Испытания КЛ повышенным напряжением выпрямленного тока. Величины и длительность приложения нормированного испытательного напряжения приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Испытательные напряжения выпрямленного тока для КЛ.

Тип кабеля	Испытательные напряжения, кВ; для кабелей на рабочее напряжение, кВ								Продолжительн ость испытания, мин
	2	3	6	10	10	35	110	220	
Бумажная	12	18	36	60	100	175	300	450	10
Резиновая марок ГТШ, КШЭ, КШВГ, КШВГЛ, КШБГД	-	6	12	-	-	-	-	-	5
Пластмассовая	-	15	-	-	-	-	-	-	10

Подъем испытательного напряжения для КЛ напряжением до 10кВ осуществляют в течение 1 мин, а для линий напряжением 20-35кВ - со скоростью не более 0,5кВ/с.

В случае, если контроль над испытательным напряжением выполняют по вольтметру, включенному на первичной стороне повышающего трансформатора, то в результаты измерения может вноситься некоторая погрешность за счет падения напряжения в элементах испытательной схемы, в частности, в кенотронах.

Измерение токов утечки линий 3-10кВ при испытаниях повышенным выпрямленным напряжением производят с помощью микроамперметров, включенных или на стороне высокого напряжения испытательной установки, или в «0» испытательного трансформатора, в этом случае возможно искажение отсчета за счет паразитных токов утечки.

При испытаниях КЛ, повышенным выпрямленным напряжением оценку их технического состояния выполняют не только по абсолютному значению тока утечки, но и путем учета характера изменения тока утечки по времени, асимметрии токов утечки по фазам, характера сохранения и спада заряда.

Кабельную линию принимают в эксплуатацию, если токи утечки имеют стабильное значение, но не выше 300мкА для линий с номинальным напряжением до 10кВ.

Для КЛ длиной до 100м без соединительных муфт допустимые токи утечки не должны превышать 2-3мкА на 1000В испытательного напряжения, а асимметрия токов утечки по фазам не выше 8-10 мкА.

Для изоляции КЛ «норма» ток утечки спадает в зависимости от длительности приложения испытательного напряжения, и тем больше, чем лучше качество изоляции. У силового кабеля с дефектной изоляцией ток утечки увеличивается во времени.

При заметном нарастании тока утечки КЛ продолжительность испытания увеличивают до 10-20мин. При дальнейшем нарастании утечки, если оно не вызвано дефектами концевых разделок, испытание выполняют до пробоя изоляции кабеля.

При измерениях данным методом напряжение от выпрямленной установки подводят к одной из жил испытываемого кабеля. Остальные жилы КЛ, а также все жилы других параллельных кабелей данного присоединения надежно соединяют между собой и заземляют.

У трехжильных кабелей испытанию подвергают изоляцию каждой жилы относительно оболочки и других заземленных жил. У однофазных КЛ и кабелей с отдельно свинцованными жилами испытывают изоляцию жилы относительно металлической оболочки.

Кабель считают выдержавшим испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока утечки или его нарастания, после того как он достиг установившейся величины.

Эксплуатационные испытания методом определения электрической рабочей емкости жил выполняют для КЛ напряжением 35кВ и выше.

Измеренная емкость, приведенная к удельным величинам, не должна отличаться от результатов заводских испытаний более чем на 5%.

На практике, измерение емкости жил КЛ проводят методом амперметра-вольтметра или по мостовой схеме.

Метод амперметра-вольтметра позволяет с большой точностью определять емкости со значениями $C \geq 0,1 \text{ мкФ}$, что соответствует нормальным параметрам кабелей (рисунок 3).

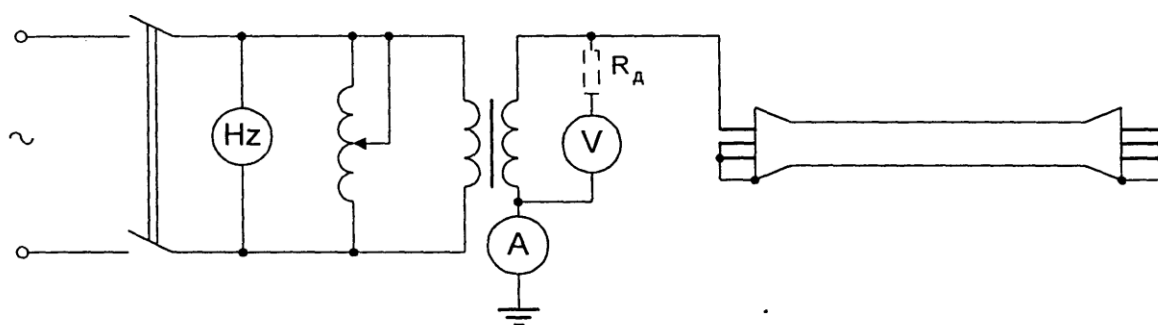


Рисунок 3 - Измерение емкости кабеля методом амперметра-вольтметра

По результатам измерения напряжения и тока емкость, мкФ:

$$C_{изм} = \frac{1}{2\pi fU} 10^6, \quad (1)$$

где: I - емкостной ток, А; U - напряжение на кабеле, В; f - частота напряжения в сети, Гц.

По данным измерения определяют удельную емкость кабеля, мкФ/км

$$C_{уд} = \frac{C_{изм}}{L}. \quad (2)$$

В том случае, когда измерение методом амперметра-вольтметра требует специального оборудования и приборов, применяют мостовой метод. При испытаниях КЛ используют мосты переменного тока типа МД-16, Р5026, Р595 и др. Измерения емкости производят по перевернутой схеме.

При выборе средств измерения учитывают, что удельные погонные емкости кабелей 35кВ и выше составляют десятые доли мкФ/км, а пределы

измерения емкости мостами переменного тока находятся в диапазонах для мостов:

- Р5026 на напряжении 3-10кВ - $10 \div 1$ мкФ, на напряжении менее 100В - 6,5 на $10^{-4} \div 5$ на 10^2 мкФ;
- МД-16 на напряжении 6-10кВ – 0,3 на $10^{-4} \div 0,4$ мкФ, на напряжении 100В - 0,3 на $10^{-3} \div 100$ мкФ;
- Р595 на напряжении 3-10кВ – 3 на $10^{-5} \div 1$ мкФ, на напряжении менее 100В – 3 на $10^{-4} \div 10^2$ мкФ.

Метод технического контроля осушения вертикальных участков КЛ выполняют на объектах эксплуатации напряжением 20-30кВ путем измерения и сопоставления температур нагрева оболочки в разных точках вертикального участка. Разность нагрева отдельных точек должна быть в пределах 2-3°C.

Эксплуатационный контроль осушения производят путем снятия кривых $\text{tg}\delta=f(U)$ на вертикальных участках КЛ. По значениям тангенса угла диэлектрических потерь судят о надежности изоляции по отношению к тепловому пробою, общему старению, увлажненности и обедненности изоляции пропиточной массой.

Зависимость параметра $\text{tg}\delta$ от напряжения представлена на рисунке 4.

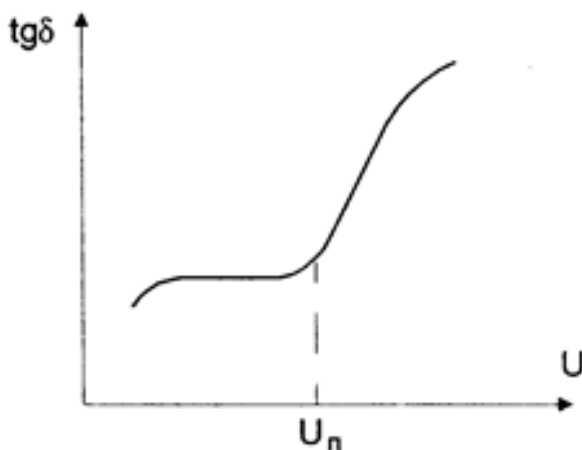


Рисунок 4 - Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от напряжения

При увеличении напряжения до некоторого значения U_n начинается интенсивная ионизация имеющихся в изоляции газовых или жидкостных включений, при этом величина $\text{tg}\delta$ резко возрастает за счет дополнительных потерь, вызванных ионизацией.

В результате, напряжение U_{Π} при обеднении изоляции будет уменьшаться, а величина $\operatorname{tg}\delta$ и потери соответственно увеличиваться. Зависимость $\operatorname{tg}\delta=f(U)$ также будет изменяться.

Испытания методом измерения блуждающих токов выполняют для КЛ, проложенных в районах нахождения электрифицированного транспорта (метрополитена, трамвая, железной дороги), 2 раза в первый год эксплуатации кабеля или электрифицированного транспорта, далее - согласно местным инструкциям.

При эксплуатации КЛ измеряют потенциалы и токи на оболочках кабелей в контрольных точках, а также параметры установки электрозащит.

Опасными считают токи на участках КЛ в анодных и знакопеременных зонах для бронированных кабелей, проложенных в мало агрессивных грунтах (удельное сопротивление почвы $\rho > 20$ Ом м), при среднесуточной плотности тока утечки в землю более 15 мА/м; а также для бронированных КЛ, проложенных в агрессивных грунтах ($\rho < 20$ Ом м), при любой плотности тока утечки в землю; для кабелей с незащищенными металлическими оболочками, с разрушенной броней и защитным покрытием, а также для стальных трубопроводов линий высокого давления независимо от агрессивности окружающего грунта и видов изоляционных покрытий на них.

На практике, измерения плотности тока утечки с поверхности кабеля в грунт выполняют с помощью вспомогательного электрода, зарытого вблизи самого эксплуатируемого кабеля (рисунок 5).

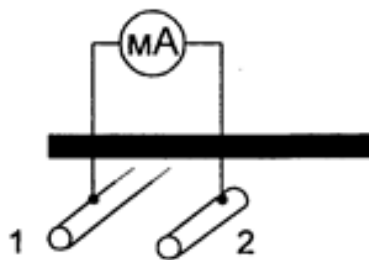


Рисунок 5 – Измерение плотности тока утечки:

1 - диагностируемый кабель; 2 - вспомогательный электрод

Вспомогательный электрод 2 изготавливают из деревянного стержня с навитой на него кабельной броневой лентой, зачищенной до металлического блеска, с площадью поверхности не менее 10000мм².

Землю вокруг этого электрода утрамбовывают и увлажняют, а между оболочкой (броней) кабеля и вспомогательным электродом включают с помощью изолированных проводников миллиамперметр с внутренним сопротивлением 1-5 Ом.

Средняя плотность тока утечки с поверхности кабеля, мА/мм²

$$i_{CP} = \frac{kI_{CP}}{S}, \quad (3)$$

где I_{CP} - среднее значение миллиамперметра за период измерения, мА;

S - поверхность ленты вспомогательного электрода, м²;

k - коэффициент, характеризующий отношение среднесуточной тяговой нагрузки ближайшей к месту измерения тяговой подстанции к ее среднему значению за 1 ч в период.

Электрохимическую защиту кабелей от коррозии осуществляют путем катодной поляризации их металлических оболочек, а в некоторых случаях и брони, т.е. наложением на последние отрицательного потенциала.

В зависимости от способа электрической защиты катодная поляризация достигается присоединением к оболочкам кабелей катодной станции, дренажной и протекторной защиты. При выборе способа защиты учитывается основной фактор, вызывающий коррозию в данных конкретных условиях.

2.3 Виды и способы устранения дефектов

Причины повреждения кабельных линий при эксплуатации. Как показывает опыт эксплуатации КЛ, часть неисправностей кабелей не определяется при профилактических испытаниях повышенным напряжением постоянного тока.

К таким недостаткам, которые снижают надежность кабелей, относятся: осушение изоляции из-за перемещения или стекания пропиточного состава, электрическое старение изоляции, высыхание изоляции кабелей, работающих в тяжелых тепловых режимах из-за больших токов нагрузки, часто связанное с разложением пропиточного состава.

На практике, не только старение, но и крупные дефекты не всегда выявляют методом профилактических испытаний КЛ. Не определяются повреждение в оболочках кабелей, если изоляция не отсырела. Повреждение и местные дефекты в изоляции обнаруживают при испытаниях лишь в том случае, если оставшийся неповрежденный участок изоляции не превышает 15-20% ее толщины.

При эксплуатации, в момент возникновения аварийного режима КЛ получает вторичные повреждения (обжигается дугой, деформируется внутренним давлением, поглощает влагу через поврежденное место и т.д.).

Оболочка кабеля является одним из более важных конструктивных элементов, причем изоляция кабеля имеет высокие диэлектрические свойства случае, если нет проникновения у нее воздуха или влаги. Свинцовая или алюминиевая оболочки являются герметизирующим покровом кабеля.

Длительная допустимая механическая нагрузка для свинца $0,1 \text{ кг/мм}^2$, для алюминия $0,8 \text{ кг/мм}^2$. В отличие от свинца алюминий является вибростойким материалом, но намного уступает ему в стойкости к действию грунтовой коррозии.

Кроме заводских дефектов, которые приводят к повреждениям КЛ при их эксплуатации возможны:

- механические повреждения, которые были нанесены при прокладке кабельных трасс;
- спиралевидные вспучены (иногда трещины) от циклов «нагрев – охлаждение» и значительных перегрузок кабеля;
- междукристаллические разрушения свинцовой оболочки под действием сотрясений и вибраций;
- грунтовая, химическая коррозия под воздействием разнообразных химических реагентов, которые содержатся в почве.

Местные механические повреждения оболочек кабелей устанавливают по внешнему виду, т.к. они сопровождаются повреждением джутовой оплетки и стальной брони, а также возможным повреждением изоляции КЛ. Механические повреждения носят локальный характер и после устранения поврежденного участка и монтажа вставки КЛ может штатно работать.

Длина поврежденного участка кабеля зависит от характера влияния, вызывающего его сотрясения и вибрацию. Чаще всего это вертикальный участок кабеля при переходе кабельной линии в воздушную, где сотрясения образуются проводами ВЛ, а также переходы КЛ под путями или шоссе, места прокладки кабелей по мостам, где вибрацию и сотрясения создает транспорт.

Наличие в продуктах коррозии перекиси (двуокиси) свинца указывает на ее электрическое происхождение от блуждающих токов. Характерным является цвет продуктов коррозии. Двуокись свинца, образуемая при протекании блуждающих токов, имеет коричневый цвет (бурый осадок). Продукты химической коррозии чаще всего имеют белый цвет, иногда с бледно-желтым или бледно-розовым оттенком.

При многократных изгибах кабеля, связанных с разматыванием, прокладкой, протяжкой в трубах и т.д., в местах возникших гофр алюминиевая оболочка дает продольную трещину или подрезается стальной броневой лентой. При установке муфт обращают внимание на

состояние высыхания изоляции, разложения пропиточного материала и выпадения канифоли.

При эксплуатации, у кабельных линий напряжением 10кВ и выше учитывают электрическое старение изоляции, а также наличие путей ионизации и частичных разрядов (ветвистые побеги, присутствие воскообразных веществ).

На практике, воздушные включения в твердом изоляционном материале КЛ - наиболее слабый элемент изоляции: в них начинают развиваться опасные ионизационные процессы и частичные разряды. Чем большие воздушные зазоры (особенно в радиальном направлении), тем они опаснее.

В связи с этим жестко регламентировано количество допустимых совпадений бумажных лент. Продольная складка нередко превращается в сплошную трещину, и при разборке изоляции кабеля вместо одной ленты сматываются две. Часто это наблюдается при величине перекрытия лент, близких до 50%.

При протекании токов короткого замыкания на короткое время допускается подъем температуры жил и прилегающих слоев изоляции к 125⁰С или 200⁰С соответственно для кабелей 20-35кВ и 1-10кВ.

Это обусловлено тем, что при температурах выше 135-140⁰С в бумажной изоляции быстро развиваются процессы старения бумажной основы изоляции (разрушение волокна целлюлозы, из которых состоит бумага).

Опасны и длительные послеаварийные перегрузки кабелей, когда, нагрев жил и изоляции превышает длительно допустимые. При вскрытии таких кабелей, после аварийного (профилактического) пробоя, обращают внимание на состояние фазной изоляции и бумажных лент, примыкающих к жиле.

Опасные местные перегревы кабелей возможны в местах, где КЛ проложены в земле с нарушением норм прокладки: с примыканием одного к другому или при выполнении в земле «запасов» в виде колец. В этих случаях кабели могут нагреваться к температурам, превышающих 100⁰С.

В кабелях напряжением 20-35кВ расчетные электрические градиенты в два раза выше, чем в кабелях напряжением 6кВ. При малом осушении, особенно на вертикальных участках, в КЛ возникает ионизация воздушных включений и частичные разряды.

Необходимость замены вертикальных участков кабелей должна подтверждаться результатами рассечения, разборки и осмотра вырезанных для проверки образцов кабелей.

Опасная степень электрического старения материалов КЛ подтверждается наличием черных ветвистых отложений на бумажных

лентах. Эти дефекты приводят к искажению электрического поля, образованию местных повышенных напряженностей, что опасно для КЛ напряжением 10кВ и выше.

Жилы КЛ с отдельно выпирающими участками или заусенцами опасны, т.к. во время изгибов кабеля или при тепловых деформациях может быть смята, продавлена или разрезана примыкающая к жиле бумажная изоляция. Наличие дефектов, сильно снижающих характеристики кабеля, недопустимо.

При рассечении КЛ после аварийных пробоев учитывают ряд других изменений, связанных с горением дуги и образованием значительных внутренних давлений. Большим давлением может деформироваться свинцовая оболочка кабеля, смещаться и выбрасываться (вместе с газами) заполнители.

При диагностике и профилактических испытаниях, из-за малой мощности испытательных установок, такие деформации не возникают (прожигающая и ударная установки не учитываются).

2.4 Порядок отыскания мест повреждения

При эксплуатации, отыскание мест повреждения КЛ проводят в три этапа:

- прожигание поврежденного места кабеля с целью снижения переходного сопротивления в месте дефекта;
- отыскание участка кабеля, на котором произошло повреждение;
- точное определение места повреждения кабеля.

При потере электрической прочности – «пробое» кабеля, например, при проведении испытаний, повышенным напряжением, в канале разряда происходит разложение маслоканифольной массы с образованием газов, способствующих погасанию дуги и деионизации разрядного промежутка.

Последнее приводит к затеканию в разрядный канал разогретой под действием электрической дуги кабельной массы и восстановлению электрической прочности.

Такой вид повреждения, называемый «заплывающий пробой», затрудняет отыскание места повреждения и для снижения переходного сопротивления в этом месте применяют прожигание.

При эксплуатации, в зависимости от применяемого метода отыскания места повреждения кабеля, требуемые переходные сопротивления составляют от долей и единиц Ом до сотен и тысяч кОм.

Прожигание производят как на переменном, так и на постоянном токе. Для успешного прожигания места повреждения КЛ на постоянном токе требуется напряжение в 1,3-1,5 раза больше, чем на переменном токе.

Кроме того, установки на постоянном токе по массе в 1,5-2 раза больше установок на переменном токе. Тем не менее, на практике применяют обе установки.

Для прожигания мест повреждения КЛ на постоянном токе необходимо напряжение 30-50кВ в начале процесса и ток до 3А в конце процесса, причем напряжение и ток должны регулироваться.

Этим условиям удовлетворяют комбинации «кенотрон – газотрон», «кенотрон – тиратрон», «кенотрон - полупроводниковый выпрямитель», «высоковольтный полупроводниковый выпрямитель - полупроводниковый выпрямитель на ток до 3А».

При прожигании изоляции кабелей на переменном токе используют явление резонанса на частоте 50Гц, что позволяет существенно снизить мощность установки и сократить время достижения необходимого переходного сопротивления. Особенно такой метод эффективен при прожигании мест повреждения в кабелях значительной длины (до 5км) и в соединительных муфтах.

Эффект достигается за счет того, что у резонансных установок после пробоя напряжение восстанавливается значительно быстрее, чем у установок постоянного тока. Частота следования пробоев столь велика, что изоляция в месте пробоя не успевает восстанавливаться, т.е. «заплывать» и возникает устойчивый проводящий мостик.

2.5 Методы определения мест повреждения

Эксплуатационные относительные методы, с помощью которых отыскивают участок повреждения кабеля: петлевой метод; емкостной метод; импульсный метод и метод колебательного разряда.

Петлевой метод применяют только при определении расстояния до замыкания одной или двух жил относительно оболочки при переходном сопротивлении постоянному току в месте повреждения не более 5кОм и при наличии хотя бы одной неповрежденной жилы. Метод основан на принципе измерительного моста постоянного тока.

Емкостной метод используют для определения расстояния до места обрыва одной или нескольких жил кабельной линии путем измерения емкости кабеля. Измерения проводят как с помощью моста переменного тока, так и с использованием баллистического гальванометра на постоянном токе.

Импульсный метод основан на измерении времени t_x прохождения импульса от одного конца КЛ до места повреждения и обратно, которое при скорости распространения этого импульса и расстояния до места повреждения L_x определяется и скорость распространения импульса.

$$t_x = \frac{2L_x}{v}, \quad (4)$$

$$L_x = \frac{vL_x}{2}. \quad (5)$$

Для большинства кабелей составляет 160 ± 1 м/мкс, соответственно расстояние до места повреждения – $L_x \approx 80t_x$.

После определения зоны повреждения КЛ производят определение точного места повреждения на трассе одним из следующих абсолютных методов: индукционным; акустическим; методом накладной рамки.

Для точного определения места повреждения КЛ, как правило, пользуются сочетанием относительного и абсолютного методов.

Индукционный метод применяют при определении места повреждения КЛ с замыканием жил между собой и при переходном сопротивлении в месте замыкания не более 10 Ом, а также для определения трассы и глубины залегания неповрежденного объекта и места расположения кабельных муфт.

Метод основан на фиксации изменения электромагнитного поля над кабелем с помощью приемного устройства при пропускании по нему тока звуковой частоты. В качестве приемного устройства выступает антенна, в которой под действием электромагнитного поля наводится э.д.с., усиливаемая усилителем и воспроизводящая звуковые сигналы с помощью телефона.

В качестве источника тока используют генератор звуковой частоты 800-1200 Гц напряжением 100-200 В и током до 20 А (например, генератор ОП-2).

Определение места однофазного замыкания на оболочку кабеля осуществить трудно даже при наличии большого практического опыта. Это вызвано тем, что в месте повреждения ток растекается по оболочке кабеля в обе стороны и, следовательно, звучание за местом повреждения не прекращается.

Для отыскания таких повреждений применяют метод накладной рамки, который является разновидностью индукционного метода.

Метод используется также для определения трассы кабеля. В данном случае при горизонтальной ориентации магнитной оси антенны наводимая э.д.с. имеет максимальное значение над кабелем, т.к. витки обмотки антенны пересекаются максимальным магнитным потоком. Обратная картина наблюдается при вертикальной ориентации оси, так как витки обмотки антенны в данном случае не пересекаются магнитным потоком.

Метод накладной рамки применяют для определения однофазных замыканий жилы на оболочку при открытой прокладке кабеля, а также для КЛЭП проложенных в земле в предварительно отрытых шурфах на участке повреждения кабеля.

Рассмотрим индукционный метод для точного определения места прохождения трассы КЛ, глубины залегания кабелей и расположения на них соединительных муфт. Трассу кабеля определяют включением генератора звуковой частоты преимущественно по схеме «фаза-фаза» или по схеме «фаза-земля».

Один вывод генератора присоединяют к жиле кабеля, противоположный конец которой заземляют, причем другой вывод генератора также заземляют. Значение тока работающего генератора должно быть не менее 15 А.

При движении работника по трассе ось приемной рамки (антенны) должна быть расположена вертикально к поверхности земли. Для определения трассы КЛ, лицо производящее работу на линии, передвигается вдоль КЛ от места его присоединения (трансформаторной подстанции), держа приемную рамку и слегка перемещая ее в горизонтальной плоскости поперек оси линии (рисунок 6).

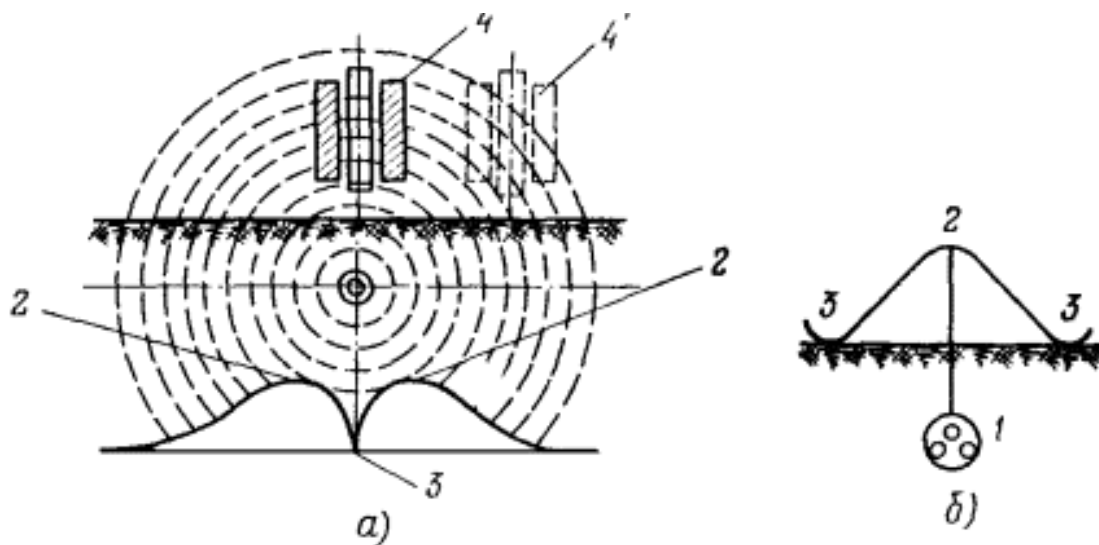


Рисунок 6 - Характер изменения звука при удалении рамки вправо или влево от линии прохождения кабеля:

- а* - при пропускании тока звуковой частоты по схеме «фаза-земля»;
- б* - при пропускании тока звуковой частоты по схеме «фаза-фаза»
- 1 - кабель; 2 - наибольшая слышимость; 3 - наименьшая слышимость;
- 4, 4' - приемная рамка

В приемнике – наушниках с телефоном при этом будет улавливаться минимальная громкость звука над КЛ. При отклонении рамки вправо или влево от трассы кабеля в телефоне будут слышны усиления громкости звука (рисунок 6, а).

Таким образом трасса кабеля будет проходить по линии минимальной слышимости звука в телефоне. При пропускании тока звуковой частоты по двум фазам кабеля максимум громкости звука будет слышен над кабелем (рисунок 6, б), при этом вследствие скрутки жил кабеля по мере перемещения вдоль линии будет происходить периодическое изменение слышимости (соответствующее шагу скрутки жил 1,0 - 1,5 м).

При эксплуатации, отыскание отключенного кабеля среди работающих производят по схеме «фаза-фаза». Для определения глубины заложения кабеля человек, производящий работу, перемещает две крестообразно расположенные и последовательно соединенные приемные рамки в обе стороны от оси КЛ.

При смещении их в сторону от оси кабеля на расстояние, равное глубине заложения кабеля, в обеих рамках ЭДС. оказываются равными и имеющими противоположные знаки, вследствие чего в телефоне слышна минимальная громкость звука (рисунок 7).

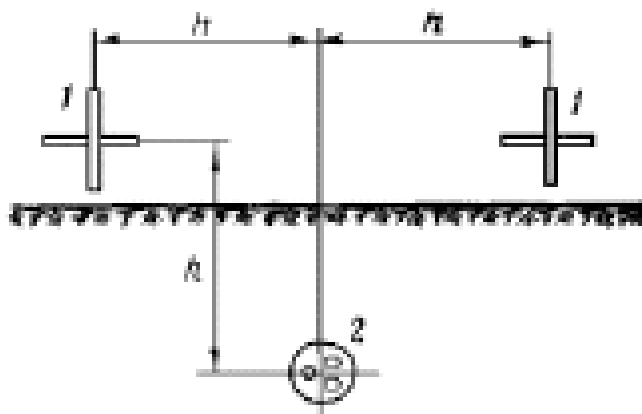


Рисунок 7 - Определение глубины заложения КЛ в земле индукционным методом: 1 - приемные рамки; 2 - кабель

Расстояние между центрами рамок h при смещении их в крайние положения будет равно двойной глубине заложения кабеля, при этом глубину заложения необходимо отсчитывать от центра рамок, а не от поверхности земли. Для уточнения расположения соединительных муфт по двум жилам кабеля пропускается ток от генератора звуковой частоты, жилы с другой стороны линии замыкаются накоротко, а пропускаемый по жилам ток должен быть не менее 20 А.

На практике, соединительные муфты токоведущих жил разведены на значительно большие расстояния по сравнению с жилами в целом месте кабеля, внешнее электромагнитное поле над муфтами резко усиливается, что и обнаруживают с помощью приемной рамки, усилителя и телефона (рисунок 8).

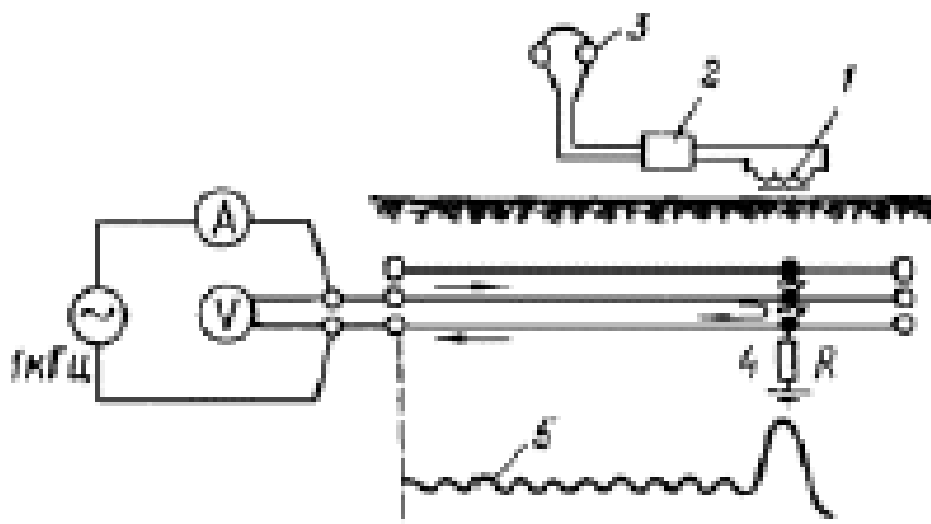


Рисунок 8 – Схема для определения места повреждения кабеля индукционным методом;

1 - приемная рамка со стальным сердечником; 2 - усилитель;
3 - телефонные наушники; 4 - место повреждения с переходным сопротивлением на землю; 5 - кривая слышимости при прохождении испытателем вдоль трассы кабельной линии

При определении местоположения муфт следует иметь в виду, что и над кабелем по его длине будут прослушиваться периодические усиления звука, соответствующие расстоянию шага скрутки токоведущих жил. Однако над муфтой громкость звучания будет значительно больше.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение кабельной линии (КЛ) напряжением выше 1000В.
2. Как на практике, силовые кабели различают по роду элементов?
3. Что входит в конструкцию кабеля?
4. Что на практике обеспечивают соединительные муфты при эксплуатации силовых кабельных электропередач?
5. Что входит в конструкцию соединительной муфты типа ЗСТп-1-(25-50) (М)?
6. Перечислите стандартные сечения жил силового кабеля.
7. Как по объему работ делят эксплуатационные технические мероприятия на кабельных линиях?
8. Какие методы применяют при выполнении эксплуатационных технических мероприятий на КЛ?
9. Какие операции выполняют при визуальном, инструментальном осмотре и ремонте, не требующим отключения КЛ?
10. В каком порядке производят визуальный и инструментальный осмотр кабельных колодцев в сооружениях КЛ?
11. Куда записывают результаты обходов с визуальным и инструментальным осмотром КЛ?
12. Куда записывают результаты осмотров открыто проложенных КЛ и кабельных сооружений?
13. Что включают в испытания КЛ, находящихся в эксплуатации?
14. Чем выполняют измерения сопротивления изоляции КЛ различных напряжений?
15. Какие допустимые значения сопротивления изоляции КЛ на напряжения до и выше 1000В?
16. Как выполняют разрядку емкости кабеля различной длины?
17. Как выполняют испытания КЛ повышенным напряжением выпрямленного тока?
18. Как производят измерение токов утечки линий 3-10кВ при испытаниях повышенным выпрямленным напряжением?
19. Как выполняют эксплуатационные испытания методом определения электрической рабочей емкости жил выполняют для КЛ напряжением 35кВ и выше?
20. Как производят измерение емкости кабеля методом амперметра-вольтметра?
21. В каких случаях для измерения емкости КЛ применяют мостовой метод?
22. Для чего и как применяют метод технического контроля осушения вертикальных участков КЛ?

ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Анализ объекта эксплуатации – кабельной линии электропередач.
2. Визуальный осмотр и инструментальный контроль кабельной линии электропередач.
3. Измерение сопротивления изоляции кабельной линии электропередач.
4. Испытание кабельной линии электропередач повышенным напряжением выпрямленного тока.
5. Изучение и применение относительных методов, с помощью которых отыскивают участок повреждения кабеля: петлевой метод; емкостной метод; импульсный метод и метод колебательного разряда
5. Заполнение протоколов визуального осмотра, инструментального контроля и измерения сопротивления изоляции кабельной линии электропередач.

Оборудование рабочего места

1. Элементы оборудования кабельной линии электропередач.
2. Мегаомметры напряжением 1000В и 2500В.
3. Аппарат испытания изоляции напряжением 70кВ – АИИ - 70М.
4. Комплект электробезопасных средств.
5. Соединительные провода и приспособления.

Оформление отчета

1. Цель и краткие сведения о кабельных линиях электропередач.
2. Анализ объекта эксплуатации – оборудования кабельной линии электропередач (Приложение 1).
3. Протокол визуального осмотра и тепловизионного контроля оборудования кабельной линии электропередач (Приложение 2).
4. Протокол диагностики и измерения сопротивления кабельной линии электропередач (Приложение 3).
5. Протокол диагностики и испытания кабельной линии электропередач повышенным напряжением выпрямленного тока (Приложение 4).
6. Нормы тепловизионного контроля оборудования (Приложение 5).
7. Схемы испытаний, измерений и контроля элементов КЛ.
8. Выводы по работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд., доп. и перераб. М: НОРМАТИКА, 2020. – 464с.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). М: НОРМАТИКА, 2020. – 188с.
3. Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ Э ЭУ). 3-е изд., доп. и перераб. М: НОРМАТИКА, 2020. – 232с.
4. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов – М.: «Инфра-М», 2013, 288с.
5. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения: учебное пособие / Е. Е. Привалов и др., под ред. Е. Е. Привалова. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2018. – 204 с.
6. Эксплуатация воздушных линий электропередач: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 130 с.
7. Диагностика оборудования воздушных линий электропередач: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 70с.
8. Диагностика электроэнергетического оборудования: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 227 с.
9. Тепловизионная диагностика электроэнергетического оборудования: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015 – 64 с.
10. Электробезопасность сельских электроустановок / М.А. Таранов, В.Я. Хорольский, Е.Е. Привалов. СтГАУ - Ставрополь: АГРУС, 2006. - 132с.
11. Электротехническое материаловедение: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – М. – Директ-Медиа, 2015. – 234с.
12. Электротехнические материалы: учебное пособие / Е.Е. Привалов, А.В. Гальвас, Л.И. Тимошенко, С.В. Аникуев. СтГАУ - Ставрополь: АГРУС, 2011. - 192с.
13. Развитие системы образования – обеспечение будущего: коллективная монография. Книга 2. Том 2 / А.И. Адошев, С.В. Аникуев, А.В. Гальвас. В.Г. Жданов. А.В. Ивашина, В.А. Кобозев, Е.А. Логачева, Е.Е. Привалов, Л.И. Тимошенко, И.К. Шарипов // Одесса: КУПРИЕНКО С.В., 2013. – 175с.
14. Современные технологии в образовании. Развитие системы образования – обеспечение будущего: монография / А.И. Адошев, С.В. Аникуев, А.В. Гальвас. В.Г. Жданов. А.В. Ивашина, В.А. Кобозев, Е.А. Логачева, Е.Е. Привалов, Л.И. Тимошенко, И.К. Шарипов // Одесса: КУПРИЕНКО С.В., 2013. – С.60-97.

Приложение 1.1

Перечень работ на элементах опоры ВЛЭП

№	Наименование работы	Единица измерения	Кол-во
Организация работ			
1	Разработка программы работ		
2	Проведение инструктажа		
3	Изучение работы оборудования, анализ его технического состояния		
4	Оформление наряда-допуска (распоряжения)		
5	Подготовка и проверка прибора для измерений		
6	Настройка дефектоскопической аппаратуры по эталонным образцам. Ультразвуковой контроль		
7	Ознакомление с дефектной ведомостью и НТД		
Обследование части ВЛЭП, относящейся к одной опоре			
8	Измерение твердости заданным методом		
9	Визуальный и измерительный контроль и выбраковка элементов фундамента опор с видимыми дефектами		
10	Визуальный и измерительный контроль и выбраковка деталей опор с видимыми дефектами		
11	Ультразвуковой контроль бетонных конструкций		
Обработка и оформление. Выводы по работе			
12	Составление заключения о техническом состоянии		
13	Заполнение и обработка паспорта технического состояния линии		
14	Составление и оформление электронной версии чертежа (схемы трассы ВЛЭП)		
15	Обработка, анализ и экспертиза комплекта документации. Выводы		

Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля опоры

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют бригадой, осуществляющей движение вдоль трассы ВЛЭП с осмотром всех ее элементов. Перед началом контроля оформляют лист осмотра, в который вносят объекты диагностирования: фундаменты, опоры, трасса ВЛЭП.

Выбор условий контроля сводят к обеспечению нормальной освещенности контролируемого участка ВЛЭП и взаимного расположения объекта контроля и аппаратуры в соответствии с НТД.

Операции контроля и диагностики производя с учетом климатических характеристик и требований к размещению аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации ВЛЭП.

При контроле подножников, относящихся к одной металлической опоре, в листе осмотра их нумерацию ведут с левого подножника по часовой стрелке в направлении движения.

Разность вертикальных отметок верха подножников в плане определяют с помощью гидравлического уровня и двух реек с метками на одной высоте. Рейки устанавливают вертикально на верхнюю часть подножника.

Совмещают уровень жидкости с меткой на одной рейке, и с помощью шкалы на уровне определяют расстояние между уровнем жидкости и меткой на другой рейке. Измеренное расстояние есть разность вертикальных отметок верха подножников.

Замеряют имеющиеся зазоры между опорными башмаками и подножниками с помощью линейки.

Отмечают, при наличии, количество стальных прокладок под опорными башмаками.

Размеры сколов, трещин измеряют лупой Польди и линейкой. При диагностике отмечают характер дефектов, их количество и расположение.

Наличие щелей, пятен в бетоне, просадки или набухания грунта вокруг фундамента фиксируется в листе осмотра и фотографируется. При контроле опор отмечают опоры с отсутствующими условными обозначениями.

Наклон порталных и одностоечных железобетонных опор вдоль или поперек оси ВЛ определяют с помощью электронного уровня.

Наклон металлических опор на подножниках определяют с помощью гидравлического уровня и двух реек с метками на одной высоте. Рейки устанавливают вертикально на опорные плиты башмаков опор.

Совмещают уровень жидкости с меткой на одной рейке, и с помощью шкалы на уровне определяют расстояние между уровнем жидкости и меткой на другой рейке. Измеренное расстояние есть разность вертикальных отметок опорных башмаков опор, характеризующая наклон опоры. Траверсы, имеющие перекося, отмечают в листе осмотра и фотографируются.

Размеры трещин, раковин, отверстий в бетоне железобетонных опор измеряют рулеткой или линейкой. Ширину трещин определяют с помощью лупы Польди. Отмечают характер дефектов, количество, расположение.

Наличие щелей, пятен в бетоне, просадки или набухания грунта вокруг опор и приставок фиксируют в листе осмотра и фотографируют.

Прогиб (искривление) поясных уголков в пределах панели металлических конструкций опор измеряют металлической линейкой или штангенциркулем как наибольшее расстояние от тонкой стальной струны диаметром 1мм, натянутой вдоль контролируемого элемента, до его грани.

Струну на концах элемента рекомендуется закреплять струбцинами. Металлическую линейку при измерении располагают в плоскости искривления. Вместо струны можно использовать жесткий ровный стержень.

В конструкции металлических опор выявляют элементы, имеющие трещины в сварных швах или около шовной зоне, оторванных частично или полностью, с одной стороны.

Для выявления трещин используют также лупу семикратного увеличения или молоток массой 0,5кг.

При ударе молотком звук - дребезжащий, ширина раскрытия трещины увеличивается, становится видной невооруженным глазом.

В листе осмотра необходимо зафиксировать элементы опоры, на которых обнаружено дефектное сварное соединение.

Площадь поперечного сечения оттяжек определяется с помощью штангенциркуля.

В случае уменьшения площади сечения в листе осмотра отмечают характер повреждения.

Измерение тяжения в оттяжках производят с помощью измерителя натяжения канатов (ИТОМ-10). Использование устройства осуществляют в соответствии с рабочей инструкцией.

Измерения повторяются три раза, перемещением прибора по канату на 5-10 см по его длине.

Тяжение определяют по среднему значению отсчетов.

При наличии мест, подверженных коррозии, определяют значение сечения поврежденного металлического элемента (детали) с помощью штангенциркуля и угольника с предварительной очисткой элемента от ржавчины.

В листе осмотра необходимо записать значение сечения подобного неповрежденного металлического элемента (детали), его назначение.

Опоры или детали опор, не имеющие лакокрасочного покрытия, отмечают в листе осмотра.

Все металлические детали опоры должны быть окрашены.

Необходимо отметить количество отсутствующих, не затянутых, а также не соответствующих диаметрам анкерных болтов гаек и контргаек.

При отсутствии контргайки допускается при закернивании резьбы.

Все дефекты необходимо фотографировать.

Таблица технического состояния опор по результатам
визуально-оптического и измерительного контроля.

Методы устранения неисправностей
при проведении ремонтных работ

№	Диагностируемый параметр	Критерий дефекта	Приборы	Состояние	Методы устранения неисправностей. Провести мероприятия
Фундаменты металлических опор					
1	Просадка или набухание грунта вокруг фундамента	Факт наличия	Нет	НР	по предохранению грунтов основания от ухудшения их свойств; -направленные на преобразование строительных свойств грунтов; - по уменьшению Чувствительности и сооружений к Деформациям
	Трещины	Ширина раскрытия - менее 0,3 мм	Лупа Польди	И	Ремонт не требуется
2		Ширина раскрытия - от 0,3 до 0,6 мм	Лупа Польди	НР	Поверхность бетона в зоне образования трещин покрасить краской или заделать полимер цементным раствором

3		Ширина раскрытия более 0,6мм с выпучиванием бетона	Лупа Польди	НР	Провести контроль состояния бетона ультразвуковым (вибрационным) методом
4	Оголение арматуры	Факт наличия	Нет	НР	Очистить арматуру от ржавчины. Поверхность бетона, где выступает поперечная арматура, закрасить краской
5	Пористость бетона	Факт наличия	Нет	НР	Заделать Полимерцементным раствором
6	Отслоение поверхностного слоя бетона	Толщина отслоения от 3 до 5 мм	Линейка	НР	Заделать Полимерцементным раствором
7	Деформированные или срезанные анкерные болты	Факт наличия	Нет	НР	Запланировать работы по замене фундаментных блоков
Опоры					
8	Отсутствие условных обозначений	Массовое отсутствие обозначений или плакатов	Нет	НР	Нанести по трафарету атмосферостойкой краской при очередном капитальном ремонте
9		Нет обозначений или плакатов на отдельных опорах	Нет	НР	Нанести по трафарету атмосферостойкой краской при очередном осмотре

1 0	Наличие темных полос на бетоне	На поверхности, расположены по виткам поперечной арматуры	Нет	НР	Поверхность бетона в зоне, где выступают темные полосы, закрасить краской
1 1	Оголение поперечной арматуры	На длине 1,5-2м вдоль опоры	Рулетка	НР	Очистить арматуру от ржавчины. Поверхность бетона, где выступает поперечная арматура, закрасить краской
1 2	Наличие раковин	Размером 10×10 мм, глубиной 10 мм	Линейка, штангенциркуль	НР	Заделать полимерцементным раствором
1 3		Не более 1 раковины или отверстия на опору площадью до 25см ²		НР	Установить бандаж
1 4		Не более 1 раковины площадью до 25см ²		Н	Опору заменить
1 5		Раковина или сквозное отверстие площадью более 25см ²		Н	Опору заменить
1 6	Трещины в сварных швах	Факт наличия	Лупа, молоток 0,5 кг	НР	Проварить дефектные сварные швы и устранить дефекты

1 7	Наличие коррозионных повреждений	Сквозное коррозионное поражение, щелевая коррозия	Лупа, бинокль, цифровая камера	Н	Элементы заменить
1 8	Отсутствие лакокрасочного покрытия	Факт наличия	Нет	НР	Опоры очищены от ржавчины, краски и грязи. Покрашены
1 9	Отсутствие или несоответствие гаек диаметрам анкерных болтов	Факт отсутствия, несоответствия	Нет	НР	Установить гайки требуемого размера
2 0	Не затяжка гаек и контргаек на анкерных болтах	Факт наличия	Нет	НР	Затянуть гайки и контргайки на анкерных болтах

Методические указания по определению предела прочности металла
элементов опор

Указания устанавливают требования к аппаратуре, контролируемым объектам, порядку подготовки и проведению измерений, оформлению результатов по металлу опор. Предел прочности опор ВЛЭП определяется косвенным методом – по значениям измерений твердости металла.

Таблица 4.1 - Сопоставление пределов прочности стали заданных опор методами Бринелля, Виккерса и Роквелла.

HB, HV («единицы твердости» соответственно по Бринеллю и Виккерсу)	HRB («единицы твердости» по Роквеллу)	σ_B (МПа)	HB, HV («единицы твердости» соответственно по Бринеллю и Виккерсу)	HRC («единицы твердости» по Роквеллу)	σ_B (МПа)
100	52,4	333	245	21,2	815
105	57,5	350	250	22,1	835
110	60,9	362	255	23,0	855
115	64,1	382	260	23,9	865
120	67,0	402	265	24,8	880
125	69,8	410	270	25,6	900
130	72,4	430	275	26,4	910
135	74,7	450	280	27,2	930
140	76,6	470	285	28,0	950
145	78,3	480	290	28,8	970
150	79,9	500	295	29,5	980
155	81,4	520	300	30,2	1000
160	82,8	530	310	31,6	1030
165	84,2	550	320	33,0	1060
170	85,6	565	330	34,2	1090
175	87,0	580	340	35,3	1120
180	88,3	600	350	36,3	1150
185	89,5	620	360	37,2	1180
190	90,6	640	370	38,1	1200
195	91,7	650	380	38,9	1230
200	92,8	665	390	39,7	1260
205	93,8	685	400	40,5	1290
210	94,8	695	410	41,3	1305
215	95,7	715	420	42,1	1335
220	96,6	735	430	42,9	1365
225	97,5	745	440	43,7	1385
230	98,4	765	450	44,5	1410
235	99,2	785	460	45,3	1440
240	100	795	470	46,1	1480

Измерение твердости на элементах опор ВЛЭП производят при температуре от 0 до плюс 40⁰С переносными твердомерами ультразвукового или динамического действия, обеспечивающими:

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

Поверхность элементов опор в зоне диагностики 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 применяют образцы шероховатости (сравнения), а также другие средства измерения.

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

Предел прочности металла определяют в соответствии с НТД в зависимости от значений твердости по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу.

Значения пределов прочности сравнивают с нормативными данными для сталей опор ВЛ, указанных в НТД на элементы конструкции.

При несоответствии прочности металла НТД проводят дополнительные измерения твердости металла на расстоянии 5-50 мм от точек предыдущего замера.

Зоны замера твердости необходимо показать на карте контроля с эскизом диагностируемого объекта и указанием его геометрических размеров и привязки осей координат.

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

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

Результаты измерений и карта контроля заносят в Формуляр паспорта технического состояния, в котором идентифицируют опоры ВЛ в соответствии с их принятыми номерами при проведении обследования и их типами

(А - анкерная, П - промежуточная).

Оценка прочности бетона опоры и фундамента опоры ультразвуковым методом

Определение прочности бетона опоры и фундамента опоры ВЛЭП ультразвуковым методом проводят по НТД на участках конструкций, не имеющих видимых повреждений (отслоения защитного слоя, трещин, каверн и др.) при положительной температуре бетона.

Ультразвуковую диагностику выполняют приборами путем измерения времени распространения ультразвука в бетоне опоры и фундамента металлической опоры ВЛЭП. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения времени распространения ультразвука на стандартных образцах, входящих в комплект прибора, не должен превышать значения:

$$\Delta = \pm(0,01t + 0,1)$$

где t - время распространения ультразвука, мкс.

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.

Оценке прочности материала опор ВЛ подвергают:

- железобетонные опоры на уровне 0, 100 и 200 см от уровня заделки в грунт с четырех сторон;
- железобетонные фундаменты металлических опор линии на уровне земли с четырех сторон.

На каждом уровне с каждой стороны выполняют не менее двух измерений в поперечном и продольном относительно вертикальной оси опоры или фундамента направлении и рассчитывают среднеарифметическое значение измерений на каждом уровне по каждому направлению.

По значениям скорости распространения ультразвуковых волн определяют прочность бетона опор ВЛЭП. Соотношение между скоростью распространения продольных ультразвуковых волн и прочностью бетона диагностируемых конструкций производят по экспериментально установленным градуировочным зависимостям «скорость – прочность» или «время – прочность» согласно НТД.

Полученную величину прочности бетона элемента фундамента в двух направлениях сравнивают 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 принимают при одновременном выполнении двух условий:

первое - прочность бетона элемента фундамента не соответствует нормативным значениям: $R_{\text{и}} < R_{\text{н}}$,

где $R_{\text{и}}$ - прочность бетона элемента фундамента, рассчитанная по результатам измерений, МПа;

$R_{\text{н}}$ - минимальная прочность бетона согласно нормативным данным для элемента фундамента, МПа;

второе - величина прочности бетона фундамента находится за пределами доверительного интервала 3Δ нормального распределения значений:

$$R_{\text{и}} < R_{\text{ср}} - 3\Delta,$$

где $R_{\text{ср}}$ - среднее значение прочности бетона, полученное для аналогичных элементов фундамента в данной серии измерений, МПа;

Δ - дисперсия значения прочности бетона в данной серии измерений, МПа.

Полученную величину прочности бетона на разных уровнях опор в двух направлениях сравнивают 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 принимают при одновременном выполнении двух условий:

первое - прочность бетона опоры хотя бы на одном уровне не соответствует нормативным значениям для данного типа опор: $R_{\text{и min}} < R_{\text{н}}$,

где $R_{\text{и min}}$ - минимальная прочность бетона опоры, рассчитанная для трех уровней, МПа;

$R_{\text{н}}$ - минимальная прочность бетона согласно нормативным данным для данного типа опор, МПа;

второе - величина прочности бетона опоры за пределами доверительного интервала 3Δ нормального распределения значений для уровня

$$R_{\text{и min}} < R_{\text{ср}} - 3\Delta,$$

где $R_{\text{ср}}$ - среднее значение прочности бетона, полученное для этого уровня опор в данной серии измерений, МПа;

Δ - дисперсия значения прочности бетона для данного уровня опор в данной серии измерений, МПа.

Результаты измерений заносят в Формуляр паспорта технического состояния объекта. В паспорте необходимо идентифицировать опоры в соответствии с их принятыми номерами и их типами (А - анкерная, П - промежуточная).

Средства измерений твердости материалов опор методами Бринелля,
Виккерса, Роквелла, Либа и Шора

На практике, применяют универсальный комбинированный твердомер NOVOTEST Т-УДЗ (рисунок 6.1). Универсальный твердомер работает с двумя видами преобразователей: динамическим (Либа) и ультразвуковым (контактно-импендансным) по шкалам твердости Виккерса; Бринелля; Роквелла; Либа; Шора, а также специальным пользовательским шкалам.



Рисунок 1 – Универсальный комбинированный твердомер NOVOTEST Т-УДЗ

Прибор обладает возможностью измерять предел прочности на растяжение объектов на основе углеродистых сталей перлитного класса, что позволяет выполнять автоматический пересчет со шкалы Бринелля (НВ) в соответствии с НТД. Ультразвуковым датчиком проводят измерения твердости элементов опор небольшого размера, изделий с тонкой стенкой, сложной формы, поверхностных слоев.

Тогда как для измерения твердости массивных деталей, материалов с крупнозернистой структурой, чугунов и цветных металлов применяют динамический датчик. Встроенной в прибор камерой фотографируют объект в режиме реального времени и налагают на него измеренные значения твердости, что делает возможным получить наглядный и точный способ протоколирования итогов измерения.

Для полевых условий эксплуатации, помимо возможности фото фиксации NOVOTEST Т-УДЗ имеет герметичный пыле- и влагозащищенный корпус с защитными противоударными резиновыми накладками. Прибор оснащен морозостойким дисплеем, что дает возможность использовать его в любой климатической зоне и в любое время года.

Цветной графический дисплей имеет 88 комбинаций шкал твердости для материалов опор ВЛЭП (калибровок), что дает возможность дополнительно настроить шкалы под диагностируемые материалы.

Информацию можно отобразить в виде гистограмм, графиков и таблиц, также прибор имеет интеллектуальный режим для отображения отклонения и среднего значения твердости материала опор.

Прибор может обрабатывать статистическую информации и просматривать архив измерений, а также сохранять на карту памяти калибровки и прямо печатать на принтер с изменением цветовой схемы отображения информации. Твердомер комплектуют ультразвуковым датчиком У1 (50Н) и ультразвуковым преобразователем У1 (10Н).

Рассмотрим технические характеристики прибора (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики твердомера NOVOTEST Т-УДЗ

1	Диапазон измерения	Виккерс - HV:230~940; Роквелл - HRC:20~70; Бринелль - HB:90~450. Предел прочности, МПа 370~1740
2	Точность измерения	HV:±3%HV; HRC:±1.5%HRC; HB:±3%HB
3	Направление измерения	В любом направлении - 360°
4	Шкалы твердости	HV, HB, HRC, HRB, Leeb, Shore (Виккерса, Бринелля, Роквелла-С, Роквелла-В, Либа, Шора
5	Материалы	Датчик ультразвуковой – для стали. Датчик динамический - для стали, чугуна, нержавеющей стали, алюминия, бронзы
6	Испытательная нагрузка	1кг (10Н) и/или 5кг (50Н) (ультразвуковой датчик)
7	Индентор	136° - алмазный индентор Виккерса (для ультразвукового датчика)
8	Сохранение измерений	Ограничено только объемом карты памяти
9	Связь с ПК	Выгрузка измерений в ПК, экспорт в таблицы Excel
10	Отображаемая информация	Индикатор приложения нагрузки, результат одиночного замера, среднее значение серии замеров, количество замеров в серии, разброс значений в серии, график измерений в серии, гистограмма измерений серии, режимы отображения статистической информации и интеллектуально измерения. Отображение выбранной шкалы твердости, текущего материала, состояния батарейки.
11	Дисплей	Цветной LCD/TFT дисплей
12	Условия эксплуатации	Температура: от -20°С до + 40°С; Влажность: 30%~80%
13	Размер прибора	180x80x35 мм

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-750 кВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

7.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

7.1.1 Настоящие Методические указания предназначены для персонала предприятий, осуществляющих эксплуатацию электрических сетей, и могут быть рекомендованы для специалистов проектных, научно-исследовательских, специализированных и других организации, привлекаемых для участия в комиссиях по обследованию и оценке технического состояния воздушных линий (ВЛ) электропередачи в целях определения возможности их дальнейшей эксплуатации или необходимости их технического перевооружения, реконструкции, модернизации и ремонта.

7.1.2 Методические указания составлены в соответствии с действующими нормативно-техническими документами на проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию конструкций ВЛ напряжением 35-750 кВ на основе обобщения опыта эксплуатации ВЛ, результатов проведенных обследований ВЛ.

7.1.3 В соответствии с настоящими Методическими указаниями производится оценка технического состояния следующих основных элементов ВЛ: металлических, железобетонных и деревянных опор, фундаментов, проводов, грозозащитных тросов, изоляции, линейной арматуры, заземляющих устройств опор.

7.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ВЛ

7.2.1. Оценка технического состояния элементов ВЛ производится по результатам их обследования.

Для объективной оценки состояния воздушных линий электропередачи образуется рабочая группа (комиссия) в составе представителей предприятия электрических сетей, эксплуатирующего обследуемую ВЛ, и специалистов других организаций, проводящих обследование.

Руководителем рабочей группы (председателем комиссии) является, как правило, главный инженер ПЭС.

7.2.2. При необходимости в состав рабочей группы (комиссии) включаются представители заводов-изготовителей, проектных, строительно-монтажных, специализированных, научно-исследовательских и других организаций.

7.2.3. Специализированные и научно-исследовательские организации целесообразно привлекать к следующим работам по оценке технического состояния элементов ВЛ:

- испытания конструкций и других элементов;
- проведение проверочных расчетов элементов;
- определение структуры и расчетного сопротивления металлоконструкций опор при отсутствии проектной документации;
- определение фактической прочности железобетонных стоек и фундаментов неразрушающими методами;
- проведение механических испытаний опор;
- проведение испытаний линейной изоляции;
- определение фактической прочности проводов, грозотросов и линейной арматуры.

7.2.4. Специализированные организации могут привлекаться к обследованию конструкций ВЛ также в случаях:

- обнаружения значительных отступлений от проекта при наличии массовых дефектов и повреждений;
- увеличения по сравнению с проектом нагрузок на опоры, увеличения пролетов, замены проводов, тросов на большие сечения, изменения расчетных ветровых, гололедных нагрузок.

7.2.5. На основе проведенного обследования, изучения и анализа проектной, строительной и эксплуатационной документации, изменений условий эксплуатации и проведения в случае необходимости испытаний элементов ВЛ составляется акт, протокол или технический отчет, в которых приводится оценка технического состояния элементов ВЛ и ВЛ в целом и рекомендации по их дальнейшему использованию.

7.2.6. В случае принятия решения о техническом перевооружении, реконструкции или модернизации ВЛ данные обследования прикладываются к техническому заданию на проектирование.

7.2.7. В функции заказчика (ПЭС) по организации обследования ВЛ входит:

- выдача заказа проектной, специализированным организациям (исполнителю) на участие в обследовании ВЛ с указанием наименования, протяженности ВЛ, предполагаемого объекта обследования;
- оформление договора, перечисление аванса и поэтапных выплат в установленные договором сроки;
- утверждение программы и календарного плана выполнения работ;
- предоставление рабочей группе (комиссии) полного комплекта строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛ, данных по измененным условиям за время эксплуатации ВЛ;
- инструктаж по технике безопасности, обеспечение средствами защиты (при необходимости), назначение работников, ответственных за безопасное проведение работ;
- обеспечение транспортными средствами для передвижения по трассе ВЛ, предоставление электромонтеров для верхового осмотра элементов ВЛ;
- обеспечение жильем членов рабочей группы (комиссии) на время проведения обследования.

7.2.8. В функции проектной (исполнителя) входит:

- составление договора на обследование ВЛ, составление программы и календарного плана проведения работ;
- заключение при необходимости субподрядного договора с привлекаемыми в соответствии с объемом и составом работ организациями;
- изучение строительной и эксплуатационной документации по обследуемой ВЛ и проверка ее на соответствие проекту;
- анализ измененных нормативов и условий работы ВЛ за период эксплуатации и оценка степени их влияния на надежность работы ВЛ;
- проведение обследования ВЛ в соответствии с утвержденными объемом, программой и календарным планом;

- выполнение необходимых измерений, расчетов и проработок для выработки окончательных выводов, и рекомендации по оценке технического состояния элементов ВЛ и ВЛ в целом;
- оформление документов по итогам работы.

7.3. СОСТАВ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ВЛ

Обследование ВЛ включает следующие этапы:

подготовительные работы;

непосредственно проведение обследования;

оценка технического состояния ВЛ и ее элементов.

7.3.1. Подготовительные работы

7.3.1.1. В объем подготовительных работ входят: сбор исходных данных, составление программы, определяющей порядок, объем обследования и перечень работ, выполняемых соответственно заказчиком (эксплуатационной организацией) и каждой из привлекаемых к обследованию организаций, комплектование участников обследования необходимыми приборами, инструментами, приспособлениями, получение и применение при необходимости индивидуальных средств защиты.

- 7.3.1.2. Заказчик должен подготовить следующие материалы, характеризующие обследуемую ВЛ:
 - проектные материалы;
 - акт приемки линии в эксплуатацию;
 - акты на скрытые работы;
 - журналы установки и монтажа опор, проводов, грозозащитного троса (тросов);
 - документы об отступлениях от проекта и различных заменах конструкций и оборудования во время строительства ВЛ;
 - паспорт ВЛ;
 - журнал авторского надзора (если таковой осуществлялся);
 - протоколы (акты, журналы) плановых осмотров ВЛ в период эксплуатации;
 - данные об отказах и авариях за время эксплуатации ВЛ;
 - материалы по объему и номенклатуре восстановительных ремонтов после аварий;

- протоколы испытаний (если они проводились);
- документы предыдущих обследований ВЛ, если они проводились.

7.3.1.3. С целью выявления факторов, требующих особого внимания при обследовании, следует установить наличие изменения нормативных требований и условий работы ВЛ, произошедших после проектирования (строительства). Среди них:

- изменение климатических нагрузок (гл. 2.5 ПУЭ, региональные карты ветровых, гололедных нагрузок, районов пляски проводов);
- изменение условий загрязнения атмосферы для оценки состояния изоляции, выбора уровня изоляции и определения интенсивности коррозии элементов ВЛ;
- уточнение геологических и гидрологических условий по трассе ВЛ;
- появление новых пересечений ВЛ с инженерными сооружениями и другими объектами;
- уточнение уровня грозопоражаемости (интенсивности грозовой деятельности) в районе прохождения трассы ВЛ;
- организация плавки гололеда на проводах и тросах ВЛ, оборудование устройствами по борьбе с пляской и вибрацией проводов и другие мероприятия, не предусмотренные первоначальным проектом;
- уточнение воздействия ВЛ на окружающую среду (гнездование птиц, миграция животных, организация зон отдыха, национальных лесопарков, заповедников и заказников, изменение категоричности лесов, жалобы населения, выступления прессы и др.);
- изменение других нормативных требований и условий на трассе.

7.3.1.4. На основании изучения представленной заказчиком документации с учетом установленных изменений нормативных требований и условий работы ВЛ могут быть даны предложения по программе работы рабочей группы (комиссии), где отмечается необходимость:

- привлечения специализированных организаций;
- проведения испытаний оборудования и конструкций;
- проведение других работ специализированными и научно-исследовательскими организациями.

7.3.2. Методика проведения обследования ВЛ

7.3.2.1. Обследуются следующие основные элементы ВЛ:

- опоры,
- фундаменты;
- провода;
- грозозащитные тросы;
- оттяжки опор;
- линейная изоляция;
- линейная арматура;
- заземляющие устройства.

Кроме того, при обследовании ВЛ выявляется состояние:

- габаритов проводов и тросов (до земли, до тела опор, между собой, до различных объектов);
- трассы ВЛ.

7.3.2.2. Обследование ВЛ производится, как правило, выборочно с учетом рекомендаций персонала, эксплуатирующего ВЛ.

Для определения конкретного объема и состава работ по обследованию необходимо установить однородные зоны обследования элементов ВЛ по следующим параметрам:

- метеорологические характеристики района прохождения ВЛ - ветровой район, гололедный район, высотная отметка, относительная влажность и температура воздуха (определяется в соответствии с региональными картами районирования по ПУЭ, а также с использованием данных метеорологических станций и фактических наблюдений);
- степени загрязненности атмосферы (концентрация загрязнений, химический состав определяется по данным специализированных организаций (лабораторий);
- характеристики грунта;
- однородность типов и марок элементов ВЛ, подлежащих обследованию.

Обследованию подлежит не менее 10% протяженности ВЛ в пределах одной однородной зоны.

7.3.2.3. Обследование, как правило, производится пешком в дневное время с подъемом на высоту, выборочной проверкой состояния проводов и тросов в зажимах, вскрытием фундаментов, проверкой состояния линейной изоляции и арматуры, заземляющих устройств. Обследование верхних элементов конструкции ВЛ может производиться с применением стационарных или подвесных лестниц, люлек, трапов и т.п., а также с использованием гидроподъемника или телескопической вышки. Проведение обследования состояния контактных соединений ВЛ с помощью тепловизионной техники проводится с использованием автомобиля повышенной проходимости или вертолета.

7.3.2.4. При необходимости производится осмотр отдельных участков ВЛ в темное время суток для выявления коронирования, дефектных изоляторов, контроля исправности световых сигнальных знаков, установленных на переходных опорах, неисправных контактных соединений.

Обследование должно проводиться в соответствии с требованиями действующих Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

7.3.2.5. При обследовании ВЛ на опорах любого типа (металлических, железобетонных, деревянных) следует обращать внимание на общие характерные неисправности основных элементов:

- наклон стоек опор вдоль и поперек ВЛ сверх допустимых норм; заглубление фундаментов (стоек железобетонных опор, приставок деревянных опор) менее предусмотренного проектом;
- коррозия металлических деталей опор;
- деформация элементов опор;
- наличие на опорах птичьих гнезд и других посторонних предметов, создающих условия для отключения ВЛ;
- отсутствие или неисправное состояние защиты оснований (фундаментов) опор от ледохода, размывания тальными и дождевыми водами;
- угрожающий рост оврагов вблизи оснований (фундаментов) опор;
- наличие набросов, оборванных проволок, следов перекрытия, оплавления или вспучивания верхнего повива (фонарей) на проводах и грозозащитных тросах;
- разрегулировка проводов фаз, разрегулировка проводов в расщепленной фазе;
- наличие коррозии проводов, грозозащитных тросов, оттяжек опор;

- повреждение проводов и тросов в поддерживающих и натяжных зажимах;
- повреждение дистанционных распорок, гасителей вибрации, гасителей пляски проводов;
- отсутствие гасителей вибрации, предусмотренных проектом ВЛ, или их смещение от места установки;
- неисправности в креплениях и соединениях проводов и тросов, образование трещин в корпусе зажима или соединителя, отсутствие болтов, шайб, отвинчивание гаек, отсутствие или выполнение шплинтов, неправильный монтаж зажимов или соединений, следы перегрева контакта зажима (соединителя), вытяжка провода из зажима или соединителя, наличие нестандартных или не предусмотренных проектом зажимов;
- недопустимое приближение шлейфа к элементам анкерных и угловых опор, дефекты в контактных соединениях (сварных, болтовых) проводов (тросов) в шлейфах;
- механическое повреждение фарфоровых или стеклянных деталей изоляторов (осыпание, сколы, трещины);
- следы перекрытия гирлянд и отдельных изоляторов (повреждение глазури, разрушение фарфора, стекла, следы оплавлений на армировке изоляторов и арматуре гирлянд);
- загрязнение изоляторов;
- отклонение изолирующих поддерживающих подвесок от вертикального положения сверх допустимого значения;
- выползание стержня из шапки изолятора, наличие погнутых стержней изолятора, наличие трещин в шапке изолятора;
- отсутствие гаек, шплинтов, замков в деталях изолирующих подвесок;
- коррозия арматуры, шапок изоляторов;
- трещины в арматуре, перетирание или деформация отдельных деталей арматуры;
- повреждение разрядных рогов, экранирующих колец, координирующих промежутков, изменение расстояний искровых промежутков более допустимых;
- повреждения или обрывы заземляющих спусков на опорах и у земли;

- неудовлетворительный контакт в болтовых соединениях грозозащитного троса с заземляющими спусками или телом опоры (либо заземляющего спуска с телом опоры);
- разрушение коррозией заземления контура опор;
- превышение сверх допустимого значения сопротивления заземления опор;
- дефекты в установке и конструкции трубчатых разрядников.

7.3.2.6. При обследовании металлических стоек опор и их фундаментов устанавливается наличие следующих дефектов:

- коррозия металлоконструкций опор (сплошная, язвенная, щелевая);
- неплотное прилегание пяты опоры к поверхности фундамента, приварка анкерных болтов к пяте опоры вместо крепления гайками;
- отсутствие или ослабление крепления гаек на анкерных болтах;
- деформация элементов металлической обрешетки конструкции опоры (прогибы, местная погнутость);
- дефекты сварных швов (плешины, непровары, шлаковые включения);
- отрывы элементов конструкции опор;
- отсутствие отдельных элементов (раскосов, диафрагм) опор;
- дефекты заклепочных и болтовых соединений;
- трещины, осыпание фундаментов, коррозия арматуры фундаментов.

7.3.2.7. При обследовании железобетонных стоек выявляются:

- продольные и поперечные трещины стоек опор;
- кривизна стойки;
- выбоины, отверстия в бетоне стойки опоры;
- степень прочности бетона стойки;
- смещение каркаса арматуры стойки опоры, выход арматуры на поверхность бетона;
- коррозия арматуры стойки;
- правильность заделки опоры в грунте;
- наличие и правильность расположения ригелей.

7.3.2.8. При обследовании деревянных стоек обращается внимание на следующие неисправности и дефекты:

- неисправности в узлах крепления деталей деревянных опор;
- отсутствие болтов и гаек, обрыв или ослабление проволочных бандажей, отсутствие шпонок и клиньев, ослабление болтовых соединений, некачественное крепление кронштейнов;
- загнивание деталей деревянных опор;
- обгорание и расщепление деталей деревянных опор.

7.3.2.9. При осмотрах трассы ВЛ выявляется:

- соответствие ширины просеки установленным нормам; наличие на краю просеки деревьев, угрожающих падением на провода ВЛ;
- наличие на просеке деревьев и кустарников высотой, превышающей установленные нормы;
- наличие не предусмотренных проектом объектов на трассе ВЛ.

7.3.2.10. В процессе обследования при необходимости проводятся работы по определению уровня напряженности электрического поля вблизи границы санитарно-защитной зоны и жилых строений, наличия и уровня помех радио- и телеприему, а также определяются другие параметры воздействия ВЛ на окружающую среду.

7.3.2.11. Состояние элементов ВЛ при проведении обследования определяется внешним осмотром, а также с помощью соответствующих средств измерения, приборов, приспособлений, методики пользования которыми приведены в "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ" (М.: СПО ОРГРЭС, 1991), инструкциях по эксплуатации приборов и других документах. Перечень основных приборов, инструментов и приспособлений, используемых при обследовании элементов ВЛ, а также их назначение приведены в приложении 1.

7.3.3. Оценка технического состояния ВЛ и ее элементов

7.3.3.1. Оценка технического состояния ВЛ и ее элементов основывается на сравнении выявленных дефектов и неисправностей ВЛ в целом и ее элементов с требованиями норм и допусками, приведенными в проектных материалах обследуемой ВЛ, в государственных стандартах, ПУЭ, СНиП, "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ",

технических условий и других нормативно-технических документах. Для этой же цели могут быть использованы эксплуатационные инструкции и другие документы, разработанные энергосистемой, в которой проводится обследование ВЛ.

7.3.3.2. Для проведения расчетов и выработки рекомендаций могут использоваться методики расчета конструкций опор и проводов, способы устранения дефектов и повреждений, приведенные в "Методических указаниях по оценке технического состояния металлических опор воздушных линий электропередачи и порталов открытых распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше: МУ 34-70-177-87". (М.: СПО Союзтехэнерго, 1988), в "Методических указаниях по эксплуатации и ремонту железобетонных опор и фундаментов линий электропередачи 0,4-500 кВ". (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1972).

7.3.3.3. Основные требования, нормы и допуски для оценки технического состояния ВЛ регламентируются документами, упомянутыми в п. 3.3.1.

7.3.3.3.1. Характерные дефекты и повреждения элементов ВЛ, а также критерии и нормы их отбраковки приведены в приложении 2.

7.3.3.3.2. Ширина просеки, расстояния от ВЛ до различных объектов должны соответствовать требованиям, приведенным в гл. 2.5 ПУЭ.

7.3.3.3.3. Допуски на установку сборных фундаментов и свай должны соответствовать требованиям СНиП 3.05.06-85 и "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ".

7.3.3.3.4. Допуски на отклонения опор ВЛ от проектного положения и допустимые прогибы элементов железобетонных опор приведены в приложении 3.

7.3.3.3.5. Уменьшение поперечного сечения расчетных элементов металлических опор и металлических деталей железобетонных и деревянных опор в результате коррозии не должно превышать значений, указанных в приложении 2, если в проекте конкретной ВЛ отсутствуют другие допуски.

Методика расчета коррозионных потерь на металлических элементах конструкций приведена в приложении 4.

7.3.3.3.6. Для железобетонных стоек опор допускаются следующие отклонения:

- по толщине стенки бетона ≥ 5 мм;
- по кривизне стойки вдоль продольной оси не более 2 мм на 1 м погонной длины;
- толщина защитного слоя бетона должна быть:

- для продольной рабочей арматуры (ненапрягаемой и напрягаемой) - не менее диаметра стержня (каната) арматуры;
- для поперечной распределительной и конструктивной арматуры - не менее диаметра указанной арматуры и не менее 10 мм при толщине конструкции стойки до 250 мм.

7.3.3.3.7. Тяжение в тросовых оттяжках опор при скорости ветра не более 8 м/с и отклонении опор в пределах допусков должно соответствовать проекту и составлять при подвешенных проводах и грозозащитных тросах в пределах 20*50кН.

7.3.3.3.8. Допускается уменьшение площади поперечного сечения троса оттяжки: до 10% при закреплении оборванных проволок бандажом; до 20% при установке ремонтных зажимов, монтируемых методом опрессования.

7.3.3.3.9. Допускается уменьшение площади поперечного сечения проводов и тросов из одного материала и проводящей части комбинированных проводов и тросов: до 17%, но не более четырех проволок при закреплении оборванных или поврежденных проволок бандажом; до 34% при установке ремонтных зажимов, монтируемых методом опрессования.

7.3.3.3.10. Прочность заделки проводов и тросов в соединительных зажимах, установленных в пролетах ВЛ, должна составлять не менее 90% от нормируемого разрывного усилия проводов и тросов.

7.3.3.3.11. Геометрические размеры соединительных и натяжных зажимов должны соответствовать требованиям ведомственных технологических карт. На их поверхности не должно быть трещин, коррозии и механических повреждений, кривизна спрессованного зажима не должна превышать 3% его длины. Смещение стального сердечника относительно симметричного положения по отношению к длине алюминиевого корпуса зажима не должно превышать 15% длины прессуемой части провода. Прессуемые соединители должны иметь после опрессовки диаметр, не более чем на 0,3 мм превышающий диаметр матрицы.

7.3.3.3.12. На соединителях, смонтированных методом скручивания, число витков должно быть для сталеалюминиевых проводов в пределах 4*4,5 (для проводов марки АЖС 70/39 – 5*5,5).

7.3.3.3.13. Сварные соединения проводов бракуются, если поврежден наружный покров провода, нарушается сварка при перегибе провода руками, имеется усадочная

раковина в месте сварки глубиной более $1/3$ диаметра провода (для сталеалюминиевых проводов сечением 150-600 мм² - не более 6 мм).

7.3.3.3.14. Болтовые соединения бракуются, если падение напряжения или сопротивление на участке соединения более чем в 2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке целого провода той же длины.

7.3.3.3.15. Контактные соединения ВЛ бракуются также по температурным критериям, приведенным в действующих Методических указаниях по тепловизионному контролю состояния контактных соединений воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше.

7.3.3.3.16. Линейная арматура не должна иметь трещин, раковин. Размеры осей и деталей шарнирных соединений не должны отличаться от проектных более чем на 10%, площади опасных сечений не должны быть ослаблены более чем на 20%.

7.3.3.3.17. Разрегулировка проводов различных фаз и грозозащитных тросов одного относительно другого должна составлять не более 10% проектной стрелы провеса провода (троса).

7.3.3.3.18. Разрегулировка проводов в расщепленной фазе не должна превышать 20% расстояния между проводами в фазе ВЛ для ВЛ 330-500 кВ и 10% для ВЛ 750 кВ. Угол разворота проводов в фазе не должен превышать 10°.

7.3.3.3.19. Разворот коромысла поддерживающего зажима расщепленной фазы допускается до 5°.

7.3.3.3.20. Подвесные фарфоровые изоляторы должны браковаться, если:

- имеются радиальные трещины, бой фарфора (более 25% объема фарфора), оплавления или ожоги глазури, стойкое загрязнение поверхности фарфора, трещины, искривления и выползания стержня изоляторов, трещины в шапках изоляторов;
- они не выдерживают напряжения (нулевые изоляторы) при измерении штангой с постоянным искровым промежутком;
- они выдерживают не более 50% напряжения, нормально приходящегося на изолятор;
- при проверке мегаомметром на напряжение 2,5 кВ сопротивление сухих изоляторов менее 300 МОм.

7.3.3.3.21. Стекланные подвесные изоляторы должны браковаться, если разрушена стекло деталь, на поверхности стекла имеются волосные трещины, имеется стойкое загрязнение поверхности стекла.

7.3.3.3.22. Отклонение от проектного значения (требований ПУЭ) сопротивления заземляющего устройства опор не должно превышать 10%. Заземлитель не соответствует требованиям, если разрушено более 50% его сечения.

7.3.3.4. Для оценки технического состояния элемента (конструкции) при необходимости проводятся расчеты его (ее) фактической механической прочности с учетом выявленных дефектов или повреждений. Расчеты, как правило, проводятся на ЭВМ с использованием специальных программ.

7.3.3.5. В ряде случаев для выявления фактической несущей способности конструкций опор, фактической механической прочности проводов, тросов, других элементов ВЛ производится механические испытания с определением фактических разрушающих нагрузок либо нагрузок с заданным коэффициентом запаса механической прочности.

7.3.3.6. Полученные в результате расчетов или механических испытаний данные сравниваются с нормативными значениями допустимых нагрузок (нормативными коэффициентами запаса механической прочности) либо с проектными значениями допустимых нагрузок.

7.3.3.7. Для выявления фактических электрических характеристик линейных изоляторов проводятся их электрические испытания. Результаты испытаний сравниваются с паспортными электрическими характеристиками данного типа изолятора.

7.3.3.8. При оценке состояния ВЛ (элементов ВЛ) следует руководствоваться следующими положениями:

- техническое состояние элементов ВЛ является удовлетворительным, если выявленные дефекты или повреждения, не превышают допустимых значений;
- техническое состояние элемента ВЛ является неудовлетворительным, если требования нормативно-технических документов не соблюдаются; при этом следует также указать, является ли элемент, находящийся в неудовлетворительном состоянии, *неремонтпригодным* или *ремонтпригодным*.*

* *Неремонтопригодное состояние элемента* - состояние, при котором ремонт, восстановление эксплуатационных характеристик либо технически невозможны, либо экономически нецелесообразны. При этом должны учитываться затраты времени и труда при ремонте в условиях эксплуатации ВЛ, организация и технология ремонтных работ, материально-техническое обеспечение, квалификация персонала. *Неремонтопригодный* элемент подлежит замене. В зависимости от состояния элемента замена должна производиться немедленно (при аварийном состоянии) или при плановом ремонте ВЛ.

Ремонтопригодное состояние элемента - состояние, при котором он может быть отремонтирован в условиях эксплуатации, после чего он признается исправным, техническое состояние - удовлетворительным и он может быть оставлен для дальнейшей эксплуатации.

7.3.3.9. Указанные оценки составляются для условий, на которые была рассчитана и сооружена ВЛ. Соответствие элементов ВЛ новым условиям, появившимся после строительства линии, определяется при разработке проектной документации реконструкции ВЛ.

7.3.3.10. При оценке технического состояния элементов ВЛ могут быть приняты следующие решения:

- элемент (конструкция) удовлетворяет требованиям нормативно-технических документов (проекта), не требует ремонта, признается исправным и может быть оставлен для дальнейшей эксплуатации;
- элемент (конструкция), не удовлетворяет отдельным требованиям нормативно-технических документов, признается работоспособным, ремонтпригоден и после проведения ремонта может быть оставлен для дальнейшей эксплуатации;
- элемент (конструкция) неремонтопригоден, признается неработоспособным и подлежит замене;
- элемент (конструкция) соответствует расчетным нагрузкам, принятым при проектировании, но не соответствует фактическим нагрузкам, выявленным в процессе эксплуатации или возникшим при модернизации ВЛ (например, фактические гололедные нагрузки превышают принятые при проектировании), признается неработоспособным и подлежит замене или реконструкции;

- элемент (конструкция) не требует замены или усиления (ремонта), если не превышаются нормируемые критерии отбраковки, нагрузки на ВЛ по сравнению с первоначальными проектными остались без изменения и нормы, по которым проектировалась ВЛ, не менялись.

7.3.3.11. По результатам проведенного обследования ВЛ, а также, используя полученные данные расчетов или испытаний элементов ВЛ (если последние проводились), определяется комплексная качественная оценка технического состояния ВЛ 35-750 кВ.

7.3.3.11.1. Комплексная качественная оценка технического состояния ВЛ 35-750 кВ определяется с учетом технического состояния отдельных элементов: опор, фундаментов, проводов, тросов, изоляторов и арматуры.

7.3.3.11.2. Расчет комплексной качественной оценки технического состояния ВЛ производится на основе коэффициентов дефектности элементов.

7.3.3.11.3. Техническое состояние опор одной ВЛ 35-750 кВ устанавливается на основании коэффициента дефектности опор (КДО) данной ВЛ:

$$КДО = \frac{n_d^o}{n_y^o} \cdot 100,$$

где n_d^o - количество дефектных опор, зарегистрированных на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года;

n_y^o - количество установленных опор, находящихся в эксплуатации на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года.

7.3.3.11.4. Техническое состояние фундаментов одной ВЛ 35-750 кВ устанавливается на основании коэффициента дефектности фундаментов (КДФ) данной ВЛ:

$$КДФ = \frac{n_d^\Phi}{n_y^\Phi} \cdot 100,$$

где n_d^Φ - количество дефектных фундаментов, зарегистрированных на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года;

n_y^Φ - количество установленных фундаментов, находящихся в эксплуатации на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года.

7.3.3.11.5. Техническое состояние проводов (тросов) одной ВЛ 35-750 кВ устанавливается на основании коэффициента дефектности проводов (КДП), тросов (КДТ) данной ВЛ:

$$\text{КДП} = \frac{L_{\text{д}}^{\text{п}}}{L_{\text{у}}^{\text{п}}} \cdot 100 \quad ; \quad \text{КДТ} = \frac{L_{\text{д}}^{\text{т}}}{L_{\text{у}}^{\text{т}}} \cdot 100 ,$$

где $L_{\text{д}}^{\text{п}}$ ($L_{\text{д}}^{\text{т}}$) - протяженность дефектных проводов (тросов) на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года, км;

$L_{\text{у}}^{\text{п}}$ ($L_{\text{у}}^{\text{т}}$) - протяженность подвешенных (установленных) проводов (тросов), находящихся в эксплуатации на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года, км.

7.3.3.11.6. Техническое состояние изоляторов одной ВЛ 35-750 кВ устанавливается на основании коэффициента дефектности изоляторов (КДИ) данной ВЛ:

$$\text{КДИ} = \frac{n_{\text{д}}^{\text{и}}}{n_{\text{у}}^{\text{и}}} \cdot 100 ,$$

где $n_{\text{д}}^{\text{и}}$ - количество дефектных изоляторов, зарегистрированных на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года;

$n_{\text{у}}^{\text{и}}$ - количество установленных изоляторов, находящихся в эксплуатации на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года.

7.3.3.11.7. Техническое состояние арматуры ВЛ 35-750 кВ устанавливается на основании коэффициента дефектности арматуры (КДА) данной ВЛ:

$$\text{КДА} = \frac{n_{\text{д}}^{\text{а}}}{n_{\text{у}}^{\text{а}}} \cdot 100 ,$$

где $n_{\text{д}}^{\text{а}}$ - количество дефектной арматуры, зарегистрированной на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года;

$n_{\text{у}}^{\text{а}}$ - количество установленной арматуры, находящейся в эксплуатации на данной ВЛ по состоянию на 31 декабря отчетного года.

7.3.3.11.8. Комплексная качественная оценка технического состояния одной ВЛ 35-750 кВ устанавливается на основании коэффициента дефектности (КДВЛ) данной ВЛ:

$K_{ДВЛ} = 0,40 K_{ДО} + 0,10 K_{ДФ} + 0,30 K_{ДП} + 0,10 K_{ДТ} + 0,07 K_{ДИ} + 0,03 K_{ДА}$,
 где 0,40; 0,10; 0,30; 0,10; 0,07 и 0,03 - весовые коэффициенты, отражающие соответственно влияние технического состояния опор, фундаментов, проводов, тросов, изоляторов и арматуры на стоимость ремонтных работ по замене всех дефектных элементов ВЛ 35-750 кВ исправными аналогичными элементами.

7.3.3.11.9. На основании значения коэффициента дефектности данной ВЛ 35-750 кВ устанавливается комплексная качественная оценка ее технического состояния.

Значение коэффициента дефектности (КДВЛ)	Комплексная качественная оценка технического состояния ВЛ
0	Хорошее
Менее 30	Удовлетворительное
От 31 до 60	Неудовлетворительное
61 и выше	Непригодное

Пример. Определить комплексную качественную оценку технического состояния ВЛЭП 35 кВ.

$K_{ДО} = 6,5$; $K_{ДФ} = 0$; $K_{ДП} = 25,3$;

$K_{ДТ} = 22,5$; $K_{ДИ} = 50,0$; $K_{ДА} = 0$.

$K_{ДВЛ} = 0,4 \cdot 6,5 + 0,3 \cdot 25,3 + 0,1 \cdot 22,5 + 0,07 \cdot 50 = 2,60 + 7,59 + 2,25 + 3,5 = 15,94$.

Данная ВЛ находится в удовлетворительном состоянии.

7.4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

7.4.1. Документ (акт, протокол или технический отчет), отражающий результаты проведенного обследования, в общем случае должен содержать:

- описание элементов ВЛ (основные сведения об элементах и их назначение);
- сведения о сроке эксплуатации элементов ВЛ, особенности их эксплуатации, проведении ремонтных и других видов работ на ВЛ;
- ведомости неисправностей, дефектов и повреждений;

- качественную оценку неисправностей и краткое описание характерных дефектов и повреждений с указанием очевидных или предполагаемых причин их возникновения;
- оценку состояния отдельных элементов ВЛ;
- общую оценку технического состояния всей ВЛ;
- рекомендации по устранению обнаруженных неисправностей элементов ВЛ путем усиления (ремонта) или замены.

7.4.2. В документе по обследованию приводятся рекомендации по проведению испытаний отдельных элементов ВЛ или их узлов, если другим путем определить их техническое состояние или пригодность к дальнейшей эксплуатации не представляется возможным.

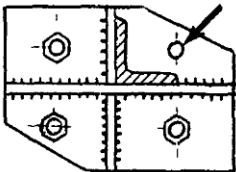
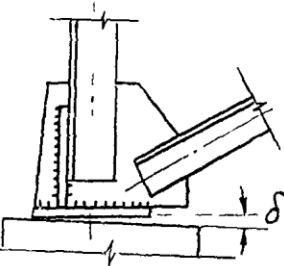
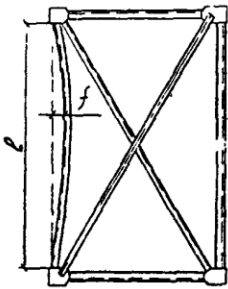
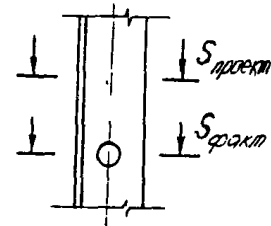
7.4.3. Данные обследования элементов ВЛ служат основным источником определения объемов работ при проектировании, реконструкции (модернизации, техническом перевооружении) ВЛ.

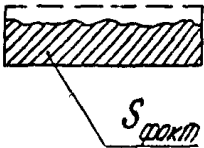
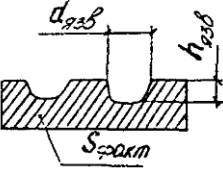
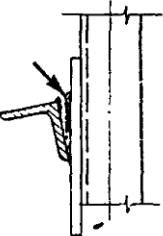
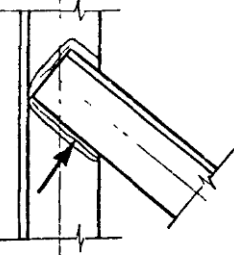
ПЕРЕЧЕНЬ
ПРИБОРОВ, ИНСТРУМЕНТОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ
ОБСЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ВЛ

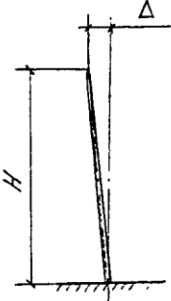
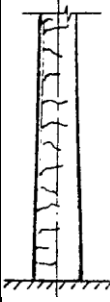
Наименование	Назначение
1. Штанга с постоянным искровым промежутком; штанга с переменным искровым промежутком типа ШИУ; штанги типов ШИ-220 и ШИ-110	Контроль состояния подвесных тарельчатых фарфоровых изоляторов в изолирующих подвесках
2. Индикатор типа ИПС	Контроль прессуемых соединителей сталеалюминиевых проводов сечением 240-800 мм с отключением ВЛ
3. Измерительная штанга (с милливольтметром)	Контроль состояния болтовых соединений проводов в петлях и пролетах ВЛ
4. Комплект тепловизионной аппаратуры	Контроль состояния контактных соединений проводов ВЛ
5. проволока диаметром 1 мм, струбины. Деревянные ровные рейки (баночки)	Измерение искривлении элементов конструкции
6. Молоток массой 0,2-0,5 кг	Контроль состояния болтовых соединений элементов конструкции, контроль за образованием трещин в сварных швах, контроль внутреннего загнивания древесины
7. Индикаторный глубиномер, прибор (КТШ-1)	Измерение глубины коррозионных язв, толщины элементов
8. Лупа Польди, микроскоп Бринелля	Обнаружение и измерение трещин
9. Штангенциркуль, линейки и измерительные, рулетки	Измерение размеров элементов, измерение расстояний
10. Угломер	Измерение значения смалковки (размалковки) металлических уголков
11. Индикатор ИН	Контроль тяжения в оттяжках опор ВЛ

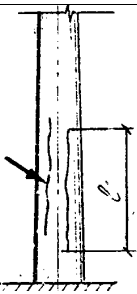
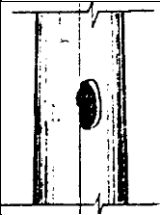
12. Теодолит	Измерение отклонений стоек опор, стрел провеса проводов
13. Приспособление для определения высоты элемента (типа ПОВЭ и др.)	Измерение габарита, определение высоты подвески элементов ВЛ и др.
14. Дефектоскоп "Филин"	Выявление дефектных изоляторов
15. Молоток Кашкарова	Оценка прочности бетона
16. Щуп металлический	Выявление щелей, их глубины; контроль наличия и положения ригелей в заделке опор
17. Шаблоны для оценки катета шва	Определение размера катета шва с точностью до 1 мм
18. Шабер торцевой, шкурка шлифовальная, щетка металлическая, щетка волосяная, деревянные и металлические шпатели	Зачистка поверхности измерения, очистка поверхности от пыли и грязи
19. Металлический щуп (шило); пустотельный бурав; прибор для измерения глубины загнивания древесины ПД-1; прибор для измерения степени загнивания древесины прибор ОЗД-1	Контроль состояния деталей деревянных опор
20. Бинокль	Для осмотра верхних частей конструкций ВЛ
21. Индикатор угла отклонений элементов ВЛ (ИУОЭ)	Определение угла отклонения стоек опор; угла отклонения гирлянд изоляторов; угла разворота проводов расщепленных фаз и др.
22. Прибор для измерения напряженности электрического поля	-
23. Прибор для измерения уровня шума	-
24. Измеритель радиопомех	-

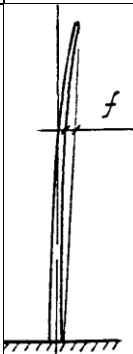
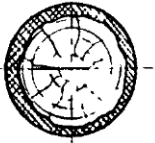
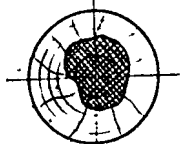
ХАРАКТЕРНЫЕ ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И КРИТЕРИИ ИХ БРАКОВКИ

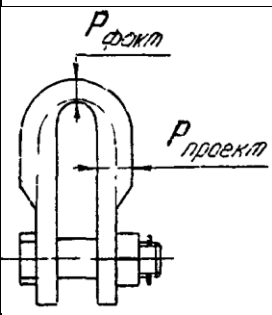
Характеристика дефекта	Эскиз	Допустимое значение	Мероприятия по устранению дефекта
1. Нарушение сопряжения пяты металлической опоры с фундаментом		При количестве анкерных болтов $n \leq 4$ допускается временное ослабление одного болта. При $n > 4$ ослабление болтов не допускается	Закрепить
2. Нарушение плоскости контакта между опорной плитой пяты металлической опоры и фундаментом		Не допускается	Установить прокладки
3. Прогиб поясных уголков и сжатых элементов решетки в пределах панели		$f/l \leq 1/750$, но не более 20 мм	Усилить элемент
4. Местное ослабление поперечного сечения элемента		$\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{проект}}} \geq 0,8$, где $S_{\text{факт}}$ - фактическое расчетное сечение,	Усилить элемент

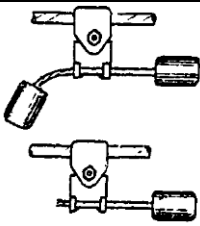
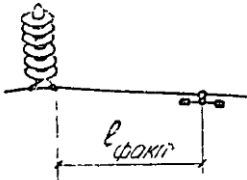
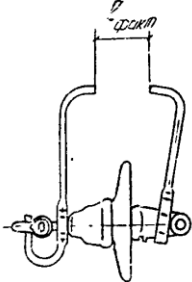
		$S_{\text{проект}}$ - сечение по проекту	
5. Сплошная поверхностная коррозия металлоконструкций		0,9 - для несущих элементов $\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{проект}}} \geq$ 0,8 - для ненесущих элементов 0,7 - для косынок	Произвести ремонт (усиление)
6. Язвенная коррозия металлоконструкций		0,9 - для несущих элементов $\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{проект}}} \geq$ 0,8 - для ненесущих элементов 0,7 - для косынок	Произвести ремонт (усиление)
7. Сквозное коррозионное поражение		Не допускается	Заменить дефектный элемент
8. Щелевая коррозия в местах соединений металлических элементов с появлением трещин и разрушением сварных швов		Не допускается	Произвести ремонт (усиление)
9. Трещины в сварных швах и околошовной зоне		Не допускаются	Произвести ремонт (усиление)
10. Трещины в металле элементов конструкции		Не допускаются	Произвести ремонт (усиление)

11. Уменьшение поперечного сечения грозозащитного троса, троса оттяжки		$\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{проект}}} \geq 0,8$	Произвести усиление (замену)
12. Изменение тяжения в тросовых и стержневых оттяжках промежуточных опор при отсутствии ветра		$\frac{T_{\text{факт}}}{T_{\text{проект}}} = \pm 20\%$, где $T_{\text{факт}}$ - фактическое измеренное тяжение; $T_{\text{проект}}$ - тяжение по проекту	Отрегулировать тяжение
13. Отклонение стойки опоры от вертикальной оси вдоль и поперек ВЛ		1. $\Delta/H = 1/200$ - для металлических опор. 2. $\Delta/H = 1/100$ - для железобетонных опор (кроме порталных); 1/150 (для одностоечных опор). 3. $\Delta/H = 1/100$ - для деревянных опор	Принять меры к выпрямлению стойки (установить оттяжку)
14. Поперечные трещины шириной раскрытия a от 0,3 до 0,6 мм по всей поверхности бетона центрифугированной или вибрированной стойки опоры			$a = 0,3 \div 0,6$ мм - поверхность бетона закрасить краской или заделать полимерцементным раствором. При $a \leq 0,6$ мм установить бандаж. При расположении трещин по всей поверхности бетона с шириной

			раскрытия $a > 0,6$ мм опору заменить
15. Поперечные трещины шириной раскрытия a более 0,3 мм по всей поверхности бетона центрифугированной или вибрированной стойки опоры с напряженной арматурой из высокопрочной проволоки	См. рисунок п. 14	Не допускается	Опору заменить
16. Продольные трещины шириной раскрытия более 0,3 мм центрифугированной или вибрированной опоры любой конструкции		При количестве трещин в одном сечении $n > 2$ и $l > 3$ м не допускаются	Опору заменить
17. Сквозное отверстие в железобетонной стойке центрифугированной или вибрированной опоры любой конструкции		$S \leq 25 \text{ см}^2$, где S - площадь отверстия	При $S > 25 \text{ см}$ опору заменить
18. Сквозное отверстие в бетоне	См. рисунок п. 17	При скалывании бетона и увеличении	Опору заменить

стойки центрифугированной или вибрированной стойки площадью S до 25 см при толщине бетонной стенки в зоне отверстия менее проектной		площади отверстия более чем на 25 см ² в результате простукивания бетона в зоне отверстия - не допускается	
19. Искривление стойки одностоечной, свободностоящей центрифугированной или вибрированной опоры любой конструкции		$f \leq 10$ см, где f - стрела прогиба	При $f > 10$ см установить оттяжку в сторону, противоположную прогибу
20. Допустимый диаметр (D_0) здоровой части древесины деталей опор в расчетном опасном сечении, см:			Заменить дефектный элемент (опору)
а) ВЛ 35 кВ		$D_0 \leq 12$ (для стоек и приставок) $D_0 \leq 10$ (для траверс)	
б) ВЛ 110 кВ и выше	Методика расчета D_0 изложена в "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи	$D_0 \leq 16$ (для стоек и приставок) $D_0 \leq 14$ (для траверс)	

	напряжением 35-800 кВ"		
21. Обрыв одного витка бандажа дня сопряжения приставок (пасынков) со стойкой деревянной опоры	-	Не допускается	Заменить бандаж
22. Уменьшение площади опасных сечений линейной арматуры в результате коррозии	-	$\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{проект}}} \geq 0,8$	Подлежит замене
23. Трещины, раковины, оплавы, изгибы и изломы в деталях линейной арматуры	-	Не допускаются	Подлежит замене
24. Износ оси, деталей шарнирных сочленений линейной арматуры		$\frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{проект}}} = 10\%$, где $P_{\text{факт}}$ - фактический измеренный размер детали; $P_{\text{проект}}$ - размер по проекту	Подлежит замене
25. Отсутствие гаек, шплинтов, замков в места; сцеплений линейной арматуры	-	Не допускается	Подлежит восстановлению в соответствии с проектом

26. Отсутствие грузов у гасителей вибрации погнутоcть тросов гасителей вибрации		Не допускается	Подлежит замене
27 Несоответствие места установки гасителя вибрации месту, определенному по проекту. "Уход" гасителя вибрации в пролет		$l_{\text{факт}} - l_{\text{проект}} = \leq 25 \text{ мм}$	Подлежит замене
28. Изменение расстояния между рогами искровых промежутков		$\frac{l_{\text{факт}}}{l_{\text{проект}}} = \leq 10\%$	Подлежит восстановлению в соответствии с проектом

ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Допустимые отклонения опор

Наименование	Допустимые отклонения опор		
	металлических	железобетонных	Деревянных
1. Отклонение опоры поперек оси ВЛ (выход из створа):			
для деревянных и одностоечных железобетонных опор при длине пролета, м:			
до 200 вкл.	-	100 мм	100 мм
св. 200	-	200 мм	200 мм
для одностоечных металлических опор при длине пролета, м:			
до 200 вкл.	100 мм	-	-
св. 200 до 300 вкл.	200 мм	-	-
св. 300	300 мм	-	-
для порталных металлических опор на оттяжках при длине пролета, м:			
до 250 вкл.	200 мм	-	-
св. 250	300 мм	-	-
для порталных железобетонных опор	-	200 мм	-
2. Отклонение опоры вдоль оси от проектного пикета	□5 м	□5 м	□5 м
3. Уклон траверсы (отклонение от горизонтали)	-	1:100 (для одностоечных опор)	1:50
Разворот траверсы относительно линии, перпендикулярной оси ВЛ для одностоечных опор	100 мм	100 мм (горизонтальное)	5°

Смещение конца траверсы от линии, перпендикулярной оси траверсы	100 мм	смещение траверсы)	-
Разность отметок траверс в местах крепления их к стойкам portalной опоры	-	80 мм	-
4. Смещение стоек portalной опоры по сравнению с проектной осью трассы	-	□ 50 мм	-
Отклонение от проектного расстояния между стойками portalной опоры	-	□ 100 мм	-
Разность отметок между местом сопряжения траверс (стыков) и осями болтов, служащих для крепления траверс к стойке portalной опоры	-	□ 50 мм	-
Отклонение оси траверсы portalной опоры от горизонтальной линии при длине траверсы, м:			
до 15 вкл.	1:150	-	-
св. 15	1:250	-	-

Допустимые прогибы элементов металлических опор и металлических деталей
железобетонных опор

Наименование	Допуск
1. Стрелы прогиба траверс металлических и железобетонных опор	1:300 длины траверсы
2. Стрела прогиба (кривизна) стойки или подкоса металлической опоры	1:750 длины, но не более 20 мм
3. Отклонение от проектной длины стоек и подкосов металлических опор при длине стойки или подкоса, м	
до 10 вкл.	□ 15 мм
св. 10	□ 30 мм

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОРРОЗИОННЫХ ПОТЕРЬ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

7.4.1. Инструментальные измерения коррозионных потерь производятся на элементах конструкций, имеющих наибольшие коррозионные повреждения, с обязательным указанием высоты расположения элементов над землей.

7.4.2. Поверхность элементов конструкций очищается от легко отслаивающихся старых покрытий и продуктов коррозии.

7.4.3. Толщина элементов, поврежденных коррозией, измеряется с помощью штангенциркуля, микрометра, толщиномера или измерительных скоб с индикаторами.

7.4.4. Количество измерений n определяется разбросом данных и точностью измерений. Как правило, при сплошной коррозии число измерений толщины сечений на одном элементе составляет 8-10, при язвенной коррозии – 20-30.

7.4.5. По результатам измерения определяются значения среднего арифметического δ и среднего квадратического отклонения σ толщины элемента:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n} ; \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - \delta)^2}{n}} ,$$

$$\delta_p = 1,64\sigma ,$$

$$\delta_0$$

где δ_i – толщина в i -й точке; n – число измерений на элементе.

7.4.6. За расчетную толщину сечения элемента, подверженного коррозионному износу, принимается значение толщины с обеспеченностью 0,95, определяемое по формуле:

$$\delta_p = 1,64\sigma.$$

7.4.7. Для определения начальной толщины измеряемого элемента δ_0 находят участки его поверхности, на которых отсутствуют коррозионные повреждения и производят измерения толщины. Для болтовых конструкций в случае отсутствия неповрежденного участка произвести разбалчивание соединения и определить начальную толщину элемента δ_0 в месте плотного прилегания шайбы.

7.4.8. Значение коррозионных потерь элемента на момент обследования t определяется

$$a_t = \frac{(\delta_0 - \delta_p)}{2} .$$

Перечень работ на элементах оборудования воздушных линий
с неизолированными проводами

№	Наименование работы	Единица измерения	Кол-во
Организация работ			
1	Разработка программы работ		
2	Проведение инструктажа на ВЛ		
3	Изучение работы оборудования линии, анализ технического состояния ВЛ		
4	Оформление наряда-допуска (распоряжения)		
5	Подготовка и проверка прибора для измерений		
6	Настройка аппаратуры по эталонным образцам. Контроль технического состояния ВЛ.		
7	Ознакомление с дефектной ведомостью и НТД		
Обследование части ВЛ, относящейся к одной опоре			
8	Измерение сопротивления изоляции и твердости оборудования заданным методом		
9	Визуальный контроль и выбраковка элементов неизолированных проводов ВЛ с видимыми дефектами		

10	Измерительный контроль и выбраковка линейных изоляторов с видимыми дефектами		
11	Технический контроль конструкций ВЛ		
Обработка и оформление. Выводы по работе			
12	Составление заключения о техническом состоянии		
13	Заполнение и обработка паспорта технического состояния оборудования		
14	Составление и оформление электронной версии чертежа (схемы трассы ВЛЭП)		
15	Обработка, анализ и экспертиза документации.		

Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов линий с неизолированными проводами

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют бригадой, осуществляющей движение вдоль трассы ВЛ с осмотром всех ее элементов. Контроль проводят в направлении от «Источника к Потребителю».

Перед началом контроля оформляют лист осмотра, в который вносят опоры, заземляющие устройства, линейную арматуру, неизолированные провода.

Выбор условий контроля сводят к обеспечению нормальной освещенности контролируемого участка ВЛ и взаимного расположения объекта контроля и аппаратуры в соответствии с НТД.

Операции контроля и диагностики производя с учетом климатических характеристик и требований к размещению аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации ВЛ.

При контроле подножников, относящихся к одной металлической опоре, в листе осмотра их нумерацию ведут с левого подножника по часовой стрелке в направлении движения.

Замеряют имеющиеся зазоры между опорными башмаками и подножниками с помощью линейки. Отмечают, при наличии, количество стальных прокладок под опорными башмаками. Размеры сколов, трещин измеряют лупой Польди и линейкой.

При диагностике отмечают характер дефектов, их количество и расположение. Наличие щелей, пятен в бетоне, просадки или набухания грунта вокруг фундамента фиксируется в листе осмотра и фотографируется.

При контроле опор отмечают опоры с отсутствующими условными обозначениями. Наклон порталых и одностоечных железобетонных опор вдоль или поперек оси ВЛ определяют с помощью электронного уровня.

Наклон металлических опор на подножниках определяют с помощью гидравлического уровня и двух реек с метками на одной высоте. Рейки устанавливают вертикально на опорные плиты башмаков опор.

Совмещают уровень жидкости с меткой на одной рейке, и с помощью шкалы на уровне определяют расстояние между уровнем жидкости и меткой на другой рейке.

Измеренное расстояние есть разность вертикальных отметок опорных башмаков опор, характеризующая наклон опоры. Траверсы, имеющие перекося, отмечают в листе осмотра и фотографируются.

Прогиб (искривление) поясных уголков в пределах панели металлических конструкций опор измеряют металлической линейкой или штангенциркулем как наибольшее расстояние от тонкой стальной струны диаметром 1мм, натянутой вдоль контролируемого элемента, до его грани.

Струну на концах элемента закрепляют струбцинами. Металлическую линейку при измерении располагают в плоскости искривления.

В конструкции металлических опор выявляют элементы, имеющие трещины в сварных швах или около шовной зоне, оторванных частично или полностью, с одной стороны.

Для выявления трещин используют также лупу семикратного увеличения или молоток массой 0,5кг.

При ударе молотком звук - дребезжащий, ширина раскрытия трещины увеличивается, становится видной невооруженным глазом.

В листе осмотра необходимо зафиксировать элементы опоры, на которых обнаружено дефектное сварное соединение.

Таблица технического состояния линий и методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ

№	Диагностируемый параметр	Критерий дефекта	Приборы	Состояние	Методы устранения неисправностей. Провести мероприятия
Фундаменты металлических опор					
1	Просадка или набухание грунта вокруг фундамента	Факт наличия	Нет	НР	по предохранению грунтов основания от ухудшения их свойств; -направленные на преобразование строительных свойств грунтов; - по уменьшению Чувствительности сооружений к Деформациям
		Ширина раскрытия - менее 0,3 мм	Лупа Польди	И	Ремонт не требуется

2	Трещины	Ширина раскрытия - от 0,3 до 0,6 мм	Лупа Польди	НР	Поверхность бетона в зоне образования трещин покрасить краской или заделать полимер цементным раствором
3		Ширина раскрытия более 0,6мм с выпучиванием бетона	Лупа Польди	НР	Провести контроль состояния бетона ультразвуковым или вибрационным методом
4	Оголение арматуры	Факт наличия	Нет	НР	Очистить арматуру от ржавчины. Поверхность бетона, где выступает поперечная арматура, закрасить краской
5	Пористость бетона	Факт наличия	Нет	НР	Заделать полимерцементным раствором
6	Отслоение поверхностного слоя бетона	Толщина отслоения от 3 до 5 мм	Линейка	НР	Заделать полимерцементным раствором
7	Деформированные или срезанные	Факт наличия	Нет	НР	Запланировать работы по замене

	анкерные болты				фундаментных блоков
Опоры					
8	Отсутствие условных обозначений	Массовое отсутствие обозначений или плакатов	Нет	НР	Нанести по трафарету атмосферостойкой краской при очередном капитальном ремонте
9		Нет обозначений или плакатов на отдельных опорах	Нет	НР	Нанести по трафарету атмосферостойкой краской при очередном осмотре
10	Наличие темных полос на бетоне	На поверхности, расположенные по виткам поперечной арматуры	Нет	НР	Поверхность бетона в зоне, где выступают темные полосы, закрасить краской
11	Оголение поперечной арматуры	На длине 1,5-2м вдоль опоры	Рулетка	НР	Очистить арматуру от ржавчины. Поверхность бетона, где выступает поперечная арматура, закрасить краской
12		Размером 10×10 мм,		НР	Заделать полимерцементным

		глубиной 10 мм			раствором
1 3		Не более 1 раковины или отверстия на опору площадью до 25см ²		НР	Установить бандаж
1 4	Наличие раковин	Не более 1 раковины площадью до 25см ²	Линейка, штангенцир куль	Н	Опору заменить
1 5		Раковина или сквозное отверстие площадью более 25см ²		Н	Опору заменить
1 6	Трещины в сварных швах	Факт наличия	Лупа, молоток 0,5 кг	НР	Проварить дефектные сварные швы и устранить дефекты
1 7	Наличие коррозионных повреждений	Сквозное коррозионн ое поражение, щелевая коррозия	Лупа, бинокль, цифровая камера	Н	Элементы заменить
1 8	Отсутствие лакокрасочног о покрытия	Факт наличия	Нет	НР	Опоры очищены от ржавчины, старой краски и грязи. Покрашены

1 9	Отсутствие или несоответстви е гаек диаметрам анкерных болтов	Факт отсутствия, несоответст вия	Нет	НР	Установить гайки требуемого размера
2 0	Не затяжка гаек и контргаяк на анкерных болтах	Факт наличия	Нет	НР	Затянуть гайки и контргайки на анкерных болтах

Цифровой прибор MRU-101 для измерений сопротивления заземляющих устройств линий с неизолированными проводами

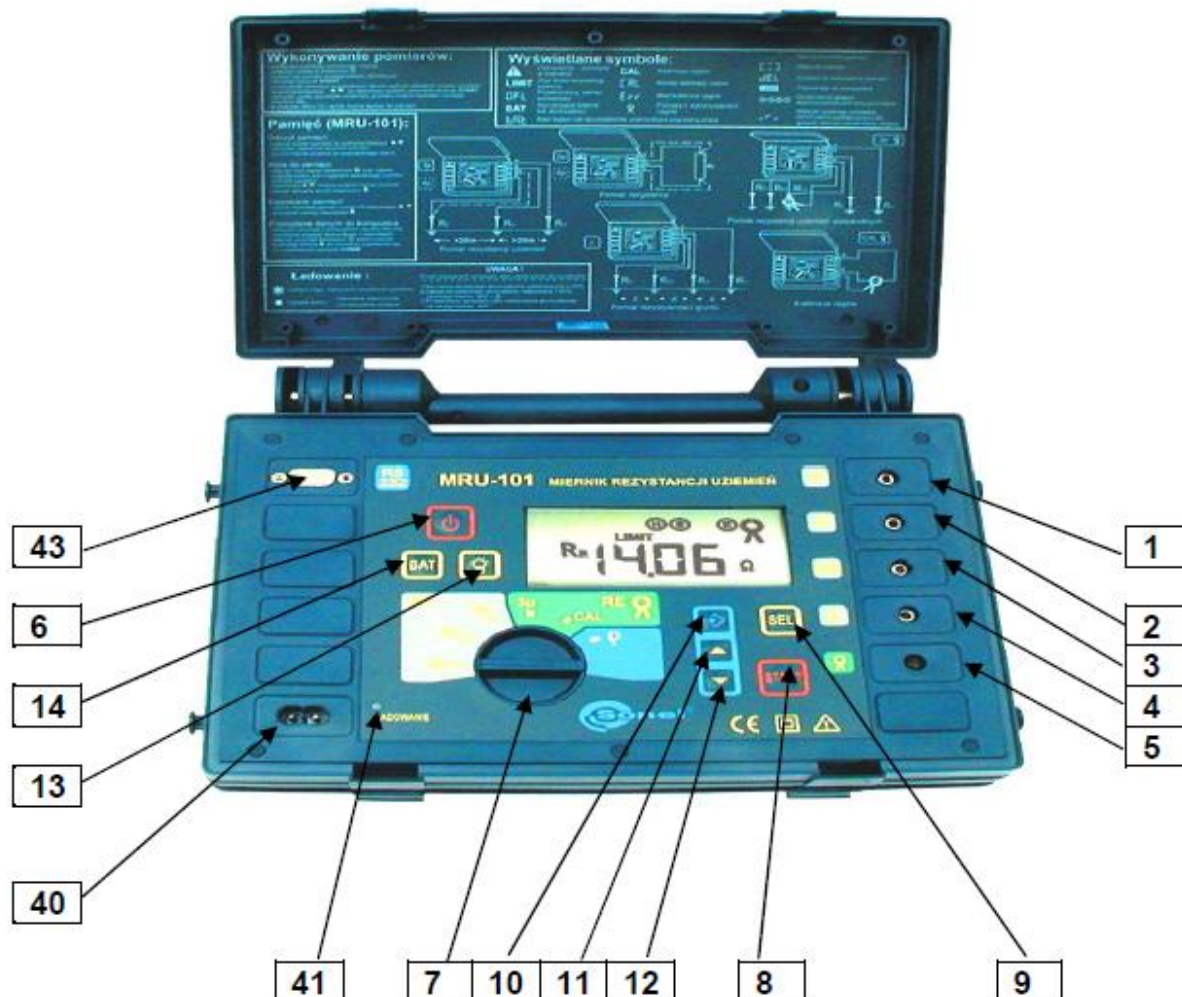


Рисунок 1Г - Передняя панель измерителя MRU-101

Технические характеристики прибора MRU-101:

- измерение сопротивления устройств заземления в трех или четырех полюсной схеме;
- измерение удельного сопротивления грунта с возможностью учета расстояния между электродами (автоматическое вычисление и показ удельного сопротивления в Ом*м);
- измерение сопротивления с использованием двух - или четырех полюсной методики;

- проверка напряжений помех (переменный и постоянный ток) со схемой, блокирующей измерение сопротивления, когда помехи слишком высоки;
- проверка сопротивления измерительных щупов перед измерением, чтобы *обеспечить* требуемую точность измерения;
- память для 300 измерений с передачей сохраненных данных в компьютер (смартфон);
- легко читаемый жидкокристаллический дисплей со способностью отображения в фоновом режиме и подсвечивания;
- питание от аккумуляторной батареи с подзарядкой или Ni-Cd пакет батареей;
- встроенное зарядное устройство;
- подача сигналов разрядки батареи более допустимого уровня;
- автоматическое выключение питания неактивного прибора (AUTO-OFF);
- герметичное исполнение корпуса прибора.

Гнезда на передней панели

- 1. Измерительное гнездо H.* Для соединения с измерительным щупом, предназначенным для вывода тестового тока, используемого для измерений сопротивления.
- 2. Измерительное гнездо S.* Для соединения дополнительного потенциального щупа и при измерениях удельного сопротивления грунта.
- 3. Измерительное гнездо ES.* Для соединения дополнительного потенциального щупа при измерениях сопротивления устройств заземления и удельного сопротивления грунта по четырех полюсной схеме. Это гнездо также используется при измерениях сопротивления по двух - и четырех полюсной схеме.
- 4. Измерительное гнездо E.* При измерениях сопротивления гнездо соединяется с измерительным щупом для вывода измерительного тока, при измерениях удельного сопротивления грунта - с одним из измерительных щупов.
- 5. Разъем для подключения кабеля измерительных клещей.* Обеспечивает соединение измерительных гнезд при многократном измерении сопротивления устройства заземления без разъединения электродов заземлителя.
- 43. Разъем для подключения порта интерфейса RS-232.* К разъему подключается кабель интерфейса для последовательной передачи данных RS-232.

- 40.** *Гнездо для подачи питания* для зарядного устройства.
- 6.** *Клавиша для включения (ON) и выключения (OFF) питания измерителя.*
- 7.** *Функции поворотного переключателя.* Обеспечивает выбор функций измерения:
- 8.** *Клавиша START.* Начинает процедуру измерения. При измерении удельного сопротивления грунта начинают с минимального расстояния между измерительными щупами, а второй и последующие старты измерений циклически повторяются.
- 9.** *Клавиша SEL.* Обеспечивает последующий показ всех величин, привязанных к недавно сделанному измерению.
- 10.** *Клавиша (запись в память).*
- 11.** Клавиша «Увеличение».
- 12.** Клавиша «Уменьшение».
- 13.** Клавиша. *Включает или выключает подсветку дисплея.*
- 14.** *Клавиша BAT.* Обеспечивает отображение состояния элементов питания памяти или зарядки элементов батареи питания памяти.

ПРОТОКОЛ № _____

Измерение сопротивления заземлений опор ВЛ с неизолированными проводами

(указать название объекта)

Заказчик _____

Район края _____ Дата «__» _____ 201__ г.

1. Характеристика грунта и его состояние _____

2. Состояние погоды _____

3. Измерения выполнены _____

4. Измерения проведено цифровым прибором типа _____

5. На напряжение _____ заводской № _____

6. Приспособления: два стальных электрода длиной по _____ м.

Провода ПР _____ длиной $L_1 =$ _____ м; длиной $L_2 =$ _____ м.

7. Ф.И.О. и должность лица выполнявшего работы _____

Данные измерения

№	Место измерения	Сопротивление, Ом	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Выполнил: старший бригады _____ (_____)

Проверил: ответственный за объект _____ (_____)

Распределение напряжений по подвесным фарфоровым изоляторам гирлянд линий

Рабочее напряжение, кВ		Количество изоляторов в гирлянде, шт.	Состояние изолятора	Напряжение, кВ, на изоляторе номер (считая от траверсы или конструкции)																											
линейное	фазное			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
500	290	26	Нормальный	12	10	8	7	7	6	6	6	6	6	6	7	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22		
			Дефектный	6	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	
		23	Нормальный	15	14	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21	23	-	-	-	-	
			Дефектный	8	7	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	12	-	-	-	
		22	Нормальный	16	15	14	12	11	11	10	10	9	9	10	10	11	11	12	13	14	15	16	18	20	23	-	-	-	-	-	
			Дефектный	8	7	7	6	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	9	10	12	-	-	-	-	
	20	Нормальный	16	15	14	13	12	12	12	11	11	11	12	12	13	14	15	16	17	19	21	24	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Дефектный	8	8	7	6	6	6	6	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	11	12	-	-	-	-	-	-	-		
		420	22	Нормальный	14	10	9	8	7	6	6	7	8	8	9	9	9	10	11	12	13	14	16	18	19	22	-	-	-	-	
				Дефектный	6	5	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8	9	10	12	-	-	-	-	
			20	Нормальный	13	12	10	9	8	7	7	8	9	9	10	10	11	12	14	15	16	18	20	24	-	-	-	-	-	-	-
				Дефектный	7	6	5	5	4	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	12	-	-	-	-	-	-	
330	190		20	Нормальный	11	9	8	8	7	7	7	7	7	7	7	8	9	9	11	12	14	16	20	-	-	-	-	-	-	-	
				Дефектный	6	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	7	8	10	-	-	-	-	-	-	
		19	Нормальный	11	9	9	8	8	8	7	7	7	8	8	8	9	10	11	12	14	17	20	-	-	-	-	-	-	-		
			Дефектный	6	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	7	8	10	-	-	-	-	-	-	-		
		18	Нормальный	11	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	10	12	13	15	18	21	-	-	-	-	-	-	-		
			Дефектный	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	6	7	9	11	-	-	-	-	-	-	-	-		
	17	Нормальный	12	10	9	9	8	8	8	8	8	8	9	10	11	12	14	16	18	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Дефектный	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	7	8	9	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		16	Нормальный	12	10	9	9	9	9	9	9	9	9	10	11	13	14	17	19	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Дефектный	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	7	8	9	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			330	15	Нормальный	12	10	9	9	9	9	10	11	12	13	14	15	17	19	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					Дефектный	6	5	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
220	14			Нормальный	9	8	7	7	7	6	7	7	8	9	10	11	13	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				Дефектный	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	5	6	7	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	13	Нормальный		10	8	8	8	7	7	7	8	8	10	12	14	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		Дефектный		5	4	4	4	3	3	3	4	4	5	6	7	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
110	65	8	Нормальный	8	6	5	4,5	6,5	8	10	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			Дефектный	4	3	2	2	3	5	7	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		7	Нормальный	9	6	5	7	8,5	10	18,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			Дефектный	4	3	2	3	5	6	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		6	Нормальный	10	8	7	9	11	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			Дефектный	5	4	3	5	6	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
35	20	4	Нормальный	4	3	5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
			Дефектный	2	2	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		3	Нормальный	6	5	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			Дефектный	3	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		2	Нормальный	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			Дефектный	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Перечень работ на элементах оборудования воздушной линии
с изолированными проводами

№	Наименование работы	Единица измерения	Кол-во
Организация работ			
1	Разработка программы работ		
2	Проведение инструктажа на ВЛ		
3	Изучение работы оборудования линии, анализ технического состояния ВЛ		
4	Оформление наряда-допуска (распоряжения)		
5	Подготовка и проверка прибора для измерений		
6	Настройка аппаратуры по эталонным образцам. Контроль технического состояния ВЛ.		
7	Ознакомление с дефектной ведомостью и НТД		
Обследование части ВЛ, относящейся к одной опоре			
8	Измерение сопротивления изоляции и твердости оборудования заданным методом		
9	Визуальный контроль и выбраковка элементов неизолированных проводов ВЛ с видимыми дефектами		
10	Измерительный контроль и выбраковка линейных изоляторов с видимыми дефектами		
11	Технический контроль конструкций ВЛ		

Обработка и оформление. Выводы по работе			
12	Составление заключения о техническом состоянии		
13	Заполнение и обработка паспорта технического состояния оборудования		
14	Составление и оформление электронной версии чертежа (схемы трассы ВЛЭП)		
15	Обработка, анализ и экспертиза документации.		

Приложение 3.2

Алгоритм визуально-оптического и измерительного контроля элементов линий с изолированными проводами

Визуально-оптический и измерительный контроль выполняют бригадой, осуществляющей движение вдоль трассы ВЛ с осмотром всех ее элементов. Контроль проводят в направлении от «Источника к Потребителю». Перед началом контроля оформляют лист осмотра, в который вносят опоры, заземляющие устройства, линейную арматуру, изолированные провода.

Выбор условий контроля сводят к обеспечению нормальной освещенности контролируемого участка ВЛ и взаимного расположения объекта контроля и аппаратуры в соответствии с НТД.

Операции контроля и диагностики производя с учетом климатических характеристик и требований к размещению аппаратуры, изложенных в паспорте и инструкции по эксплуатации ВЛ.

Замеряют имеющиеся зазоры между опорными башмаками и подножниками с помощью линейки.

Отмечают, при наличии, количество стальных прокладок под опорными башмаками. Размеры сколов, трещин измеряют лупой Польди и линейкой.

При диагностике отмечают характер дефектов, их количество и расположение. Наличие щелей, пятен в бетоне, просадки или набухания грунта вокруг фундамента фиксируется в листе осмотра и фотографируется.

При контроле опор отмечают опоры с отсутствующими условными обозначениями. Наклон порталных и одностоечных железобетонных опор вдоль или поперек оси ВЛ определяют с помощью электронного уровня.

Совмещают уровень жидкости с меткой на одной рейке, и с помощью шкалы на уровне определяют расстояние между уровнем жидкости и меткой на другой рейке.

Измеренное расстояние есть разность вертикальных отметок опорных башмаков опор, характеризующая наклон опоры. Траверсы, имеющие перекося, отмечают в листе осмотра и фотографируются.

Прогиб (искривление) поясных уголков в пределах панели металлических конструкций опор измеряют металлической линейкой или штангенциркулем как наибольшее расстояние от тонкой стальной струны диаметром 1мм, натянутой вдоль контролируемого элемента, до его грани.

Струну на концах элемента закрепляют струбцинами. Металлическую линейку при измерении располагают в плоскости искривления.

В конструкции металлических опор выявляют элементы, имеющие трещины в сварных швах или около шовной зоне, оторванных частично или полностью, с одной стороны. Для выявления трещин используют также лупу семикратного увеличения или молоток массой 0,5кг.

При ударе молотком звук - дребезжащий, ширина раскрытия трещины увеличивается, становится видной невооруженным глазом. В листе осмотра необходимо зафиксировать элементы опоры, на которых обнаружено дефектное сварное соединение.

Таблица технического состояния элементов линий и методы устранения неисправностей при проведении ремонтных работ

№	Диагностируемый параметр	Критерий дефекта	Приборы	Состояние	Методы устранения неисправностей. Провести мероприятия
Фундаменты опор					
1	Просадка или набухание грунта вокруг фундамента	Факт наличия	Нет	НР	по предохранению грунтов основания от ухудшения их свойств; -направленные на преобразование строительных свойств грунтов; - по уменьшению Чувствительности сооружений к деформациям
	Трещины	Ширина раскрытия - менее 0,3 мм	Лупа Польди	И	Ремонт не требуется
2		Ширина раскрытия - от 0,3 до 0,6 мм	Лупа Польди	НР	Поверхность бетона в зоне образования трещин покрасить краской или заделать полимерцементным раствором
3		Ширина раскрытия более 0,6мм с выпучиванием	Лупа Польди	НР	Контроль состояния бетона ультразвуковым или вибрационным методом

		бетона			
4	Оголение арматуры	Факт наличия	Нет	НР	Очистить арматуру от ржавчины. Поверхность бетона, где выступает поперечная арматура, закрасить краской
5	Пористость бетона	Факт наличия	Нет	НР	Заделать полимерцементным раствором
6	Отслоение поверхностного слоя бетона	Толщина отслоения от 3 до 5 мм	Линейка	НР	Заделать полимерцементным раствором
7	Деформированные или срезанные анкерные болты	Факт наличия	Нет	НР	Запланировать работы по замене фундаментных блоков
Опоры					
8	Отсутствие условных обозначений	Массовое отсутствие обозначений или плакатов	Нет	НР	Нанести по трафарету атмосферостойкой краской при очередном капитальном ремонте
9		Нет обозначений или плакатов на отдельных опорах	Нет	НР	Нанести по трафарету атмосферостойкой краской при очередном осмотре
10	Наличие темных полос на бетоне	На поверхности, расположены по виткам поперечной арматуры	Нет	НР	Поверхность бетона в зоне, где выступают темные полосы,

					закрасить краской
1 1	Оголение поперечной арматуры	На длине 1,5-2м вдоль опоры	Рулетка	НР	Очистить арматуру от ржавчины. Поверхность бетона, где выступает поперечная арматура, закрасить краской
1 2	Наличие раковин	Размером 10×10 мм, глубиной 10 мм	Линейка, штангенциркуль	НР	Заделать полимерцементным раствором
1 3		Не более 1 раковины или отверстия на опору площадью до 25см ²		НР	Установить бандаж
1 4		Не более 1 раковины площадью до 25см ²		Н	Опору заменить
1 5		Раковина или сквозное отверстие площадью более 25см ²		Н	Опору заменить
1 6	Трещины в сварных швах	Факт наличия	Лупа, молоток 0,5 кг	НР	Проварить дефектные сварные швы и устранить дефекты
1 7	Наличие коррозионных повреждений	Сквозное коррозионное поражение, щелевая коррозия	Лупа, бинокль, цифровая камера	Н	Элементы заменить
1 8	Отсутствие лакокрасочного покрытия	Факт наличия	Нет	НР	Опоры очищены от ржавчины, старой краски и грязи

Перечень приспособлений, приборов и инструмента для технического обслуживания линий с изолированными проводами

№	Наименование	Кол-во
1	Пояс монтерский	1
2	Когти комбинированные монтерские для подъема на деревянные опоры	1 пара
3	Лазы для подъема на железобетонные опоры	1 пара
4	Перчатки диэлектрические	1 пара
5	Очки защитные с небьющимися стеклами	1
6	Указатель напряжения до 1000В	1
7	Рукавицы хлопчатобумажные	1 пара
8	Переносное заземление	2
9	Плоскогубцы комбинированные 200мм	1
10	Напильник личной 200-250мм	1
11	Отвертка 4 и 6 мм	2
12	Кусачки 200мм	1
13	Ключ гаечный разводной № 2 или № 3	1
14	Зубило 150мм	1
15	Молоток слесарный 0,5кг	1
16	Нож монтерский	1
17	Метр складной	1
18	Сумка монтерская для инструмента	1

Перечень специальных приспособлений, приборов и инструмента для ремонта
линий с изолированными проводами напряжением 0,38кВ

№	Наименование	Кол-во
1	Лебедка грузоподъемностью 1000Н с капроновым канатом для раскатки провода	1
2	Натяжное устройство (комплект): • ручная лебедка грузоподъемностью 550Н, • узел крепления к опоре, • динамометр, • монтажные зажимы (4 шт.), • детали сочленения узлов (скобы)	1 комплект
3	Отделительные клинья пластмассовые	2 комплекта
4	Нож для снятия изоляции с провода	1
5	Ножницы для резки провода	1
6	Тяговый чулок	1
7	Вертлюг	1
8	Устройство для затяжки и резки стальной бандажной ленты	1
9	Набор инструмента для монтажа зажимов: • ключ динамометрический с набором головок 8, 10, 13 и 17; • ключ шестигранный 6 мм; • держатель зажимов.	1 1 1
10	Комплект для смазки и зачистки алюминиевых жил	1
11	Ключ накидной 13-17 мм	1
13	Ключ торцевой 13-17мм	1
14	Зажимы ответвительные для выполнения временных ответвлений или заземления	8
15	Лента бандажная стальная	1
16	Бачок для сбора раскаточного каната	1
17	Хомут фиксирующий пластмассовый	10
18	Лента фиксирующая самоклеящаяся	1
19	Лента изолирующая самоклеящаяся	1

ПРОТОКОЛ № _____

Измерение сопротивления заземлений опор ВЛ с изолированными проводами

(указать название объекта)

Заказчик _____

Район края _____ Дата «__» _____ 201__ г.

8. Характеристика грунта и его состояние _____

9. Состояние погоды _____

10. Измерения выполнены _____

11. Измерения проведено цифровым прибором типа _____

12. На напряжение _____ заводской № _____

13. Приспособления: два стальных электрода длиной по _____ м.

Провода ПР _____ длиной $L_1 =$ _____ м; длиной $L_2 =$ _____ м.

14. Ф.И.О. и должность лица выполнявшего работы _____

Данные измерения

№	Место измерения	Сопротивление, Ом	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Выполнил: старший бригады _____ (_____)

Проверил: ответственный за объект _____ (_____)

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Глава 2.3

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 220 кВ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на кабельные силовые линии до 220 кВ, а также линии, выполняемые контрольными кабелями. Кабельные линии более высоких напряжений выполняются по специальным проектам. Дополнительные требования к кабельным линиям приведены в гл. 7.3, 7.4 и 7.7.

2.3.2. Кабельной линией называется линия для передачи электроэнергии или отдельных импульсов ее, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслонаполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

2.3.3. Кабельным сооружением называется сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также масло подпитывающих аппаратов и другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслонаполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные туннели, каналы, короба, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты.

Кабельным туннелем называется закрытое сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий.

Кабельным каналом называется закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т. п. непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии.

Кабельной шахтой называется вертикальное кабельное сооружение (как правило, прямоугольного сечения), у которого высота в несколько раз больше стороны сечения, снабженное скобами или лестницей для передвижения вдоль него людей (проходные шахты) или съемной полностью или частично стенкой (непроходные шахты).

Кабельным этажом называется часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м.

Двойным полом называется полость, ограниченная стенами помещения, междуэтажным перекрытием и полом помещения со съемными плитами (на всей или части площади).

Кабельным блоком называется кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами.

Кабельной камерой называется подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в блоки. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем.

Кабельной эстакадой называется надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.

Кабельной галереей называется надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение.

2.3.4. Коробом называется - см. 2.1.10.

2.3.5. Лотком называется - см. 2.1.11.

2.3.6. Кабельной маслонаполненной линией низкого или высокого давления называется линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет:

0,0245-0,294 МПа (0,25-3,0 кгс/см²) для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;

0,0245-0,49 МПа (0,25-5,0 кгс/см²) для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;

1,08-1,57 МПа (11-16 кгс/см²) для кабелей высокого давления.

2.3.7. Секцией кабельной маслonaполненной линии низкого давления называется участок линии между стопорными муфтами или стопорной и концевой муфтами.

2.3.8. Подпитывающим пунктом называется надземное, наземное или подземное сооружение с подпитывающими аппаратами и оборудованием (баки питания, баки давления, подпитывающие агрегаты и др.).

2.3.9. Разветвительным устройством называется часть линии высокого давления между концом стального трубопровода и концевыми однофазными муфтами.

2.3.10. Подпитывающим агрегатом называется автоматически действующее устройство, состоящее из баков, насосов, труб, перепускных клапанов, вентилей, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом кабельной линии высокого давления.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.3.11. Проектирование и сооружение кабельных линий должны производиться на основе технико-экономических расчетов с учетом развития сети, ответственности и назначения линии, характера трассы, способа прокладки, конструкций кабелей и т. п.

2.3.12. При выборе трассы кабельной линии следует по возможности избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей (см. также 2.3.44).

2.3.13. Над подземными кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

для кабельных линий выше 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

для кабельных линий до 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами - на 0,6 м в сторону зданий сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

Для подводных кабельных линий до и выше 1 кВ в соответствии с указанными правилами должна быть установлена охрannая зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

Охранные зоны кабельных линий используются с соблюдением требований правил охраны электрических сетей.

2.3.14. Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты от коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении КЗ на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать перекрещиваний их между собой, с трубопроводами и пр.

При выборе трассы кабельной маслonaполненной линии низкого давления принимается во внимание рельеф местности для наиболее рационального размещения и использования на линии подпитывающих баков.

2.3.15. Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;

кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и т. п., должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;

кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения, жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;

конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений и коррозии при помощи эластичных прокладок;

кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов,

доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;

кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

2.3.16. Защита кабельных линий от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям настоящих Правил и СНиП 3-04.03-85 "Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии" Госстроя России.

2.3.17. Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

2.3.18. Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из негорюемых материалов. Запрещается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

2.3.19. Открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также теплоизлучений от различного рода источников тепла. При прокладке кабелей на географической широте более 65° защита от солнечного излучения не требуется.

2.3.20. Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны иметь по отношению к их наружному диаметру кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.21. Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению к приведенному диаметру жил кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.22. Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и оболочек.

2.3.23. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт - номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м.

2.3.24. Охранные зоны кабельных линий, проложенных в земле в незастроенной местности, должны быть обозначены информационными знаками. Информационные знаки следует устанавливать не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления кабельных линий. На информационных знаках должны быть указаны ширина охранных зон кабельных линий и номера телефонов владельцев кабельных линий. (смотри в приложении "Требования к информационным знакам и их установке")

ВЫБОР СПОСОБОВ ПРОКЛАДКИ

2.3.25. При выборе способов прокладки силовых кабельных линий до 35 кВ необходимо руководствоваться следующим:

1. При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

2. Прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях рекомендуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20.

3. Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т. п.

4. При выборе способов прокладки кабелей по территориям городов должны учитываться первоначальные капитальные затраты и затраты, связанные с производством эксплуатационно-ремонтных работ, а также удобство и экономичность обслуживания сооружений.

2.3.26. На территориях электростанций кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, блоках, по эстакадам и в галереях. Прокладка силовых кабелей в траншеях допускается только к удаленным вспомогательным объектам (склады топлива, мастерские) при количестве не более шести. На территориях электростанций общей мощностью до 25 МВт допускается также прокладка кабелей в траншеях.

2.3.27. На территориях промышленных предприятий кабельные линии должны прокладываться в земле (в траншеях), туннелях, блоках, каналах, по эстакадам, в галереях и по стенам зданий.

2.3.28. На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле (в траншеях), наземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях.

2.3.29. В городах и поселках одиночные кабельные линии следует, как правило, прокладывать в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.

2.3.30. По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку кабельных линий в количестве 10 и более в потоке рекомендуется производить в коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта кабельные линии должны прокладываться в блоках или трубах.

2.3.31. При сооружении кабельных линий в районах многолетней мерзлоты следует учитывать физические явления, связанные с природой многолетней мерзлоты: пучинистый грунт, морозобойные трещины, оползни и т. п. В зависимости от местных условий кабели могут прокладываться в земле (в траншеях) ниже деятельного слоя, в деятельном слое в сухих, хорошо дренирующих грунтах, в искусственных насыпях из крупноскелетных сухих привозных грунтов, в лотках по поверхности земли, на эстакадах. Рекомендуется совместная прокладка кабелей с трубопроводами

теплофикации, водопровода, канализации и т. п. в специальных сооружениях (коллекторах).

2.3.32. Осуществление разных видов прокладок кабелей в районах многолетней мерзлоты должно производиться с учетом следующего:

1. Для прокладки кабелей в земляных траншеях наиболее пригодными грунтами являются дренирующие грунты (скальные, галечные, гравийные, щебенистые и крупнопесчаные); пучинистые и просадочные грунты непригодны для прокладки в них кабельных линий. Прокладку кабелей непосредственно в грунте допускается осуществлять при числе кабелей не более четырех. По грунтово-мерзлотным и климатическим условиям запрещается прокладка кабелей в трубах, проложенных в земле. На пересечениях с другими кабельными линиями, дорогами и подземными коммуникациями кабели следует защищать железобетонными плитами.

Прокладка кабелей вблизи зданий не допускается. Ввод кабелей из траншеи в здание при отсутствии вентилируемого подполья должен выполняться выше нулевой отметки.

2. Прокладку кабелей в каналах допускается применять в местах, где деятельный слой состоит из непучинистых грунтов и имеет ровную поверхность с уклоном не более 0,2%, обеспечивающим сток поверхностных вод. Кабельные каналы следует выполнять из водонепроницаемого железобетона и покрывать снаружи надежной гидроизоляцией.

Сверху каналы необходимо закрывать железобетонными плитами. Каналы могут выполняться заглубленными в грунт и без заглубления (поверх грунта). В последнем случае под каналом и вблизи него должна быть выполнена подушка толщиной не менее 0,5 м из сухого грунта.

2.3.33. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий (открыто и в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

2.3.34. Маслонаполненные кабели могут прокладываться (при любом количестве кабелей) в туннелях и галереях и в земле (в траншеях); способ их прокладки определяется проектом.

ВЫБОР КАБЕЛЕЙ

2.3.35. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам, проходящим в различных грунтах и условиях окружающей среды, выбор конструкций и сечений кабелей следует производить по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с более легкими условиями не превышает строительной длины кабеля. При значительной длине отдельных участков трассы с различными условиями прокладки для каждого из них следует выбирать соответствующие конструкции и сечения кабелей.

2.3.36. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам с различными условиями охлаждения, сечения кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м. Допускается для кабельных линий до 10 кВ, за исключением подводных, применение кабелей разных сечений, но не более трех при условии, что длина наименьшего отрезка составляет не менее 20 м (см. также 2.3.70).

2.3.37. Для кабельных линий, прокладываемых в земле или воде, должны применяться преимущественно бронированные кабели. Металлические оболочки этих кабелей должны иметь внешний покров для защиты от химических воздействий. Кабели с другими конструкциями внешних защитных покрытий (небронированные) должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах, а также стойкостью по отношению к тепловым и механическим воздействиям при эксплуатационно-ремонтных работах.

2.3.38. Трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления, прокладываемые в земле или воде, должны иметь защиту от коррозии в соответствии с проектом.

2.3.39. В кабельных сооружениях и производственных помещениях при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации рекомендуется прокладывать небронированные кабели, а при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации должны применяться бронированные кабели или защита их от механических повреждений.

Вне кабельных сооружений допускается прокладка небронированных кабелей на недоступной высоте (не менее 2 м); на меньшей высоте прокладка небронированных кабелей допускается при условии защиты их от механических повреждений (коробами, угловой сталью, трубами и т. п.).

При смешанной прокладке (земля - кабельное сооружение или производственное помещение) рекомендуется применение тех же марок кабелей, что и для прокладки в земле (см. 2.3.37), но без горючих наружных защитных покровов.

2.3.40. При прокладке кабельных линий в кабельных сооружениях, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони, а небронированные кабели - поверх металлических оболочек защитных покровов из горючих материалов.

Для открытой прокладки не допускается применять силовые и контрольные кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией. Металлические оболочки кабелей и металлические поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены негорючим антикоррозийным покрытием. При прокладке в помещениях с агрессивной средой должны применяться кабели, стойкие к воздействию этой среды.

2.3.41. Для кабельных линий электростанций, распределительных устройств и подстанций, указанных в 2.3.76, рекомендуется применять кабели, бронированные стальной лентой, защищенной негорючим покрытием. На электростанциях применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

2.3.42. Для кабельных линий, прокладываемых в кабельных блоках и трубах, как правило, должны применяться небронированные кабели в свинцовой усиленной оболочке. На участках блоков и труб, а также ответвлений от них длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи. Для кабельных линий, прокладываемых в трубах, допускается применение кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке.

2.3.43. Для прокладки в почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочки кабелей (солончаки, болота, насыпной грунт со шлаком и строительным материалом и т. п.), а также в зонах, опасных из-за воздействия электрической коррозии, должны применяться кабели со свинцовыми оболочками и усиленными защитными покровами типов Б или кабели с алюминиевыми оболочками

и особо усиленными защитными покровами в сплошном влагостойком пластмассовом шланге.

2.3.44. В местах пересечения линиями болот кабели должны выбираться с учетом геологических условий, а также химических и механических воздействий.

2.3.45. Для прокладки в почвах, подверженных смещению, должны применяться кабели с проволочной броней или приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами и т. п.).

2.3.46. В местах пересечения кабельными линиями ручьев, их пойм и канав должны применяться такие же кабели, как и для прокладки в земле (см. также 2.3.99).

2.3.47. Для кабельных линий, прокладываемых по железнодорожным мостам, а также по другим мостам с интенсивным движением транспорта, рекомендуется применять бронированные кабели в алюминиевой оболочке.

2.3.48. Для кабельных линий передвижных механизмов должны применяться гибкие кабели с резиновой или другой аналогичной изоляцией, выдерживающей многократные изгибы (см. также 1.7.111).

2.3.49. Для подводных кабельных линий следует применять кабели с броней из круглой проволоки, по возможности одной строительной длины. С этой целью разрешается применение одножильных кабелей.

В местах перехода кабельных линий с берега в море при наличии сильного морского прибоя, при прокладке кабеля на участках рек с сильным течением и размываемыми берегами, а также на больших глубинах (до 40-60 м) следует применять кабель с двойной металлической броней. Кабели с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, а также кабели в алюминиевой оболочке без специальных водонепроницаемых покрытий для прокладки в воде не допускаются.

При прокладке кабельных линий через небольшие несудоходные и несплавные реки шириной (вместе с затопляемой поймой) не более 100 м, с устойчивыми руслом и дном допускается применение кабелей с ленточной броней.

2.3.50. Для кабельных маслонаполненных линий напряжением 110-220 кВ тип и конструкция кабелей определяются проектом.

2.3.51. При прокладке кабельных линий до 35 кВ на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, превышающей допустимую по ГОСТ для

кабелей с вязкой пропиткой, должны применяться кабели с не стекающей пропиточной массой, кабели с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Для указанных условий кабели с вязкой пропиткой допускается применять только со стопорными муфтами, размещенными по трассе, в соответствии с допустимыми разностями уровней для этих кабелей по ГОСТ.

Разность вертикальных отметок между стопорными муфтами кабельных маслонаполненных линий низкого давления определяется соответствующими техническими условиями на кабель и расчетом подпитки при предельных тепловых режимах.

2.3.52. В четырехпроводных сетях должны применяться четырехжильные кабели. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке напряжением до 1 кВ с использованием их оболочки в качестве нулевого провода (четвертой жилы) в четырехпроводных сетях переменного тока (осветительных, силовых и смешанных) с глухозаземленной нейтралью, за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых при нормальных условиях эксплуатации ток в нулевом проводе составляет более 75% допустимого длительного тока фазного провода.

Использование для указанной цели свинцовых оболочек трехжильных силовых кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

2.3.53. Для кабельных линий до 35 кВ допускается применять одножильные кабели, если это приводит к значительной экономии меди или алюминия в сравнении с трехжильными или если отсутствует возможность применения кабеля необходимой строительной длины. Сечение этих кабелей должно выбираться с учетом их дополнительного нагрева токами, наводимыми в оболочках.

Должны быть также выполнены мероприятия по обеспечению равного распределения тока между параллельно включенными кабелями и безопасного прикосновения к их оболочкам, исключению нагрева находящихся в непосредственной близости металлических частей и надежному закреплению кабелей в изолирующих клицах.

ПОДПИТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И СИГНАЛИЗАЦИЯ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА КАБЕЛЬНЫХ МАСЛОПОЛНЕННЫХ ЛИНИЙ

2.3.54. Масло подпитывающая система должна обеспечивать надежную работу линии в любых нормальных и переходных тепловых режимах.

2.3.55. Количество масла, находящегося в масло подпитывающей системе, должно определяться с учетом расхода на подпитку кабеля. Кроме того, должен быть запас масла для аварийного ремонта и заполнения маслом наиболее протяженной секции кабельной линии.

2.3.56. Подпитывающие баки линий низкого давления рекомендуется размещать в закрытых помещениях. Небольшое количество подпитывающих баков (5-6) на открытых пунктах питания рекомендуется располагать в легких металлических ящиках на порталах, опорах и т. п. (при температуре окружающего воздуха не ниже минус 30°C). Подпитывающие баки должны быть снабжены указателями давления масла и защищены от прямого воздействия солнечного излучения.

2.3.57. Подпитывающие агрегаты линий высокого давления должны быть размещены в закрытых помещениях, имеющих температуру не ниже +10°C, и расположены возможно ближе к месту присоединения к кабельным линиям. Присоединение нескольких подпитывающих агрегатов к линии производится через масляный коллектор.

2.3.58. При параллельной прокладке нескольких кабельных маслонаполненных линий высокого давления рекомендуется подпитку маслом каждой линии производить от отдельных подпитывающих агрегатов или следует устанавливать устройство для автоматического переключения агрегатов на ту или другую линию.

2.3.59. Подпитывающие агрегаты рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников с обязательным устройством автоматического включения резерва (АВР). Подпитывающие агрегаты должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75ч.

2.3.60. Каждая кабельная маслонаполненная линия должна иметь систему сигнализации давления масла, обеспечивающую регистрацию и передачу дежурному персоналу сигналов о понижении и повышении давления масла сверх допустимых пределов.

2.3.61. На каждой секции кабельной маслонаполненной линии низкого давления должно быть установлено по крайней мере два датчика, на линии высокого давления - датчик на каждом подпитывающем агрегате. Аварийные сигналы должны передаваться на пункт с постоянным дежурством персонала. Система сигнализации давления масла должна иметь защиту от влияния электрических полей силовых кабельных линий.

2.3.62. Подпитывающие пункты на линиях низкого давления должны быть оборудованы телефонной связью с диспетчерскими пунктами (электросети).

2.3.63. Маслопровод, соединяющий коллектор подпитывающего агрегата с кабельной маслонаполненной линией высокого давления, должен прокладываться в помещениях с положительной температурой. Допускается прокладка его в утепленных траншеях, лотках, каналах и в земле ниже зоны промерзания при условии обеспечения положительной температуры окружающей среды.

2.3.64. Вибрация в помещении щита с приборами для автоматического управления подпитывающим агрегатом не должна превышать допустимых пределов.

СОЕДИНЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЕЙ

2.3.65. При соединении и оконцевании силовых кабелей следует применять конструкции муфт, соответствующие условиям их работы и окружающей среды. Соединения и заделки на кабельных линиях должны быть выполнены так, чтобы кабели были защищены от проникновения в них влаги и других вредно действующих веществ из окружающей среды и чтобы соединения и заделки выдерживали испытательные напряжения для кабельной линии и соответствовали требованиям ГОСТ.

2.3.66. Для кабельных линий до 35 кВ концевые и соединительные муфты должны применяться в соответствии с действующей технической документацией на муфты, утвержденной в установленном порядке.

2.3.67. Для соединительных и стопорных муфт кабельных маслонаполненных линий низкого давления необходимо применять только латунные или медные муфты.

Длина секций и места установки стопорных муфт на кабельных маслонаполненных линиях низкого давления определяются с учетом подпитки линий маслом в нормальном и переходных тепловых режимах.

Стопорные и полустопорные муфты на кабельных маслонаполненных линиях должны размещаться в кабельных колодцах; соединительные муфты при прокладке кабелей в земле рекомендуется размещать в камерах, подлежащих последующей засыпке просеянной землей или песком. В районах с электрифицированным транспортом (метрополитен, трамваи, железные дороги) или с агрессивными по отношению к металлическим оболочкам и муфтам кабельных линий почвами соединительные муфты должны быть доступны для контроля.

2.3.68. На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными нестекающей массой, соединения кабелей должны производиться при помощи стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных не стекающей массой (см. также 2.3.51).

2.3.69. На кабельных линиях выше 1 кВ, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения кабелей должны производиться горячим вулканизированием с покрытием противосырьевым лаком.

2.3.70. Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий должно быть не более: для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечением до $3 \times 95 \text{ мм}^2$ 4 шт.; для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечениями $3 \times 120 - 3 \times 240 \text{ мм}^2$ 5 шт.; для трехфазных кабелей 20-35 кВ 6 шт.; для одножильных кабелей 2 шт.

Для кабельных линий 110-220 кВ число соединительных муфт определяется проектом. Использование маломерных отрезков кабелей для сооружения протяженных кабельных линий не допускается.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ

2.3.71. Кабели с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 1.7.

2.3.72. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.). На кабелях 6 кВ и выше с

алюминиевыми оболочками заземление оболочки и брони должно выполняться отдельными проводниками.

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью, большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако сечение во всех случаях должно быть не менее 6 мм². Сечения заземляющих проводников контрольных кабелей следует выбирать в соответствии с требованиями 1.7.76-1.7.78.

Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броня, металлическая оболочка и муфта должны быть присоединены к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается.

Эстакады и галереи должны быть оборудованы молниезащитой.

2.3.73. На кабельных маслонаполненных линиях низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

На кабелях с алюминиевыми оболочками подпитывающие устройства должны подсоединяться к линиям через изолирующие вставки, а корпуса концевых муфт должны быть изолированы от алюминиевых оболочек кабелей. Указанное требование не распространяется на линии с непосредственным вводом в трансформаторы.

При применении для кабельных маслонаполненных линий низкого давления бронированных кабелей в каждом колодце броня кабеля с обеих сторон муфты должна быть соединена сваркой и заземлена.

2.3.74. Стальной трубопровод маслонаполненных кабельных линий высокого давления, проложенных в земле, должен быть заземлен во всех колодцах и по концам, а проложенных в кабельных сооружениях - по концам и в промежуточных точках, определяемых расчетами в проекте.

При необходимости активной защиты стального трубопровода от коррозии заземление его выполняется в соответствии с требованиями этой защиты, при этом должна быть обеспечена возможность контроля электрического сопротивления антикоррозионного покрытия.

2.3.75. При переходе кабельной линии в воздушную (ВЛ) и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства кабельные муфты (мачтовые) допускается заземлять присоединением металлической оболочки кабеля, если кабельная муфта на

другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству или сопротивление заземления кабельной оболочки соответствует требованиям гл. 1.7.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАБЕЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

2.3.76. Требования, приведенные в 2.3.77-2.3.82, распространяются на кабельные хозяйства тепловых и гидроэлектростанций мощностью 25 МВт и более, распределительных устройств и подстанций напряжением 220-500 кВ, а также распределительных устройств и подстанций, имеющих особое значение в энергосистеме (см. также 2.3.113).

2.3.77. Главная схема электрических соединений, схема собственных нужд и схема оперативного тока, управление оборудованием и компоновка оборудования и кабельного хозяйства электростанции или подстанции должны выполняться таким образом, чтобы при возникновении пожаров в кабельном хозяйстве или вне его были исключены нарушения работы, более чем одного блока электростанции, одновременная потеря взаимно резервирующих присоединений распределительных устройств и подстанций, а также выход из работы систем обнаружения и тушения пожаров.

2.3.78. Для основных кабельных потоков электростанций должны предусматриваться кабельные сооружения (этажи, туннели, шахты и др.), изолированные от технологического оборудования и исключающие доступ к кабелям посторонних лиц.

При размещении потоков кабелей на электростанциях трассы кабельных линий должны выбираться с учетом:

- предотвращения перегрева кабелей от нагретых поверхностей технологического оборудования;

- предотвращения повреждений кабелей при выхлопах (возгораниях и взрывах) пыли через предохранительные устройства пылесистем;

недопущения прокладки транзитных кабелей в технологических туннелях гидроизоудаления, помещениях химводоочистки, а также в местах, где располагаются трубопроводы с химически агрессивными жидкостями.

2.3.79. Взаимно резервирующие ответственные кабельные линии (силовые, оперативного тока, средств связи, управления, сигнализации, систем пожаротушения и т. п.) должны прокладываться так, чтобы при пожарах была исключена возможность одновременной потери взаимно резервирующих кабельных линий. На участках кабельного хозяйства, где возникновение аварии угрожает ее большим развитием, кабельные потоки следует делить на изолированные одна от другой группы. Распределение кабелей по группам принимается в зависимости от местных условий.

2.3.80. В пределах одного энергоблока разрешается выполнение кабельных сооружений с пределом огнестойкости 0,25 ч. При этом технологическое оборудование, которое может служить источником пожара (баки с маслом, маслостанции и т. п.), должно иметь ограждения с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, исключающие возможность загорания кабелей при возникновении пожара на этом оборудовании.

В пределах одного энергоблока электростанции разрешается прокладка кабелей вне специальных кабельных сооружений при условии надежной их защиты от механических повреждений и заноса пылью, от искр и огня при производстве ремонта технологического оборудования, обеспечения нормальных температурных условий для кабельных линий и удобства их обслуживания.

Для обеспечения доступа к кабелям при расположении их на высоте 5 м и более должны сооружаться специальные площадки и проходы.

Для одиночных кабелей и небольших групп кабелей (до 20) эксплуатационные площадки могут не сооружаться, но при этом должна быть обеспечена возможность быстрой замены и ремонта кабелей в условиях эксплуатации.

При прокладке кабелей в пределах одного энергоблока вне специальных кабельных сооружений должно обеспечиваться по возможности разделение их на отдельные группы, проходящие по различным трассам.

2.3.81. Кабельные этажи и туннели, в которых размещаются кабели различных энергоблоков электростанции, включая кабельные этажи и туннели под блочными щитами управления, должны быть разделены поблочно и отделены от других

помещений, кабельных этажей, туннелей, шахт, коробов и каналов несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, в том числе в местах прохода кабелей.

В местах предполагаемого прохода кабелей через перегородки и перекрытия в целях обеспечения возможности замены и дополнительной прокладки кабелей должна предусматриваться перегородка из несгораемого, легко пробиваемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

В протяженных кабельных сооружениях тепловых электростанций должны предусматриваться аварийные выходы, расположенные, как правило, не реже чем через 50 м.

Кабельные хозяйства электростанций должны быть отделены от отходящих сетевых кабельных туннелей и коллекторов несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2.3.82. Места входа кабелей в помещения закрытых распределительных устройств и в помещения щитов управления и защиты открытых распределительных устройств должны иметь перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Места входа кабелей на блочные щиты управления электростанцией должны быть закрыты перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Кабельные шахты должны быть отделены от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч и иметь перекрытия сверху и внизу.

Протяженные шахты при проходе через перекрытия, но не реже чем через 20 м должны делиться на отсеки несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Проходные кабельные шахты должны иметь входные двери и быть оборудованы лестницами или специальными скобами.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ЗЕМЛЕ

2.3.83. При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм; при напряжении ниже 35 кВ - плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц и т. п. рассматриваются как места, где разрытия производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории*, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты, удовлетворяющие техническим требованиям. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

Сигнальная лента должна укладываться в траншею над кабелями на расстоянии 250 мм от их наружных покровов. При расположении в траншее одного кабеля лента должна укладываться по оси кабеля, при большем количестве кабелей - края ленты должны выступать за крайние кабели не менее чем на 50 мм. При укладке по ширине траншеи более одной ленты - смежные ленты должны прокладываться с нахлестом шириной не менее 50 мм.

При применении сигнальной ленты прокладка кабелей в траншею с устройством подушки для кабелей, присыпка кабелей первым слоем земли и укладка ленты, включая присыпку ленты слоем земли по всей длине, должны производиться в присутствии представителя электромонтажной организации и владельца электросетей.

2.3.84. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее: линий до 20 кВ 0,7 м; 35 кВ 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения 1 м.

Кабельные маслonaполненные линии 110-220 кВ должны иметь глубину заложения от планировочной отметки не менее 1,5 м.

Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, прокладка в трубах). Прокладка кабельных линий 6-10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посеvy.

2.3.85. Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов зданий и сооружений должно быть не менее 0,6 м. Прокладка кабелей непосредственно в земле под фундаментами зданий и сооружений не допускается. При прокладке транзитных кабелей в подвалах и технических подпольях жилых и общественных зданий следует руководствоваться СНиП Госстроя России.

2.3.86. При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

1) 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;

2) 250 мм между кабелями 20-35 кВ и между ними и другими кабелями;

3) 500 мм* между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;

4) 500 мм между маслonaполненными кабелями 110-220 кВ и другими кабелями; при этом кабельные маслonaполненные линии низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро; кроме того, следует производить расчет электромагнитного влияния на кабели связи.

Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение расстояний, указанных в п. 2 и 3, до 100 мм, а между силовыми кабелями до 10 кВ и кабелями связи, кроме кабелей с цепями, уплотненными высокочастотными системами телефонной связи, до 250 мм при условии защиты кабелей от повреждений, могущих

возникнуть при КЗ в одном из кабелей (прокладка в трубах, установка негорючих перегородок и т. п.).

Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

2.3.87. При прокладке линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах, проложенных путем подкопки.

При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

2.3.88. При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от кабельных линий напряжением до 35 кВ и маслонаполненных кабельных линий до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа должно быть не менее 1 м; до газопроводов низкого (0,0049 МПа), среднего (0,294 МПа) и высокого давления (более 0,294 до 0,588 МПа) - не менее 1 м; до газопроводов высокого давления (более 0,588 до 1,176 МПа) - не менее 2 м; до теплопроводов - см. 2.3.89.

В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний для кабельных линий до 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м без специальной защиты кабелей и до 0,25 м при прокладке кабелей в трубах. Для маслонаполненных кабельных линий 110-220 кВ на участке сближения длиной не более 50 м допускается уменьшение расстояния по горизонтали в свету до трубопроводов, за исключением трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м при условии устройства между маслонаполненными кабелями и трубопроводом защитной стенки, исключающей возможность механических повреждений. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

2.3.89. При прокладке кабельной линии параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м или теплопровод на всем участке сближения с кабельной линией должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10°C для кабельных линий до 10 кВ и 5°C - для линий 20-220 кВ.

2.3.90. При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели должны прокладываться, как правило, вне зоны отчуждения дороги. Прокладка кабелей в пределах зоны отчуждения допускается только по согласованию с организациями Министерства путей сообщения, при этом расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги - не менее 10,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний, при этом кабели на всем участке сближения должны прокладываться в блоках или трубах. При электрифицированных дорогах на постоянном токе блоки или трубы должны быть изолирующими (асбестоцементные, пропитанные гудроном или битумом и др.).

2.3.91. При прокладке линии параллельно с трамвайными путями расстояние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или трубах, указанных в 2.3.90.

2.3.92. При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильными дорогами категорий I и II (см. 2.5.145) кабели должны прокладываться с внешней стороны кювета или подошвы насыпи на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня. Уменьшение указанного расстояния допускается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими управлениями дорог.

2.3.93. При прокладке кабельной линии параллельно с ВЛ 110 кВ и выше расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через крайний провод линии, должно быть не менее 10 м.

Расстояние в свету от кабельной линии до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 5 м при напряжении до 35 кВ, 10 м при напряжении 110 кВ и выше. В стесненных условиях расстояние от кабельных линий до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ выше 1 кВ допускается не менее 2 м; при этом расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от кабельной линии до опоры ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе 0,5 м.

На территориях электростанций и подстанций в стесненных условиях допускается прокладывать кабельные линии на расстояниях не менее 0,5 м от

подземной части опор воздушных связей (токопроводов) и ВЛ выше 1 кВ, если заземляющие устройства этих опор присоединены к контуру заземления подстанций.

2.3.94*. При пересечении кабельными линиями других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м; это расстояние в стесненных условиях для кабелей до 35 кВ может быть уменьшено до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала; при этом кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

2.3.95. При пересечении линиями трубопроводов, в том числе нефте- и газопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

При пересечении кабельной маслонаполненной линией трубопроводов расстояние между ними в свету должно быть не менее 1 м. Для стесненных условий допускается принимать расстояние не менее 0,25 м, но при условии размещения кабелей в трубах или железобетонных лотках с крышкой.

2.3.96. При пересечении кабельными линиями до 35 кВ теплопроводов расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях - не менее 0,25 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°C по отношению к высшей летней температуре и на 15°C по отношению к низшей зимней.

В случаях, когда указанные условия не могут быть соблюдены, допускается выполнение одного из следующих мероприятий: заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м (см. 2.3.84); применение кабельной вставки большего сечения; прокладка кабелей под теплопроводом в трубах на расстоянии от него не менее 0,5 м, при этом трубы должны быть уложены таким образом, чтобы замена кабелей могла быть выполнена без производства земляных работ (например, ввод концов труб в камеры).

При пересечении кабельной маслонаполненной линией теплопровода расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях - не менее 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 3 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую

теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 5°С в любое время года.

2.3.97. При пересечении линиями железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

При пересечении кабельными линиями электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе* железных дорог блоки и трубы должны быть изолирующими (см. 2.3.90). Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 10 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей. Пересечение кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75-90° к оси пути.

Концы блоков и труб должны быть утоплены джутовыми плетеными шнурами, обмазанными водонепроницаемой (мятой) глиной на глубину не менее 300 мм.

При пересечении тупиковых дорог промышленного назначения с малой интенсивностью движения, а также специальных путей (например, на слипах и т. п.) кабели, как правило, должны прокладываться непосредственно в земле.

При пересечении трассы кабельных линий вновь сооружаемой железной не электрифицированной дорогой или автомобильной дорогой перекладки действующих кабельных линий не требуется. В месте пересечения должны быть заложены на случай ремонта кабелей в необходимом количестве резервные блоки или трубы с плотно заделанными торцами.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна.

2.3.98. При пересечении кабельными линиями трамвайных путей кабели должны прокладываться в изолирующих блоках или трубах (см. 2.3.90). Пересечение должно выполняться на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

2.3.99. При пересечении кабельными линиями въездов для автотранспорта во дворы, гаражи и т. д. прокладка кабелей должна производиться в трубах. Таким же способом должны быть защищены кабели в местах пересечения ручьев и канав.

2.3.100. При установке на кабельных линиях кабельных муфт расстояние в свету между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 250 мм. При прокладке кабельных линий на крутонаклонных трассах установка на них кабельных муфт не рекомендуется. При необходимости установки на таких участках кабельных муфт под ними должны выполняться горизонтальные площадки.

Для обеспечения возможности перемонтажа муфт в случае их повреждения на кабельной линии требуется укладывать кабель с обеих сторон муфт с запасом.

2.3.101. При наличии по трассе кабельной линии блуждающих токов опасных величин необходимо:

1. Изменить трассу кабельной линии с тем, чтобы обойти опасные зоны.
2. При невозможности изменить трассу: предусмотреть меры по максимальному снижению уровней блуждающих токов; применить кабели с повышенной стойкостью к воздействию коррозии; осуществить активную защиту кабелей от воздействия электрокоррозии.

При прокладках кабелей в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов недопустимых значений должна применяться катодная поляризация (установка электродренажей, протекторов, катодная защита). При любых способах подключения электродренажных устройств должны соблюдаться нормы разностей потенциалов на участках отсасывания, предусмотренные СНиП 3.04.03-85 "Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии" Госстроя России. Применять катодную защиту внешним током на кабелях, проложенных в солончаковых грунтах или засоленных водоемах, не рекомендуется.

Необходимость защиты кабельных линий от коррозии должна определяться по совокупным данным электрических измерений и химических анализов проб грунта. Защита кабельных линий от коррозии не должна создавать условий, опасных для работы смежных подземных сооружений. Запроектированные мероприятия по защите от коррозии должны быть осуществлены до ввода новой кабельной линии в эксплуатацию. При наличии в земле блуждающих токов необходимо устанавливать на кабельных линиях контрольные пункты в местах и на расстояниях, позволяющих

определять границы опасных зон, что необходимо для последующего рационального выбора и размещения защитных средств.

Для контроля потенциалов на кабельных линиях допускается использовать места выходов кабелей на трансформаторные подстанции, распределительные пункты и т. д.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ БЛОКАХ, ТРУБАХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЛОТКАХ

2.3.102. Для изготовления кабельных блоков, а также для прокладки кабелей в трубах допускается применять стальные, чугунные асбестоцементные, бетонные, керамические и тому подобные трубы. При выборе материала для блоков и труб следует учитывать уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов. Маслонаполненные однофазные кабели низкого давления необходимо прокладывать только в асбестоцементных и других трубах из немагнитного материала, при этом каждая фаза должна прокладываться в отдельной трубе.

2.3.103. Допустимое количество каналов в блоках, расстояния между ними и их размер должны приниматься согласно 1.3.20.

2.3.104. Каждый кабельный блок должен иметь до 15% резервных каналов, но не менее одного канала.

2.3.105. Глубина заложения в земле кабельных блоков и труб должна приниматься по местным условиям, но быть не менее расстояний, приведенных в 2.3.84, считая до верхнего кабеля. Глубина заложения кабельных блоков и труб на закрытых территориях и в полах производственных помещений не нормируется.

2.3.106. Кабельные блоки должны иметь уклон не менее 0,2% в сторону колодцев. Такой же уклон необходимо соблюдать и при прокладке труб для кабелей.

2.3.107. При прокладке труб для кабельных линий непосредственно в земле наименьшие расстояния в свету между трубами и между ними и другими кабелями и сооружениями должны приниматься, как для кабелей, проложенных без труб (см. 2.3.86).

При прокладке кабельных линий в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются, как для прокладки в земле.

2.3.108. В местах, где изменяется направление трассы линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей и кабельных блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы должны сооружаться также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым тяжением кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжении не выше 35 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом места выхода кабелей из блоков должны быть заделаны водонепроницаемым материалом.

2.3.109. Переход кабельных линий из блоков и труб в здания, туннели, подвалы и т. п. должен осуществляться одним из следующих способов: непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приямков внутри зданий либо камер у их наружных стен.

Должны быть предусмотрены меры, исключаяющие проникновение через трубы или проемы воды и мелких животных из траншей в здания, туннели и т.п.

2.3.110. Каналы кабельных блоков, трубы, выход из них, а также их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей при протяжке. На выходах кабелей из блоков в кабельные сооружения и камеры должны предусматриваться меры, предотвращающие повреждение оболочек от истирания и растрескивания (применение эластичных подкладок, соблюдение необходимых радиусов изгиба и др.).

2.3.111. При высоком уровне грунтовых вод на территории ОРУ следует отдавать предпочтение надземным способам прокладки кабелей (в лотках или коробках). Надземные лотки и плиты для их покрытия должны быть выполнены из железобетона. Лотки должны быть уложены на специальных бетонных подкладках с уклоном не менее 0,2% по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод. При наличии в днищах надземных лотков проемов, обеспечивающих выпуск ливневых вод, создавать уклон не требуется.

При применении кабельных лотков для прокладки кабелей должны обеспечиваться проезд по территории ОРУ и подъезд к оборудованию машин и

механизмов, необходимых для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ. Для этой цели должны быть устроены переезды через лотки при помощи железобетонных плит с учетом нагрузки от проходящего транспорта, с сохранением расположения лотков на одном уровне. При применении кабельных лотков не допускается прокладка кабелей под дорогами и переездами в трубах, каналах и траншеях, расположенных ниже лотков.

Выход кабелей из лотков к шкафам управления и защиты должен выполняться в трубах, не заглубляемых в землю. Прокладка кабельных перемычек в пределах одной ячейки ОРУ допускается в траншее, причем применение в этом случае труб для защиты кабелей при подводке их к шкафам управления и релейной защиты не рекомендуется. Защита кабелей от механических повреждений должна выполняться другими способами (с применением уголка, швеллера и др.).

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

2.3.112. Кабельные сооружения всех видов должны выполняться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в размере 15% количества кабелей, предусмотренного проектом (замена кабелей в процессе монтажа, дополнительная прокладка в последующей эксплуатации и др.).

2.3.113. Кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений негорючими перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на отсеки длиной не более 150м при наличии силовых и контрольных кабелей и не более 100м при наличии маслонаполненных кабелей. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м².

Двери в кабельных сооружениях и перегородках с пределом огнестойкости 0,75 ч должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч в электроустановках, перечисленных в 2.3.76, и 0,6 ч в остальных электроустановках.

Выходы из кабельных сооружений должны предусматриваться наружу или в помещения с производствами категорий Г и Д. Количество и расположение выходов из кабельных сооружений должно определяться, исходя из местных условий, но их

должно быть не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход.

Двери кабельных сооружений должны быть самозакрывающимися, с уплотненными притворами. Выходные двери из кабельных сооружений должны открываться наружу и должны иметь замки, отпираемые из кабельных сооружений без ключа, а двери между отсеками должны открываться по направлению ближайшего выхода и оборудоваться устройствами, поддерживающими их в закрытом положении.

Проходные кабельные эстакады с мостиками обслуживания должны иметь входы с лестницами. Расстояние между входами должно быть не более 150 м. Расстояние от торца эстакады до входа на нее не должно превышать 25 м.

Входы должны иметь двери, предотвращающие свободный доступ на эстакады лицам, не связанным с обслуживанием кабельного хозяйства. Двери должны иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны эстакады.

Расстояние между входами в кабельную галерею при прокладке в ней кабелей не выше 35 кВ должно быть не более 150 м, а при прокладке маслонаполненных кабелей - не более 120 м.

Наружные кабельные эстакады и галереи должны иметь основные несущие строительные конструкции (колонны, балки) из железобетона с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или из стального проката с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Несущие конструкции зданий и сооружений, которые могут опасно деформироваться или снизить механическую прочность при горении групп (потоков) кабелей, проложенных вблизи этих конструкций на наружных кабельных эстакадах и галереях, должны иметь защиту, обеспечивающую предел огнестойкости защищаемых конструкций не менее 0,75 ч.

Кабельные галереи должны делиться на отсеки несгораемыми противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Длина отсеков галерей должна быть не более 150 м при прокладке в них кабелей до 35 кВ и не более 120 м при прокладке маслонаполненных кабелей. На наружные кабельные галереи, закрытые частично, указанные требования не распространяются.

2.3.114. В туннелях и каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических вод и масла, а также должен быть

обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Полы в них должны иметь уклон не менее 0,5% в сторону водосборников или ливневой канализации. Проход из одного отсека туннеля в другой при их расположении на разных уровнях должен быть осуществлен с помощью пандуса с углом подъема не выше 15°. Устройство ступеней между отсеками туннелей запрещается.

В кабельных каналах, сооружаемых вне помещений и расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается земляное дно с дренирующей подсыпкой толщиной 10-15 см из утрамбованного гравия или песка.

В туннелях должны быть предусмотрены дренажные механизмы; при этом рекомендуется применять автоматический их пуск в зависимости от уровня воды. Пусковые аппараты и электродвигатели должны иметь исполнение, допускающее их работу в особо сырых местах.

При переходах эстакады и галереи проходного типа с одной отметки на другую должен быть выполнен пандус с уклоном не более 15°. Как исключение, допускается устройство лестницы с уклоном 1:1.

2.3.115. Кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и помещениях должны перекрываться съемными негорючими плитами. В электромашиных и тому подобных помещениях каналы рекомендуется перекрывать рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами - деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту жестью. Перекрытие каналов и двойных полов должно быть рассчитано на передвижение по нему соответствующего оборудования.

2.3.116. Кабельные каналы вне зданий должны быть засыпаны поверх съемных плит слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях засыпка кабельных каналов землей поверх съемных плит не обязательна. Масса отдельной плиты перекрытия, снимаемой вручную, не должна превышать 70 кг. Плиты должны иметь приспособление для подъема.

2.3.117. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не допускается. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях.

2.3.118. Подземные туннели вне зданий должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

2.3.119. При совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях дополнительный нагрев воздуха теплопроводом в месте расположения кабелей в любое время года не должен превышать 5°C, для чего должны быть предусмотрены вентиляция и теплоизоляция на трубах.

2.3.120. В кабельных сооружениях кабели рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами, а размещение кабелей в сооружениях должно производиться в соответствии со следующим:

1. Контрольные кабели и кабели связи следует размещать только под или только над силовыми кабелями; при этом их следует отделять перегородкой. В местах пересечения и ответвления допускается прокладка контрольных кабелей и кабелей связи над и под силовыми кабелями.
2. Контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями до 1 кВ.
3. Силовые кабели до 1 кВ рекомендуется прокладывать над кабелями выше 1 кВ; при этом их следует отделять перегородкой.
4. Различные группы кабелей: рабочие и резервные кабели выше 1 кВ генераторов, трансформаторов и т. п., питающие электроприемники I категории, рекомендуется прокладывать на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками.
5. Разделительные перегородки, указанные в п. 1, 3 и 4, должны быть негорючими с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

При применении автоматического пожаротушения с использованием воздушно-механической пены или распыленной воды перегородки, указанные в п. 1, 3 и 4, допускается не устанавливать. На наружных кабельных эстакадах и в наружных закрытых частично кабельных галереях установка разделительных перегородок, указанных в п. 1, 3 и 4, не требуется.

При этом взаимно резервирующие силовые кабельные линии (за исключением линий к электроприемникам особой группы I категории) следует прокладывать с расстоянием между ними не менее 600 мм и рекомендуется располагать: на эстакадах по обе стороны пролетной несущей конструкции (балки, фермы); в галереях по разным сторонам от прохода.

2.3.121. Маслонаполненные кабели следует прокладывать, как правило, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями; при этом маслонаполненные кабели следует размещать в нижней части кабельного сооружения и отделять от других кабелей горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками следует отделять одну от другой маслонаполненные кабельные линии.

2.3.122. Необходимость применения и объем автоматических стационарных средств обнаружения и тушения пожаров в кабельных сооружениях должны определяться на основании ведомственных документов.

В непосредственной близости от входа, люков и вентиляционных шахт (в радиусе не более 25 м) должны быть установлены пожарные краны. Для эстакад и галерей пожарные гидранты должны располагаться с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки оси трассы эстакады до ближайшего гидранта не превышало 100 м.

2.3.123. В кабельных сооружениях прокладку контрольных кабелей и силовых кабелей сечением 25 мм² и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, следует выполнять по кабельным конструкциям (консолям).

Контрольные небронированные кабели, силовые небронированные кабели со свинцовой оболочкой и небронированные силовые кабели всех исполнений сечением 16 мм² и менее следует прокладывать по лоткам или перегородкам.

Допускается прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м; при этом расстояние между группой силовых кабелей выше 1 кВ и группой контрольных кабелей должно быть не менее 100 мм или эти группы кабелей должны быть разделены несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Расстояния между отдельными кабелями приведены в табл. 2.3.1.

Засыпка силовых кабелей, проложенных в каналах, песком запрещается (исключение см. в 7.3.110). В кабельных сооружениях высота, ширина проходов и расстояние между конструкциями и кабелями должны быть не менее приведенных в табл. 2.3.1.

По сравнению с приведенными в таблице расстояниями допускается местное сужение проходов до 800 мм или снижение высоты до 1,5 м на длине 1,0 м с

соответствующим уменьшением расстояния между кабелями по вертикали при одностороннем и двустороннем расположении конструкций.

Таблица 2.3.1. Наименьшее расстояние для кабельных сооружений

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1800	Не ограничивается, но не более 1200 мм
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
По вертикали между горизонтальными конструкциями *:		
для силовых кабелей напряжением:		
до 10 кВ	200	150
20-35 кВ	250	200
110 кВ и выше	300**	250
для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3х25 мм ² напряжением до 1 кВ	100	
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения	800-1000	
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ***	Не менее диаметра кабеля	
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи ***	Не нормируется	
По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля
* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы. ** При расположении кабелей треугольником 250 мм. *** В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.		

2.3.124. Прокладка контрольных кабелей допускается пучками на лотках и многослойно в металлических коробах при соблюдении следующих условий:

1. Наружный диаметр пучка кабелей должен быть не более 100 мм.
2. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.
3. В пучках и многослойно должны прокладываться только кабели с однотипными оболочками.
4. Крепление кабелей в пучках, многослойно в коробах, пучков кабелей к лоткам следует выполнять так, чтобы была предотвращена деформация оболочек кабелей под действием собственного веса и устройств крепления.
5. В целях пожарной безопасности внутри коробов должны устанавливаться огнепреградительные пояса: на вертикальных участках - на расстоянии не более 20 м, а также при проходе через перекрытие; на горизонтальных участках - при проходе через перегородки.
6. В каждом направлении кабельной трассы следует предусматривать запас емкости не менее 15% общей емкости коробов.

Прокладка силовых кабелей пучками и многослойно не допускается.

2.3.125*. В местах, насыщенных подземными коммуникациями, допускается выполнение полупроходных туннелей высотой, уменьшенной по сравнению с предусмотренной в табл. 2.3.1, но не менее 1,5 м, при условии выполнения следующих требований: напряжение кабельных линий должно быть не выше 10 кВ; протяженность туннеля должна быть не более 100 м; остальные расстояния должны соответствовать приведенным в табл. 2.3.1; на концах туннеля должны быть выходы или люки.

2.3.126. Маслонаполненные кабели низкого давления должны крепиться на металлических конструкциях таким образом, чтобы была исключена возможность образования вокруг кабелей замкнутых магнитных контуров; расстояние между местами крепления должно быть не более 1 м.

Стальные трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления могут прокладываться на опорах или подвешиваться на подвесках; расстояние между опорами или подвесками определяется проектом линии. Кроме того, трубопроводы должны закрепляться на неподвижных опорах для предотвращения возникновения в трубопроводах температурных деформаций в условиях эксплуатации.

Воспринимаемые опорами нагрузки от веса трубопровода не должны приводить к каким-либо перемещениям или разрушениям фундаментов опор. Количество указанных опор и места их расположения определяются проектом.

Механические опоры и крепления разветвительных устройств на линиях высокого давления должны предотвращать раскачивание труб разветвлений, образование замкнутых магнитных контуров вокруг них, а в местах креплений или касаний опор должны быть предусмотрены изолирующие прокладки.

2.3.127. Высота кабельных колодцев должна быть не менее 1,8 м; высота камер не нормируется. Кабельные колодцы для соединительных, стопорных и полустопорных муфт должны иметь размеры, обеспечивающие монтаж муфт без разрытия.

Береговые колодцы на подводных переходах должны иметь размеры, обеспечивающие размещение резервных кабелей и подпитывающих аппаратов.

В полу колодца должен быть устроен приямок для сбора грунтовых и ливневых вод; должно быть также предусмотрено водоотливное устройство в соответствии с требованиями, приведенными в 2.3.114.

Кабельные колодцы должны быть снабжены металлическими лестницами.

В кабельных колодцах кабели и соединительные муфты должны быть уложены на конструкциях, лотках или перегородках.

2.3.128. Люки кабельных колодцев и туннелей должны иметь диаметр не менее 650 мм и закрываться двойными металлическими крышками, из которых нижняя должна иметь приспособление для закрывания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Крышки должны иметь приспособления для их снятия. Внутри помещений применение второй крышки не требуется.

2.3.129. На соединительных муфтах силовых кабелей напряжением 6-35 кВ в туннелях, кабельных этажах и каналах должны быть установлены специальные защитные кожухи для локализации пожаров и взрывов, которые могут возникнуть при электрических пробоях в муфтах.

2.3.130. Концевые муфты на кабельных маслонаполненных линиях высокого давления должны располагаться в помещениях с положительной температурой воздуха или быть оборудованы автоматическим обогревом при снижении температуры окружающего воздуха ниже +5°C.

2.3.131. При прокладке маслонаполненных кабелей в галереях необходимо предусмотреть отопление галерей в соответствии с техническими условиями на маслонаполненные кабели.

Помещения масло подпитывающих агрегатов линий высокого давления должны иметь естественную вентиляцию. Подземные подпитывающие пункты допускается совмещать с кабельными колодцами; при этом колодцы должны быть оборудованы водоотливными устройствами в соответствии с 2.3.127.

2.3.132. Кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер, должны быть обеспечены естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека должна быть независимой.

Расчет вентиляции кабельных сооружений определяется, исходя из перепада температур между поступающим и удаляемым воздухом не более 10°C. При этом должно быть предотвращено образование мешков горячего воздуха в сужениях туннелей, поворотах, обходах и т. д.

Вентиляционные устройства должны быть оборудованы заслонками (шиберами) для прекращения доступа воздуха в случае возникновения возгорания, а также для предупреждения промерзания туннеля в зимнее время. Исполнение вентиляционных устройств должно обеспечивать возможность применения автоматики прекращения доступа воздуха в сооружения.

При прокладке кабелей внутри помещений должен быть предотвращен перегрев кабелей за счет повышенной температуры окружающего воздуха и влияний технологического оборудования.

Кабельные сооружения, за исключением колодцев для соединительных муфт, каналов, камер и открытых эстакад, должны быть оборудованы электрическим освещением и сетью для питания переносных светильников и инструмента. На тепловых электростанциях сеть для питания инструмента допускается не выполнять.

2.3.133. Прокладка кабелей в коллекторах, технологических галереях и по технологическим эстакадам выполняется в соответствии с требованиями СНиП Госстроя России.

Наименьшие расстояния в свету от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений должны соответствовать приведенным в табл. 2.3.2.

Пересечение кабельных эстакад и галерей с воздушными линиями электропередачи, внутризаводскими железными и автомобильными дорогами,

пожарными проездами, канатными дорогами, воздушными линиями связи и радиофикации и трубопроводами рекомендуется выполнять под углом не менее 30°.

Таблица 2.3.2. Наименьшее расстояние от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
При параллельном следовании, по горизонтали		
Здания и сооружения с глухими стенами	От конструкции эстакады и галереи до стены здания и сооружения	Не нормируется
Здания и сооружения, имеющие стены с проемами	То же	2
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита приближения строений	1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад
Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды	От конструкции эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги	2
Канатная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита подвижного состава	1
Наземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	См. 2.5.114
При пересечении, по вертикали		
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи до головки рельса	5,6
Внутризаводская электрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи:	
	до головки рельса	7,1
	до наивысшего провода или несущего троса контактной сети	3
Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд)	От нижней отметки эстакады и галереи до полотна автомобильной дороги (пожарного проезда)	4,5
Наземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	См. 2.5.113
Воздушная линия связи и радиофикации	То же	1,5

Расположение эстакад и галерей во взрывоопасных зонах - см. гл. 7.3, расположение эстакад и галерей в пожароопасных зонах - см. гл. 7.4.

При параллельном следовании эстакад и галерей с воздушными линиями связи и радиотелефонии наименьшие расстояния между кабелями и проводами линии связи и радиотелефонии определяются на основании расчета влияния кабельных линий на линии связи и радиотелефонии. Провода связи и радиотелефонии могут располагаться под и над эстакадами и галереями.

Наименьшая высота кабельной эстакады и галереи в непроезжей части территории промышленного предприятия должна приниматься из расчета возможности прокладки нижнего ряда кабелей на уровне не менее 2,5 м от планировочной отметки земли.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

2.3.134. При прокладке кабельных линий в производственных помещениях должны быть выполнены следующие требования:

1. Кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные - и для осмотра. Кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов и транспорта, должны быть защищены от повреждений в соответствии с требованиями, приведенными в 2.3.15.

2. Расстояние в свету между кабелями должно соответствовать табл. 2.3.1.

3. Расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями и всякого рода трубопроводами, как правило, должно быть не менее 0,5 м, а между газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями - не менее 1 м. При меньших расстояниях сближения и при пересечениях кабели должны быть защищены от механических повреждений (металлическими трубами, кожухами и т. п.) на всем участке сближения плюс по 0,5 м с каждой его стороны, а в необходимых случаях защищены от перегрева.

Пересечения кабелями проходов должны выполняться на высоте не менее 1,8 м от пола. Параллельная прокладка кабелей над и под маслопроводами и трубопроводами с горючей жидкостью в вертикальной плоскости не допускается.

2.3.135. Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах; заделка в них кабелей наглухо не допускается. Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены может производиться в трубах

или проемах; после прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах запрещается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы.

Открытая прокладка кабеля по лестничным клеткам не допускается.

ПОДВОДНАЯ ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

2.3.136. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т. п. кабели должны прокладываться преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию (пересечение ручьев - см. 2.3.46). При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно должно быть сделано с учетом местных условий. Прокладка кабелей в зонах пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж не рекомендуется.

2.3.137. При прокладке кабельных линий в море должны учитываться данные о глубине, скорости и стиле перемещения воды в месте перехода, господствующих ветрах, профиле и химическом составе дна, химическом составе воды.

2.3.138. Прокладка кабельных линий должна производиться по дну таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы должны быть устранены. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе следует обходить или предусматривать в них траншеи или проходы.

2.3.139. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т. п. кабели, как правило, должны заглубляться в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках, а также на судоходных и сплавных путях; 2 м при пересечении кабельными маслonaполненными линиями. В водоемах, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели заглубляются в дно до отметки, определяемой по согласованию с организациями водного транспорта.

При прокладке кабельных маслonaполненных линий 110-220 кВ на судоходных реках и каналах в целях защиты их от механических повреждений рекомендуется заполнять траншеи мешками с песком с последующей наброской камней.

2.3.140. Расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов и т. п. с шириной водоема до 100 м, рекомендуется принимать не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные кабельные линии должны прокладываться на расстоянии от действующих кабельных линий не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

При прокладке в воде кабелей низкого давления на глубине 5-15 м и при скорости течения, не превышающей 1 м/с, расстояния между отдельными фазами (без специальных креплений фаз между собой) рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а расстояния между крайними кабелями параллельных линий - не менее 5 м.

При подводных прокладках на глубине более 15 м, а также при скоростях течения более 1 м/с расстояния между отдельными фазами и линиями принимаются в соответствии с проектом.

При параллельной прокладке под водой кабельных маслонаполненных линий и линий до 35 кВ расстояние по горизонтали между ними в свету должно быть не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м.

Расстояние по горизонтали от кабелей, заглубляемых в дно рек, каналов и других водоемов, до трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов и т. п.) должно определяться проектом в зависимости от вида дноуглубительных работ, выполняемых при прокладках трубопроводов и кабелей, и быть не менее 50 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 15 м по согласованию с организациями, в ведении которых находятся кабельные линии и трубопроводы.

2.3.141. На берегах без усовершенствованных набережных в месте подводного кабельного перехода должен быть предусмотрен резерв длиной не менее 10 м при речной и 30 м при морской прокладке, который укладывается восьмеркой. На усовершенствованные набережные кабели должны прокладываться в трубах. В месте выхода кабелей должны быть устроены кабельные колодцы. Верхний конец трубы должен входить в береговой колодец, а нижний находиться на глубине не менее 1 м от наименьшего уровня воды. На береговых участках трубы прочно заделаны.

2.3.142. В местах, где русло и берега подвержены размыву, необходимо принять меры против обнажения кабелей при ледоходах и наводнениях путем укрепления берегов (замощение, отбойные дамбы, сваи, шпунты, плиты и т. д.).

2.3.143. Пересечение кабелей между собой под водой запрещается.

2.3.144. Подводные кабельные переходы должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками согласно действующим правилам плавания по внутренним судоходным путям и морским проливам.

2.3.145. При прокладке в воде трех и более кабелей до 35кВ должен быть предусмотрен один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде кабельных маслonaполненных линий из однофазных кабелей должен быть предусмотрен резерв: для одной линии - одна фаза, для двух линий - две фазы, для трех и более - по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ СООРУЖЕНИЯМ

2.3.146. Прокладка кабельных линий по каменным, железобетонным и металлическим мостам должна выполняться под пешеходной частью моста в каналах или в отдельных для каждого кабеля несгораемых трубах; необходимо предусмотреть меры по предотвращению стока ливневых вод по этим трубам.

По металлическим и железобетонным мостам и при подходе к ним кабели рекомендуется прокладывать в асбестоцементных трубах. В местах перехода с конструкций моста в грунт кабели рекомендуется прокладывать также в асбестоцементных трубах. Все подземные кабели при прохождении по мостам должны быть электрически изолированы от металлических частей моста.

2.3.147. Прокладка кабельных линий по деревянным сооружениям (мостам, причалам, пирсам и т. п.) должна выполняться в стальных трубах.

2.3.148. В местах перехода кабелей через температурные швы мостов и с конструкций мостов на устои должны быть приняты меры для предотвращения возникновения в кабелях механических усилий.

2.3.149. Прокладка линий по плотинам, дамбам, пирсам и причалам в земляной траншее допускается при толщине слоя земли не менее 1м.

2.3.150. Прокладка кабельных маслonaполненных линий по мостам не допускается.

Пошаговый анализ объекта эксплуатации – проводов, брони и изоляции кабельной линии электропередач

Морфология - жилы из алюминия с бумажной изоляцией, включая кабельные вставки и выкидки на воздушных линиях.

Процессы - механические усталость (хрупкость, текучесть), а также грунтовые нагрузки (движение грунта).

Выделение тепловой энергии (нагрев). Электрохимическая коррозия изоляции (полиметаллических конструкций).

Электромагнитное излучение.

Вероятные нарушения процессов - изломы материала жил; обрыв фаз; вибрация; перегрузка по условию допустимого нагрева (повышение температуры нагрева); пробой изоляционного промежутка (жила - броня).

Признаки дефектов - отключение кабельной линии электропередач устройствами автоматики и защиты.

Анализ состояния провода.

Ведущие процессы, возмущающие состояние - бумажной изоляции, включая кабельные вставки и выкидки на воздушных линиях электропередач.

Наиболее информативный параметр и динамика его изменения – напряжение пробоя и напряженность электрического поля.

Вероятный прогноз состояния, - короткое замыкание и отключение кабельной линии электропередач устройствами автоматики и защиты.

Выявление вероятных причин нарушения нормального состояния кабельной линии электропередач (экспертное заключение):

- неправильное применение бумажной изоляции, включая кабельные вставки и выкидки на воздушных линиях по природно-климатическим зонам при проектировании;
- некачественная прокладка при монтаже;
- превышение предельных токовых нагрузок при эксплуатации.

Объект _____

Место _____

Дата осмотра «___» _____ 20__ г.

ПРОТОКОЛ № _____

Визуальный осмотр и тепловизионный контроль оборудования
кабельной линии электропередач

№	Контролируемые узлы	Температура узла		Примечание
1	Токоведущие жилы фазы А (алюминий)			
2	Токоведущие жилы фазы В (алюминий)			
3	Токоведущие жилы фазы С (алюминий)			
4	Токоведущие жилы фазы А (медь)			
5	Токоведущие жилы фазы В (медь)			
6	Токоведущие жилы фазы С (медь)			
7	Изоляция фаз А, В, С (бумага)			
8	Изоляция фаз А, В, С (резина)			
9	Изоляция фаз А, В, С (полиэтилен)			
10	Устройство заземления (свинец, сталь)			

Выполнил: старший бригады _____ (_____)

Проверил: ответственный за объект _____ (_____)

ПРОТОКОЛ № _____

Измерение сопротивления изоляции оборудования
кабельной линии электропередач

Заказчик _____ Объект диагностики _____

Район края _____ Дата «__» _____ 20__ г.

Измерения выполнены _____

Измерения проведено мегаомметром типа _____

На напряжение _____ заводской № _____

Ф.И.О. и должность лица выполнявшего работы _____

№	Обозначение	Рабочее напряжение	Сопротивление изоляции кабельной линии электропередач						Примечание
			A-B	A-C	B-C	A-O	B-O	C-O	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Выполнил: старший бригады _____ (_____)

Проверил: ответственный за объект _____ (_____)

ПРОТОКОЛ № _____

Испытание изоляции оборудования кабельной линии
электропередач повышенным напряжением выпрямленного тока

Заказчик _____ Объект диагностики _____

Район края _____ Дата «__» _____ 20__ г.

Диагностика аппаратом для испытания изоляции типа _____

Заводской номер аппарата _____

Ф.И.О. и должность лица выполнявшего работы _____

№	Наименование кабеля	Фаза	Испытательное напряжение		Примечание
			Значение кВ	Длительность мин	
1		А			
2		В			
3		С			
4		А			
5		В			
6		С			

Выполнил: старший бригады _____ (_____)

Проверил: ответственный за объект _____ (_____)

Нормы тепловизионного контроля электроэнергетического
оборудования

№	Диагностируемые узлы	Максимальные значения температуры, °С	
		Критическая	Рабочая
1	Токоведущие (кроме контактов и контактных соединений) и нетоковедущие металлические части: неизолированные и несоприкасающиеся с изоляционными материалами	120	80
	изолированные или соприкасающиеся с изоляционными материалами классов	90	50
	нагревостойкости	100	60
		120	80
	У	130	90
	А	155	115
	Е	180	140
2	В		
	В		
	В		
	В		
	В		
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	50/90	65/50
	с покрытием серебром толщиной не менее 24 мкм	120	80
3	с покрытием оловом, в воздухе / в изоляционном масле		
3	Контакты металлокерамические содержащие вольфрам и молибден в изоляционном масле: на основе меди / серебра	85/90	45/50
4	Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей:		
	без покрытия	90	50
4	с покрытием оловом, серебром или никелем	105	65
5	Болтовые компактные 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
5	с покрытием серебром или никелем, в воздухе / в изоляционном масле	115/100	75/60

6	Предохранители переменного тока напряжением 3кВ и выше: соединения из меди, алюминия и их сплавов в воздухе без покрытий / с покрытием оловом с разъемным контактным соединением на основе пружин с разборным соединением с нажатием болтом или винтом к в том числе выводы предохранителя металлические части, используемые как пружины: из меди из фосфористой бронзы и аналогичных сплавов	115/100 75/95 90/105 75 105	75/60 35/55 50/65 35 65
7	Болтовое соединение токоведущих выводов съёмных вводов в масле/в воздухе	-	85/65
8	Соединения устройств регуляторов под нагрузкой (РПН) трансформаторов из меди (сплавов) и содержащих медь композиций без покрытия серебром при работе на воздухе / в масле: с нажатием болтами или другими элементами, обеспечивающими жесткость соединения с нажатием пружинами, которые очищаются сами в процессе переключения с нажатием пружинами, которые сами не очищаются в процессе переключения	- - -	40/25 35/20 20/10
9	Токоведущие жилы силовых кабелей в режиме нормальном / аварийном при наличии изоляции из: ПВХ пластика и полиэтилена вулканизирующегося полиэтилена резины резины повышенной кислотостойкости пропитанной бумажной изоляцией при вязкой/не вязкой пропитке и номинальном напряжении, кВ: 1 и 3 6 10 20 35	70/80 90/130 65/- 90/- 80/80 65/75 60/- 55/- 50/-	- - - - - - - - -
10	Коллекторы и контактные кольца, незащищенные и защищенные при изоляции классов нагревостойкости: A E B F H	- - - - -	60 70 80 90 100
11	Подшипники скольжения / качения	80/100	-

Цифровой прибор MRU-101 для измерений сопротивления заземляющих устройств

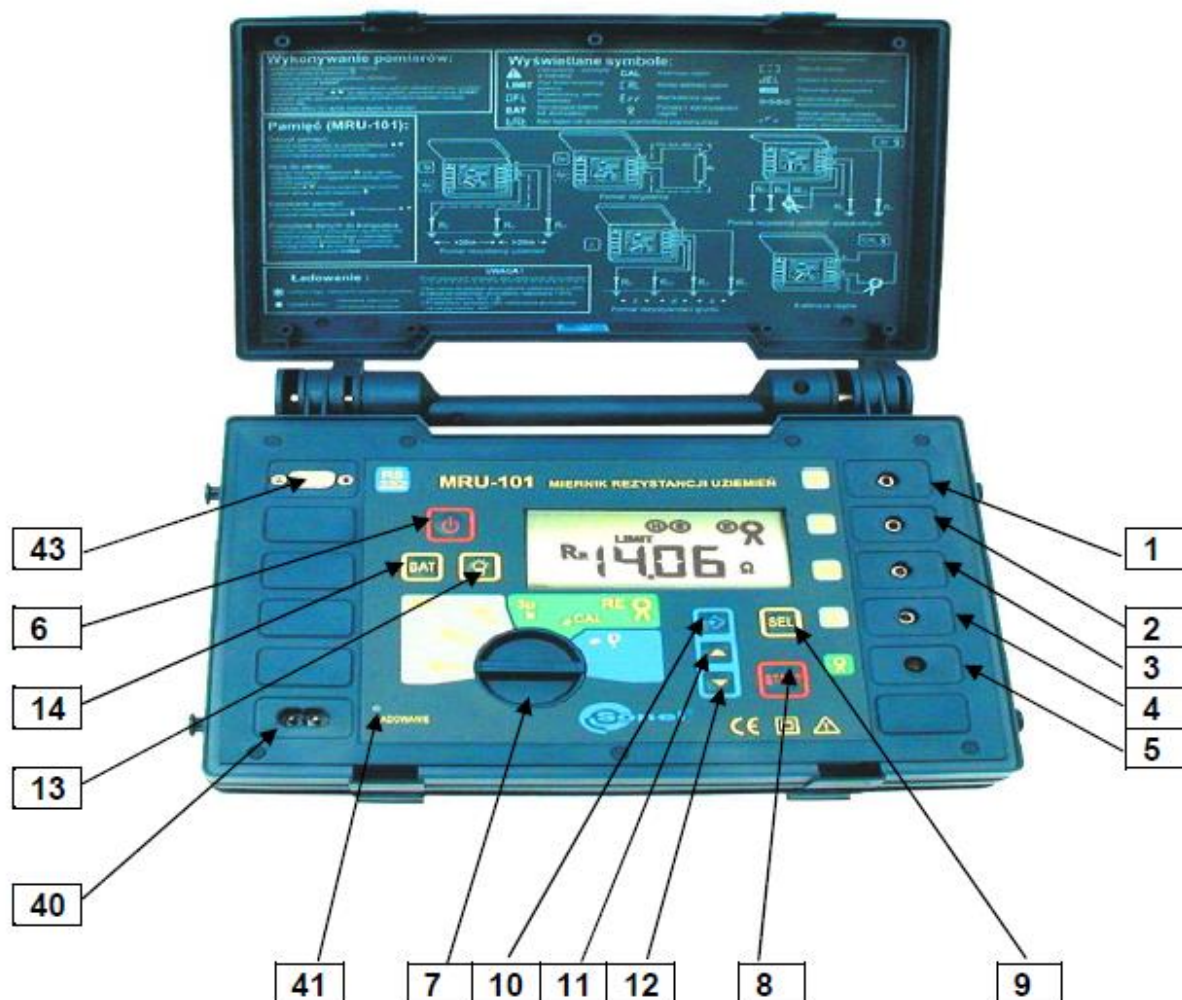


Рисунок 1Г - Передняя панель измерителя MRU-101

Технические характеристики прибора MRU-101:

- измерение сопротивления устройств заземления в трех или четырех полюсной схеме;
- измерение удельного сопротивления грунта с возможностью учета расстояния между электродами (автоматическое вычисление и показ удельного сопротивления в Ом*м);
- измерение сопротивления с использованием двух - или четырех полюсной методики;
- проверка напряжений помех (переменный и постоянный ток) со схемой, блокирующей измерение сопротивления, когда помехи слишком высоки;
- проверка сопротивления измерительных щупов перед измерением, чтобы обеспечить требуемую точность измерения;

- память для 300 измерений с передачей сохраненных данных в компьютер (смартфон);
- легко читаемый жидкокристаллический дисплей со способностью отображения в фоновом режиме и подсвечивания;
- питание от аккумуляторной батареи с подзарядкой или Ni-Cd пакет батарей;
- встроенное зарядное устройство;
- подача сигналов разрядки батареи более допустимого уровня;
- автоматическое выключение питания неактивного прибора (AUTO-OFF);
- герметичное исполнение корпуса прибора.

Гнезда на передней панели

- 1. Измерительное гнездо H.* Для соединения с измерительным щупом, предназначенным для вывода тестового тока, используемого для измерений сопротивления.
- 2. Измерительное гнездо S.* Для соединения дополнительного потенциального щупа и при измерениях удельного сопротивления грунта.
- 3. Измерительное гнездо ES.* Для соединения дополнительного потенциального щупа при измерениях сопротивления устройств заземления и удельного сопротивления грунта по четырех полюсной схеме. Это гнездо также используется при измерениях сопротивления по двух - и четырех полюсной схеме.
- 4. Измерительное гнездо E.* При измерениях сопротивления гнездо соединяется с измерительным щупом для вывода измерительного тока, при измерениях удельного сопротивления грунта - с одним из измерительных щупов.
- 5. Разъем для подключения кабеля измерительных клещей.* Обеспечивает соединение измерительных гнезд при многократном измерении сопротивления устройства заземления без разъединения электродов заземлителя.
- 43. Разъем для подключения порта интерфейса RS-232.* К разъему подключается кабель интерфейса для последовательной передачи данных RS-232.
- 40. Гнездо для подачи питания для зарядного устройства.*
- 6. Клавиша для включения (ON) и выключения (OFF) питания измерителя.*
- 7. Функции поворотного переключателя.* Обеспечивает выбор функций измерения:
- 8. Клавиша START.* Начинает процедуру измерения. При измерении удельного сопротивления грунта начинают с минимального расстояния между измерительными щупами, а второй и последующие старты измерений циклически повторяются.
- 9. Клавиша SEL.* Обеспечивает последующий показ всех величин, привязанных к недавно сделанному измерению.
- 10. Клавиша (запись в память).*
- 11. Клавиша «Увеличение».*
- 12. Клавиша «Уменьшение».*
- 13. Клавиша.* Включает или выключает подсветку дисплея.
- 14. Клавиша BAT.* Обеспечивает отображение состояния элементов питания памяти или зарядки элементов батареи питания памяти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

15. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие/ В.Я. Хорольский, М.А. Таранов - Ставрополь, «АГРУС», 2013, 256с.
16. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов – М.: «Инфра-М», 2013, 288с.
17. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие / М.А. Таранов В.Я., Хорольский – Ростов на Дону: «Терра Принт», 2010, 320с.
18. Эксплуатация электрооборудования: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, В.Н. Таранов; СтГАУ - Ставрополь: АГРУС, 2010. - 240с.
19. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения: учебное пособие / Е. Е. Привалов и др., под ред. Е. Е. Привалова. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2018. – 204 с.
20. Эксплуатация воздушных линий электропередач: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 130 с.
21. Диагностика оборудования воздушных линий электропередач: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 70с.
22. Диагностика электроэнергетического оборудования: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 227 с.
23. Тепловизионная диагностика электроэнергетического оборудования: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015 – 64 с.

Евгений Евграфович Привалов
Алексей Валерьевич Ефанов
Виктор Алексеевич Ярош
Сергей Сергеевич Ястребов
Михаил Анатольевич Афанасьев

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Под редакцией
доцента Е. Е. Привалова

Учебное пособие

Подписано в печать 28.08.2020. Формат 60/84. Бумага офсетная.
Заказ № 078. Усл. печ. листы 13,5. Тираж 100. Цена договорная.

Отпечатано в цеху оперативной полиграфии СНИИЖК.
г. Ставрополь, пер Зоотехнический 15.