

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Общая теория электромеханического преобразования энергии
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка учебно-методических материалов по эксплуатации
кабельных линий»

Студент

П.В. Ерхов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

М.Н. Третьякова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы к.т.н., профессор В.В. Ермаков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Данная магистерская диссертация выполняется с целью повышения качества обучения студентов по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» при помощи разработки учебно-методических материалов по вопросам эксплуатации кабельных линий.

В ходе работы рассматривается процесс монтажа кабельных линий КЛ, описаны подготовительные работы, способы прокладки кабеля, а также недостатки и достоинства каждого из них.

В процессе разработки контента основной упор делается на процесс ремонта и восстановления поврежденных КЛ, это связано с профессиональной деятельностью. Подробно рассматривается процесс монтажа соединительной термоусаживаемой кабельной муфты и рекомендации по качественному выполнению работы, что является основной профессиональной задачей электромонтера-кабельщика. По данному вопросу для студентов также разработано задание для оценки полученных знаний, проверяемое вручную.

В заключительной главе приведены общие сведения об испытаниях КЛ и определении места повреждения кабеля.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	4
1	Анализ требований к учебно-методическим материалам	
1.1	Требования к материалам электронного конспекта лекций	8
1.2	Анализ требований к вопросам для самоконтроля	9
1.3	Анализ требований к оценочным средствам	10
1.4	Выводы	11
2	Монтаж и осмотр кабельных линий	11
2.1	Разработка конспекта лекций по монтажу и осмотру КЛ	13
2.2	Разработка тестов по монтажу и осмотру КЛ	22
2.3	Выводы	23
3	Ремонт кабельных линий	
3.1	Разработка конспекта лекций по ремонту КЛ	24
3.2	Охрана труда и техника безопасности при монтаже кабельных муфт	49
3.3	Разработка задания, проверяемого вручную по ремонту КЛ	51
3.4	Выводы	55
4.	Испытание кабельных линий	
4.1	Разработка конспекта лекций по испытаниям КЛ	56
4.2	Разработка задания, проверяемого вручную по испытаниям КЛ	73
4.3	Выводы	74
	Заключение	76
	Список используемых источников	77

ВВЕДЕНИЕ

В современных образовательных стандартах особое внимание уделяется увеличению доли самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа способствует не только усвоению необходимой информации, но и позволяет активно формировать определенные профессиональные компетенции. Организация самостоятельной работы студента требует специального методического обеспечения.

Потребность в профессионально-направленном методическом обеспечении самостоятельной работы студентов возрастает в связи с развитием форм обучения студентов, реализуемых с помощью дистанционных образовательных технологий (ДОТ).

Развитие дистанционного обучения характеризуется рядом положительных моментов. Оцифровка большинства книжных материалов предполагает общую доступность для обучаемого и преподавателя, а наличие современных средств обмена информацией обеспечивает участников образовательного процесса условиями для более удобного получения образования без отрыва от основного вида деятельности и смены места проживания, в удобное для студента время по индивидуальному расписанию.

Точная формулировка термина «электронное обучение» или, чаще используется, «дистанционное обучение» описано в федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» и звучит она так: «Электронное обучение – организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под дистанционными образовательными технологиями (ДОТ) понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с

применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников» [1].

Самое популярное направление, которое предлагает дистанционную форму обучения – высшее образование. Зачастую эта возможность удовлетворяет потребности уже работающих людей, которые не имеют возможности проходить очное обучение. В настоящее время вузы стремятся увеличить номенклатуру специальностей с применением ДОТ. В последние годы интенсивно развиваются дистанционные формы обучения по техническим специальностям. Тольяттинский государственный университет не является исключением.

Сейчас в нашем вузе проходит стадию становления дистанционная форма обучения по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Для реализации учебного процесса требуется разработка электронных образовательных контентов по всем дисциплинам учебного плана этого направления подготовки.

Потребность в разработке учебно-методических материалов для дисциплины «Эксплуатация систем электроснабжения» определяет **актуальность** темы данной магистерской работы.

Выбор объекта и предмета исследования данной работы связан с профессиональной деятельностью. На основе опыта работы в сфере эксплуатации кабельных линий (КЛ) представляется возможным систематизировать теоретический учебный материал по вопросам эксплуатации и обслуживания кабельных линий (КЛ) и разработать учебные задания для формирования умений, позволяющим дистанционно обучающимся студентам по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», самостоятельно разобраться в вопросах монтажа и обслуживания КЛ.

Объект исследования – эксплуатация кабельных линий.

Предмет исследования – учебно-методические материалы для дистанционных образовательных технологий по эксплуатации кабельных линий.

Разработка учебно-методических материалов по вопросам эксплуатации КЛ осложняется тем, что кабельные линии – довольно обширная тема. При этом, хотя основные понятия и положения описаны в правилах устройства электроустановок (ПУЭ), в тоже время современные технологии и новые разработки не обошли КЛ стороной. Поэтому некоторые вопросы эксплуатации КЛ, описанные в правилах, в настоящее время требуют уточнения. Информация по этим вопросам весьма разрозненная. Необходимые сведения могут быть получены только на основе развернутого анализа литературы.

Учебно-методические материалы для ДОТ должны создаваться с учетом следующих противоречивых требований:

- содержание контента должно соответствовать уровню развития науки и техники;
- содержание контента должно быть адаптировано для самостоятельного освоения обучающимися;
- содержание контента должно быть оригинальным (не менее 75% при проверке в системе «Антиплагиат»);
- контент должен быть выполнен по строго определенной форме.

Выполнение отмеченных требований определяет проблему данной магистерской работы. Это – разработка актуального учебно-методического материала по эксплуатации кабельных линий, соответствующего требованиям к электронному учебному курсу, реализуемому с применением ДОТ.

Цель работы – комплектование контента дисциплины «Эксплуатация систем электроснабжения» для дистанционной формы обучения за счет разработки учебно-методических материалов по эксплуатации кабельных линий.

Новизна работы заключается в создании курса лекций, заданий и разделов электронного конспекта лекций по эксплуатации кабельных линий.

Практической значимостью можно считать возможность использования разработанных в ходе работы методических материалов для подготовки бакалавров направления 13.03.03 «Электроэнергетика и электротехника» в ходе учебного процесса.

1 Анализ требований к учебно-методическим материалам

1.1 Требования к материалам электронного конспекта лекций

Объем электронного конспекта лекций по эксплуатации кабельных линий определяется рабочей программой дисциплины «Эксплуатация систем электроснабжения». Согласно материалам рабочей программы на изучение вопросов, связанных с эксплуатацией кабельных линий отводится 30 часов [2]. Это соответствует примерно одному зет или одной единице трудоемкости учебной работы студентов. В соответствие с требованиями к электронным контентам дисциплин на 1зет должно приходиться примерно 70 страниц конспекта лекций [3].

Содержание конспекта лекций также должно соответствовать разделам, запланированным к изучению рабочей программой. Из анализа рабочей программы следует, что в конспекте лекций должны быть освещены вопросы, связанные с обслуживанием, монтажом, осмотром, ремонтом и испытаниями кабельных линий (КЛ) [2]. Эти аспекты эксплуатации КЛ требуют детального изучения и определяют основные направления исследования данной магистерской работы.

Целесообразно весь разрабатываемый материал разделить на три части. В каждой из 3-х тем изложить вопросы, относящиеся к основным функциональным процессам:

- 1) Монтаж КЛ;
- 2) Осмотр и ремонт КЛ;
- 3) Испытания КЛ.

Кроме того, при разработке электронного конспекта необходимо учесть следующие дополнительные требования:

« - недопустима чрезмерная усложненность и перегруженность учебного материала, при которых овладение этим материалом становится непосильным для обучаемого;

- недопустимо наличие коротких (маленьких) тем, занимающих у обучающегося менее двадцати минут изучения, т.е. менее десяти страниц текста;

- требование научности предполагает достаточную глубину, корректность и научную достоверность содержания учебного материала с учетом последних научных достижений;

- требование проблемности обучения предполагает методическую составляющую электронного учебника, способствующую активизации обучения;

- требование наглядности означает необходимость учета восприятия изучаемых объектов, их макетов или моделей на слайдах;

- требование системности и преемственности предполагает последовательность усвоения студентами определенной системы знаний в изучаемой предметной области» [3].

Реализация отмеченных дополнительных требований определяет необходимость максимально адаптировать сведения из нормативных документов и опыта эксплуатации КЛ, сформировав тем самым доступный для самостоятельного изучения учебный материал.

1.2 Анализ требований к вопросам для самоконтроля

Необходимым элементом учебных материалов являются вопросы для самоконтроля. Вопросы для самоконтроля запускают механизм рефлексии. Удачно подобранные вопросы помогают переосмыслить изучаемый материал и оптимизировать процесс обучения по соответствующей теме [4].

Количество вопросов для самоконтроля на 1зет трудоемкости должно быть не менее 15 штук [3].

Согласно требованиям системы Росдистант вопросы должны быть

«- быть связаны с темой изучаемого материала;

-характеризоваться лаконичностью, четкостью и ясностью формулировки;

- вызывать и активизировать интеллектуальное напряжение, умственное затруднение, в то же время посильное успешному разрешению;

- быть не риторическими;

- способствовать развитию и формированию познавательного творческого интереса, активизировать устойчивую мыслительную деятельность;

- быть интересными;

- быть определенными, конкретными, чтобы на них можно было дать верный и точный ответ» [3].

Поскольку вопросы для самоконтроля должны быть предусмотрены для каждой темы, то в каждом из 3-х разделов конспекта лекций по эксплуатации КЛ, их должно быть пять.

Следует учесть, что вопросы должны быть созданы в специальной программе MyTestEditor.

1.3 Анализ требований к оценочным средствам

При обучении с применением ДОТ контроль знаний студентов осуществляется с помощью трех видов оценочных средств. Это:

- тестовые задания, проверяемые автоматически;

-учебные задания, проверяемые вручную;

- банк тестовых заданий.

Учебные задания, проверяемые вручную, могут быть разных видов. Например, это могут быть различные творческие задачи, научные статьи, анкеты, сочинения и другие подобные формы. Для оценки компетентности обучающихся в сфере эксплуатации кабельных линий на первый взгляд кажутся приемлемыми варианты, связанные с систематизацией информации, касающейся решения проблем в рассматриваемой профессиональной сфере.

Количество таких заданий для учебного материала объемом в 1 зет должно быть равно четырем.

Тестовые задания, проверяемые автоматически, по своей сути являются тестами. Разница состоит только в том, что для выполнения такого теста, обучаемый должен затратить чуть больше времени. Это может связано с тем, что для правильного ответа на вопрос нужно выполнить небольшой расчет, построить график или систематизировать какие-либо сведения. Автоматически проверяемые задания в итоге должны быть составлены в программе MyTestEditor. Количество равно 18 штук на 1зет общего объема учебного материала.

Итоговым оценочным средством, заменяющим традиционный экзамен по изучаемой дисциплине, является банк тестовых заданий (БТЗ). В связи с этим структура БТЗ должна равномерно покрывать все изучаемые вопросы учебного курса. Число заданий по каждому курсу может меняться в зависимости от сложности и объема темы. При этом минимальный объем тестов в БТЗ должен соответствовать требованиям системы Росдистант [3]. Это – 300 тестовых заданий на 1 зет трудоемкости учебного материала. Тесты также набираются в системе MyTestEditor.

Тесты, проверяемые автоматически, являются составной частью общего объема БТЗ.

1.4 Выводы

1) Учебно-методические материалы по эксплуатации КЛ для ДОТ должны состоять из

- электронного конспекта лекций объемом 70 страниц;
- вопросов для самоконтроля в количестве 15 штук;
- 4-х заданий, проверяемых вручную;
- БТЗ из 300 тестов и 18 заданий, проверяемых автоматически, входящих в общий объем тестов.

2) Учебно-методический материал, основанный на сведениях из нормативных документов и опыта эксплуатации КЛ, должен быть максимально адаптирован для самостоятельного обучения студентов с применением ДОТ.

3) Содержание учебно-методического материала должно соответствовать требованиям рабочей программы и основным функциональным видам работ по эксплуатации КЛ, включая их монтаж, осмотр, ремонт и испытания.

4) Поскольку разработку учебно-методических материалов целесообразно систематизировать по указанным выше темам, то **задачи** данной магистерской работы будут состоять в том, чтобы

1. Разработать учебно-методический материал по монтажу и осмотру КЛ.
2. Разработать учебно-методический материал по ремонту КЛ.
3. Разработать учебно-методический материал по испытаниям КЛ.

2 МОНТАЖ И ОСМОТР КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

2.1 Разработка конспекта лекций по монтажу и осмотру КЛ

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) кабельной линией называется линия для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов, 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 [5].

Современная организация сетей электроснабжения требует высокой надежности. Бесперебойность электроснабжения потребителей по кабельным линиям закладывается при их монтаже [6, 7].

Кабельные линии могут состоять из двух типов кабелей, которые различаются назначением. По своему назначению кабели можно разделить на силовые и контрольные.

Посредством силовых кабелей осуществляется подача электрической энергии к силовым и осветительным электроустановкам. Конструкция кабелей зависит от их класса напряжения. В большинстве случаев силовые кабели выполняются 3-х и 4-х жильными.

Контрольные кабели предназначены для специфичных целей. С их помощью передаются сигналы сигнализации, контроля, дистанционного управления и автоматики. Они могут содержать от 4-х до 37 жил сечением от 0,75 до 10мм².

Одним из важных параметров при прокладке кабеля является его допустимый радиус изгиба на поворотах. Это обозначает, что на участках трассы с поворотами, кабель не должен изгибаться больше допустимой нормы, определенной для каждого типа кабеля.

Данная величина определяется отношением радиуса изгиба к наружному диаметра кабеля и не должна превышать следующие значения: «для кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией и алюминиевой оболочкой – не менее 25

диаметров кабеля, со свинцовой оболочкой – не менее 15; бронированный кабель с пластмассовой изоляцией – не менее 10, а без брони – не менее 6 диаметров используемого кабеля» [29].

Таким образом, если бронированный кабель с бумажной изоляцией и свинцовой оболочкой имеет диаметр 60 мм, то радиус его изгиба не должен превышать 0,9 м. В противном случае есть большая вероятность повредить целостность оболочки и порвать бумажную изоляцию кабеля.

Часто для монтажа кабельных линий используются специальные сооружения: траншеи, блоки, опорные конструкции, лотки и т.п. [8]. Однако наиболее простым и широко используемым способом прокладки кабелей является его монтаж в траншеях.

а) Прокладка кабеля в траншее

Этот способ монтажа кабелей в основном применяют на неасфальтированных участках земли, где риск механических повреждений является минимальным.

В перечень работ по монтажу КЛ в траншее входят:

- подготовительные работы,
- раскопка траншеи,
- раскатка и укладка кабеля,
- защита кабеля от механических повреждений,
- засыпка траншеи.

На этапе подготовительных работ осуществляется доставка на трассу барабана с кабелем, необходимое количество песка или просеянной земли, кирпича и стальных или асбестоцементных труб с диаметром не менее 100мм для укладки кабеля под пешеходными дорожками, проезжими дорогами и при пересечении с различными коммуникациями [8].

Для защиты от механических повреждений от острых камней и булыжников, а также для защиты от промерзания в холодное время года, под

кабель укладывается подушка из небольшой насыпи песка высотой около 10 см.

Главным преимуществом укладки КЛ в траншее является его дешевизна по сравнению с другими способами, которые требуют больших финансовых затрат на строительство специальных подземных сооружений для прокладки КЛ. Так же создаются хорошие условия для естественного охлаждения кабелей.

Однако у такой технологии есть и недостатки, одним из которых является отсутствие визуального доступа к линии, из-за чего есть возможность повреждения при земляных работах вблизи КЛ, а также для осмотра и диагностирования кабеля придётся раскапывать траншею.

Глубина траншеи для укладки кабеля составляет примерно 0,7м, в одной траншее укладывается не более 6-ти кабелей напряжением 6-10кВ и не более двух кабелей напряжением 35кВ, ширина траншеи определяется необходимым расстоянием между несколькими параллельными кабелями и удобством проведения работ (рис.3.1).

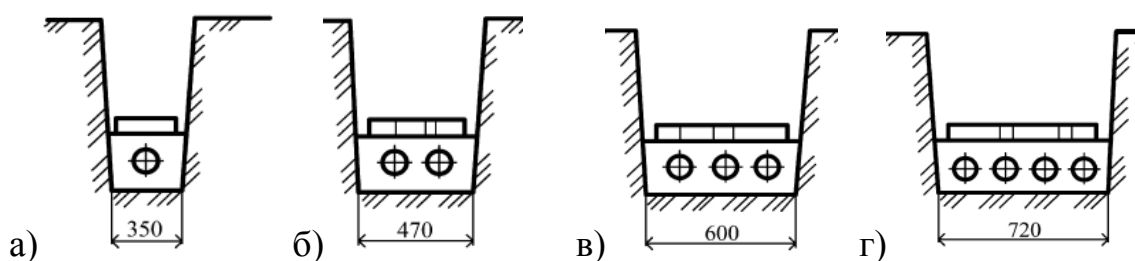


Рисунок 2.1 – Монтаж кабеля в траншее с кирпичной защитой от механических повреждений:

а – для 1-ого кабеля; б – для 2-х кабелей; в – для 3-х кабелей; г – для 4-х кабелей

Уменьшение глубины траншеи до 0,5м возможно при вводе кабеля в здание, но на участке не более 5 метров, и в местах пересечения с подземными сооружениями, при условии прокладки кабеля в асбестоцементных трубах.

Для защиты от механических повреждений и предупреждения на КЛ напряжением выше 1000В на протяжении всей траншеи поверх песчаной посыпки укладывается кирпич или железобетонные плиты.

В местах поворотов КЛ траншею необходимо расширять так, чтобы была возможность уложить кабель с необходимым радиусом изгиба. Так же расширение траншеи требуется в местах расположения кабельных муфт для более удобного монтажа.

Кабель укладывают в траншею волнообразно с той целью, чтобы компенсировать длину линии при осадках грунта и температурных изменениях. Так же запас можно использовать в случае пробоя кабеля, при таком раскладе есть возможность удалить поврежденный кусок кабеля и совершить ремонт с помощью одной соединительной муфты, не используя вставку кабеля, если это возможно.

Там, где кабели соединяются, т.е. там, где будут монтироваться муфты, котлаван расширяют. Создают так-называемые кабельные колодцы.

б) Прокладка кабеля в канальном сооружении

Как уже говорилось, главным недостатком прокладки КЛ в траншею под землей является отсутствие возможности прямого доступа к кабелю без выполнения земельных работ. Объединить достоинства укладки в траншею и блочной техники позволяет монтаж в канальном сооружении.

При такой схеме устройства контура допускается обслуживание кабельных линий без раскопки, то есть сохраняется возможность доступа к линии для выполнения ремонтных и диагностических мероприятий. Сам канал представляет собой в некотором роде короб, стены которого формируются бетонными плитами или кирпичом. Получается замкнутая конструкция, в которой и содержится кабель. Находится контур тоже в земле, но ближе к поверхности, чем в случае с траншейной укладкой. Более того, эта схема применяется на предприятиях непосредственно в помещениях, поэтому верхняя часть короба оказывается буквально на поверхности. Но если монтаж

реализуется за пределами производственных помещений, то исполнители погружают конструкцию в землю. Но и это не значит, что для доступа к коммуникациям потребуется выполнение масштабных земельных работ в виде раскопки. Внутренний же монтаж кабельной линии в канале производится с помощью специальных подвесов и зажимов. В некоторых случаях осуществляется традиционная укладка на дно с применением подложек.

Однако, условия охлаждения для кабелей проложенных в канальном сооружении хуже, чем для кабелей, проложенных в земле, поэтому допустимые токовые нагрузки на них меньше.

в) Прокладка в коллекторах и туннелях

Туннельные сооружения обычно входят в инфраструктуру промышленных и производственных объектов. Это небольшие помещения коридорного типа, в которых прокладываются коммуникации. В плане обеспечения надежности и долговечности данный вариант укладки можно считать наилучшим.

Изначально в ходе проектирования туннелей предусмотрены специальные ниши с полками для интеграции силовых кабелей и линий коммуникации, крепление проводов осуществляется с помощью специальных муфт. Коллекторные помещения в смысле обслуживания еще более технологичны. К характерным особенностям объектов такого рода относится и возможность прокладки большого количества силовых КЛ – обычно, до 20 кабелей. В бронированной защите в данном случае необходимости нет, однако каждая линия снабжается изоляционными обмотками. При этом строительство кабельных линий допускается лишь в тех коллекторах и туннелях, где предусмотрены водосборники и системы ливневой канализации. В зависимости от условий эксплуатации проводки может потребоваться и устройство вентиляционных систем, среди которых установки искусственной и естественной циркуляции [9].

Отдельное внимание стоит обратить на технику раскатки кабеля в туннеле. Применение транспортеров, как и массивных барабанов, в этом случае невозможно. Размотка и укладка кабеля должна осуществляться вручную или при помощи лебедочного механизма. Если обслуживается кабель, имеющий большое сечение жил, или несколько кабелей одновременно, то необходимо использовать роликовые системы как на поворотах кабеля, так и на прямых участках. Это убережет наружный изоляционный слой кабеля от повреждений, задигов и заломов кабеля на поворотах внутри туннеля, и обеспечит простую и плавную протяжку кабеля на прямых участках. К неоспоримым преимуществам такого типа укладки кабеля можно отнести высокую степень защиты линии и прямой доступ для технического обслуживания. Однако такие условия прокладки являются редкостью и закладываются как часть технологической инфраструктуры в проекты промышленных объектов.

г) Подвеска кабелей

Этот вариант предполагает реализацию классической схемы проведения навесного монтажа линий. Данный способ отличается легкостью исполнения, экономической доступностью и возможностью удобного выполнения монтажных и ремонтных операций. Однако далеко не все кабельные коммуникации в принципе могут быть проведены таким методом: в первую очередь это касается случаев, если нужно произвести монтаж кабельной линии, дополняемой толстыми слоями изоляции. Не стоит забывать, что навесная проводка эксплуатируется в открытых условиях с прямым воздействием ультрафиолетовых лучей, высоких и низких температур, осадков и т. д. Соответственно, некоторые виды кабелей требуют обеспечения эффективной изоляции, которая утяжеляет линию, доставляя проблемы в процессе монтажа.

Непосредственно установка осуществляется на опорах и столбах высоковольтных линий. В процессе монтажа выполняется изоляция электрических кабелей в соответствии с маркой провода. В выборе средства защиты специалисты учитывают такие характеристики, как динамическая

стойкость, прочность, морозоустойчивость, способность противостоять и не деформироваться перед кратковременными нагрузками и т. д. Далее, в ходе технического обслуживания с определенными интервалами изоляционная оболочка может заменяться, как, впрочем, и сам кабель.

д) Монтаж кабельных муфт

Протяженность кабельных линий может достигать нескольких десятков километров, но из-за больших габаритов и немалого веса кабельного барабана, производителям кабеля необходимо выпускать его строго определенной длины, в зависимости от сечения и марки кабеля. Т.к. следует не забывать о необходимости транспортировки барабана транспортными средствами. Поэтому при монтаже протяженных кабельных линий электропередач возникает необходимость качественного соединения строительных отрезков кабелей в одну линию и подключение их к вводным устройствам электрооборудования. Для соединения отдельных кабельных участков между собой и подключения кабелей к вводным устройствам электроустановок используются специальные приспособления – кабельные муфты [10].

Кабельные муфты бывают – соединительными и концевыми, подробнее о различиях, особенностях и назначении кабельных муфт говорится в разделе 3.1.

Осмотр трасс кабельных линий

При техническом обслуживании кабельной линии периодически проводится визуальный осмотр всей трассы с целью обнаружения различных дефектов и возможных неисправностей.

Во время таких осмотров необходимо обращать внимание на проведение земляных или строительных работ, посадку деревьев на трассе, устройство свалок, гаражей или других сооружений без согласования с предприятием электросетей. Осмотры должны проводиться не реже, чем 1 раз в 6 месяцев для линий, проложенных открыто и не реже 1-го раза в 3 месяца для линий в земле.

Про проведении такого вида осмотров работникам предприятия необходимо использовать актуальные планы и схемы трасс кабельных линий и

с помощью измерительных приборов, таких как рулетка или дорожный курвиметр, точно определять нахождение кабельной трассы в земле. При этом, если в охранной зоне КЛ проводятся раскопки или посажены деревья, необходимо своевременно доложить об этом вышестоящему руководству для принятия мер по прекращению действий, которые могут нарушить безопасную работу электрооборудования. Охранная зона для трассы КЛ составляет 1м в каждую сторону и 0,6м в сторону зданий и сооружений.

При осмотре трассы проложенной в пересеченной местности вблизи с канавами и кюветами следует обращать внимание на наличие размывов, провалов и обвалов, угрожающих сохранности КЛ. В местах перехода кабеля из земли на стены сооружений или воздушные опоры проверяется наличие защиты кабелей от механических повреждений.

Во время осмотра КЛ проложенной внутри туннеля помимо визуального выявления дефектов на оболочке кабеля следует обратить внимание на температуру воздуха внутри кабельного сооружения, в летнее время она не должна превышать температуру наружного воздуха более, чем на 10 градусов, а также на температуру металлической оболочки кабеля, для выявления повышенной нагрузки по сравнению с расчетной.

На открыто проложенных кабелях визуально определяется наличие коррозии на металлической броне или механических повреждений наружного покрова. Проверяется состояние соединительных муфт и отсутствие следов течи масла или мастики и расстояние между кабелями. На протяжении всей трассы, а именно в начале, в конце и каждые 50м, должны быть указательные бирки, на которых написаны марка и сечение кабеля, напряжение и номер линии или другое условное обозначение. Такие же бирки должны устанавливаться рядом с соединительными муфтами, где должен быть указан номер муфты и дата монтажа.

Осмотр концевых заделок производится с обоих концов кабеля, и в трансформаторной подстанции и в электрощитовой потребителя. Во время

данного осмотра также проверяется отсутствие течи масла к концевой муфте и состояние изоляции кабеля. В местах соединения наконечников кабеля с электроаппаратами потребителя не должно быть следов нагрева, которые могут появиться ввиду плохого контакта, таких как чернота или оплавленная изоляция жил кабеля [11, 12].

Выявленные дефекты и неисправности КЛ записываются в лист обхода и в зависимости от их характера устраняются в порядке текущего обслуживания. Если данный дефект несет аварийный характер, он должен быть исправлен незамедлительно по согласованию с вышестоящим руководством.

В обязанности электротехнического персонала по эксплуатации КЛ также входит наблюдение за выполняемыми земляными работами вблизи или непосредственно на трассе КЛ. Здесь необходимо следить за соблюдением правил земляных работ вблизи КЛ: работы землеройными машинами не ближе 1 м от кабеля, работа отбойными молотками не должны производиться на глубину более 0,4 м, применение ударных механизмов не ближе 5 м от КЛ, т.к. возможны сотрясения и просадки грунта из-за которых последует вытяжка кабеля и разрыв свинцовой или алюминиевой оболочки в шейке соединительной муфты [13].

Во время надзора за прокладкой и монтажом КЛ подрядчиками проверяется состояние кабеля на протяжении всей трассы, а также качество монтажа соединительных и концевых муфт.

Вопросы для самоконтроля по монтажу и осмотру кабельных линий

В вопросах для самоконтроля отразим наиболее важные аспекты монтажа кабельных линий:

1. Какие сооружения применяются для прокладки кабелей?
2. Какой способ прокладки КЛ является самым дешевым?
3. Какие преимущества дает монтаж кабелей в каналах?
4. Для чего нужны кабельные муфты?

5. С какой периодичностью необходимо производить осмотры трасс КЛ проложенных в земле?

Предлагаемые вопросы заведем в программу MyTestEditor, дополнив их вариантами ответов (рис.2.2) Такая форма вопросов аналогична тестовым заданиям. Отличие в том, что эти вопросы будут задаваться студенту в обязательном порядке, а из блока БТЗ – выборочно и в хаотичной последовательности.

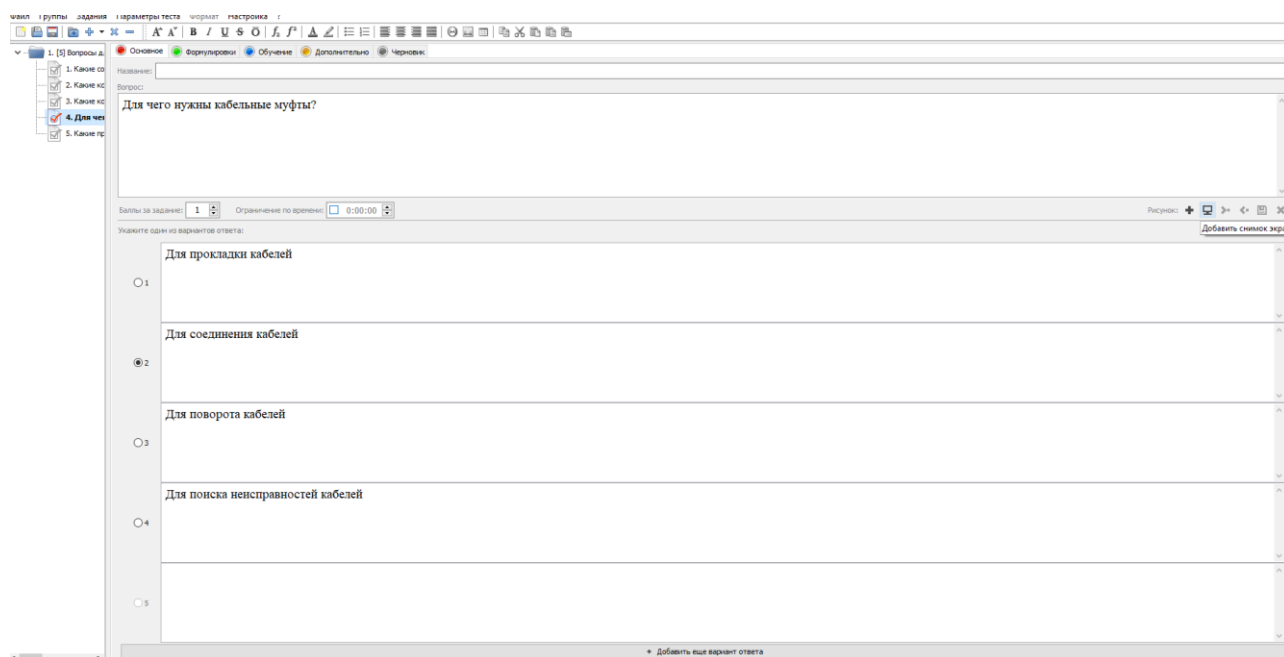


Рисунок 2.2 - Примерный вид вопросов для самоконтроля в программе MyTestEditor

2.2 Разработка тестов по монтажу и осмотру КЛ

1	Осмотры трасс кабельных линий проложенных в земле напряжением до 35 кВ должны проводиться не реже ☐ 1 раза в 2 года ☐ 1 раза в 9 месяцев ☐ 1 раза в 6 месяцев ☒ 1 раза в 3 месяца
2	Наиболее дешевый способ передачи электроэнергии с помощью кабельных линий ☐ размещение кабелей в туннеле ☒ размещение кабелей в траншеях ☐ прокладки в коллекторах

	☐ прокладки на эстакадах
3	Из приведенного ряда напряжений (кВ): 10; 20; 35; 50 нестандартным является: ☐ 10 ☐ 20 ☐ 35 ☒ 50
4	Из чего выполняют жилы кабелей? ☒ из медной проволоки ☒ из алюминиевой проволоки ☐ из стальной проволоки ☐ все перечисленное
5	Какими выполняют кабели по типу жил? ☐ одножильными ☐ трехжильными ☐ четырехжильными ☒ все перечисленное
6	При прокладке над кабелями сигнально-предупредительной ленты в траншеях, лента должна находиться на глубине от планировочной отметки ☐ 500 мм ☐ 200 мм ☐ 600 мм ☒ 400 мм

2.3 Выводы

Вопросам монтажа кабельных линий отводится примерно 20% конспекта лекций по эксплуатации кабельных линий.

3 РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

3.1 Разработка конспекта лекций по ремонту КЛ

Первым шагом к ремонту поврежденного кабеля перед его разрезанием является **дистанционный прокол кабеля (ДПК)**. Повреждения имеют довольно разный характер, они могут быть явными с большими повреждениями внешней изоляции кабеля вплоть до расплавления жил (рис. 3.1), или наоборот совсем не явными, с очень маленьким повреждением наружного слоя изоляции или вовсе без видимого повреждения (рис. 3.2). Итак, если в предполагаемом месте повреждения отсутствует видимый явный дефект, следует уточнить место повреждения совместно с электротехнической лабораторией, которая и указала на предполагаемое место [14]. Затем с помощью этой же лаборатории проверяется отсутствие напряжения на кабеле, однако у этого метода может возникнуть погрешность и неточность, поэтому обязательно применение ДПК, т.к. это самый надежный механический способ проверки отсутствия напряжения на КЛ [15].



Рисунок 3.1



Рисунок 3.2

Имеют место быть и такие ситуации, когда необходимость в дистанционном проколе отпадает. Например, это может быть тотальное разрушение оболочки кабеля или его жил, вплоть до обрыва кабеля, когда возможно точно определить поврежденный кабель после визуального осмотра. Либо если имеется подробный план КЛ с разметкой, с помощью которого без не точных замеров возможно определить поврежденный кабель или отсутствуют другие кабели, кроме поврежденного.

ДПК исключает риск поражения ремонтного персонала электрических током и помогает идентифицировать ремонтируемый кабель без напряжения перед разрезкой путем сквозного прокола кабеля по диаметру и закорачивания всех жил между собой и на землю. Заземлители погружаются в почву не менее, чем на 0,5 м и с помощью специальных хомутов присоединяются к кабелю.

Принцип действия устройства дистанционного прокола кабеля УДПК (рис. 3.3) основан на использовании энергии расширяющихся пороховых газов, с помощью которых кабель прокалывается за один раз. В качестве источников энергии применяются промышленные монтажные патроны. Устройство приводится в действие дистанционно с помощью шнура.

Для осуществления данного мероприятия привлекаются два работника: один дает допуск и производит наблюдение за работами, второй является непосредственным исполнителем. Оба должны пользоваться индивидуальными средствами защиты, такими как диэлектрические перчатки, спецодежда, каска с защитным экраном. Управление УДПК производится дистанционно с помощью шнура, исполнитель и допускающий должны находиться сверху траншеи на максимально возможном расстоянии до кабеля [16-18].

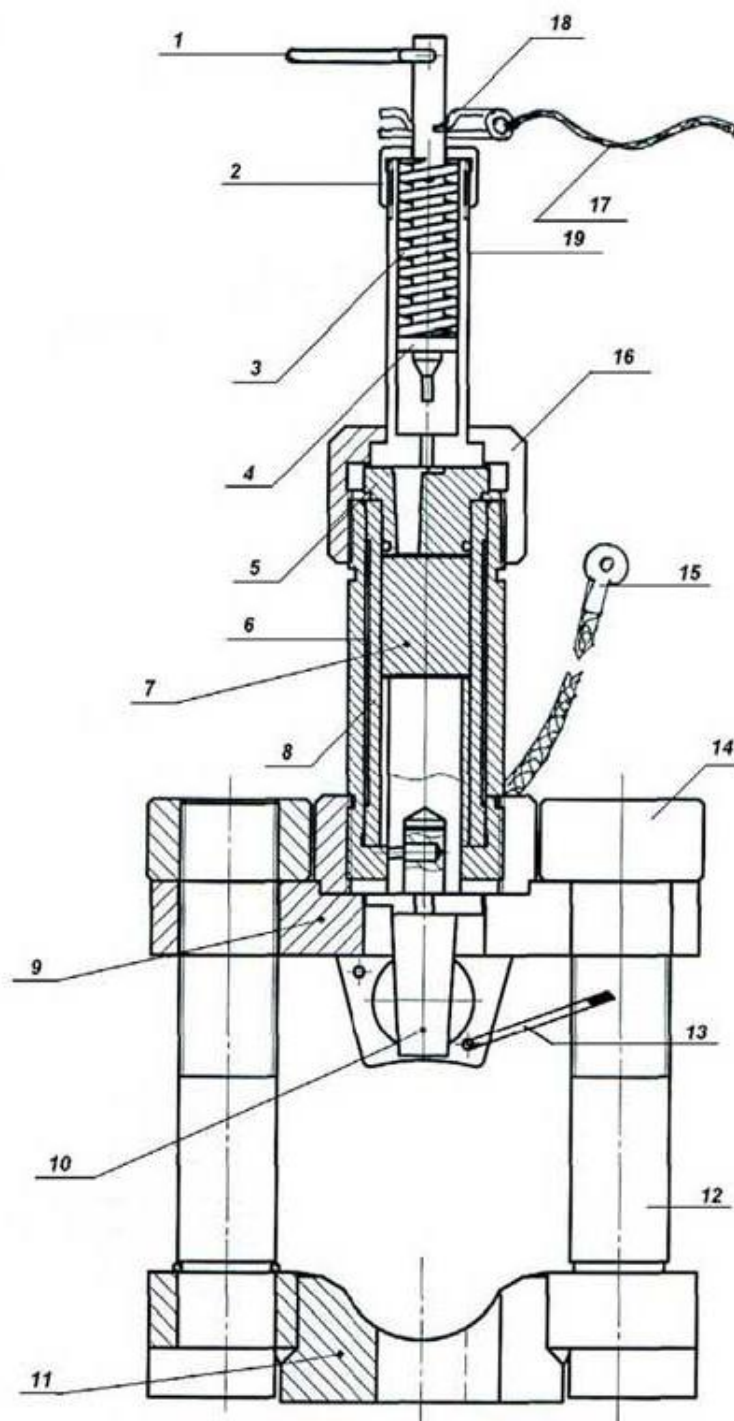


Рисунок 3.3 – Устройство дистанционного прокола кабеля

1-кольцо взводное, 2-крышка, 3-пружина, 4-боек, 5-патронник, 6-направляющая, 7-ударник, 8-гильза, 9-основа, 10-наконечник, 11-хомут, 12-болт, 13-рычаг, 14-гайка, 15-провод заземления, 16-затвор, 17-шнур, 18-чека, 19-корпус

Ниже рассмотрены правила работы и технология подготовки при работе с устройством дистанционного прокола кабеля.

1. Перед началом работы рядом с траншеей должны находиться только люди причастные к процессу – это допускающий и исполнитель. Все другие люди должны быть удалены от рабочего места, а само рабочее место должно быть огорожено, чтобы исключить возможность внезапного появления посторонних лиц.
2. Устройство необходимо проверить на исправность путем визуального осмотра. На основании корпуса не должно быть трещин, на болтах не должно быть забоин и других дефектов резьбы, которые могут помешать правильной сборке устройства. Рычаг 13 должен свободно качаться и возвращаться в исходное положение.
3. Необходимо проверить плавность хода ударника 7, необходимый выход бойка 4 за зеркало затвора должен составлять 1,5-2 мм и проверить пружину 3 на упругость.
4. Основа 9 должна быть заземлена с помощью медного гибкого провода 15, провод необходимо закрепить на контур заземления, предварительно обеспечив хороший контакт, путем зачистки места контакта до блеска, либо заземление производится с помощью штыря из комплекта, путем вкапывания его в землю на глубину 0,5 м.
5. Отворачиваются гайки 14 и, используя средства индивидуальной защиты, а именно диэлектрические перчатки, хомут 11 заводится под кабель и с помощью гаек 14 к нему крепко притягивается основа 9 устройства.
6. Шнур 17 необходимо положить в безопасное место, чтобы чека 18 находилась рядом со стволом 19.
7. Оттянув за взводное 1 кольцо боек 4, вставляется чека 18 в отверстие бойка, после чего чека застегивается.

8. Затем патрон вставляется в патронник 5, предварительно отвернув затвор 16.
9. Затвор 16 наворачивается на направляющую 6. Требуется проконтролировать процесс закручивания, затвор 16 должен быть до конца закручен на направляющей 6, а корпус должен плотно прижиматься к патроннику 5. После этих процедур устройство ДПК готово к проколу т.к. ударно-спусковой механизм взведен.
10. Повторно проверяется состояние и правильность укладки шнура 17. Важно убедиться в отсутствии различных помех. Если нарушений не замечено, следует аккуратно расстегнуть чеку.
11. Без промедлений, и не касаясь шнура, следует отойти на заранее определенное место на максимальном расстоянии от траншеи, к концу шнура.
12. После того, как вы убедились, что все условия техники безопасности соблюдены, нужно резко дернуть за шнур. Выстрел! В этот момент образующиеся пороховые газы разгоняют ударник 7 с пробойником 10, которые, в свою очередь и прокалывают кабель.
13. Для того, чтобы убедиться, что напряжение в испытуемом кабеле отсутствует, необходимо потянуть за шнур таким образом, чтобы устройство покачивалось на кабеле.
14. Важно! Подходить к устройству можно только спустя 3 минуты, после выдергивания чеки.
15. После производства выстрела следует подойти к траншее на такое расстояние, чтобы отчетливо был виден рычаг 13, по его положению определите качество прокола. Если рычаг остался на месте, значит выстрел прошел неполноценно. В этом случае следует провести повторный прокол кабеля резервным устройством УДПК

- 16.Поддевая отверткой буртик наконечника 10 его нужно вытащить из отверстия в кабеле.
- 17.После чего гайки 14 с болтом 12 отворачиваются и устройство снимается с кабеля.
- 18.Стреляные гильзы выбиваются с помощью извлекателя, предварительно отвернув затвор 16 и вынув патронник 5 из направляющей 6.

Монтаж соединительных и концевых муфт

Кабельная муфта является важным элементом линий электроснабжения, качество монтажа этих самых муфт определяет надежность и долговечность кабельной линии и должно обеспечивать бесперебойную работу линии на весь срок эксплуатации. По своему назначению и конструктивно различают несколько видов кабельных муфт: соединительные, ответвительные, переходные, стопорные и концевые.

Переходные муфты используются для соединения двух различных по типу исполнения кабелей при такой необходимости, Ответвительные, что понятно из названия, для ответвления новой линии от действующей электросети. Стопорные муфты используются на масляных кабелей для корректировки давления масла на протяженных трассах и при ее резких перепадах высоты. Основными же и чаще используемыми являются соединительная и концевая муфты [19].

Концевая муфта или кабельная концевая заделка применяется для присоединения кабеля к электроаппаратам внутренней установки потребителя энергии. Соединительная же муфта используется для соединения кабеля при его большой протяженности во время монтажа или при ремонте повреждений кабеля. Чаще всего во время ремонта поврежденной КЛ вырезается поврежденный участок кабеля и при помощи двух соединительных муфт монтируется вставка кабеля длиной не менее 6 м. На участке кабеля протяженностью 1 км число соединительных муфт не должно превышать 5 шт.

Однако следует помнить, что меньшее число муфт на участке КЛ обеспечивает более стабильную и надёжную ее работу.

Главной задачей любого типа муфт является создание стабильного соединения с обеспечением достаточной влагостойкости, прочности и герметичности с помощью чего обеспечиваются необходимые электроизолирующие свойства данных муфт.

В настоящее время применяется технология термоусаживаемых муфт. Они не уступают в надежности и долговечности, при соблюдении технологии монтажа, своим предшественникам – свинцовым и эпоксидным муфтам, а время монтажа и стоимость термоусаживаемых муфт заметно ниже, чем у более старых технологий. Отличительной особенностью термоусаживаемых муфт является их долговечность, они не нуждаются в замене как минимум, на протяжении 30-летнего срока эксплуатации. Также им свойственна более удобная технология монтажа и возможность подачи электроэнергии непосредственно по окончании их монтажа на КЛ.

Прежде всего при соединении или оконцевании кабелей необходимо произвести ступенчатую разделку заводской изоляции кабеля с обоих концов. Ступенчатая разделка кабеля заключается в последовательном удалении джутового покрова, брони, бумажной подушки под броней, общей поясной изоляции и изоляции каждой жилы. Подробные размеры разделки зависят от марки кабеля, напряжения и сечения жил и чаще всего подробно описаны в инструкции, прилагаемой к монтажной муфте или в других справочниках. Также для проверки наличия влаги в кабеле снимаются отдельные куски поясной и жилой бумаги, если она присутствует, и опускают в парафин, разогретый до 140-150 градусов. Если влага в бумажной изоляции присутствует, будут слышны характерные потрескивания и выделения пены.

Кабельную арматуру на основе термоусаживаемых материалов предлагает ряд российских производителей. В зависимости от завода-изготовителя может варьироваться последовательность некоторых действий во

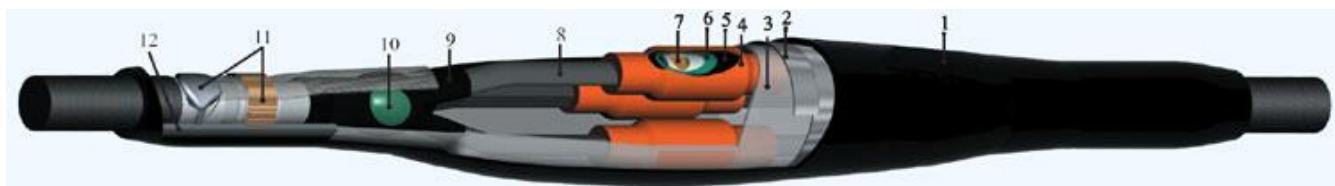
время монтажа и ряд используемых при работе материалов и инструментов, однако суть и назначение используемых муфт остается неизменной – обеспечение стабильного контакта и качественная герметизация соединения. На монтаж одной термоусаживаемой муфты бригадой из двух электромонтеров затрачиваемое на работу время сокращается в два раза, по сравнению с муфтами свинцового типа. Также вдвое сокращается расход горючих материалов, используемых при монтаже и не требуются дополнительные затраты на варку массы и пропитку рулонов.

Монтаж такого рода муфт представляет собой сборку отдельных термоусаживаемых элементов, которые с легкостью одеваются на разделанный кабель, а после нагрева с помощью паяльной лампы плотно усаживаются на кабель. С помощью специального клея, нанесенного на обратной стороне термоусаживаемых трубок (ТУТ), обеспечивается достаточная герметизация кабеля от влаги и прочих факторов, исключая появление воздушных пузырей при соблюдении требований технологии монтажа [20, 21]. Помимо высоких изоляционных свойств и герметичности термоусаживаемые муфты обладают особой механической прочностью и стойкостью к различным воздействиям окружающей среды [22].

Благодаря широкому диапазону термоусаживаемости возможно использование одного типоразмера муфты для нескольких видов кабелей. На практике можно увидеть, что для кабелей, например, с площадью сечения жил 150мм, 185мм и 240мм возможно использование муфты типа СТП-10-150/240.

Санкт-Петербургский завод кабельной арматуры «ЭРГ» является научно-производственным предприятием, а также одним из лидеров на российском рынке кабельной арматуры. В промышленных масштабах производят современные соединительные и концевые муфты марок Стп и КВтп (КНтп) для силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением 1 и 10кВ. Самым трудоемким и долгим считается монтаж соединительной муфты Стп-10 (С – соединительная, т – термоусаживаемая муфта, п – для кабелей с

пропитанной бумажной изоляцией, 10 – до 10 кВ) ввиду большого количества материалов, используемых при монтаже. Отличительной особенностью соединительной муфты «ЭРГ» являются болтовые соединители, с помощью которых жилы сращиваются между собой и с наконечниками, выполнены в виде болтов со срывной головкой и наличием специальной пружины и терки в комплекте заземление, что исключает необходимость пайки заземляющего проводника к оболочке кабеля и упрощает технология монтажа. Общий вид и



комплектацию соединительной муфты Стп-10 можно увидеть на рисунке 3.4.

Рисунок 3.4 – Соединительная термоусаживаемая муфта Стп-10

1 - кожух термоусаживаемый наружный, 2 - лента экранная, 3 - кожух термоусаживаемый внутренний, 4 - манжета изолирующая, 5 - манжета подкладная, 6 - пластина-регулятор, 7 - соединитель болтовой, 8 - жильная трубка, 9 - перчатка высоковольтная, 10 - лента-регулятор, 11 - комплект заземления, 12 - лента-герметик

Для выполнения правильного монтажа муфты с технической точки зрения необходимо соблюдать ряд правил:

- При использовании паяльной лампы ее пламя должно быть отрегулировано таким образом, чтобы получить мягкое пламя с языком желтого цвета
- Пламя следует перемещать от середины муфты к концам, равномерно прогревая поверхность усаживаемых трубок со всех сторон по длине и окружности

- Направлять пламя в сторону усадки для предварительного прогрева используемого материала
- Усаженные трубки должны плотно прилегать к поверхности кабеля и не иметь морщин и складок
- При монтаже необходимо соблюдать требования, изложенные в технической документации для используемой муфты
- Подключение кабеля следует производить после окончательного остывания муфты до температуры окружающей среды

Ниже представлен порядок монтажа муфты.

1. На один из концов соединяемых кабелей надевается наружный шланг и внутренний кожух, внутренние детали используемых материалов защищаются от попадания на них грязи полиэтиленовой пленкой. С обоих концов кабеля снимается наружный покров и стальная броня. Оболочка кабеля очищается и обслуживается в местах крепления заземляющего проводника.
2. С конца кабеля снимается оболочка и поясная изоляция (рис. 3.5). Для более ровного обрыва бумажной изоляции используется бандаж из хлопчатобумажной нити.

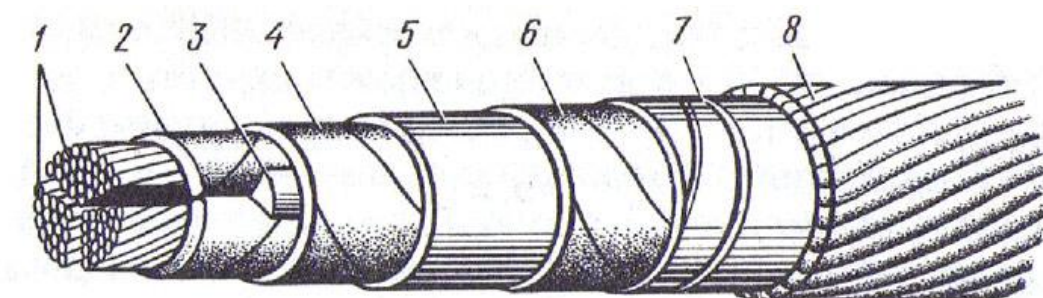


Рисунок 3.5 – Силовой трехжильный кабель

1 - токопроводящие жилы; 2 - изоляция жил; 3 - заполнители; 4 - поясная изоляция; 5 - оболочка; 6 - защитный покров оболочки (подушка); 7 - броня из стальных лент; 8 - наружный защитный покров

3.Затем необходимо развести жилы и удалить остатки набивочной бумаги.

Концы жил фиксируются временным биндажом из поливинилхлоридной ленты и на них надевается термоусаживаемые фазные трубки до самого упора в «корешок» разделки. Эти трубки начинают усаживать от «корешка» разделки по направлению к концу жил. С помощью этих маслостойких трубок восстанавливается изоляция жил.

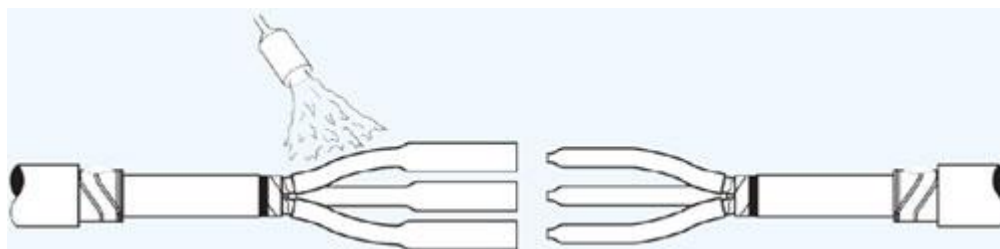


Рисунок 3.6 – Усаживание жильных трубок

4.До металлического блеска зачищается и обезжиривается оболочка, после чего с помощью биндажа из хлопчатобумажной нити на расстоянии 5 мм от края среза оболочки снимается слой полупроводниковой бумаги. Для выравнивания напряженности электрического поля используется лента-регулятор, ее небольшой отрезок 8-10 см необходимо свернуть в форму конуса и тщательно затолкнуть в «корешок» разделки. После чего жилы кабеля сводятся и лента-регулятор наматывается на «корешок» разделки по направлению от оболочки к концу жил с заходом на оболочку 10 мм и на оболочку около 50 мм.

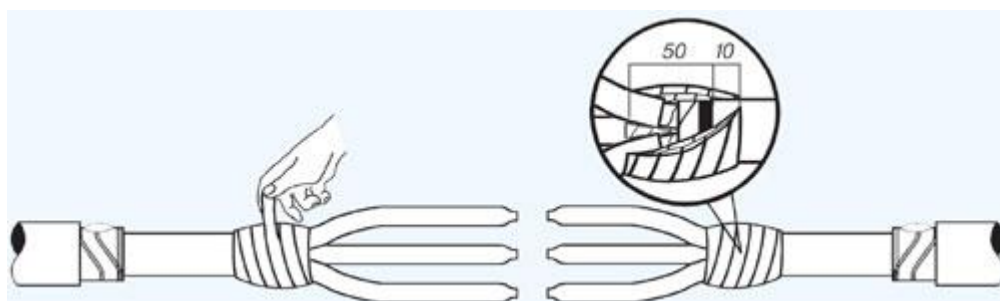
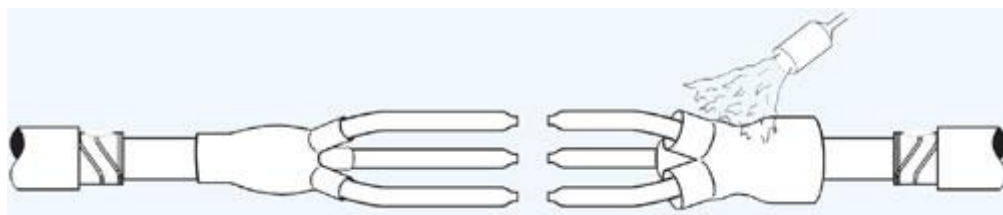


Рисунок 3.7 – Наматывание ленты-регулятора

5.Слегка подогрев беглым пламене обмотку и ленту регулятор на корешок кабеля до самого упора одевается перчатка. Осаживание перчатки

следует начинать с середины сначала в сторону оболочки, затем каждую жилу в сторону их концов.



Рисунок

3.8 – Усаживание перчатки

6.С концов жил удаляется фазная изоляция на длину, равную глубине гильзы до перегородки. Важно перед соединением жил кабеля не забыть одеть на них изолирующие манжеты и продвинуть их к корешку кабеля, впоследствии эти манжеты будут усаживаться на соединительные гильзы. Жилы вставляются в отверстия гильз до упора и прижимаются болтами. Зачастую жилы кабеля с бумажной пропитанной изоляцией имеют секторную форму и необходимо проверить, свободно ли на них надевается используемая гильза, если возникают трудности, жилу необходимо скруглить при помощи специальных матриц для скругления. Закручивать болты необходимо до срыва их головок сначала наружные, а затем внутренние. При необходимости выступающие углы болтов нужно сточить с помощью напильника. После завершения данной процедуры болтовые соединители и фазную изоляцию на расстоянии 50 мм необходимо обезжирить.

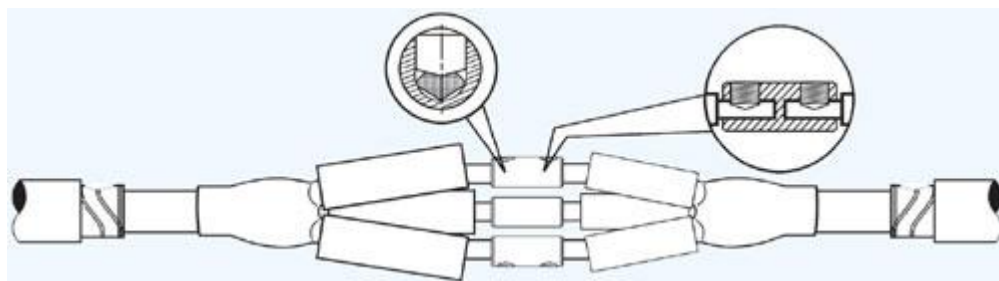


Рисунок 3.9 – Соединение жил болтовыми соединителями

7. На гильзу так же накладывается пластина-регулятор для выравнивания электрического поля. Располагается она симметрично относительно

гильзы таким образом, чтобы нахлест пластины был на месте сорванных болтов. Во время наматывания пластину не нужно вытягивать, обжимая руками. Затем надвигаются изолирующие манжеты, также образом, симметрично относительно гильзы.

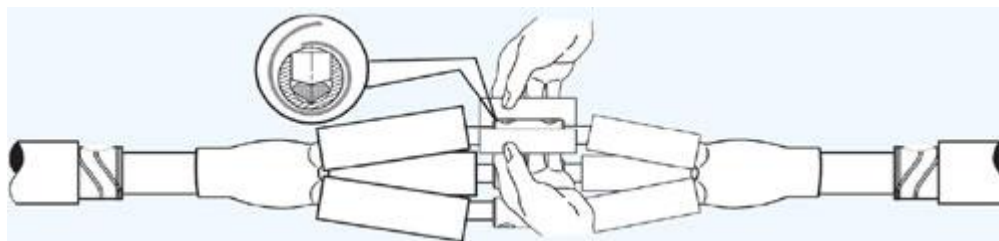


Рисунок 3.10 – Обмотка болтовых соединений

8. Изолирующие манжеты обеспечивают электроизоляцию и герметизацию соединений от попадания влаги. Усадка манжет следует начинать от центра, одновременно прогревая все три так, чтобы четко виднелся контур соединительных гильз, затем усаживаются концы манжет.

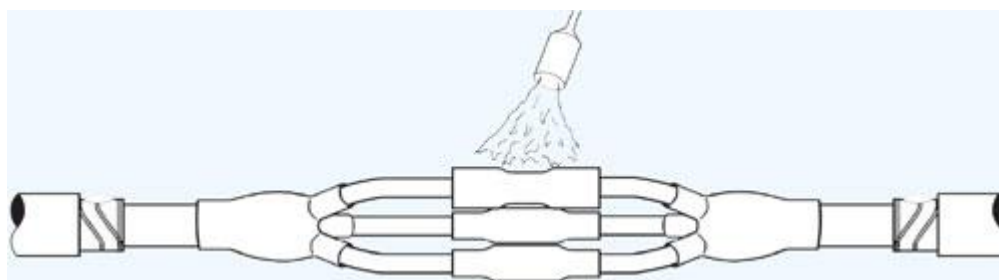


Рисунок 3.11 – Усаживание изолирующих манжет

9. Для обеспечения дополнительной электроизоляции и симметричной укладки гильз используется межжильная распорка. После ее установки жилы максимально сводятся друг к другу при помощи бандажей из отрезков стеклоткани.

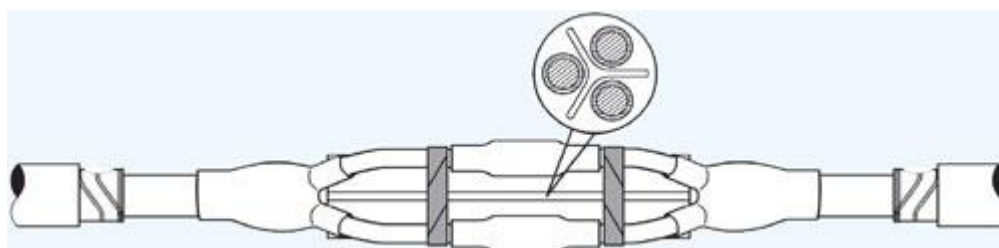


Рисунок 3.12 – Установка распорки между жилами и стяжка жил бандажами из стеклотенты

10. Герметичность межфазного пространства обеспечивается с помощью специального наполнителя, утапливая его между жил и между пальцами перчаток, придавая ему гладкую конусную форму по всей длине муфты.

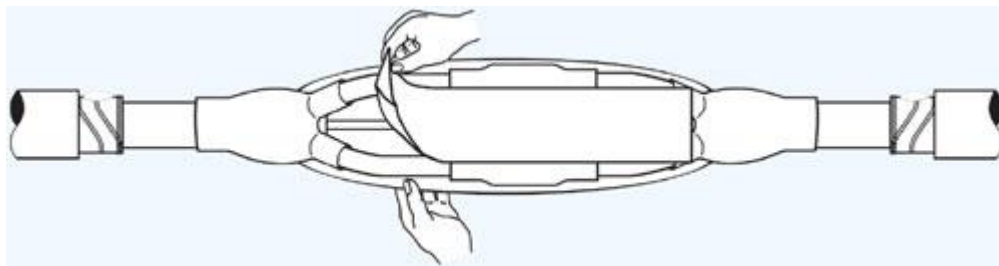


Рисунок 3.13 – Монтаж заполнителей пустот

11. Поверх межфазного наполнителя наматывается термоспекаемая лента. Она обеспечивает сглаживание неровностей и придание формы межфазному наполнителю. Данная процедура выполняется с натягом ленты и 30% перекрытием, конец термоспекаемой ленты следует зафиксировать при помощи клейкой поливинилхлоридной ленты. Затем легким касательным пламенем пленка нагревается, что позволяет ей стянуться и плотно зафиксироваться на муфте.

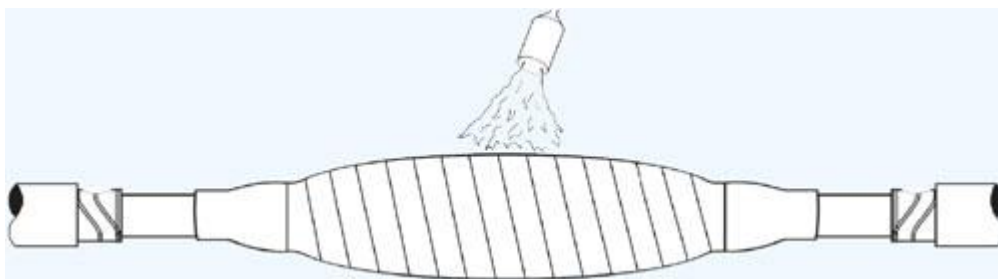


Рисунок 3.14 – Намотка и усаживание термоспекаемой ленты

12. Оболочку кабеля необходимо повторно обезжирить. Внутренний кожух аккуратно натягивается на муфты, чтобы не оставить задиров и не повредить термоспекаемую ленту. Труба устанавливается на середине муфты и усаживается, начиная прогрев от центра, последовательно в обе стороны по 100 мм.



Рисунок 3.15 – Усаживание внутреннего термоусаживаемого кожуха

13. Поверх внутреннего кожуха плотно наматывается лента из алюминиевой фольги с 30% перекрытием и заходом на оболочку соединяемых кабелей на 10мм. Алюминиевая фольга необходима для восстановления экранной оболочки кабеля. После намотки алюминиевую ленту обязательно нужно тщательно разгладить до полного прилегания к муфте. Не допускается оставлять острые выступающие углы и неровности во избежание повреждения наружного термоусаживаемого кожуха.

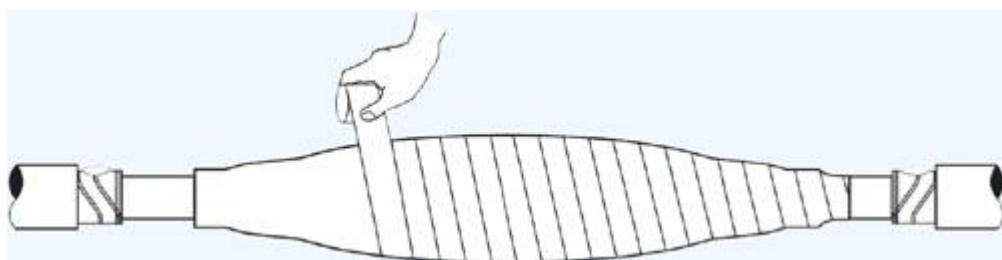


Рисунок 3.16 – Намотка экранной алюминиевой фольги

14. Медный тросик заземления будет присоединяться к оболочке кабелей при помощи непаяного комплекта заземления, который включает в себя контактную пластину-терку для лучшего контакта соединения и роликовую пружину для обеспечения прочного соединения провода-перемычки к оболочкам кабеля. Затем на места соединения троса заземления с заходом на наружную оболочку кабеля наматывается лента-герметик – гидрофобный материал для защиты от попадания влаги в муфту.

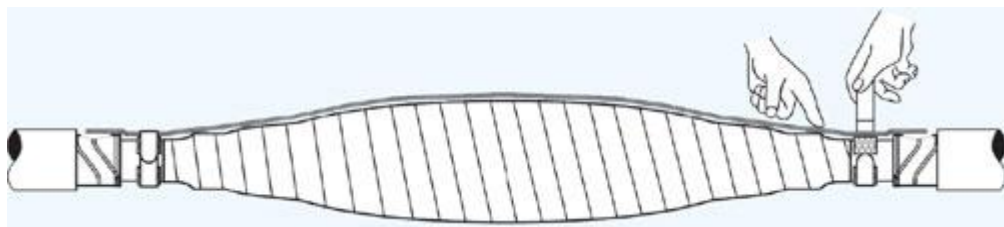


Рисунок 3.17 – Присоединение провода-перемычки к оболочке

15. Завершающим этапом монтажа соединительной муфты является установка наружного термоусаживаемого кожуха. Он надвигается на середину муфты, симметрично относительно краев герметика и усаживается точно так же как и внутренняя труба, начиная от центра последовательно в стороны.



Рисунок 3.18 – Усаживание наружного термоусаживаемого кожуха

Теперь, когда студент понимает, что из себя представляет кабельная термоусаживаемая муфта, ему будет проще усвоить и запомнить некоторые правила и нюансы, связанные с процессом монтажа.

Каждый раз перед началом монтажа следует ознакомиться с инструкцией, прилагаемой к термоусаживаемой муфте вместе с паспортом изделия. Связанно это с тем, что завод-изготовитель может вносить изменения в технологию монтажа или усовершенствовать/изменить некоторые комплектующие.

Также следует проверить в комплекте муфты наличие всех деталей согласно комплектовочному перечню, убедиться в соответствии комплекта сечению, типу и рабочему напряжению монтируемого кабеля. Если муфта хранилась на холодном складе при отрицательных температурах, до начала монтажа ее следует отогреть при комнатной температуре не менее двух часов.

Прибыв на рабочее место и приготовив все необходимые приспособления, инструменты и заранее проверив работоспособность паяльной лампы, нужно произвести проверку бумажной изоляции на содержание влаги. Согласно технологическим требованиям данная процедура проводится при помощи разогретого до 150 градусов парафина в емкости, отрезок бумаги опускается в емкость с парафином. При содержании влаги в бумаге будет слышен треск и заметно вспенивание жидкости, использование такого кабеля категорически запрещено. Если во время проверки бумажной изоляции выявляется наличие влаги, следует отрезать кусок кабеля длиной 1 метр и провести повторную проверку на свежем срезе.

Рабочее место на котором будет производиться монтаж следует оборудовать должным образом, чтобы исключить возможность попадания грязи и посторонних частиц на разделанный кабель. Для процесса снятия масляных и битумных остатков и пятен с оболочки и бронеленты кабеля, требуется заранее приготовить на рабочем месте растворитель и ветошь. При возникновении трудностей при снятии битумного состава и сульфатной бумаги допускается нагревать их беглым пламенем паяльной лампы. Горючие материалы следует хранить на рабочем месте так, чтобы при работе с паяльной лампой не создать пожароопасную ситуацию.

Заводы-изготовители кабельной арматуры в своих рекомендациях четко запрещают монтаж термоусаживаемых муфт при отрицательной температуре, большой влажности или осадках в виде дождя и снега. И это легко объясняется риском попадания влаги в изоляцию кабеля или образованием конденсата на металлических элементах. Однако, ослабевшие места изоляции кабеля не всегда будут ждать теплой погоды, поэтому нередко можно наблюдать монтаж соединительных и концевых муфт в холодное время года. Ничего страшного в этом нет, главное заранее перед началом монтажа отогреть комплект муфты при комнатной температуре. От дождя и снега может спасти заранее

приготовленная и установленная на месте монтажа палатка или брезентовая пленка.

Также очень важным правилом, вне зависимости от погодных условий, считается, что работы по монтажу термоусаживаемых муфт от момента разрезания кабеля до момента финального процесса герметизации кабельной муфты следует производить за один раз, без длительных перерывов. Этот момент определяет качество и долговечность монтируемой муфты. Объясняется это тем, что процесс монтажа требует соблюдения тщательной чистоты, во избежание попадания частиц пыли, грязи и влаги в муфту. Все элементы комплекта муфты, а также весь без исключения инструмент необходимо содержать чистыми и сухими. Помимо этого, перед проведением каждой технологической операции поверхность, на которую усаживается трубка или подматывается герметик, должна быть очищена от пыли, жировых пятен, нагара и т.п.

Все элементы муфты после усадки не должны иметь различного рода складок, воздушных пустот и других дефектов. Особое внимание следует уделить на заполнение пустот в «корешке» кабеля, на края соединительных гильз и края внешнего усаженного кожуха, в месте крепежа тросика заземления к оболочке и броне кабеля. Не допускаются никакие вздутия и воздушные полости, все должны быть заполнены соответствующими герметиками. После усадки некоторых элементов можно заметить выступ клеевого слоя наружу из-под трубки, это не является браком, а наоборот свидетельствует о качественной герметизации.

Все металлические поверхности кабеля, такие как бронелента и оболочка, должны быть зачищены до металлического блеска при помощи напильника или наждачной ленты и обезжирены.

Герметики и герметики-заполнители необходимо немного вытягивать во время намотки, тогда они образуют плотный герметичный слой и заполнят вре

воздушные пустот в момент последующего нагревания. В соответствии с инструкцией, упаковочную бумагу необходимо полностью удалить с герметика перед использованием. При условии монтажа при низких температурах следует предварительно слегка нагреть герметики перед использованием.

Ключевым моментом монтажа кабельной муфты является крепёж соединительных гильз и наконечников, качество соединения определяет надёжность монтируемой муфты в целом. Поэтому следует убедиться, что размер выбранной гильзы или наконечника соответствует сечению жил кабеля. В случае если, например, соединительная гильза из комплекта муфты Стп-10/150-240 не одевается или с трудом одевается на секторную жилу кабеля, то жилу необходимо скруглить специальным инструментом, что обеспечит удобство монтажа и возможность правильной установки гильз или наконечников. Так же как и другие элементы муфты соединительные гильзы и наконечники должны быть очищены от грязи и обезжирены.

Возможно нанесение специальных антикоррозийных токопроводящих паст на контактные поверхности, что может значительно улучшить контакт соединения и обеспечить его долговременную надёжность.

В момент закручивания болтов соединительных гильз или наконечников со срывной головкой, следует прочно зафиксировать элементы при помощи газового ключа или специального удерживающего устройства. Это предохранит жилы кабеля от деформации и вытягивания в момент срыва головок.

Одним из основных инструментов в процессе монтажа термоусаживаемой кабельной муфты является паяльная лампа. Поэтому нужно постоянно следить за ее состоянием и вовремя обслуживать, что обеспечит ее бесперебойную и качественную работу. Пламя паяльной лампы следует отрегулировать так, чтобы оно было мягким и язык пламени был желтого цвета. Не допускается использование лампы с остроконечным клиновидным синим пламенем.

Следует соблюдать рекомендации по огневым работам и технологии усадки, изложенные в прилагаемой к муфте инструкции. Оптимальная температура усадки термоусаживаемых элементов 110-130 градусов. Плавными и равномерными движениями следует сначала усаживать изделия по окружности, а затем продолжать термоусадку вдоль. Пламя нужно удерживать по направления усадки элемента для предварительного прогрева, равномерно перемещая пламя по окружности.

В зависимости от толщины, состава и предназначения термоусаживаемых трубок, время усадки изделий может варьироваться и некоторые элементы требуют более тщательного прогрева. Однако, важным моментом является не перегреть термоусаживаемый элемент, о чем может свидетельствовать появление цветных голограмм на поверхности трубки или в крайнем случае повреждение в виде расхождения термоусаживаемого элемента. По правилам, изложенным в рекомендациях инструкции, термоусадку следует начинать от центра изделия к ее концам. Использование термоусаживаемых трубок с видимыми дефектами в виде заломов, глубоких царапин или другими явными замечаниями не допускается.

В итоге, усаженный элемент должен иметь гладкую форму без каких-либо дефектов, вздутий и складок, должны быть заметны контуры тех элементов, на которые усаживалась трубка. Допустимо выделение излишков клея на концах трубок.

Металлические поверхности следует предварительно слегка прогреть перед усадкой на них элементов для более качественной термоусадки. Перед усадкой трубок и перчаток на любую металлическую поверхность (броня, оболочка, места пайки, гильзы и наконечники) необходимо удалить острые кромки, выступы и заусенцы, если такие имеются, с помощью напильника или наждачной бумаги, после очистить и обезжирить поверхность, как говорилось ранее.

В процессе монтажа муфты или отдельные ее термоусаживаемые элементы запрещается двигать и подвергать каким-либо механическим воздействиям до момента их полного остывания.

В настоящее время наблюдается увеличение доли использования кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) в электроснабжении, ввиду их надежности и применения современных технологий. Срок службы таких кабелей гораздо больше, чем у кабелей с бумажной пропитанной изоляцией. Также СПЭ-кабели считаются более экологичными, ввиду сокращения числа их повреждаемости благодаря более прочной современной изоляции [17].

Поэтому будет актуально рассмотреть особенности монтажа муфт на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Во время подготовки к монтажу муфты на такой кабель необходимо знать тип металлического экрана, т.к. стандартный комплект большинства муфт рассчитан на кабель с проволочным медным экраном и возможна необходимость в использовании специального инструмента, дополнительных аксессуаров и дополнительных схем разделки, рекомендуемых заводом-изготовителем данных муфт.

Не допускается обламывание отдельных проволочек экрана, что может привести к уменьшению сечения заземляющего проводника, поэтому следует уделить особое внимание целостности медного проволочного экрана при разделке кабеля.

Использование привычного инструмента электромонтера-кабельщика, такого как ножи, лезвия и напильника, может привести к повреждению изоляции и преждевременному выходу муфты из строя. Поэтому следует использовать специально предназначенный профессиональный инструмент для снятия оболочки кабеля, полупроводящего экрана и экструдированного полупроводящего экрана в высоковольтных кабелях с изоляцией из сшитого

полиэтилена. Линия среза полупроводящего экрана должна быть ровной, без выступающих краев и заусенцев. После снятия этих элементов не должно оставаться порезов, порезов, остатков полупроводящего слоя или маркировочных рисок. При необходимости, если она присутствуют, нужно зашлифовать их при помощи специальной наждачной бумаги на основе оксида алюминия (без примесей железосодержащих минералов)

Во время очистки поверхности изоляции с помощью салфетки, смоченной обезжиривающим составом, следует соблюдать направление движений в направлении от конца кабеля к срезу полупроводящего экрана. Таким образом любые остаточные микрочастицы полупроводящего экрана переносятся с изоляции на край среза экрана.

При монтаже муфт такого типа рекомендуется использовать непаяную систему заземления с использованием роликовой пружины.

Кабели с пластмассовой изоляцией не так прихотливы в процессе монтажа, как кабели с бумажной-пропитанной изоляцией, и могут быть классифицированы по различным классам гибкости, а их изоляция может быть выполнена из поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката или полиэтилена. Также эти кабели могут быть экранированными и бронированными.

Для восстановления внешней оболочки кабеля применяется светостойкий ПВХ пластикат, устойчивый к солнечному ультрафиолетовому излучению. Обязательно нужно использовать термоусаживаемые жилные трубки при снятии наружной оболочки с кабеля с пластмассовой изоляцией в процессе монтажа, особенно при эксплуатации на открытом воздухе. Возможно, понадобится использование специального инструмента для снятия изоляции с круглых жил и для снятия оболочки.

В кабелях с пластмассовой изоляцией могут применяться как круглые, так и секторные жилы. Если на кабель с секторным строением жил требуется

применить гильзы или наконечники под опрессовку, то необходимо скруглить секторные жилы при помощи специальных матриц для скругления. Во время монтажа соединительной или концевой муфты на бронированный кабель с пластмассовой изоляцией рекомендуется применять непаяный комплект заземления с использованием пружин роликового типа.

В процессе монтажа муфт различные факторы могут повлиять на качество выполненной работы. Для уменьшения вероятности повтора частых ошибок ниже рассмотрены типичные ошибки при монтаже концевых муфт.

При подключении концевой муфты внутренней установки к щитовому устройстве следует обратить внимание на расстояния «фаза-фаза» и «фаза-земля». До разделки кабеля и начала процесса монтажа муфты необходимо уточнить размеры щитового устройства и при необходимости укоротить жилы до нужного размера, на сколько это позволяет инструкция. Если щитовая конструкция имеет клеммные выходы с расстояниями между фазами меньше, чем определено стандартом, при подключении обязательно использование изолирующих адаптеров.

Для муфт наружной установки требуется использование наконечников только закрытой цельной конструкции. Применение наконечников с контрольным окном в течении срока эксплуатации может привести к появлению коррозии соединения, что ухудшит качество контакта и приведет к неудовлетворительной работе муфты в целом. При помощи концевой манжеты с внутренней клеевой основой следует герметизировать полость между наконечником и изоляцией жилы при уличном исполнении концевой муфты.

Так же как и при использовании соединительных муфт, при монтаже концевых разделок следует исключить вероятность возникновения воздушных пустот внутри термоусаживаемых элементов, для предотвращения ионизации воздуха, которая может привести к выходу оборудования из строя. Все пространство в области разделки под термоусаживаемой перчаткой должно

быть плотно заполнено герметиком. Качественную герметизацию концевой муфты обеспечивают термоусаживаемые элементы с нанесением внутреннего клеевого покрытия, а выступающий из-под перчатки или трубок клей свидетельствует о хорошей герметизации.

При наружной установке концевой муфты обязательно следует устанавливать жильные изоляторы «зонтиками» вверх. Таким образом, во время дождей и других осадков, стекающие капли воды оставляют поверхность под зонтиками сухой. При разведении и установке жил необходимо следить, чтобы жильные изоляторы не касались друг с другом.

Ниже рассмотрены типичные ошибки при монтаже соединительных муфт.

Зачастую монтаж соединительных муфт приходится проводить в полевых условиях и при этом требуется тщательная подготовка рабочего места. Ведь, как мы уже знаем, попадание грязи и других посторонних частиц крайне противопоказано при монтаже. Во время монтажа, при сдвигании наружного кожуха на один конец кабеля, обязательно нужно использовать полиэтиленовый пакет из комплекта муфты для защиты внутренней части кожуха от загрязнений.

Перед усадкой толстостенных термоусаживаемых манжет с клеевым подслоем поверх соединительных гильз, манжеты необходимо предварительно прогревать со всех сторон и усаживаться по кругу. Возможно, что в условиях ограниченного пространства не будет возможности равномерного прогрева манжет со всех сторон, в таком случае следует использовать изогнутую металлическую пластину в качестве рефлектора. Медленный и равномерный прогрев манжет по кругу обеспечит ее равномерную толщину во время усадки и правильного распределения клеевого подслоя по всему радиусу.

Следует помнить обязательное условие соответствия размера соединительной гильзы сечению и типу жилы. Если при необходимости жилы

кабеля были скруглены или выступающие части после срыва болтов были подточены напильником, обязательно следует всю металлическую стружку и опилки аккуратно удалить с поверхности жильной изоляции.

Как уже говорилось ранее, герметичность кабельной муфты является одним из важнейших факторов, отвечающих за ее долговечность. Поэтому с особым вниманием следует выполнять работы с тремя основными контурами герметичности:

1. Заполнение герметиками межфазного пространства;
2. Наличие внутреннего термоусаживаемого кожуха;
3. Наличие внешнего термоусаживаемого кожуха.

Перед усадкой внешнего кожуха при необходимости возможно использование рекомендуемых дополнительных подмоток герметика по краям. Выступающий клей по краям кожуха здесь так же свидетельствует о хорошей герметизации стыков. Перед тем, как укладывать муфту в траншею, нужно внимательно осмотреть наружный кожух на предмет порезов или повреждений, если они присутствуют, необходимо использовать дополнительную ремонтную манжету с внутренним клеевым слоем поверх поврежденного наружного кожуха.

При монтаже соединительных кабельных муфт следует исключить вероятность возникновения воздушных пустот внутри термоусаживаемых элементов, для предотвращения ионизации воздуха, которая может привести к выходу муфты из строя. Все пространство в области «корешка» под термоусаживаемой перчаткой должно быть плотно заполнено предназначенным для этого герметиком. Качественную герметизацию муфты обеспечивают термоусаживаемые элементы с нанесением внутреннего клеевого покрытия, а выступающий из-под перчатки или кожухов клей свидетельствует о хорошей герметизации.

3.2 Охрана труда и техника безопасности при монтаже кабельных муфт

Огневые работы с применением паяльной лампы при монтаже кабельных термоусаживаемых муфт представляют собой наибольшую опасность. Нельзя наливать или выливать или использовать бензин в другом назначении рядом с горячей или неостывшей лампой, а так же вблизи огня. Работающую или неостывшую лампу запрещается разбирать для осмотра или ремонта, а также спускать давление воздуха. Разжигать лампу нужно бензином, налитым в чашечку под горелкой, но не подачей бензина через горелку и не нужно чрезмерно накачивать лампу воздухом.

Большое значение для охраны труда имеет правильная подготовка рабочего места электромонтера-кабельщика, которому необходимо находиться в земляном котловане, где он будет работать с огнем и бензином, соприкасаться со свинцом и другими небезопасными материалами. При работе с паяльной лампой электромонтеру-кабельщику следует не забывать о риске получения сильных ожогов лампой или другими неостывшими элементами монтажа.

Размеры котлована в земле для монтажа кабельных муфт должны обеспечивать наиболее удобное для монтажа место и благоприятные для работы условия. При необходимости нужно предпринять меры по укреплению супучих стенок котлована досками. Если в связи с неблагоприятными погодными условиями есть необходимость установки палатки над котлованом, нужно убедиться, что она прочно укреплена.

По соображениям безопасности и улучшения качества работы разделка кабеля в темном помещении и при недостаточной видимости без применения искусственного освещения запрещается. При монтаже муфт на кабельных линиях в ночное время необходимо использовать переносные фонари и лампы напряжением не более 12 В [23].

При производстве ремонтных работ на действующих кабельных линиях должны выполняться общие меры безопасности. Перед разрезанием кабеля или

вскрытием муфт нужно точно убедиться в том, что работа будет проводиться на нужном кабеле, удостовериться в отсутствии на нем напряжения и в том, что выполнены технические мероприятия, необходимые для допуска к работе.

При работе в туннеле или коллекторе необходимо определить кабель, подлежащий ремонту, прослеживанием, сверкой фактической раскладки с чертежами и схемами, проверкой по биркам.

Если работы проводятся в земле, так же необходимо сверить расположение кабелей в траншее с чертежами прокладки. Для этого необходимо выполнить контрольный шурф, т.е. траншею поперек пучка кабелей, это позволит увидеть все кабели. Даже при наличии на кабеле следов гари или других повреждений, нужно убедиться правильности определения подлежащего ремонту кабеля при помощи кабелеискательного аппарата [24].

Перед разрезанием кабеля или вскрытием муфты необходимо убедиться в отсутствии на нем напряжения одним из следующих способов:

- Дистанционный прокол кабеля
- Указатель напряжения (в случае, если открыты все токоведущие жилы)

В таких местах, где способ прокладки и длина линии позволяет определить подлежащий ремонту кабель при помощи схем, чертежей или бирок, допускается не выполнять ДПК по усмотрению выдающего наряд. В таком случае резать кабель необходимо заземленным инструментом в диэлектрических перчатках, предохранительных очках, стоя на изолирующем основании. Разрезание кабеля после дистанционного прокола допускается выполнять без дополнительных мер безопасности [23, 24].

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом производится ремонт КЛ?
2. Какова охранная зона для трассы КЛ?
3. Кто выполняет дистанционный прокол кабеля?
4. Как составляется маркировка муфт? Назовите типы муфт.
5. Укажите порядок монтажа соединительной кабельной муфты.

3.3 Разработка задания, проверяемого вручную по ремонту КЛ

Основной задачей электромонтера-кабельщика является качественный и быстрый ремонт вышедшей из строя КЛ. Чаще всего, эта задача решается с помощью монтажа соединительных муфт. Из этого следует, что рабочие должны четко знать последовательность действий и правильность их выполнения во время монтажа муфты.

Наилучшим вариантом было бы практическое знакомство студента с процессом разделки кабеля и монтажа муфты, однако это довольно сложная задача. Во-первых, это довольно длительный процесс и время его выполнения займет несколько учебных часов, что невозможно, если студент обучается дистанционно. И во-вторых, отрезки кабеля труднодоступны и имеет немалую стоимость, как и необходимый инструмент, который понадобится для монтажа.

Поэтому, возможность встретиться лично с процессом монтажа кабельных муфт студент может получить только на рабочем месте, если выберет данный вид деятельности. Однако, обучающийся должен иметь представление о процессе разделки кабеля и монтаже кабельной арматуры. Поэтому задания, проверяемые вручную, к теме курса «Осмотр и ремонт КЛ» должны быть связаны непосредственно с вопросами ремонта кабеля, а именно монтажа соединительной муфты.

Разработанное задание справедливо разделить на два этапа, а именно: «Строение силового кабеля» и «Монтаж соединительной термоусаживаемой муфты».

Процессу монтажа муфты в обязательном порядке предшествует процесс разделки кабеля. Размеры разделки могут варьироваться и зависят от рекомендаций завода-изготовителя кабельной арматуры. Однако квалифицированный электромонтер-кабельщик должен четко знать строение кабеля и его изоляции, это обеспечит быстрое выполнение работы без запинок и осознание точной последовательности действий в процессе разделки кабеля перед началом монтажа термоусаживаемой муфты. Поэтому целью первой

работы «Строение силового кабеля» является изучение строения силового кабеля.

Данная работа разделена на два несложных задания, выполнение которых не составит труда для студента изучившего курс лекций по данной теме. В первом задании необходимо расшифровать две марки кабеля, которые чаще всего можно встретить в эксплуатации электрических сетей.

Вторая работа «Монтаж соединительной термоусаживаемой муфты» более трудоемкая. Здесь студенту так же потребуется вспомнить курс лекций, в котором подробно описан порядок монтажа и правильность действий при работе. В таблице 2 с рисунками, на которых схематически изображен порядок действий при монтаже соединительной термоусаживаемой муфты необходимо заполнить столбец «Выполняемые действия». Т.е. дать описание каждому изображенному действию на рисунке. Это поможет студенту закрепить знания, полученные в ходе изучения лекций, а именно запомнить последовательность работ и усвоить некоторые термины и названия элементов при монтаже соединительной термоусаживаемой кабельной муфты, что и является целью данной работы.

Задание 1. Устройство силового кабеля

1. Расшифруйте маркировку кабеля:

АВБбШв-1/3х95+1х50 –

АСБ-10/3х150 –

2. По рисунку 3.19 необходимо определить элементы конструкции силового кабеля и записать в по порядку в таблицу 1.

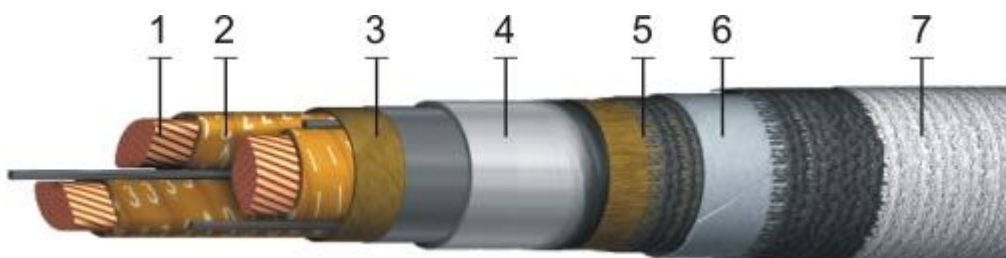


Рисунок 3.19 – Конструкция кабеля с БПИ-изоляцией.

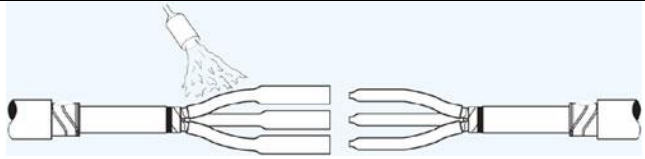
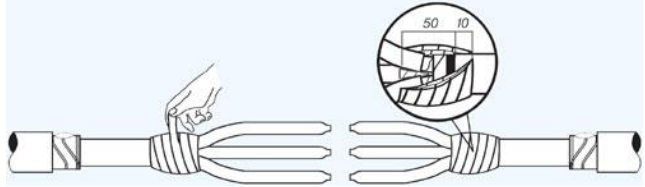
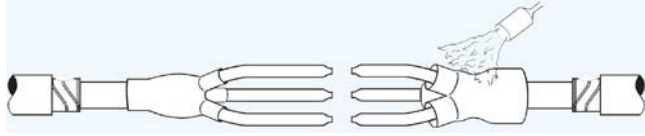
Таблица 1

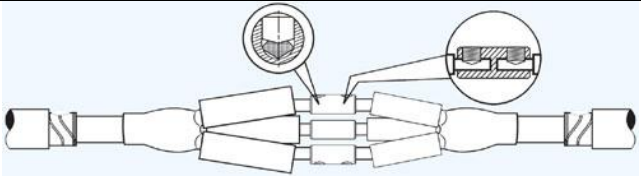
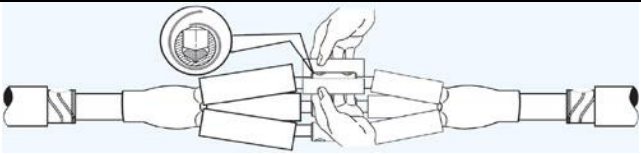
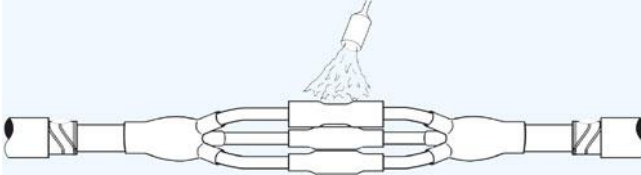
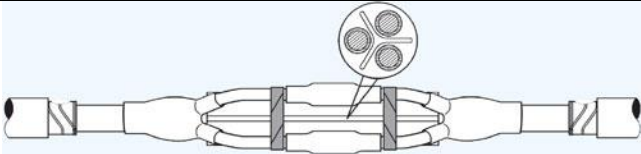
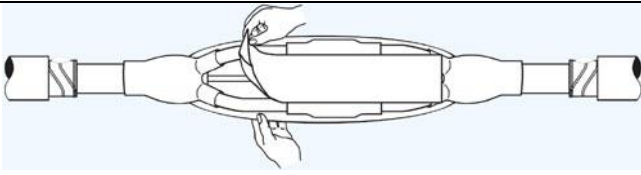
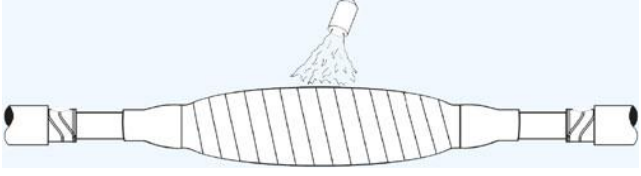
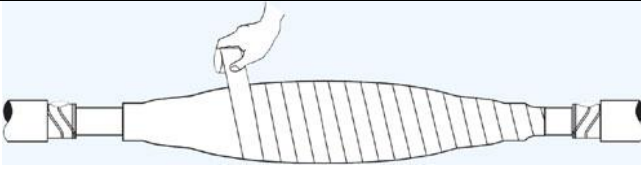
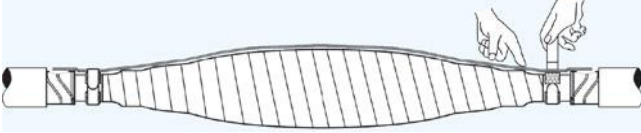
п/п	№	Наименование элемента
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	

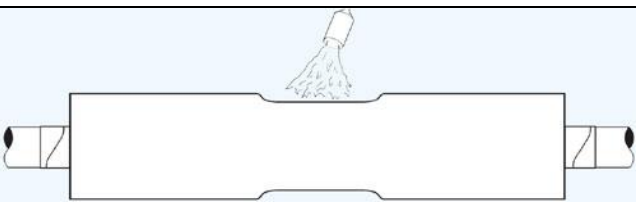
Задание 2. Монтаж соединительной термоусаживаемой муфты

Необходимо дать описание действиям при монтаже соединительной термоусаживаемой муфты, изображенным на рисунке в соответствующей графе.

Таблица 2

		Описание действия
1		
2		
3		

4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

13		
----	---	--

3.4 Выводы

Второй раздел «Осмотр и ремонт кабельных линий» является самым объемным среди всего курса, его доля составляет около 45%. Связано это с тем, что ремонт КЛ является главной задачей для электрообслуживающего персонала. Для того, чтобы студенты освоили курс в целом и усвоили основные моменты ремонта повреждений кабеля, в данном разделе разработано два задания, проверяемых вручную. Это поможет студентам закрепить полученные в ходе чтения лекций знания и более тщательно подойти к изучению вопроса.

4 ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

4.1 Разработка конспекта лекций по испытаниям КЛ

Перед сдачей КЛ в эксплуатацию, а также периодически во время эксплуатации силовые кабельные линии обязательно необходимо испытывать с помощью специально электротехнической лаборатории. Целью таких испытаний является выявление ослабленных мест изоляции кабеля и различных дефектов в изоляции и защитных оболочках кабеля, соединительных и концевых муфтах.

Причины возникновения ослабленных мест изоляции весьма различны. Они могут возникать при изготовлении кабеля на заводе-изготовителе, при прокладке кабелей и изготовлении кабельной арматуры в процессе монтажа кабельной линии. Ослабленные места в кабельных линиях возникают и в процессе эксплуатации из-за старения изоляции кабелей, коррозии оболочек кабелей, механических повреждений и др. [25] Ослабленные места и дефекты имеют скрытый характер и под воздействием рабочего напряжения постепенно могут привести к аварийному выходу из строя КЛ.

Благодаря плановым испытаниям сокращается риск аварийного отключения электропитания потребителей, испытания КЛ выше 1000В проводятся повышенным напряжением выпрямленного тока в соответствии с требованиями ПУЭ.

Перед началом и после испытаний повышенным напряжением выпрямленного тока необходимо с помощью мегаомметра (рис 4.1) проверить фазировку кабеля, т.е. правильность подключения одноименных фаз с обоих концов кабеля и целостность жил. При помощи мегаомметра также следует провести измерение сопротивления изоляции кабеля при напряжении обмотки 2,5кВ в течении 1 мин, включенным по схеме между каждой жилой и жилами, соединенными с металлической оболочкой и броней кабеля. Для силовых кабелей напряжением до 1000 В сопротивление изоляции нормируется и должно быть не менее 0,5 МОм. Испытания кабелей повышенным напряжением не выявляют все слабые места изоляции новой кабельной линии.

Некоторые дефекты монтажа и изготовления кабелей и муфт постепенно приводят к ослаблению изоляции и пробоем.



Рисунок 4.1 – Мегаомметр Е6-24

Ниже приведены правила пользования и порядок измерения сопротивления изоляции кабеля при помощи мегаомметра.

Мегаомметр является точным измерительным прибором и должен ежегодно проходить поверку в специальной лаборатории. После прохождения поверки на приборе ставится штамп на котором записан серийный номер прибора и дата следующей поверки. Соответственно, замеры проводятся только исправными и испытанными приборами.

Как уже было сказано выше, измерение сопротивления изоляции на силовых кабелях проводится на напряжении 2500В и для кабелей выше 1000В не нормируется, однако, известно, что оно должно быть не ниже 10 мОм. Соответственно, для кабелей напряжением до 1000В существуют нормы сопротивления изоляции, которые указаны в таблице 3, которые известны по ПТЭЭП (п.6.2. и таблица 37) и ПУЭ (п.1.8.37 и таблица 1.8.34).

Таблица 3 – Нормативы сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции	Заключение
До 2 мОм	Неудовлетворительно
От 2 до 5 мОм	Плохо
От 5 до 10 мОм	Нижний предел
От 10 до 50 мОм	Хорошо
От 50 до 100 мОм	Очень хорошо
Выше 100 мОм	Отлично

Для более полного усвоения материала рассмотрим подробнее методику измерения сопротивления изоляции для высоковольтных кабелей.

Во-первых, обязательно необходимо проверить отсутствие напряжения на испытуемом кабеле с помощью предназначенного для этого указателя высокого напряжения.

Во-вторых, устанавливается испытательное заземление на каждую фазу с той стороны кабеля, с которой будет производиться измерение.

В-третьих, необходимо убедиться, что жилы кабеля с другой стороны оставлены в свободном состоянии и разведены друг от друга и от других элементов щитового ящика на достаточное расстояние.

В-четвертых, вывешиваются предупреждающие и запрещающие плакаты на коммутационных механизмах. Во избежание несчастных случаев с участием неосведомленных людей или животных, по возможности, оставить наблюдающего человека с обратной стороны кабеля.

В-пятых, измерения сопротивления изоляции высоковольтного кабеля следует проводить поочередно на каждой жиле в течении 1 минуты. Жилы, которые в данный момент не испытываются должны быть заземлены. Проще говоря, если мы проводим измерение сопротивления на фазе «А», то на фазы «В» и «С» устанавливается испытательное заземление. Один конец мегаомметра присоединяется к планке заземления, а другой конец к жиле испытываемой фазе «А».

В-шестых, полученные данные во время измерения сопротивления изоляции следует записывать в блокнот или специальный бланк.

Методика измерения сопротивления изоляции для низковольтных силовых кабелей практически идентична предыдущей, но имеет незначительные отличия.

1. Проверка отсутствия напряжения на испытываемом кабеле с помощью предназначенного для этого указателя высокого напряжения.
2. Убедиться в том, что жилы с другой стороны кабеля на достаточное расстояние.
3. Вывешивание предупреждающих и запрещающих плакатов.
4. Измерение сопротивления изоляции низковольтного силового кабеля проводится мегаомметром напряжением 2500 (В) в течение 1 минуты в следующей последовательности:
 - между фазными жилами (А-В, В-С, А-С)
 - между фазными жилами и нулем (А-Н, В-Н, С-Н)
 - между фазными жилами и землей (А-РЕ, В-РЕ, С-РЕ), в случае, если кабель пятижильный
 - между нулем и землей (N-РЕ), предварительно отсоединив ноль от нулевой шины

5. Полученные данные записываются в специальный протокол или блокнот.

Протокол измерения сопротивления изоляции кабеля выводится в форме, установленной предприятием. После записи полученных при измерении данных следует сравнить их с нормативами из таблицы 3, основанными на требованиях и нормах ПУЭ и ПТЭЭП. На основании сравнения необходимо сделать вывод-заключение о пригодности кабеля к дальнейшей эксплуатации.

Испытания КЛ повышенным напряжением выпрямленного тока

При проведении профилактических испытаний выявляются различные дефекты КЛ, возникающие в процессе эксплуатации. С помощью испытаний повышенным напряжением выпрямленного тока ослабленные места изоляции кабеля доводятся до повреждения. Это позволяет произвести запланированный ремонт на испытываемой линии, а не прибегать к аварийному отключению линии электропередачи.

Профилактические испытания кабелей проводятся не реже 1 раза в год. Для КЛ, работающих в тяжелых условиях или при ее дефектах периодичность испытаний учащается. Для кабелей, проложенных в земле и не имеющих повреждений при эксплуатации и при испытаниях на протяжении 5 лет, допускается увеличение срока испытаний до 3-х лет. Такая же периодичность испытаний может применяться к кабелям, проложенным в туннелях и коллекторах, если на них отсутствуют муфты и они не подвержены влиянию коррозии и другим механическим воздействиям.

Дополнительные (внеочередные) испытания КЛ необходимо производить, если на трассах производились земляные работы или наблюдались размывы почвы или оползни. Также после проведения ремонтных работ на КЛ обязательно следует проводить дополнительные испытания. Во время испытаний кабели в РУ отсоединяются от шин при помощи разъединителей, таким образом испытанию подвергаются концевые муфты и опорные изоляторы [25].

При возможности можно испытывать не одну КЛ, а несколько кабелей, последовательно соединенных в цепочку, таким образом испытаниям подвергаются и попадающие в цепочку распределительные устройства трансформаторных подстанций. При использовании такого метода лучше выполняется главная задача испытаний – выявление ослабленных мест КЛ путем доведения их до пробоя. Разрешается также одновременное испытание нескольких параллельно проложенных КЛ, присоединенных к отдельным агрегатам. Различная величина токов утечки при испытании нескольких кабельных линий не является признаком браковки во время испытаний.

Для выявления ослабленных мест изоляции кабеля или в кабельных муфтах достаточно испытывать напряжением, не превышающим номинальное, более, чем в 5 раз при времени испытаний каждой фазы 5 минут. Более высокое испытательное напряжение не опасно для кабеля, но может являться предельным для используемых на линии соединительных и концевых муфт [26].

Кабельные линии с хорошей изоляцией должны иметь стабильные и удовлетворяющие требования токи утечки, на которые требуется обращать особое внимание при испытаниях. Для кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ ток утечки находится в пределах до 300 мкА при относительной влажности воздуха до 80 % и 500 мкА при относительной влажности более 80%. Если полученная величина токов утечки превышает указанные величины, этого говорит о том, что сроки проведения профилактических испытаний необходимо сокращать с учетом местных условий.

Профилактические испытания могут проводиться и «под нагрузкой», т.е. без вывода линии из работы. Испытательное напряжение накладывается на участок сети, находящийся под рабочим напряжением и под нагрузкой нормального режима. Однако, более широкое применение получил метод испытаний с выводом КЛ из работы.

После присоединения испытательной установки к линии необходимо плавно увеличивать напряжение до нужного значений, со скоростью не более 1—2 кВ в секунду, а затем поддерживать это напряжение в течение необходимого для испытания времени.

Испытание изоляции КЛ проводится и использованием кенотронной установки АИИ-70, схема подключения которой изображена на рисунке 4.2. Принцип проведения испытаний сход с технологией замера сопротивления изоляции, рассмотренной в начале раздела. Т.е. напряжение испытательной установки подается поочередно на каждую жилу кабеля, а две другие жилы и металлическая оболочка должны быть заземлены. Также, испытанный кабель может сохранять заряд на протяжении длительного времени, поэтому после испытания каждой жилы необходимо снимать с них заряд при помощи ограничительного сопротивления, имеющегося в кенотронной установке

Если испытываемый кабель имеет оцинкованные жилы, то металлическую оболочку жил также необходимо заземлять при испытании каждой жилы.

Для испытаний такого рода в основном применяются передвижные кенотронные установки. Существуют также и стационарные кенотронные установки, они обычно размещаются на подстанциях и электростанциях, которые имеют большое количество присоединяемых кабелей. В обслуживающих компаниях городских кабельных сетей чаще всего применяются передвижные кенотронные установки, смонтированные на базе грузовых автомобилей с крытым кузовом.

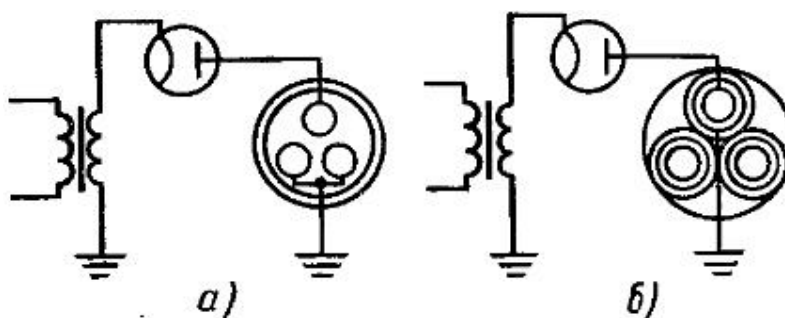


Рисунок 4.2— Схемы испытания трехжильного силового кабеля с поясной изоляцией (а) и отдельно оцинкованными жилами (б)

Ниже в таблице 4 приведены длительность и величина испытательного напряжения для разных типов изоляции кабелей и рабочего напряжения.

Таблица 4 – Испытательные напряжения кабеля

Изоляция кабеля	Рабочее напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытаний, мин
Бумажная	До 1	6	10
	10	60	10
Пластмассовая	До 1	5	5
	10	60	10

Определение места повреждения кабеля

При повреждении кабельной линии ключевое значение имеет скорость ее восстановления потому, что это может повлечь за собой нарушение нормальной работы других устройств электроснабжения, снижается надежность электроснабжения потребителей и ухудшение технико-экономические показателей электросети в целом. При эксплуатации поврежденной КЛ в земле к этим последствиям может ещё добавиться увлажнение изоляции большого отрезка поврежденного кабеля из-за проникновения влаги через отверстие повреждения.

При условии оперативного отыскания повреждения КЛ, ремонтные работы обычно заключаются в монтаже двух соединительных муфт и короткой вставки между ними, на месте повреждения кабеля. Использовать вставку кабеля в таком случае рекомендуется длиной не менее 5-6 м. В благоприятных случаях иногда для ремонта поврежденного участка достаточно даже использования одной соединительной муфты.

В противном случае, если поиск места повреждения и ремонт откладывались на длительный срок, может возникнуть необходимость вырезать несколько метров или даже несколько десятков метров кабеля с увлажненной

изоляции. Что нежелательно потому, что влечет за собой усложнение работ и увеличение стоимости ремонта КЛ.

Как мы уже поняли, быстрое и точное определения места повреждения КЛ — залог своевременного и менее затратного ремонта этой КЛ и чаще всего оперативность данного мероприятия обуславливается специальными передвижных лабораторий на базе грузовых автомашин с крытым фургоном. Такая лаборатория имеет на своем борту прожигательную установку, с помощью которой производятся необходимые уменьшения переходного сопротивления изоляции в поврежденном месте КЛ и специальные измерительные приборы для последующего более точного определения места повреждения непосредственно на трассе. Непосредственно на кабельной трассе потребуется устройство для определения места повреждения акустическим методом, при условии, что в поврежденном месте может быть искусственно создан электрический разряд, который возможно прослушать с поверхности земли.

По характеру повреждения кабельных линий различаются:

- замыкание одной жилы на землю, вызванное повреждением изоляции;
- замыкание двух или трех жил между собой;
- обрыв одной или более жил кабеля
- заплывающий пробой изоляции;
- одновременное повреждение линии из вышеперечисленных в двух или более местах.

Наиболее распространенным видом повреждения является повреждение изоляции между жилой кабеля и металлической оболочкой, т.е. одножильное повреждение. Довольно редко встречается повреждение изоляции в кабелях с отдельно свинцованными жилами.

Первоначально при повреждении КЛ следует определить характер повреждения. Чаще всего для этого достаточно использование мегомметра, которым с обоих концов линии замеряется сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы на землю, сопротивления изоляции между каждой токоведущей жилой относительно друг друга. Если кабельная линия вышла из строя во время работы, этот способ скорее всего поможет определить характер повреждения. Однако, если пробой случился при испытаниях, то скорее всего придется определять характер повреждения дополнительными повторными испытаниями изоляции токоведущих жил по отношению к металлической оболочке кабеля и между собой.

После проведения всех необходимых измерений, составляются схема вида повреждения КЛ и выбираются метод, с помощью которого можно получить наилучший результат в процессе поиска данного вида повреждения [27, 28].

Для определения места повреждения непосредственно на трассе рекомендуется применять следующие методы: индукционный, акустический и метод накладной рамки. Подробное определение и описание импульсного метода определения места повреждения изложено в учебном пособии «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» Н.В.Грунтовича.

«Импульсный метод применяется для определения расстояния до места повреждения в кабельных и воздушных линиях (при однофазных и межфазных замыканиях, а также при обрывах жил). Работы производят с помощью приборов ИКЛ-5, Р5-1А, Р5-5, которые посылают в кабель кратковременный импульс переменного тока. Дойдя до места повреждения, импульс тока отражается и возвращается обратно. Характер повреждения кабеля (короткое замыкание или обрыв) определяют по изображению, появляющемуся на экране электронно-лучевой трубки. Расстояние до места повреждения можно определить, зная время прохождения импульса и скорость его распространения.

При измерениях приборами РЕЙС-105М1, ИКЛ-5, Р5-1А погрешность обычно не превышает 1,5 %, а прибором Р5-5 — 0,5 %, что вполне допустимо.

Достоинствами этого метода являются быстрота, наглядность и простота измерений; возможность определения любых видов повреждений, в том числе в разных местах кабеля при условии, что переходное сопротивление не превышает 200 Ом. При этом, как правило, достаточно произвести измерения только на одном конце линии, не производя никаких присоединений на противоположном ее конце, а путем непосредственного измерения расстояний от конца линии до места повреждения кабеля по экрану или шкале калиброванной задержки независимо от длины и типа кабельной линии» [29].

Отсюда следует усвоить основные преимущества применения импульсного метода. Это скорость и четкость проведения работ, а также простота измерений. Если сопротивление повреждения имеет значение меньше 200 Ом, данный метод можно использовать по отысканию повреждений любого рода.

Также в учебном пособии описывается **метод колебательного разряда** и говорится, что он «заключается в измерении периода (полупериода) свободных колебаний, возникающих в заряженной кабельной линии при пробое изоляции в месте повреждения от выпрямительной установки. При пробое изоляции происходит разряд в кабеле колебательного характера. Период колебаний T этого разряда соответствует времени четырехкратного пробега волны до места повреждения» [29].

Соответственно,

$$T = 2t = 4l_x/v_1,$$

где l_x - расстояние до места пробоя, м; v - скорость распространения волны колебания, равная 160...103 км/с.

С помощью прибора ЭМКС-58М измеряется время полупериода колебания. Тогда $l_x = t/(2v)$. По шкале прибора возможно определить расстояние до места повреждения в километрах.

Следующим возможным методом определения места повреждения КЛ является «**Метод петли** применяют для определения зоны повреждения при

одно- и двухфазных замыканиях при наличии одной неповрежденной жилы или параллельного кабеля с неповрежденными жилами. Метод основан на принципе измерительного моста постоянного тока, позволяющего определить отношение сопротивлений поврежденной жилы кабеля от места измерения до точки замыкания и обратной петли. Для этого поврежденную и неповрежденную жилы кабеля соединяют на одном конце линии перемычкой в форме петли (рис. 4.3). В результате образуется четырех -плечевой мост: регулируемые сопротивления r_1 и r_2 и сопротивления жил кабеля (поврежденной и неповрежденной). После уравнивания моста с помощью сопротивлений r_1 и r_2 расстояние от места измерения до места повреждения линии определяется по формуле» [29].

$$l_x = 2lr_1 / (r_1 + r_2) \text{ [м]}$$

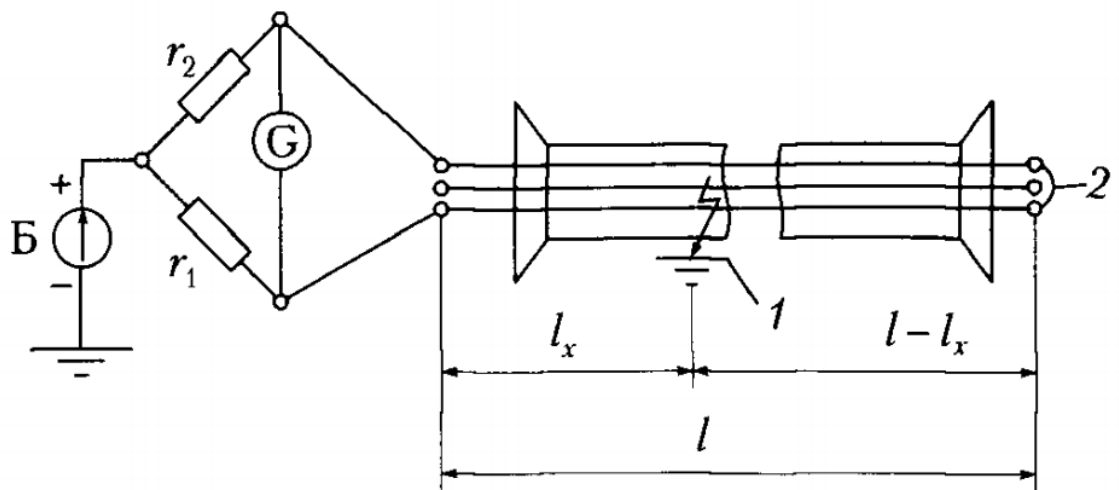


Рисунок 4.3 – Схема определения места повреждения кабеля методом петли:

1 — фазы испытываемого кабеля; 2 — перемычка (закоротка); r_1 , r_2 — регулируемые плечи моста; l — длина КЛ; l_x — расстояние до места повреждения

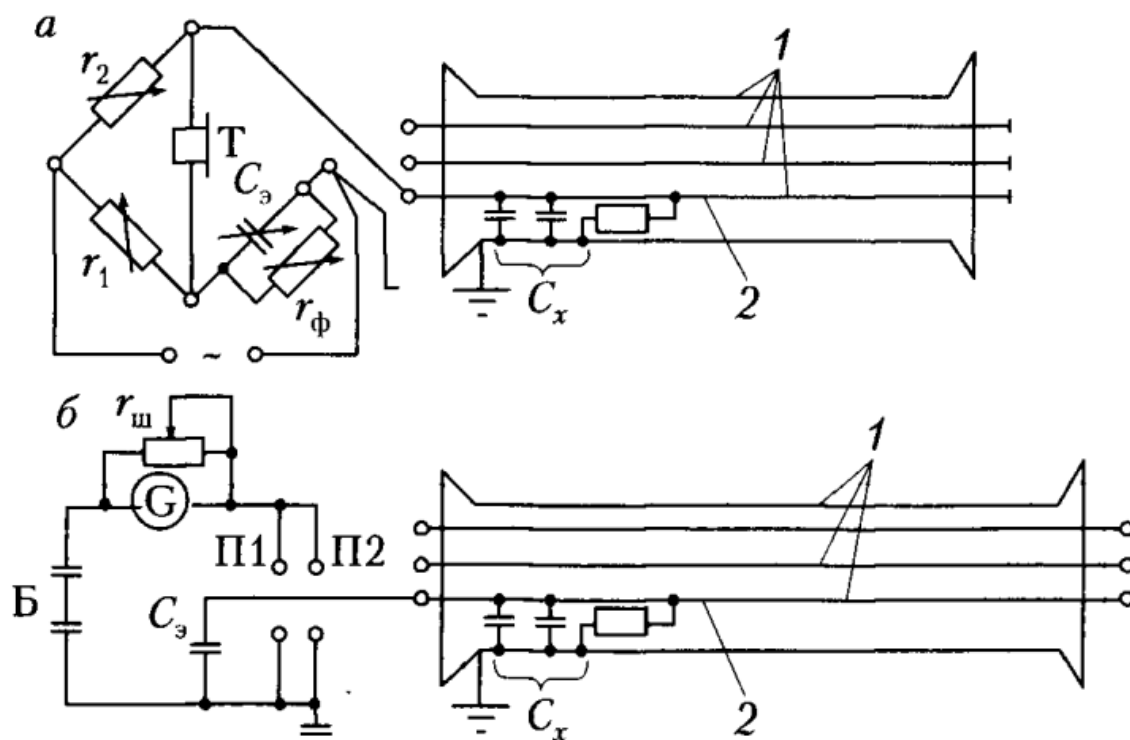


Рисунок 4.4 – Схемы определения зоны повреждения методом емкости:

1 — жилы испытываемого кабеля; 2 — место обрыва жилы; П1, П2 — переключатели; C_x — емкость в оборванной фазе; C_3 , r_ϕ — регулируемые емкость и сопротивление; r_1 , r_2 — регулируемые сопротивления по мостовой схеме; Т — телефон; G — гальванометр; Б — источник питания; $r_{ш}$ — сопротивление шунта.

В том случае, если одна и жила или больше оборвана, но изоляция не повреждена, возможно использовать «метод емкости» применяют для определения зоны повреждения при обрывах одной или нескольких жил кабельной линии, если хотя бы с одной стороны от повреждения изоляция не пробита. Основа метода — зависимость емкости кабеля от его длины. Емкость оборванной жилы измеряют с помощью моста переменного тока (рис. 4.4, а) или баллистического гальванометра на постоянном токе (рис. 4.4, б). Для уточнения на трассе места повреждения кабеля пользуются индукционным (при повреждениях между жилами) и акустическим (при заплывающих пробоях) методами. При индукционном методе применяют генератор звуковой частоты.

По поврежденным жилам кабеля пропускают ток звуковой частоты. Образующиеся вокруг кабеля электромагнитные колебания улавливаются приемной рамкой и прослушиваются телефоном на всей неповрежденной трассе кабеля (за местом повреждения звук в телефоне пропадает)» [29].

Во многих случаях для определения места повреждения требуется минимальное сопротивление между жилами или между жилой и оболочкой в месте повреждения. Это необходимо для более четкого определения места повреждения КЛ. Сопротивление снижается с помощью прожигания изоляции в месте повреждения до необходимого предела с помощью прожигательной установки.

Длительность прожигания изоляции может зависеть от характера повреждения и увлажнения бумажной изоляции кабеля. Если изоляция успела впитать влагу, то процесс прожигания может затянуться на долго и удастся снизить сопротивление только до 2000-3000 Ом. В обратном же случае, при обычном состоянии изоляции, процесс прожигания обычно занимает около 15-20 мин, после которых сопротивление повреждения составляет десятки Ом. Во время процесса необходимо следить за напряжением пробоя и когда оно понижается следует переходить на следующую ступень по току, т.е. увеличивать мощность.

Если повреждение находится в муфте, то процесс прожигания изоляции может продлиться и пару часов, при этом сопротивление ведет себя очень нестабильно, то понижаясь, то возрастая. Продолжается это до тех пор, пока сопротивление плавно, но стабильно будет понижаться.

Процесс прожигания места повреждения в муфтах обычно осуществляется длительно, несколько часов, причем сопротивление резко изменяется, то снижаясь, то снова возрастая, пока не наступит установившийся режим и сопротивление начнет снижаться. Также нужно быть готовым к возможности такого явления, как заплывание пробоя, когда изоляция восстанавливается до нормальной величины и пробой прекращается.

Если кабельная линия, над которой ведутся работы проложена в коллекторе или туннеле, то при выполнении такого рода работ необходимо выставлять на протяжении трассы рабочих, которые будут наблюдать за состоянием трассы на случай обнаружения повреждения и способных предпринять меры по препятствию возгорания в процессе работы.

Непосредственно на трассе КЛ для прослушивания разрядов над местом повреждения необходимо использовать кабелеискатель — звукоприемник, который состоит из антенны, усилителя и трубки.

При определении места повреждения в кабельной линии с применением акустического метода нужно соблюдать некоторую последовательность действий. Сначала одним из вышеперечисленных методов, в зависимости от характера повреждения, определяется зона повреждения. На поврежденную жилу продолжается подаваться импульс с некоторой периодичностью, обычно около одного импульса в секунду, а оператор со звукоприемником отправляется в предполагаемую зону повреждения КЛ. Оператор передвигается вдоль кабельной трассы согласно схеме или плану КЛ, одновременно с этим слушает разряды о телефону, опуская приемник звуков на землю. Если разряды не прослушиваются, звукоприемник передвигается дальше согласно плану трассы КЛ. Наиболее четкая и громкая слышимость разрядов обеспечена в месте повреждения кабеля. Однако, в случае маленьких изоляционных расстояний в целом месте кабеля, разряды могут переходить на металлическую часть, в этом случае над местом повреждения не будет отчетливо слышимых импульсов.

Для определения двух- и трехфазных замыканий используется индукционный метод [30]. Он так же основан на принципе прослушивания электромагнитных колебаний с поверхности трассы КЛ. Этот метод возможен при условии создания магнитного поля (рис.4.5, а), благодаря которому по жилам протекает ток высокой звуковой частоты (800-1000Гц).

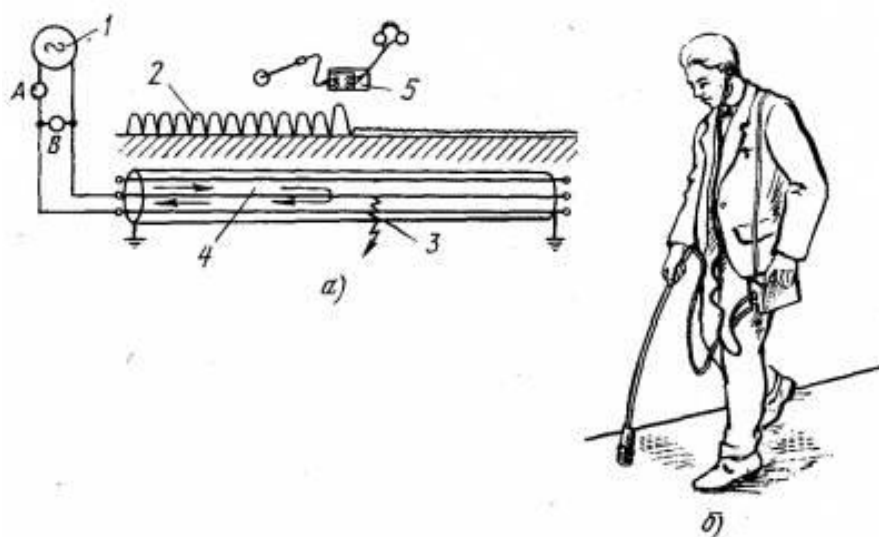


Рисунок 4.5 – Измерение индукционным методом:

а - схема присоединения генератора, б - работа оператора на трассе кабеля;
 1 - однофазный генератор звуковой частоты, 2 - кривая слышимости звука, 3 - место повреждения, 4 - силовой кабель, 5 — кабелеискатель

При использовании этого метода оператор передвигается вдоль трассы и улавливает изменения звука в телефоне (рис 4.5,б). Начинать передвижение следует от места, где производятся испытания, над местом повреждения кабеля звуковой сигнал будет самым громким, а за этим местом сигналы вовсе исчезнут.

Применение данного способа при однофазном повреждении кабеля не всегда гарантирует хороший результат работ. В отличие от изображенного на рисунке 4.5, а, ток от генератора от поврежденной жилы переходит на оболочку кабеля. Из-за этого искажается характеристика переменного поля в месте повреждения кабеля. Однако, при упорных тренировках персонала, соблюдения методики измерений и применении сдвоенной приемной рамки, определение однофазного повреждения таким методом может увенчаться успехом.

В том случае, если КЛ проложена открыто или в откопанной траншее, возможно применение накладной рамки для определения места повреждения.

Этот метод может быть использован при большинстве типов повреждения с большим сопротивлением.

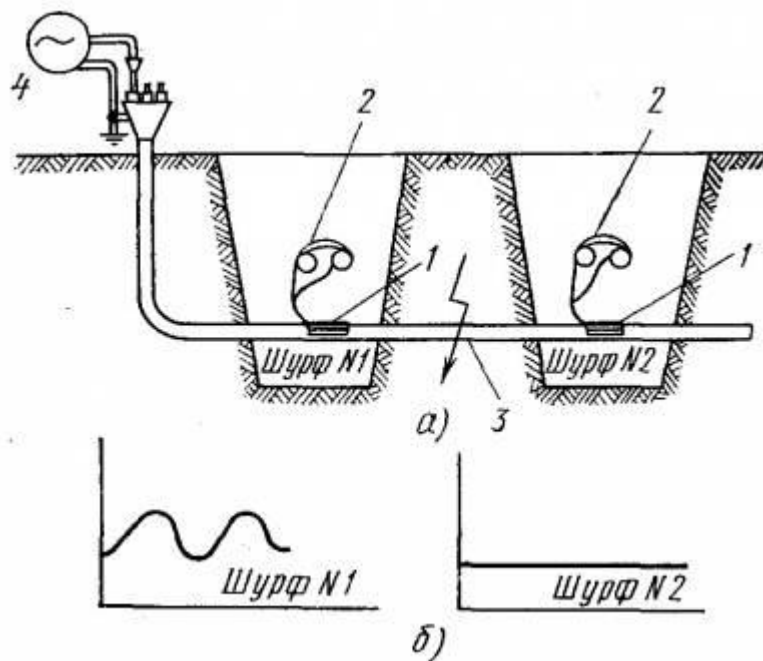


Рисунок 4.6 – Определения места повреждения методом накладной рамки:

а - общая схема испытания, б - характер изменения интенсивности звука при вращении рамки; 1 - накладные рамки, 2 - телефоны, 3 - место повреждения, 4 – генератор

Схема определения места повреждения КЛ методом накладной рамки изображенная на рисунке 4.6 показывает возможность применения данного метода для кабеля проложенного в земле. С одного конца линии с помощью генератора пускается ток звуковой частоты через поврежденную жилу и оболочку кабеля. И при помощи рамки, наложенной на кабель, возможно определить место повреждения.

Устройство рамки довольно простое, она выполнена в округлой форме, по форме кабеля, а внутри нее по периметру уложена катушка из медной проволоки, концы которой присоединены к телефону. Во время вращения рамки вокруг кабеля звук в трубке будет достигать минимума и максимум, а за

повреждением затихание и усиление сигнала не будет наблюдаться, будет прослушиваться только монотонный звук.

Вопросы для самоконтроля

1. С какой целью проводятся испытания КЛ?
2. Укажите порядок замера изоляции кабеля с помощью мегаомметра.
3. Какова периодичность испытаний КЛ?
4. Какие по характеру бывают повреждения кабеля?
5. Какими методами можно определить место повреждения КЛ?

4.2 Разработка задания, проверяемого вручную по испытаниям КЛ

В ходе планово-принудительных работ ППР на трансформаторной подстанции при отключении одной секции электромонтер-кабельщик должен визуально осмотреть концевые разделки кабеля на предмет дефектов и замечаний, удалить с токоведущих частей кабеля пыль и паутину и произвести протяжку соединений. Также необходимо произвести замер сопротивления изоляции кабелей в обслуживаемых по плану ППР ячейках.

В начале раздела подробно описывается, как проводится замер изоляции для кабелей до 1000В. Полученные в ходе работы данные записываются в протокол, определенной предприятием формы. После эти данные обрабатываются и для каждой линии выносится заключение о ее пригодности.

При выполнении задания студентам необходимо сделать заключение о пригодности к дальнейшей эксплуатации кабелей, используя таблицу 5.

В рабочем процессе заключение делается в форме «годен/не годен», однако студентам необходимо дать качественное заключение о состоянии изоляции кабеля в форме «отлично», «хорошо» или «плохо» согласно приведенной выше таблице.

Задание 1. Протокол проверки сопротивления изоляции кабеля

Согласно данным таблицы необходимо заполнить протокол проверки сопротивления изоляции кабеля 0,4кВ.

Таблица 5 – Протокол проверки сопротивления изоляции кабеля

№ п/ п	Наименовани е линии	Марка кабеля	Сечени е	А- В	В- С	С - А	А- N	В - N	С- N	Заключени е
1	ж/д 27А п.3	АВВГ	3х185+ 1х95	10 0	40	5 0	30	3 0	30	
2	ж/д 27А п.7	АВВГ	3х185+ 1х95	60	40	7 0	55	3 0	40	
3	ж/д 27В п.4	АВБбШ в	3х120+ 1х70	90	11 0	9 5	11 0	7 0	60	
4	М-н Фабрика	ВВГ	3х95+ 1х50	12 0	10 0	9 5	90	9 5	10 0	
5	ж/д 27В п.1	АВБбШ в	3х120+ 1х70	65	90	6 0	55	7 0	60	
6	Ул. осв.	АВБбШ в	3х50+ 1х25	25	50	3 0	30	7 0	50	
7	ж/д 27А п.11	АВВГ	3х185+ 1х95	10 0	12 0	9 5	70	5 0	70	

4.4 Выводы

Более детально в этом разделе вопросы, с которыми придется столкнуться электромонтеру-кабельщику, например, подробное описание методики измерения сопротивления изоляции кабеля. Работы по испытаниям КЛ повышенным напряжением и определению места повреждения проводятся специальной электротехнической лабораторией, поэтому данный вопрос рассматривается поверхностно.

Третий раздел, посвященный испытаниям кабельных линий, разработан с упором на профессиональные задачи кабельщика. Данный раздел составляет около 35% курса, и имеет одно задание, проверяемое вручную.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокая надежности кабельных линий в эксплуатации напрямую зависит от правильности проводимых мероприятий при монтаже и эксплуатации, к которым относятся: монтаж, осмотр трасс, замер сопротивления изоляции, испытания и своевременный ремонт. Эксплуатация КЛ тема довольно обширная, поэтому электрообслуживающий персонал для качественного выполнения работ должен усваивать теоретические требования и всегда готов к оперативному правильному выполнению работ.

Общие выводы:

1. В процессе комплектования курса лекций по вопросам эксплуатации кабельных проведен поиск необходимого материала и обработка наиболее актуального, который способен повысить качество обучения по дисциплине «Эксплуатация систем электроснабжения».

2. В ходе работы разработан учебно-методический материал для контента дисциплины «Эксплуатация систем электроснабжения» направленный на повышение надежности эксплуатации КЛ и возможность оперативного их ремонта.

3. Разработанный учебно-методический материал разработанных в ходе работы возможно использовать для подготовки бакалавров направления 13.03.03 «Электроэнергетика и электротехника» в ходе учебного процесса.

Таким образом, задачи, поставленные в начале выполнения магистерской диссертации, выполнены. Цель работы достигнута. Пункт 2 объясняет новизну магистерской работы, а в пункте 3 отражена практическая значимость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Рабочая программа дисциплины «Эксплуатация систем электроснабжения» / Тольятти: ТГУ, 2017. – 8с.
3. Требования к электронному учебному курсу, реализуемому с применением дистанционных образовательных технологий в рамках проекта Росдистант / Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 71с.
4. Козырева О. А., Козырев Н. А. Педагогическая рефлексия в модели детерминации, оптимизации и исследования качества профессионально-педагогической подготовки //Психология, социология и педагогика. – 2015. – №. 8. – С. 13-22.
5. Библия электрика : ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. - 3-е изд. - Москва : [Эксмо], 2016. – 750с.
6. Regular Motor Maintenance To Avoid Failure (and Prolong Its Lifespan) [Electronic resource], 2015, Richard Hewitt, Edvard Csanyi, Mode of access: <http://electrical-engineering-portal.com/regular-motor-maintenance-to-avoid-failure-and-prolong-its-lifespan>
7. On the classification of multipackage machines with toothed rotors [Electronic resource], 2014, A. Yu. Smirnov, A.V. Ivanov—Smolenskii, M.G. Chilikin, Mode of access: <http://link.springer.com/article/10.3103/S1068371209110121/fulltext.html>
8. Emergency and Standby Power Systems for Buildings [Electronic resource], 2014, Yunfei Xu, Xiangning Xiao, Yamin Sun, Mode of access: <http://www.archtoolbox.com/materials-systems/electrical/emergency-power-systems-for-buildings.html>
9. Flow, heat and mass transfers during solidification under traveling/rotating magnetic field [Electronic resource], 2015, Wang Xiaodong,

Fautrelle Yves, Moreau René, Mode of access:
<http://link.springer.com/article/10.1007/s40095-015-0181-1/fulltext.html>

10. Кисаримов, Р.А. Монтаж электрооборудования: Справочник / Р.А. Кисаримов. - М.: РадиоСофт, 2013. - 568 с.

11, Сибикин, Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. - 464 с.

12. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 304 с.

13. Юркевич, А.А. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие КПТ / А.А. Юркевич, Г.К. Ивахнюк и др. - СПб.: Лань КПТ, 2016. - 400 с.

14. Ладухин, Н.М. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Н.М. Ладухин. - СПб.: Лань П, 2016. - 160 с.

15. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования, Акимова Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И., 2015. – 304 с.

16. Кабельные муфты. Выполнение: А. Н. Бредихин — Санкт-Петербург, РадиоСофт, 2013 г.- 440 с.

17. Простые линии. Пособие для развивающего обучения: — Санкт-Петербург, Манн, Иванов и Фербер, 2014 г.- 82 с.

18. Суворин, А. В. Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Суворин. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. — 354 с. - ISBN 978-5-7638-2973-0

19. Ерхов П.В., Третьякова М.Н. Эксплуатация кабельных линий с СПЭ-изоляцией // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии. Сборник трудов. – Тольятти: ТГУ. 2017.С. 86-90.

20. Basics of DC Motors For Electrical Engineers – Beginners [Electronic resource], 2015, Edvard Csanyi, Mode of access: <http://electrical-engineering-portal.com/basics-of-dc-motors-for-electrical-engineers-beginners>

21. Дайнеко, В.А. Эксплуатация электрооборудования и устройств автоматики: Учебное пособие / В.А. Дайнеко, Е.П. Забелло, Е.М. Прищепова - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. - 333 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование)

22. Иванов, Д.А. Повышение эффективности функционирования концевых муфт кабельных линий и электротехнических устройств контроля их технического состояния: дис. канд. технич. наук / Д.А. Иванов. – Тула, 2014. – 100 с.

23. Павелко, Н.Н. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий. Справочное издание / Н.Н. Павелко, С.О. Павлов. - М.: КноРус, 2013. - 288 с.

24. Сибикин, Ю.Д. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий: Справочник / Ю.Д. Сибикин. - М.: КноРус, 2013. - 288 с.

25. Полуянович, Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учеб. пособие для студентов вузов / Н. К. Полуянович. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 395 с.

26. Сивков, А.А Основы Электроснабжения [Текст] : учеб.пособие / А.А Сивков, А.С Сайгаш, Д.Ю. Герасимов.– 2-е изд.- М.: Юрайт , 2016. – 174

27. Поиск трасс и точное определение мест повреждения кабельных линий индукционными трассоискателями фирмы «Стэлл». Методические материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Reis205.narod.ru.

28. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства: Практикум / Г.И. Янукович, И.В. Протосовицкий, А.И. Зеленкевич. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2015. - 516 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-010297-9,

29. Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие / Н.В. Грунтович. - М.: НИЦ ИНФРА-М: Новое знание, 2013. - 271 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат).

30. Правила устройства электроустановок. – М.: Деан, 2016. – 704с.