

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

Е.И.Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Б1.В.ДВ.12.01

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Электроснабжение

Программа академического бакалавриата

Квалификация выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	7
4.3 Лабораторные работы.....	58
4.4 Практические занятия.....	58
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	58
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	59
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	60
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	60
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	61
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	61
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ	61
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	117
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	117
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	119
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	125
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	126
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	127

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

- ознакомить обучающихся: с конструкциями высоковольтных линий и кабельных линий; закрытых и открытых электропомещений и оборудованием; закрытых и открытых распределительных устройств.

Задачи дисциплины

- изучить возможности монтажа основного электрооборудования в закрытых и открытых распределительных устройствах.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	знать: – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний; – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения; – оборудование необходимое для электромонтажных работ; уметь: – обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике; владеть: – методами и технологиями монтажа и эксплуатации основного электрооборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.12.01 Монтаж оборудования систем электроснабжения относится к элективной части.

Дисциплина Монтаж оборудования систем электроснабжения базируется на знаниях, полученных при изучении учебной дисциплины электрические и электронные аппараты.

Основываясь на изучении данной дисциплины, дисциплина монтаж оборудования систем электроснабжения представляет основу для изучения дисциплин: техника высоких напряжений; передача энергии на расстояние.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

2.	Требования к электро-помещениям. Международная система защиты электрооборудования	20,5	0,5	1	19
3.	Монтаж основного электрооборудования	22	1	2	19
4.	Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.	23	1	3	19
5.	Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий.	22	1	2	19
	ИТОГО	104	4	9	91

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Интерактив проводится в форме лекции-беседы, дискуссионного обсуждения. Всего предусмотрено 2 часа.

Раздел 1. Организация электромонтажных работ. Основная документация.

1.1. Основные положения и директивные документы по выполнению электромонтажных работ.

Производство электромонтажных работ регламентируется технической и директивной документацией.

Основным техническим документом служит проект электроустановки, в строгом соответствии с которым и должны производиться электромонтажные работы. Изменять принятые проектом технические решения, если они носят принципиальный характер, допускается только по согласованию с проектной организацией — автором проекта. Изменения не принципиального характера производят по согласованию с заказчиком. На каждый объект строительства разрабатывают проектно-сметную документацию, в соответствии с которой выполняют строительные работы по возведению зданий и сооружений, монтажу технологического, санитарно-технического, электротехнического оборудования, автоматики, связи и др. Рабочие чертежи при строительстве промышленных предприятий состоят из комплектов архитектурно-строительных, санитарно-технических, электротехнических и технологических чертежей. Комплект электротехнических рабочих чертежей содержит документацию, необходимую для монтажа внешних и внутренних электрических сетей, подстанций и других устройств электроснабжения, силового и осветительного электрооборудования. Рабочие чертежи должны предусматривать осуществление монтажа электротехнических устройств на основе применения узлового и комплектно-блочного метода с установкой электрооборудования, поставляемого укрупненными узлами, не требующими правки, резки, сверления или других подгоночных операций и регулировки. Поэтому при приемке рабочей документации к производству работ обязательно проверяется учет в ней требований индустриализации и механизации электромонтажных работ. Непрерывно возрастающие объемы проектных работ, усложнение инженерных решений, связанное со все более широким применением автоматизации технологических процессов и систем управления на основе микроэлектронной техники, требуют автоматизации самого процесса проектирования, т.е. разработки и внедрения системы автоматизированного проектирования промышленных электроустановок (САПР ПЭУ). При разработке проектной документации должны учитываться требования организации и технологии электромонтажного производства. Непосредственно на объектах монтажа работы должны сводиться к установке крупных блоков электротехнических устройств, сборке их узлов и прокладке сетей.

В соответствии с этим рабочие чертежи комплектуют по их назначению: для подготовительных работ, т.е. заказа блоков и узлов на предприятиях-изготовителях или на сборочно-комплектно-монтажных предприятиях монтажных организаций или в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ), и для монтажа электротехнических устройств в монтажной зоне.

В проектах предусматривается максимальное исключение дыропробивных работ на месте монтажа. Для этого проемы, ниши и отверстия указывают в рабочих архитектурно-строительных чертежах для выполнения их строительными организациями в процессе изготовления строительных конструкций и возведения зданий. В рабочих чертежах должно быть учтено, что панели перекрытия, внутренние стеновые панели и перегородки, железобетонные колонны заводского изготовления должны иметь каналы (трубы) для прокладки проводов; ниши и гнезда с закладными деталями для

установки штепсельных розеток, выключателей, звонков и т.д. В составе рабочих чертежей приводятся спецификации на оборудование, конструкции и материалы и ведомости укрупненных комплектных устройств, блоков и узлов, подлежащих изготовлению вне монтажной зоны МЭЗ. Для монтажа внешних кабельных и воздушных линий разрабатывают планы их прокладки (трассы) с привязкой к координатным сеткам, зданиям и сооружениям, указанием мест их пересечения с другими подземными коммуникациями, типов опор и кабельных сооружений. Опоры воздушных линий (ВЛ), их фундаменты, пересечения кабельных линий, кабельные сооружения, как правило, выполняют по типовым чертежам. К производству электромонтажных работ на объектах строительства разрешается приступать только при наличии технической документации (проектов и смет), проекта производства работ, строительной готовности объекта, кранового оборудования, других грузоподъемных средств, обеспечивающих механизацию монтажа, а также электрооборудования, кабельной продукции и материалов, предусмотренных согласованным графиком производства работ.

Вся проектная техническая документация анализируется заказчиком, который перед передачей ее монтажной организации для производства работ обязан поставить на ней подпись или штамп «Разрешается к производству работ». В монтажном управлении техническая документация и сметы тщательно изучаются персоналом производственного отдела совместно с персоналом группы подготовки производства и линейными инженерно-техническими работниками (начальниками монтажных участков, производителями работ, мастерами).

Замечания по обнаруженным недостаткам проекта направляют в проектные организации для внесения согласованных поправок и дополнений. После этого проект и сметы передают на монтажно-заготовительный участок или в группу проектировщиков-сметчиков при производственном отделе управления для составления проекта производства работ (ППР) и затем в группу подготовки монтажно-заготовительного участка.

В отдельных случаях проект дорабатывает монтажная организация (замена некоторого оборудования и материалов, внесение небольших изменений, связанных с внедрением типовых электроконструкций и монтажных изделий заводов монтажной организации).

1.2. Структура монтажного управления. Функции подразделений МУ

Монтаж оборудования систем электроснабжения на крупных объектах ведут специализированные монтажные управления. Эти управления расположены во всех индустриальных районах страны, где они ведут монтажные работы на промышленных предприятиях. На одном или нескольких предприятиях в зависимости от объема работ управление открывает участки, которые и выполняют монтажно-сборочные работы на данном объекте. Кроме того, управление располагает производственной базой, техническими и вспомогательными службами.

Выше приведена структура монтажного управления. Возглавляет такое управление начальник, который имеет право принимать на работу рабочих, заключать договора, подписывать акты на выполнение работ, распределять денежные и материальные средства, а также представлять управление в народном суде, арбитраже и в других организациях.

Начальнику управления непосредственно подчинены бухгалтерия, плановый отдел, отдел снабжения, административно-хозяйственная часть.

Бухгалтерия управления начисляет заработную плату рабочим, служащим и ИТР, контролирует оформление нарядов, ведет учет расхода материалов и других ресурсов, составляет финансовый и материальный отчет, баланс хозяйственной деятельности управления, который направляют вышестоящим организациям.

Отдел снабжения в соответствии со спецификациями проектов автоматизации и нормами расхода оборудования и материалов получает необходимую аппаратуру, приборы, материалы, оборудование, инструмент и обеспечивает их хранение совместно с механическо-заготовительным цехом и монтажными участками. В ведении отдела снабжения находятся материально-технический склад, склад оборудования и транспортный цех.

На складах хранят оборудование и материалы, предназначенные для ведения монтажно-сборочных работ и собственных нужд управления.

Транспортный цех располагает необходимыми средствами для выполнения погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки грузов между подразделениями управления и доставки грузов на склады.

Плановый отдел планирует работу управления, определяет задание подразделениям на месяц, квартал, год, анализирует производственно-экономическую деятельность управления и составляет соответствующую отчетную документацию для представления в вышестоящие организации.

Административно-хозяйственная часть включает отдел кадров, жилищно-коммунальный отдел и другие вспомогательные отделы, обеспечивающие повседневную работу управления (сюда же относятся комендант помещения, истопники, охрана и т. д.).

Главный инженер управления является первым заместителем начальника управления. Главный инженер осуществляет техническое руководство деятельностью управления. В его функцию входят рассмотрение проектной документации на производство монтажных работ, разработка планов и календарных графиков работ, контроль качества работ, обеспечение охраны труда, организация технической учебы рабочих и ИТР, а также внедрение новой техники и передовой организации работ. Главному инженеру непосредственно подчинен производственно-технический отдел, отдел главного механика, производственная база управления и монтажно- сборочные участки.

Производственно-технический отдел организует работу основных производственных подразделений и осуществляет техническое обеспечение их деятельности (составление графиков работ, подготовка техдокументации, составление заявок на материалы и т. д.).

Отдел главного механика, возглавляемый главным механиком управления, обеспечивает эксплуатацию, планово-предупредительный и аварийный ремонт оборудования, а также оборудования, установленного на производственной базе и монтажных участках управления.

Производственная база (механическо-заготовительный цех) является самостоятельным производственным подразделением, которое возглавляет начальник. Начальнику базы подчинены управленческо-хозяйственный аппарат, технические службы и производственные отделения, которые обеспечивают технологическую подготовку производства, эксплуатируют и ремонтируют оборудование и т. д. Механическо-заготовительный цех состоит из следующих отделений: кузнечно-термического, слесарного, электромонтажного и малярного.

Механическое отделение выполняет работы по обработке нестандартных деталей автоматических устройств, монтажных деталей, блоков и других изделий, требующих станочной обработки. Механическое отделение имеет универсальные, револьверные токарные станки, строгальные, фрезерные, шлифовальные станки и кузнечно-прессовое оборудование. Общий объем станочного парка и распределение его по группам станков зависит от объемов и характера работ монтажного управления.

В кузнечно-термическом отделении изготавливают изделия сложной конфигурации путемковки или горячей штамповки, термообработки и пайки изделий. Это отделение оснащено кузнечно-прессовым оборудованием (молотами, штампами), а также оборудованием для термообработки (нагревательными печами и т. д.).

В слесарном отделении изготавливают монтажные блоки и узлы, нестандартное оборудование, металлоконструкции, а также дополнительно обрабатывают стандартные изделия (шкафы, щиты и т. д.). Отделение обычно имеет несколько участков: заготовительный, сварочный и слесарно-сборочный.

На заготовительном участке выполняют работы по изготовлению заготовок для механического отделения и по раскрою листового и профильного металла, труб и т. д. На участке устанавливают оборудование для резки металла (гильотинные ножницы, механические ножовки и дисковые пилы, газорезки и т. д.).

На сварочном участке сваривают металлоконструкции и изделия. Участок оборудуют стационарными и переносными установками газовой и электрической (дуговой и контактной) сварки.

Сборочные участки специализируются по видам работ. Например, могут быть участок сборки трубных блоков, участки изготовления щитов, металлоконструкций и нестандартного оборудования. На участках устанавливают верстаки с оборудованными рабочими местами, а также механическое оборудование для гибки листового и профильного металла и труб, сверлильные станки универсальные и радиальные, заточное оборудование, разметочные плиты и другое оборудование.

В электромонтажном отделении выполняют монтаж электроаппаратуры и электропроводок в монтажных блоках (щитах, пультах, электрошкафах), а также монтаж электроавтоматики на нестандартном оборудовании. Отделение оснащают оборудованием и приспособлениями, применяемыми при электромонтажных работах.

В малярном отделении наносят специальные покрытия и окрашивают изделия, изготовленные в условиях производственной базы управления. Отделение оборудуют установками для нанесения и сушки покрытий.

В лаборатории проверяют приборы, поступающие в монтаж, испытывают электротехнические устройства и средства защиты от поражения людей электрическим током и проводят различные производственные испытания. В состав лабораторий может входить группа по наладке систем автоматики.

Численность, квалификацию и профессиональный состав рабочих, а также состав служащих и ИТР производственной базы, лаборатории и технических служб и отделов управления устанавливают в зависимости от объема и характера работ, выполняемых монтажным управлением.

Основная производственная единица монтажного управления — это монтажный участок. В зависимости от объема работ участок возглавляет прораб, начальник цеха или мастер. Участок

состоит из нескольких специализированных или комплексных бригад. Кроме того, в штате участка может быть нормировщик, инженер по оборудованию, бухгалтер (один на участок или на несколько участков, в зависимости от числа основных рабочих).

Бригада монтажников состоит из 5÷15 рабочих. В состав комплексной бригады входят слесари-монтажники, электромонтеры и сварщики. Руководит бригадой бригадир — высококвалифицированный рабочий V—VI разряда или техник. Бригадир готовит фронт работ, заказывает и получает материалы, оборудование и инструмент, оформляет документацию и несет ответственность за соблюдение правил техники безопасности на вверенном ему участке. Бригадир должен знать назначение и принцип работы монтируемых приборов и систем автоматики, уметь выполнять весь комплекс монтажных и наладочных работ, проводить испытание трубопроводов, электропроводок и систем автоматики, пускать и сдавать в эксплуатацию системы автоматики. Слесари-монтажники прокладывают электрические и трубные проводки, монтируют щиты, пульты и шкафы, устанавливают отборные устройства, датчики, приборы, регуляторы и исполнительные механизмы. Обычно бригада на 60% состоит из слесарей-монтажников, причем 1-2 человека имеют V-VI, остальные II-IV разряды. В бригадах, занятых на монтаже контрольно-измерительных и регулирующих приборов, число высококвалифицированных рабочих еще выше.

Электромонтеры прокладывают и разделяют кабели и провода, присоединяют проводку к клеммным зажимам, маркируют, проверяют и ведут опробование системы автоматики. В бригаде работают электромонтеры высокой квалификации (V-VI разрядов). Электромонтеры составляют 30...40% от общего количества рабочих в бригаде. В состав бригады могут также входить газосварщики, слесари-прибористы, механики, станочники и рабочие других специальностей.

1.3. Общие принципы проведения электромонтажных работ

Электромонтажные работы являются частью комплекса строительных работ и выполняются в рамках договора строительного подряда (контракта), в соответствии с которым подрядчик обязуется в установленный договором срок выполнить работы, а заказчик обязуется создать подрядчику необходимые условия для выполнения работ, принять их результат и оплатить выполненные работы.

Заказчиками выступают юридические лица (предприятия, организации), имеющие финансовые средства (инвесторы). Финансирование электромонтажных работ осуществляется за счет раздела капитальных вложений, предусмотренного для нового строительства, расширения, реконструкции и технического перевооружения объектов электроэнергетики.

Подрядчиками при проведении электромонтажных работ выступают, как правило, электромонтажные организации, независимо от форм собственности, зарегистрированные в установленном порядке в налоговых органах и имеющие лицензию и другие документы, подтверждающие легитимность организации и гарантии качества на выполнение электромонтажных работ. При больших объемах электромонтажных работ и нескольких претендентах на их выполнение заказчик организывает конкурсные тендерные торги.

Лицензирование деятельности электромонтажных организаций осуществляется с целью защиты прав и интересов потребителей строительной-монтажной продукции. Гарантии и сроки предъявления заказчиком претензий к подрядчику определяются в договоре подряда и по электромонтажным работам составляют, как правило, 1 - 2 года.

Договор подряда является основным правовым документом, регламентирующим взаимоотношения заказчика и подрядчика. Такой договор иногда заключается на выполнение работ «под ключ». Здесь подразумевается выполнение полного инвестиционного цикла, включающего проектирование, строительные, электромонтажные, пусконаладочные работы и сдачу объекта в эксплуатацию.

Для выполнения комплекса или отдельных видов работ, например пусконаладочных работ, подрядчик может привлечь другие организации - субподрядчиков. В этом случае подрядчик выступает уже в роли генерального подрядчика. Основные этапы выполнения электромонтажных работ показаны на рис. 1.1.

Подготовка к проведению электромонтажных работ, в частности приемка строительной части объекта под монтаж оборудования, ответственность перед заказчиком за выполнение всех видов работ в сроки, предусмотренные договором, и надлежащего качества возлагаются на генерального подрядчика.

Подрядчик планирует и осуществляет работы в соответствии с проектно-сметной документацией и договорной ценой, определяющими объем, содержание и стоимость работ. Проектная документация должна соответствовать требованиям нормативных документов, регламентирующих электромонтажные работы:

- строительным нормам и правилам (СНиП);
- государственным стандартам (ГОСТ) в области строительства;

- правилам устройства электроустановок (ПУЭ);
- правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ ЭП).

Кроме того, в обязанности подрядчика входит соблюдение природоохранного законодательства и организация охраны труда при выполнении работ.

В ходе выполнения работ заказчик и подрядчик вправе по согласованию с проектной организацией вносить изменения в техническую документацию при неизменности характера предусмотренных договором подряда работ, а также выделять пусковой комплекс из всего проектного объема работ.

Обязанности и ответственность по обеспечению электромонтажных работ комплектами оборудования, материалами и конструкциями несет, как правило, подрядчик. Для этого подрядчик получает от проектной организации расчеты (спецификации) о потребности основных видов оборудования, материалов, конструкций.

Для проверки качества поставляемого на монтажную площадку оборудования подрядчик осуществляет входной контроль, оформляет акты приемки оборудования в монтаж или предъявляет претензии к поставщикам в случаях нарушения требований к качеству оборудования, его повреждения при транспортировке.

В ходе выполнения электромонтажных работ заказчик осуществляет технический надзор за качеством работ, соблюдением сроков их выполнения, качеством поставляемого оборудования, его испытаниями при проведении пуско-наладочных работ. Технический надзор заказчик может осуществлять с привлечением проектной организации (авторский надзор). При большом объеме работ надзор ведется по отдельным разделам проекта: строительные, электромонтажные, сантехнические, пусконаладочные и другие работы.

После выполнения заказчиком и подрядчиком всех обязательств по договору осуществляется приемка выполненных работ. В договоре подряда предусматриваются сроки уведомления подрядчиком заказчика о готовности объекта к приемке, сроки проведения приемки и сроки устранения замечаний, выявленных при приемке выполненных работ. Приемка крупных объектов осуществляется рабочей и государственной приемочными комиссиями с подписанием актов соответствующей стандартной формы (КС-11 и КС-14). При небольших объемах работ (замена выключателей, трансформаторов небольшой мощности при сохранении существующих фундаментов) приемка выполненных работ осуществляется одной приемочной комиссией. С момента приемки объекта по акту заказчик вступает в полное владение и распоряжение объектом.

Организация электромонтажных работ

Организация электромонтажных работ возлагается на подрядчика и состоит из трех основных этапов.

На первом инженерно-техническом этапе производится приемка, проверка и изучение проектно-сметной документации; в проектной документации должен быть предусмотрен проект организации строительства (ПОС), на основе которого электромонтажной организацией разрабатывается проект производства электромонтажных работ (ППЭР).

На втором организационном этапе выполняется приемка от строителей под монтаж оборудования зданий, сооружений, фундаментов, проемов и ниш в конструкциях зданий и сооружений; контролируется установка закладных деталей, проверяется наличие предусмотренных проектом стационарных кран-балок, монтажных тележек и талей.

На третьем материально-техническом этапе осуществляется обеспечение и комплектация электромонтажных работ оборудованием, материалами, изделиями, монтажными заготовками; на этом же этапе выполняется оснащение монтажных работ механизмами, инструментами, инвентарем и средствами безопасного труда.

Важным моментом организации электромонтажных работ на сложных объектах, требующих определенной очередности выполнения строительных и электромонтажных работ, является составление ППЭР. Этот проект обязательно разрабатывается для выполнения электромонтажных работ, сопровождающихся сложными такелажными работами с применением механизмов (автокранов, автовышек), верхолазных работ, а также для работ, выполняемых в действующих электроустановках, например, при реконструкции существующих подстанций.

ППЭР разрабатывается специальными группами подготовки производства монтажных организаций и утверждается ее техническим руководителем (главным инженером). ППЭР должен быть согласован с заказчиком или техническим руководителем эксплуатирующей организации.

Исходными данными для разработки ППЭР служат:

- рабочие чертежи и сметы проектной документации объекта;
- данные о поставке оборудования и материалов, наличии машин и механизмов;
- действующие нормативные документы, монтажные инструкции, отраслевые правила
- по охране труда;

- сроки возможного отключения действующих электроустановок при реконструкции и
- техническом перевооружении объектов.

Содержание ППЭР состоит из трех разделов. В первый раздел входят пояснительная записка, содержащая общие сведения об объекте, организационную структуру монтажа, ситуационный план, совмещенный со схемой электроснабжения, план расположения оборудования, технико-экономические показатели объекта.

Во втором разделе ППЭР приводятся наиболее эффективные методы организации и технология выполнения электромонтажных работ. Здесь указываются технологические приемы выполнения трудоемких операций, их механизации, предложения по совмещению монтажных и наладочных работ, указания по охране труда, приводятся графики производства работ.

В третий раздел ППЭР входят задания непосредственно для электромонтажного персонала с указанием ответственных инженерно-технических работников по этапам работ, ведомости узлов, блоков и конструкций, подлежащих сборке, необходимые чертежи или ссылки на типовые альбомы, ведомости закладных деталей, их эскизы и места установки, спецификации на оборудование и материалы для производства работ.

Планирование электромонтажных работ

Планирование является одной из главных функций управления процессом производства строительных работ, в том числе и электромонтажных работ. Одной из задач планирования является нахождение вариантов рациональной взаимосвязи этапов производства электромонтажных работ. Важным моментом планирования является взаимная увязка работ во времени при условии непрерывности их выполнения, особенно при производстве работ в действующих электроустановках.

Наиболее простой формой планирования работ является составление календарного плана-графика работ, представляющего собой документ, регламентирующий поставку во времени оборудования и комплектующих изделий, потребность в механизмах, машинах, трудовых и энергетических ресурсах, распределение капитальных вложений и объемов электромонтажных работ.

Линейные календарные графики работ являются консервативными в своем исполнении и отражают только одну возможную ситуацию хода работ. При возникающих отклонениях во времени и во взаимосвязи по факторам производства эта модель должна быть скорректирована или построена заново.

При планировании электромонтажных работ используются сетевые модели, основными элементами которых являются сетевые графики. Разработка сетевого графика начинается с установления перечня работ, которые необходимо выполнить, определения их продолжительности, рациональной технологической последовательности и взаимосвязей между ними.

Основные составляющие сетевого графика - события и работы. Каждая работа, отраженная в графике, имеет свою продолжительность: детерминированную, устанавливаемую нормативами времени, или вероятностную, устанавливаемую, например, на основе статистических данных. Работа может быть фиктивной, не требующей временных затрат, но указывающей на возможность начала данной работы только после завершения другой (установка трансформатора возможна только после затвердевания железобетонного фундамента).

Обычно разработку и анализ сетевых моделей выполняют в два этапа. На первом этапе строят сетевой график и рассчитывают все его параметры, на втором - осуществляют анализ, корректировку и оптимизацию сетевого графика.

Процесс оптимизации сетевого графика по времени заключается, прежде всего, в сокращении продолжительности критического пути. Здесь можно выделить три способа оптимизации. Первый способ заключается в такой корректировке сетевого графика, которая позволяет сократить продолжительности работ критического пути за счет ресурсов (трудовых и материальных), отведенных для работ, не лежащих на критическом пути. Эти работы могут быть отодвинуты на какое-то время, поскольку сроки их выполнения не влияют на конечный срок.

Второй способ оптимизации по времени состоит в изменении топологии сети графика. Это осуществляется введением в сетевую модель многовариантной технологии выполнения работ, установлением новых путей и взаимосвязей работ и сокращением в конечном итоге критического пути.

Третий способ оптимизации по времени связан с расчленением продолжительных работ на отдельные параллельно выполняемые работы (части).

В целом система сетевого планирования позволяет наглядно представить и оценить организацию электромонтажных работ, осуществить более обоснованное планирование и оперативное управление этими работами.

Подготовка к производству электромонтажных работ

До начала производства электромонтажных работ на объекте должны быть выполнены следующие мероприятия:

- получена подрядчиком проектно-техническая документация, утвержденная штампом заказчика «к производству работ»;
- согласованы между подрядчиком и предприятиями-поставщиками график поставки оборудования с учетом технологической последовательности производства работ, перечень сложного электрооборудования, монтируемого с привлечением шефмонтажного персонала предприятий-поставщиков, условия транспортирования к месту монтажа тяжелого и крупногабаритного электрооборудования;
- подготовлены помещения для размещения бригад рабочих, инженерно-технических работников, производственной базы, а также для складирования материалов и инструмента;
- осуществлена приемка по акту строительной части объекта под монтаж электрооборудования и выполнены предусмотренные нормами и правилами мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности, охране окружающей среды.

При приемке оборудования в монтаж производится его осмотр, проверка комплектности (без разборки), проверка наличия и срока действия гарантий предприятий-изготовителей. Результаты осмотра оформляются соответствующим актом.

Электрооборудование при монтаже вскрытию и ревизии не подлежит, за исключением случаев, когда это предусмотрено государственными и отраслевыми стандартами или техническими условиями, а также случаев длительного хранения оборудования с нарушением заводских инструкций. Разборка оборудования, поступившего опломбированным с предприятия-изготовителя, запрещается.

Деформированное и поврежденное электрооборудование подлежит монтажу только после устранения повреждений и дефектов.

Электрооборудование, на которое истек нормативный срок хранения, указанный в государственных стандартах или технических условиях, принимается в монтаж только после проведения предмонтажной ревизии, исправления дефектов и испытаний. Результаты проведенных работ должны быть занесены в формуляры, паспорта и другую сопроводительную документацию на оборудование, должен быть составлен акт о проведении указанных работ.

Помещения закрытых распределительных устройств, фундаменты под электрооборудование сдаются под монтаж с полностью законченными строительными и отделочными работами. Сдача-приемка помещений и фундаментов для установки сложного и дорогостоящего электрооборудования, монтаж которого будет выполняться с привлечением шефмонтажного персонала, производится совместно с представителями предприятия, осуществляющего шефмонтаж.

До начала электромонтажных работ, например, на открытых распределительных устройствах генподрядчик должен закончить планировку территории, сооружение подъездных путей, кабельных каналов, установить шинные и линейные порталы, соорудить фундаменты под электрооборудование, ограждения вокруг распределительного устройства, резервуары для аварийного сброса масла, подземные коммуникации.

В конструкциях порталов и фундаментов под оборудование распределительных устройств должны быть установлены предусмотренные проектом закладные части и крепежные детали, необходимые для крепления гирлянд изоляторов и оборудования. В кабельных каналах и тоннелях должны быть установлены закладные детали для крепления кабельных конструкций. Должно быть также закончено сооружение водопровода и предусмотренных проектом автоматических устройств пожаротушения.

В зданиях и сооружениях, сдаваемых под монтаж электрооборудования, генподрядчиком или прямым строительным подрядчиком должны быть выполнены предусмотренные архитектурно-строительными чертежами постоянные проемы, ниши, отверстия в стенах и перекрытиях, необходимые для перемещения электрооборудования и монтажа низковольтных электрических сетей и контрольных кабелей. После выполнения электромонтажных работ генподрядчик обязан осуществить заделку временных отверстий, борозд, ниш и гнезд.

Охрана труда при выполнении электромонтажных работ

Важным моментом в организации электромонтажных работ является подготовка и обеспечение безопасных условий труда. Все подготовительные мероприятия в этом плане должны быть закончены до начала производства работ и приняты по акту о выполнении требований по охране труда.

Обязанности по обеспечению безопасных условий труда возлагаются на подрядчика, который разрабатывает организационно-технологическую документацию по выполнению работ (ППЭР), содержащую конкретные проектные решения, определяющие технические средства и методы работ, обеспечивающие выполнение нормативных требований охраны труда.

Исходными данными для разработки таких решений являются:

- требования нормативных документов и стандартов по охране труда;
- типовые решения по обеспечению требований охраны труда, справочные пособия и каталоги средств защиты работающих;
- инструкции заводов-изготовителей машин, механизмов, оборудования, материалов и конструкций по обеспечению охраны труда в процессе их применения.

При разработке проектных решений по организации монтажных площадок необходимо выявить опасные производственные факторы, связанные с технологией и условиями производства работ, определить и указать в организационно-технической документации зоны их действия.

Электромонтажные работы могут быть связаны как со строительством новых объектов (новых подстанций, линий электропередачи), так и с реконструкцией существующих. Во втором случае электромонтажные работы относятся к работам, выполняемым в действующих электроустановках. Здесь к зонам с опасными производственными факторами относятся все работы вблизи токоведущих частей действующей электроустановки. На выполнение таких работ должен оформляться наряд-допуск, при выполнении работ - соблюдаться технические и организационные меры безопасности. Указанные мероприятия должны выполняться также при работах в компрессорных, с воздухохраниками, использованием баллонов с газом при газосварочных работах.

Электромонтажные работы в действующих электроустановках, как правило, должны осуществляться после снятия напряжения со всех токоведущих частей, находящихся в зоне производства работ, их отсоединения от действующей части электроустановки, обеспечения видимых разрывов электрической цепи и заземления отсоединенных токоведущих частей. Зона производства работ должна быть отделена от действующей части электроустановки сплошным или сетчатым ограждением, препятствующим проходу в эту часть монтажному персоналу, должны быть вывешены плакаты безопасности.

Выделение для монтажной организации зоны производства работ, принятие мер по предотвращению ошибочной подачи в нее напряжения, ограждение от действующей части с указанием мест прохода персонала и проезда механизмов должны оформляться актом- допуском.

Допуск электромонтажников к работам в действующих электроустановках должен осуществляться персоналом эксплуатирующей организации и оформляется в письменном виде с указанием состава бригады и группы по электробезопасности каждого члена бригады. Наряд-допуск выдается руководителю работ (прорабу, мастеру, менеджеру) на срок, необходимый для выполнения заданного объема работ. Персонал электромонтажных организаций перед допуском к работе в действующих электроустановках должен быть проинструктирован по вопросам электробезопасности на рабочем месте лицом, допускающим к работе, которое обязано осуществлять контроль за выполнением предусмотренных в наряде-допуске мероприятий по обеспечению безопасности производства работ.

Эксплуатационный персонал несет ответственность за сохранность временных ограждений рабочих мест, предупредительных плакатов и предотвращение подачи рабочего напряжения на отключенные токоведущие части, соблюдение членами бригады монтажников безопасных расстояний до токоведущих частей, оставшихся под напряжением.

Работой электромонтажной бригады должен руководить грамотный и опытный инженерно-технический работник подрядной организации, который должен правильно расставить людей и механизмы, обеспечить выполнение требований эксплуатационного персонала.

Важными элементами высокого качества и безопасности работ являются соответствующая квалификация и высокая дисциплинированность электромонтажного и эксплуатационного персонала. При отсутствии этих качеств даже самым тщательным образом разработанные ППЭР не гарантируют от производственного травматизма, брака при монтаже дорогостоящего оборудования, подачи напряжения в зону производства работ.

Электромонтажные работы сопровождаются широким использованием различных строительных машин и механизмов (транспортных, грузоподъемных, землеройных и других). Все машины и механизмы должны соответствовать требованиям государственных стандартов по безопасности труда (иметь сертификат на соответствие требованиям безопасности). Инженерно-технические работники, ответственные за выполнение работ, и рабочие, выполняющие такелажные или стропальные работы, должны быть аттестованы органами государственного надзора.

При размещении машин на монтажной площадке руководитель работ должен определить рабочую зону машины и границы создаваемой ею опасной зоны. При этом должна быть обеспечена обзорность рабочей зоны с рабочего места машиниста.

Транспортные средства и оборудование, применяемое для погрузочно-разгрузочных

работ, должны соответствовать характеру перерабатываемого груза. Площадки для погрузочно-разгрузочных работ должны быть спланированы и иметь уклон не более 50, а их размеры и покрытия - соответствовать ППЭР.

Для стесненных и опасных условий проведения работ должны регламентироваться вылет и угол поворота стрелы подъемно-транспортного средства, а при работе в охранной зоне линии электропередачи корпуса машин (за исключением машин на гусеничном ходу) должны быть заземлены при помощи инвентарного переносного заземления.

Выполнение работ в охранной зоне линии допускается при условии, если расстояние по воздуху от машины (механизма) или от ее выдвигной или подъемной части до ближайшего провода, находящегося под напряжением, будет не менее:

- 1,0 м - при напряжении линии до 35 кВ;
- 1,5 м - при напряжении линии 110 кВ;
- 2,5 м - при напряжении линии 220 кВ.

Техническое состояние всех транспортных средств должно соответствовать Правилам дорожного движения и Правилам охраны труда на автомобильном транспорте.

Выполнение на монтажной площадке отдельных видов работ, например сварочных, газопламенных, электротермических, должно осуществляться в соответствии с межотраслевыми правилами по охране труда при выполнении этих работ. К указанным работам относятся, в частности, укладка мягкой кровли на крыше закрытого распределительного устройства с использованием газовых горелок, прогрев силовых трансформаторов перед их испытанием после монтажа и другие работы.

В этих случаях должны быть приняты меры предупреждения пожара, а в отдельных случаях подрядчик или заказчик по заявке электромонтажной организации должны оповещать местную пожарную часть для ведения надзора за пожароопасными работами.

Индустриализация и механизация электромонтажных работ

С целью сокращения сроков ввода объектов в эксплуатацию и повышения качества выполнения электромонтажных работ стремятся к максимальной индустриализации и механизации этих работ, а также к привлечению для монтажа электрооборудования высококвалифицированного персонала предприятий-изготовителей.

Под индустриализацией понимается предварительное комплектование и сборка электрооборудования с целью повышения его монтажной готовности. Это достигается путем переноса максимально возможного количества операций по монтажу элементов электроустановок с монтажной зоны на монтажные заводы и мастерские, оснащенные высокопроизводительными механизмами. Уровень индустриализации определяется отношением объема электромонтажных работ, выполненных за пределами монтажной зоны, к общему объему электромонтажных работ.

Для повышения уровня индустриализации работ крупные монтажные организации, как правило, имеют в своем составе подразделения, занимающиеся изготовлением изделий, конструкций и механизмов, не выпускаемых промышленностью серийно.

Индустриальный монтаж состоит из двух стадий:

- первая стадия включает в себя предварительную комплектацию электрооборудования, сборку на заводах и монтажных мастерских поставляемого разрозненного оборудования в комплектные блоки и укрупненные узлы с доведением их до полной монтажной готовности;
- на второй стадии выполняется установка комплектных блоков и укрупненных узлов оборудования, прокладываются силовые и осветительные сети и сети заземления, осуществляется проверка правильности монтажа, пусконаладочные работы и приемосдаточные испытания электрооборудования.

Наиболее высокий уровень индустриализации имеют работы по монтажу распределительных устройств, изготовление которых в виде комплектных ячеек и блоков выполняется на заводах отечественной промышленности: КРУ-6/10, КРУБ-35, КРУБ-110, КРУЭ-110 кВ и выше.

Развитие индустриальных методов электромонтажных работ тесно связано с повышением уровня их механизации. Механизация электромонтажных работ имеет два основных направления:

- использование универсальных механизмов и подъемно-транспортных машин для механизации трудоемких процессов; это, в частности, бурильно-крановые машины, телескопические вышки, гидроподъемники;
- применение общестроительных инструментов, разработка и применение различных приспособлений при выполнении отдельных монтажных операций; это, в частности, различный электроинструмент, строительно-монтажные пистолеты, переносные прессы для оконцевания и соединения проводов и жил кабелей.

Исполнение сроков ввода объектов в эксплуатацию существенно зависит от материально-технического обеспечения электромонтажных работ. В структуре крупных монтажных организаций функции материально-технического обеспечения возлагаются на специальные подразделения - управления (участки) производственно-технической комплектации (УПТК).

Эти структурные подразделения своими силами и средствами доставляют в монтажную зону необходимое оборудование, материалы и механизмы. Успешная работа подразделений требует механизации складского хозяйства, позволяющей вести механизированным способом комплектацию материалов и изделий в специальные контейнеры для последующей доставки их в монтажную зону.

Монтаж сложного и дорогостоящего оборудования (мощные трансформаторы, новые выключатели на 110 кВ и выше, электрооборудование фирм Сименс, АББ и других) выполняется, как правило, с привлечением шефмонтажного персонала от поставщика оборудования. Этот персонал в соответствии с договором поставки оборудования осуществляет руководство монтажом и испытаниями оборудования.

Пусконаладочные работы

Пусконаладочные работы, сопровождающие электромонтажные работы, представляют собой комплекс работ, включающий проверку, настройку и испытания электрооборудования с целью обеспечения его проектных параметров и режимов.

Пусконаладочные работы осуществляются в четыре этапа. На первом (подготовительном) этапе подрядчик:

разрабатывает (на основе проектной и эксплуатационной документации предприятий-изготовителей) рабочую программу пусконаладочных работ, включающую мероприятия по охране труда;

передает заказчику замечания по проекту, выявленные в процессе разработки рабочей программы;

готовит парк измерительной аппаратуры, испытательного оборудования и приспособлений.

На этом этапе работ заказчик:

выдает подрядчику уставки релейной защиты, блокировок и автоматики, согласованные с энергосистемой;

подает напряжение на рабочие места наладочного персонала от временных или постоянных сетей электроснабжения;

назначает представителей по приемке пусконаладочных работ и согласовывает с подрядчиком сроки выполнения работ, учтенные в общем графике строительства.

На втором этапе производятся наладочные работы на отдельно стоящих панелях управления, защиты и автоматики, а также наладочные работы, совмещенные с электромонтажными работами. Начало пусконаладочных работ определяется степенью готовности строительно-монтажных работ: в электротехнических помещениях должны быть закончены все строительные работы, включая и отделочные, закрыты все проемы, колодцы и кабельные каналы, выполнено освещение, отопление и вентиляция, закончена установка электрооборудования и выполнено его заземление.

На этом этапе генеральный подрядчик обеспечивает временное электроснабжение и временную связь в зоне производства работ. Заказчик обеспечивает:

- согласование с проектной организацией вопросов по замечаниям, выявленным в процессе изучения проекта;

- авторский надзор со стороны проектных организаций;

- замену отбракованного и поставку недостающего электрооборудования, устранение дефектов электрооборудования и монтажа, выявленных в процессе производства пусконаладочных работ;

- поверку и ремонт электроизмерительных приборов.

По окончании второго этапа пусконаладочных работ и до начала индивидуальных испытаний подрядчик вносит изменения в принципиальные электрические схемы объектов электроснабжения, включаемых под напряжение.

На третьем этапе пусконаладочных работ выполняются индивидуальные испытания электрооборудования, в частности проверка и испытания систем охлаждения и РПН трансформаторов, устройств защиты, автоматики и управления оборудованием, особенно с новыми реле фирм Сименс и АББ. Началом данного этапа считается введение эксплуатационного режима на данной электроустановке, после чего пусконаладочные работы должны относиться к работам в действующих электроустановках и выполняться с оформлением наряда-допуска и соблюдением технических и организационных мер безопасности.

На этом этапе производятся индивидуальные испытания оборудования, настройка параметров, уставок защит и характеристик оборудования, опробование схем управления, защиты и сигнализации, а также опробование электрооборудования на холостом ходу.

Обслуживание электрооборудования на этом этапе осуществляется заказчиком, который обеспечивает расстановку эксплуатационного персонала, сборку и разборку электрических схем, а также осуществляет технический надзор за состоянием электрооборудования.

После окончания индивидуальных испытаний электрооборудование считается принятым в эксплуатацию. При этом подрядчик передает заказчику протоколы испытаний электрооборудования повышенным напряжением, проверки устройств заземления и зануления, а также исполнительные и принципиальные электрические схемы, необходимые для эксплуатации электрооборудования. Все остальные протоколы наладки электрооборудования передаются заказчику в срок до четырех месяцев после приемки объекта в эксплуатацию.

Окончание пусконаладочных работ на третьем этапе оформляется актом технической готовности электрооборудования для комплексного опробования.

На четвертом этапе пусконаладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по утвержденным программам. На этом этапе выполняются пуско-наладочные работы по настройке взаимодействия систем электрооборудования в различных режимах. В состав указанных работ входят:

- обеспечение взаимных связей, регулировка и настройка характеристик и параметров отдельных устройств и функциональных групп электроустановки с целью обеспечения на ней заданных режимов работы;
- опробование электроустановки по полной схеме на холостом ходу и под нагрузкой во всех режимах работы для подготовки к комплексному опробованию технологического оборудования.

Пусконаладочные работы на четвертом этапе считаются законченными после получения на электрооборудовании предусмотренных проектом параметров и режимов, обеспечивающих устойчивый технологический процесс. Для силовых трансформаторов - это 72 часа работы под нагрузкой, для воздушных и кабельных линий электропередачи - 24 часа работы под нагрузкой.

Приемка объекта в эксплуатацию

В период строительства объекта (линии электропередачи, подстанции) осуществляется технический надзор за производством строительных, монтажных и наладочных работ. Этот надзор обеспечивается будущим эксплуатационным персоналом (заказчиком), проектной организацией (авторский надзор), органами государственного надзора, в частности, Госгортехнадзором. Последний является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим нормативное регулирование, разрешительные, контрольные и надзорные функции в области промышленной безопасности, использования и охраны недр.

Задачей эксплуатационного персонала на этом этапе является оказание помощи монтажной организации в части своевременного выявления дефектов, упущений и отступлений от проекта.

По окончании всех работ подрядчик уведомляет заказчика о необходимости приемки объекта в эксплуатацию.

Предъявляемый к приемке в эксплуатацию объект должен соответствовать требованиям законодательства Российской Федерации, проектной документации, договору подряда (контракту) строительным, санитарным, экологическим и другим нормам. Оценка соответствия объекта проекту и требованиям нормативных документов осуществляется приемочной комиссией, в состав которой входят представители заказчика, подрядчика, проектировщиков, территориальных администраций, органов государственного надзора и инспекции по охране труда.

Заказчик предъявляет приемочной комиссии всю необходимую проектную и техническую документацию по объекту.

В помощь приемочной комиссии создается рабочая комиссия, члены которой производят детальный осмотр объекта и составляют акты с перечислением обнаруженных дефектов и недоделок по отдельным разделам проекта или в целом по объекту.

После устранения подрядчиком всех указанных рабочей комиссией недостатков и несоответствий с проектом составляется акт приемки законченного строительством объекта (форма N КС-11). На практике этот акт называется "актом рабочей комиссии". Указанный документ является основанием для окончательной оплаты всех выполненных подрядчиком работ в соответствии с договором подряда (контрактом).

На основании акта рабочей комиссии, ознакомления с технической документацией, положительных результатов проведения индивидуальных и комплексных испытаний приемочная комиссия определяет готовность объекта к сдаче в эксплуатацию.

Окончательным документом по приемке и вводу законченного строительством объекта является акт приемки законченного строительством объекта приемочной комиссией (форма N КС-14). Этот акт подписывается всеми членами приемочной комиссии, каждый из которых несет ответственность за принятые комиссией решения в пределах своей компетенции.

Приемочная комиссия слагает свои полномочия после утверждения акта приемочной комиссии заказчиком. С этого момента объект переходит в ведение эксплуатирующей организации (заказчика), которая принимает его баланс и регистрирует в установленном порядке право собственности на новый объект в местных органах исполнительной власти.

Раздел 2. Требования к электропомещениям. Международная система защиты электрооборудования.

2.1. Классификация помещений по электробезопасности

Электропомещениями называются помещения или отгороженные, например сетками, части помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала, в которых расположены электроустановки.

Сухими помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%.

Влажными помещениями называются помещения, в которых пары или конденсирующая влага выделяется лишь кратковременно в небольших количествах, а относительная влажность воздуха более 60%, но не превышает 75%.

Сырыми помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%.

Особо сырыми помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

Жаркими помещениями называются помещения, в которых под воздействием тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут) +35°C (например, помещения с сушилками, сушильными и обжигательными печами, котельные и т.п.).

Пыльными помещениями называются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п.

Пыльные помещения разделяются на помещения **с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью.**

Помещения с химически активной или органической средой называются помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

По опасности взрыва или пожара помещения бывают взрывоопасными (шесть классов - В-I, В-Ia, в, г, В-II и В-IIa) и пожароопасными (четыре класса - П-I, П-II, П-IIIa, П-III).

Электроустановки по условиям электробезопасности делят на установки до 1000В и установки выше 1000В, действующие и недействующие.

2.2. Международная система обозначения степени защищенности электрооборудования и электрических машин IP (International Protection).

Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) по NACE MR0175/ISO 15156, ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529). Стандарт разработан на основе стандарта МЭК 60529 1989 г. и введен в действие с 1 января 1997 г.

ГОСТ 14254 установлена классификация степеней защиты, обеспечиваемой оболочками, в которые помещается электрооборудование, и их обозначение (код IP), изложены требования для каждого обозначения, приведены методы контроля и испытаний оболочек. Требования стандарта распространяются на электрооборудование напряжением не более 72,5 кВ

Под степенью защиты понимается способ защиты, проверяемый стандартными методами испытаний, который обеспечивается оболочкой от доступа к опасным частям (опасным токоведущим и опасным механическим частям), попадания внешних твердых предметов и (или) воды внутрь оболочки. Степень защиты обозначается так называемым кодом IP, который включает в себя следующие элементы:

- буквы «IP» кода, являющиеся сокращением слов «International Protection» (международная защита);
- первую характеристическую цифру (цифры от 0 до 6 либо заменяющая их буква «X»);
- вторую характеристическую цифру (цифры от 0 до 8 либо заменяющая их буква «X»);
- дополнительную букву (буквы «A», «B», «C», «D»);
- вспомогательную букву (буквы «H», «M», «S»).

В коде IP одна или обе характеристические цифры могут быть заменены буквой «X», когда отсутствует необходимость нормирования степени защиты. Если в коде используются несколько

дополнительных букв, они располагаются в алфавитном порядке. Дополнительные и вспомогательные буквы опускаются в коде без замены. Например: IP54, IP2X, IPX1, IPXX, IP20C, IPXXC. Первая характеристическая цифра указывает на степень защиты, обеспечиваемой оболочкой:

- людей от доступа к опасным частям, предотвращая или ограничивая проникновение внутрь оболочки какой-либо части тела или предмета, находящегося в руках у человека;
- оборудования, находящегося внутри оболочки, от проникновения внешних твердых предметов.

Если первая характеристическая цифра равна 0, то оболочка не обеспечивает защиту ни от доступа к опасным частям, ни от проникновения внешних твердых предметов. Первая характеристическая цифра, равная 1, указывает на то, что оболочка обеспечивает защиту от доступа к опасным частям тыльной стороной руки, 2 - пальцем, 3 - инструментом, 4, 5 и 6 - проволокой. При первой характеристической цифре, равной 1, 2, 3 и 4, оболочка обеспечивает защиту от внешних твердых предметов диаметром больше или равным соответственно 50, 12,5, 2,5 и 1,0 мм. При цифре 5 оболочка обеспечивает частичную, а при цифре 6 - полную защиту от пыли. Вторая характеристическая цифра указывает степень защиты оборудования от вредного воздействия воды, которую обеспечивает оболочка.

Если вторая характеристическая цифра равна 0, то оболочка не обеспечивает защиту от вредного воздействия воды. Вторая характеристическая цифра, равная 1, указывает на то, что оболочка обеспечивает защиту от вертикально падающих капель воды; 2 - от вертикально падающих капель воды, когда оболочка отклонена на угол до 15°; 3 - от воды, падающей в виде дождя; 4 - от сплошного обрызгивания; 5 - от водяных струй; 6 - от сильных водяных струй; 7 - от воздействия при временном (непродолжительном) погружении в воду; 8 - от воздействия при длительном погружении в воду. Оболочки, имеющие в своем коде IP вторую характеристическую цифру 7 или 8, могут быть ограниченного или двойного использования. Оболочки ограниченного использования не предназначены для защиты от воздействия струй воды и не должны удовлетворять требованиям, соответствующим цифрам 5 или 6.

Оболочки двойного использования предназначены для защиты и от погружения в воду, и от воздействия струй воды. Маркировка этих оболочек выполняется так: IPX5/IPX7, IPX6/IPX7, IPX5/IPX8, IPX6/IPX8.

- Дополнительная буква обозначает степень защиты людей от доступа к опасным частям и указывается в том случае, если:

- действительная степень защиты от доступа к опасным частям выше степени защиты, указанной первой характеристической цифрой;

- обозначена только защита от вредного воздействия воды, а первая характеристическая цифра заменена символом «X». Степень защиты оболочки может быть обозначена дополнительной буквой только в том случае, если она удовлетворяет всем более низким по уровню степеням защиты, например: IP1XB, IP1XC, IP1XD, IP2XC, IP2XD, IP3XD. Дополнительная буква «A» указывает на то, что оболочка обеспечивает защиту от доступа к опасным частям тыльной стороной руки, «B» - пальцем, «C» - инструментом, «D» - проволокой.

- Вспомогательная буква «H» обозначает высоковольтное электрооборудование. Вспомогательные буквы «M» и «S» указывают на то, что оборудование с движущимися частями во время испытаний на соответствие степени защиты от вредных воздействий, связанных с проникновением воды, находится соответственно в состоянии движения или неподвижности. На пересечении уровней защиты по проникновению влаги и механических частиц показаны все практически достижимые и существующие степени защиты по этому стандарту. Так, например, степень защиты IP 38 - абсурдна, поскольку погружение изделия в воду не может быть реализовано при защите изделия от проникновения механических частиц размером более 2,5 мм.

Полная международная версия содержит три цифры после IP, например, IP653, а не две. Третья цифра означает сопротивление ударным нагрузкам.

Раздел 3. Монтаж основного электрооборудования.

3.1. Монтаж трансформаторов и автотрансформаторов.

Установка силовых трансформаторов на ОРУ и в ЗРУ.

Требования распространяются на стационарную установку в помещениях и на открытом воздухе силовых и регулировочных трансформаторов (автотрансформаторов) и масляных реакторов (в том числе дугогасящих заземляющих) с высшим напряжением 3 кВ и выше и не распространяются на электроустановки специального назначения. Установка вспомогательного оборудования трансформаторов (электродвигателей системы охлаждения, контрольно-измерительной аппаратуры,

устройств управления) должна отвечать требованиям соответствующих глав настоящих Правил. Для установки на открытом воздухе в макроклиматических районах с холодным климатом должны применяться трансформаторы специального исполнения (ХИ). Выбор параметров трансформаторов должен производиться в соответствии с режимами их работы. При этом должны быть учтены как длительные нагрузочные режимы, так и кратковременные и толчковые нагрузки, а также возможные в эксплуатации длительные перегрузки. Это требование относится ко всем обмоткам многообмоточных трансформаторов. Трансформаторы должны быть установлены так, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях без снятия напряжения. Для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях должно быть предусмотрено освещение маслоуказателей в темное время суток, если общее освещение недостаточно. К газовым реле трансформаторов должен быть обеспечен безопасный доступ для наблюдения и отбора проб газа без снятия напряжения. Для этого трансформаторы, имеющие высоту от уровня головки рельса до крышки бака 3 м и более, должны снабжаться стационарной лестницей. На крышках и баках трансформаторов допускается установка вентильных разрядников не выше 35 кВ, соответствующих требованиям действующего ГОСТ для разрядников, устанавливаемых на крышке трансформатора. Для трансформаторов, имеющих катки, в фундаментах должны быть предусмотрены направляющие. Для закрепления трансформатора на направляющих должны быть предусмотрены упоры, устанавливаемые с обеих сторон трансформатора. Трансформаторы массой до 2 т, не снабженные катками, допускается устанавливать непосредственно на фундаменте. На фундаментах трансформаторов должны быть предусмотрены места для установки домкратов, применяемых для создания уклона трансформатора. Уклон масляного трансформатора, необходимый для обеспечения поступления газа к газовому реле, должен создаваться путем установки подкладок под катки. При установке расширителя на отдельной конструкции она должна располагаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента. В этом случае газовое реле должно располагаться вблизи трансформатора в пределах удобного и безопасного обслуживания со стационарной лестницы. Для установки расширителя может быть использован портал ячейки трансформатора. Трансформаторы должны устанавливаться так, чтобы отверстие выхлопной трубы не было направлено на близко установленное оборудование. Для выполнения этого требования допускается установка заградительного щита против отверстия трубы. Вдоль путей перекачки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 т должны быть предусмотрены анкеры, позволяющие закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекачке трансформаторов в обоих направлениях на собственных катках. В местах изменения направления движения должны быть предусмотрены площадки для установки домкратов. Расстояние в свету между открыто установленными трансформаторами должно быть не менее 1,25 м. Указанное расстояние принимается до наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от поверхности земли. При единичной мощности открыто установленных трансформаторов 110 кВ и выше (как трехфазных, так и однофазных) 63 МВ*А и более между ними или между ними и трансформаторами любой мощности (включая регулировочные, собственных нужд и др.) должны быть установлены разделительные перегородки, если расстояние в свету между трансформаторами принято менее 15 м для свободно стоящих трансформаторов и менее 25 м для трансформаторов, установленных вдоль наружных стен зданий электростанций на расстоянии от стен менее 40 м. Разделительные перегородки должны иметь предел огнестойкости не менее 1,5 ч, ширину не менее ширины маслоприемника (гравийной подсыпки) и высоту не менее высоты вводов высшего напряжения. Перегородки должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Расстояние в свету между трансформатором и перегородкой должно быть не менее 1,5 м. Если трансформаторы собственных нужд или регулировочные установлены с силовым трансформатором, оборудованным автоматическим стационарным устройством пожаротушения, и присоединены в зоне действия защиты от внутренних повреждений силового трансформатора, то допускается вместо разделительной перегородки выполнять автоматическую стационарную установку пожаротушения трансформатора собственных нужд или регулировочного, объединенную с установкой пожаротушения силового трансформатора. Последовательные регулировочные трансформаторы должны устанавливаться в непосредственной близости от регулируемых трансформаторов. Следует предусматривать возможность их перекачки по общему пути. Трансформаторы 500 кВ независимо от их мощности, а также 220-330 кВ мощностью 200 МВ*А и более должны оборудоваться стационарными автоматическими установками пожаротушения. Автоматический пуск установки пожаротушения должен дублироваться дистанционным пуском со щита управления и ручным пуском. Устройства ручного пуска должны располагаться в месте, не подверженном действию огня. Включение установки пожаротушения трехфазной группы трансформаторов должно производиться только на поврежденные фазы. Каждый масляный трансформатор, размещаемый внутри помещений, следует устанавливать в отдельной камере,

расположенной в первом этаже и изолированной от других помещений здания. Допускается установка масляных трансформаторов на втором этаже, а также ниже уровня пола первого этажа на 1 м в незатопляемых зонах при условии обеспечения возможности транспортирования трансформаторов наружу и удаления масла в аварийных случаях в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.101, п. 2, как для трансформаторов с массой масла более 600 кг.

В случаях необходимости установки трансформаторов внутри помещений выше второго этажа или ниже уровня пола первого этажа более чем на 1 м они должны быть с негорючим заполнением или сухими в зависимости от условий окружающей среды и технологии производства. При размещении трансформаторов внутри помещений следует руководствоваться также 4.2.80. Допускается установка в одной общей камере двух масляных трансформаторов мощностью не более 1 МВ*А каждый, имеющих общее назначение, управление и защиту и рассматриваемых как один агрегат. Сухие трансформаторы или имеющие негорючее заполнение могут устанавливаться в общей камере в количестве до 6 шт., если это не вызывает усложнения в эксплуатации при проведении ремонта. Для трансформаторов, устанавливаемых внутри помещений, расстояния в свету от наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от пола, должны быть не менее:

а) до задней и боковых стен - 0,3 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ*А и 0,6 м для трансформаторов большей мощности,

б) со стороны входа: до полотна двери или выступающих частей стены - 0,6 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ*А, 0,8 м для трансформаторов более 0,4 до 1,6 МВ*А и 1 м для трансформаторов мощностью более 1,6 МВ*А.

Пол камер масляных трансформаторов должен иметь *уклон 2%* в сторону маслоприемника.

Непосредственно за дверью камеры допускается устанавливать на высоте 1,2 м барьер (для осмотра трансформатора с порога, без захода в камеру).

В камерах трансформаторов могут устанавливаться относящиеся к ним разъединители, предохранители и выключатели нагрузки, разрядники и дугогасящие заземляющие реакторы, а также оборудование системы охлаждения.

Каждая камера масляных трансформаторов должна иметь отдельный выход наружу или в смежное помещение с несгораемым полом, стенами и перекрытием, не содержащее огнеопасных и взрывоопасных предметов, аппаратов и производств.

Камеры, из которых трансформаторы выкатываются в цех, должны соответствовать требованиям.

Расстояние по горизонтали от дверного проема трансформаторной камеры встроенной или пристроенной подстанции до проема ближайшего окна или двери помещения должно быть не менее 1 м.

Выкатка трансформаторов мощностью более 0,1 МВ*А из камер во внутренние проезды шириной менее 5 м между зданиями не допускается. Это требование не распространяется на камеры, выходящие в проходы и проезды внутри производственных помещений.

Вентиляционная система камер трансформаторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты и не должна быть связана с другими вентиляционными системами.

Стенки вентиляционных каналов и шахт должны быть выполнены из несгораемых материалов и должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Вентиляционные шахты и проемы должны быть расположены таким образом, чтобы в случае образования или попадания в них влаги она не могла стекать на трансформаторы, либо должны быть применены меры для защиты трансформатора от попадания влаги из шахты.

Вентиляционные проемы должны быть закрыты сетками с размером ячейки 1x1 см и защищены от попадания через них дождя и снега.

Вытяжные шахты камер трансформаторов, пристроенных к зданиям с несгораемыми стенами, но имеющим кровлю из сгораемого материала, должны быть отнесены от стен здания не менее чем на 1,5 м, или же конструкции кровли из сгораемого материала должны быть защищены парпетом из несгораемого материала высотой не менее 0,6 м. Вывод шахт выше кровли здания в этом случае не обязателен.

Отверстия вытяжных шахт не должны располагаться против оконных проемов зданий. При устройстве выходных вентиляционных отверстий непосредственно в стене камеры они не должны располагаться под выступающими элементами кровли из сгораемого материала или под проемами в стене здания, к которому камера примыкает.

Если над дверью или выходным вентиляционным отверстием камеры трансформатора имеется окно, то под окном следует устраивать козырек из несгораемого материала с вылетом не менее 0,7 м. Длина козырька должна быть больше ширины окна не менее чем на 0,8 м в каждую сторону.

Трансформаторы с искусственным охлаждением должны быть снабжены устройствами для автоматического пуска и останова устройства системы охлаждения.

Автоматический пуск должен осуществляться в зависимости от температуры верхних слоев масла или температуры обмотки и независимо от этого по току нагрузки трансформатора.

При применении выносных охлаждающих устройств или устройств охлаждения системы ДЦ они должны размещаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента и допускать проведение их ремонта при работающем трансформаторе. Поток воздуха от вентиляторов дутья не должен быть направлен на бак трансформатора.

Расположение задвижек охлаждающих устройств должно обеспечивать удобный доступ к ним, возможность отсоединения трансформатора от системы охлаждения или отдельного охладителя от системы и выкатки трансформатора без слива масла из охладителей.

Охлаждающие колонки и другое оборудование в системе охлаждения Ц должны располагаться в помещении, температура в котором не снижается ниже плюс 5 °С.

В необходимых случаях должно быть предусмотрено отопление.

Внешние маслопроводы систем охлаждения ДЦ и Ц должны выполняться из нержавеющей стали или материалов, устойчивых против коррозии.

Расположение маслопроводов около трансформатора не должно затруднять обслуживание трансформатора и охладителей и должно обеспечивать минимальную работу при выкатке трансформатора. При необходимости должны быть предусмотрены площадки и лестницы, обеспечивающие удобный доступ к задвижкам и вентиляторам дутья.

Для контроля работы маслососов системы ДЦ и Ц и водяных насосов у каждого насоса должен быть предусмотрен манометр. При наличии сетчатых фильтров манометры должны устанавливаться на входе масла в фильтр и выходе из фильтра.

При выносной системе охлаждения, состоящей из отдельных охладителей, все размещаемые в один ряд одиночные или двоянные охладители должны устанавливаться на общий фундамент.

Групповые охлаждающие установки могут размещаться как непосредственно на фундаменте, так и на рельсах, уложенных на фундамент, если предусматривается выкатка этих установок на своих катках.

Шкафы управления электродвигателя систем охлаждения ДЦ, Д и Ц должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Навешивание шкафа управления на бак трансформатора допускается, если шкаф и устанавливаемое в нем оборудование рассчитаны на работу в условиях вибрации, создаваемой трансформатором.

Трансформаторы с искусственным охлаждением должны быть снабжены сигнализацией о прекращении циркуляции масла, охлаждающей воды или остановке вентиляторов дутья, а также об автоматическом включении резервного охладителя или резервного источника питания.

Для шкафов приводов устройств регулирования напряжения под нагрузкой должен быть предусмотрен электрический подогрев с автоматическим управлением.

Адсорберы, предназначенные для очистки масла в трансформаторах и устанавливаемые в системе охлаждения Ц, должны размещаться в помещении, причем должна быть обеспечена возможность замены адсорбента на месте.

Эластичные резервуары азотной защиты масла трансформатора должны быть защищены от солнечного излучения и от воздействия температуры ниже минус 35 °С.

Для ремонта без разборки активной части трансформаторов до 330 кВ при массе кожуха или выемной части не более 25 т должны быть предусмотрены совмещенные порталы либо должна быть обеспечена возможность подъема кожуха или активной части трансформатора передвижными кранами или инвентарными устройствами. При этом должна быть обеспечена возможность откатки кожуха или активной части и установки инвентарного устройства (шатра) для закрытия активной части.

Стационарные устройства для ремонта трансформаторов без разборки активной части (башни, оборудованные мостовыми кранами) должны предусматриваться:

на подстанциях 500 кВ и на подстанциях 330 кВ с трансформаторами 200 МВ*А и более, расположенных в труднодоступных или удаленных местах, с которых нецелесообразна отправка трансформаторов на ремонтные заводы;

на ОРУ электростанций при установке на них трансформаторов, если трансформаторы невозможно доставить на монтажную площадку гидроэлектростанции или ремонтную площадку машинного зала тепловой электростанции.

При наличии на подстанциях до 330 кВ трансформаторов без съемного кожуха с массой выемной активной части более 25 т для ремонта должны быть предусмотрены стационарные или инвентарные грузоподъемные устройства, связанные с фундаментом трансформатора железнодорожным путем.

При открытой установке трансформаторов вдоль машинного зала электростанции должна быть обеспечена возможность перекачки трансформатора к месту ремонта без разборки трансформатора,

снятия вводов и разборки поддерживающих конструкций токопроводов, порталов, шинных мостов и т. п.

Для демонтажа и монтажа узлов трансформатора и системы охлаждения должен быть обеспечен подъезд автокранов соответствующей грузоподъемности и длины стрелы или должны быть предусмотрены другие способы механизации монтажных работ на месте установки трансформатора. Грузоподъемность крана в трансформаторной башне должна быть рассчитана на массу кожуха трансформатора.

***Классификация силовых трансформаторов по ГОСТам. Разделение по габаритам.
Обозначение типов.***

Силовые трансформаторы общего назначения в зависимости от напряжения и мощности условно подразделяются на группы или габариты. Трансформаторы мощностью от 25 до 100 *кВА* включительно относятся к габариту I, мощностью от 160 до 630 *кВА* — к габариту II, мощностью от 1000 до 6300 *кВА* — к габариту III, мощностью 10 000 *кВА* и более с напряжением 35 *кВ* и все трансформаторы с напряжением ПО *кВ* обмотки ВН — к габариту IV, мощностью 40 000 *кВА* и более с напряжением 220 *кВ* обмоток ВН и выше — к габариту V и мощностью 10 0000 *кВА* и выше — к габариту VI. Трансформаторы указанных выше мощностей чаще изготавливаются масляными, т. е. с активной частью, опущенной с целью лучшего охлаждения и повышения прочности изоляции в бак с маслом. Однако трансформаторы мощностью до 1000—1600 *кВА* и напряжением до 10—15 *кВ* могут изготавливаться также и сухими, т. е. с воздушным охлаждением. Система охлаждения трансформатора входит в условное обозначение его типа.

Обозначение типа трансформатора состоит из двух частей — буквенной и цифровой.

Первая буква Т или О означает число фаз (трехфазный или однофазный). Иногда у специальных трансформаторов перед этой буквой стоит буква, соответствующая назначению трансформатора, например буква Э означает «Электропечной», А — автотрансформатор.

На втором месте, после буквы Т или О, стоит буква (или две буквы), означающая систему охлаждения: М — естественное масляное, Д — масляное с дутьем и естественной циркуляцией масла, ДЦ — масляное с дутьем и принудительной циркуляцией масла, Ц — масляно-водяное с принудительной циркуляцией масла, Н — естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком, С — естественное воздушное при открытом исполнении, СЗ — естественное воздушное при защищенном исполнении.

На третьем месте стоит буква, означающая характерную особенность данного типа трансформатора, например: Т — трехобмоточный, Н — регулирование под нагрузкой, Р — для питания ртутных выпрямителей.

Буква Г, стоящая последней, означает «грозоупорный», т. е. трансформатор имеет емкостную защиту от перенапряжений.

В связи с тем что вновь разрабатываемые серии трансформаторов и их специальные назначения требуют новых буквенных обозначений, дать полный их перечень не представляется возможным.

Цифровая часть обозначения состоит из двух чисел. Первое число (числитель) означает номинальную мощность трансформатора в *кВА*, второе число (знаменатель) означает класс напряжения обмотки ВН в *кВ*.

В качестве примера предлагается расшифровка обозначения типа трансформатора ТДТН-6300/35: трехфазный, с дутьевым охлаждением, трехобмоточный, с регулированием напряжения под нагрузкой, мощностью 6300 *кВА*, с обмоткой ВН на напряжение 35 *кВ*.

Выводные концы обмоток присоединяются к проходным фарфоровым изоляторам, называемым вводами и устанавливаемым на крышке бака (или на его стенке, у трансформаторов малой мощности и у сухих трансформаторов).

Вводы (согласно основному ГОСТ 11677—65 «Трансформаторы силовые. Общие технические требования») должны располагаться таким образом, чтобы их последовательность (слева направо), если смотреть со стороны вводов высшего напряжения, была в соответствии с указанной ранее.

Основные параметры и технические требования трехфазных силовых трансформаторов должны соответствовать: для трансформаторов мощностью от 25 до 630 *кВА* — ГОСТ 12022—66, для трансформаторов мощностью от 1000 до 80000 *кВА* — ГОСТ 11920—66.

Значения номинальных мощностей соответствуют шкале мощностей, содержащейся в указанных ГОСТах, а именно: 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300 *кВА*. Значения номинальных напряжений соответствуют шкале напряжений, содержащейся в ГОСТ 721—62.

Обмотки ВН имеют следующие значения номинальных линейных напряжений: 6000, 10 000, 20 000, 35 000 в. Обмотки НН имеют значения линейных напряжений, равные 230, 400, 690, 3150, 6300, 10 500, 11000 в. Схемы соединений обмоток могут быть следующими: для обмоток ВН — Y, Y, Δ и для обмоток НН — Y, Δ, Y.

Для трансформаторов с другими значениями мощности и напряжений и для специальных трансформаторов существуют другие стандарты или ведомственные технические условия, которым эти трансформаторы должны удовлетворять.

В данной книге рассматриваются в основном только трехфазные масляные двухобмоточные силовые трансформаторы габаритов I, II и III мощностью от 25 до 6300 *кв*а и с высшим напряжением до 35 *кв*. Менее подробно рассмотрены лишь некоторые типы специальных трансформаторов: трехобмоточные, для питания ртутных выпрямителей и автотрансформаторы. Специальные трансформаторы также могут быть отнесены к тому или другому габариту в зависимости от их типовой мощности.

Силовые трансформаторы на более высокие напряжения и мощности и другие типы специальных трансформаторов, в том числе и сухие, требуют значительного расширения объема книги и поэтому здесь не рассматриваются, а лишь по некоторым из них попутно приводятся отдельные сведения.

До прибытия трансформатора на место установки должны быть подготовлены железнодорожные пути перекачки и фундамент для установки трансформатора.

Монтажную площадку для производства разгерметизации, установки комплектующих узлов и других работ готовят либо на месте установки трансформатора, либо на подстанционных железнодорожных путях с учетом удобства размещения комплектующих узлов, необходимых для монтажа оборудования и механизмов, производства работ, связанных с подготовкой и заливкой маслом.

Размеры монтажной площадки должны обеспечивать свободное и удобное размещение на ней подъемного и технологического оборудования, подготовленных для установки комплектующих узлов, иметь подъезды для перемещения механизмов и обеспечения противопожарной безопасности. На монтажной площадке устанавливают силовой шкаф электроснабжения необходимой мощности, технологические емкости для масла, передвижное или стационарное помещение для дежурного персонала и хранения инструмента, приборов и материалов. Площадку оборудуют средствами пожаротушения, телефоном. Она должна быть достаточно освещена. На некоторых подстанциях имеются башни ТМХ специально предназначенные для монтажа и ремонта трансформаторов, которые могут быть использованы как монтажная площадка.

Технико-экономические расчеты и калькуляцию трудозатрат производят в соответствии с утвержденными нормами и расценками. При выполнении работ кроме имеющихся ПОР и ППР необходимо руководствоваться также сопроводительной технической документацией на трансформаторы завода-изготовителя, которая включает в себя инструкции по выполнению монтажных работ, необходимые сборочные чертежи, данные заводских испытаний, документацию по монтажу отдельных комплектующих узлов. Выполнение отдельных работ, таких как монтаж защит, подключение силовых и контрольных кабелей, ошиновка и другие, производят по проектной документации данной подстанции.

Требования к помещениям с силовыми трансформаторами

Силовые трансформаторы (автотрансформаторы) по габаритам разделяют на шесть основных видов:

- мощностью 5—100 кВ-А, напряжением до 35 кВ включительно;
 - мощностью 135—630 кВ-А, напряжением до 35 кВ включительно;
 - мощностью 750—6300 кВ-А, напряжением до 35 кВ включительно;
- мощностью от 7500 кВ-А и до 75000 кВ-А включительно напряжением от 35 кВ и до 110 кВ; мощностью выше 75 000 кВ-А напряжением до 110 кВ включительно и независимо от мощности до 330 кВ включительно; VI — все трансформаторы для классов напряжения 400—750 кВ.

По конструктивному исполнению силовые трансформаторы (в дальнейшем — трансформаторы) разделяют на сухие, масляные и с жидким негорючим диэлектриком.

Трансформаторы устанавливают в помещениях и на открытом воздухе на специальных фундаментах. Конструктивное исполнение и габариты трансформаторов определяют требования к фундаментам и помещениям для их установки, а также к путям передвижения в монтажной зоне. Трансформаторы 35 кВ мощностью 25 000 кВ-А и выше, а также все трансформаторы 110 кВ снабжены катками на поворотных каретках, позволяющими осуществлять продольное и поперечное передвижение их в пределах ОРУ и подстанций. Трансформаторы 1000—1600 кВ-А напряжением 6—35 кВ снабжены переставными катками для продольного и поперечного передвижения. Трансформаторы меньшей мощности имеют в своей конструкции салазки. Масляные трансформаторы, размещаемые внутри помещений, устанавливают в отдельных камерах (исключение — масляный трансформатор до 630 кВ-А или два масляных трансформатора каждый до 400 кВ-А устанавливают в общем помещении с РУ с отделением от остальной части помещения огнестойкой перегородкой), расположенных на первых этажах, имеющих выходы наружу. Допускается установка масляных трансформаторов на

втором этаже, а также ниже уровня пола первого этажа на 1 м в незатопляемых зонах при условии обеспечения возможности транспортировки трансформаторов наружу и удаления масла в аварийных случаях. При установке выше второго этажа или ниже уровня пола более чем на 1 м применяют трансформаторы с негорючим диэлектриком или сухие. В одной общей камере может размещаться два масляных трансформатора мощностью не более 1000 кВ-А каждый, имеющих общее назначение, управление и защиту и рассматриваемых как один агрегат. Трансформаторы с негорючим заполнением и сухие могут устанавливаться в общей камере, если их не более шести. На открытом воздухе трансформаторы размещают на фундаментах ОРУ и подстанций, а также у стен зданий промышленных предприятий. При расположении маслonaполненных трансформаторов у стен зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам) на расстоянии от них более 10 м, считая от наиболее выступающих частей трансформаторов на высоте менее 1,9 м от поверхности земли, в пределах участков шириной Б (рис. 22) специальных требований к стенам, окнам и дверям не предъявляют. При меньшем расстоянии до стен в пределах участков шириной Б: до высоты д, соответствующей уровню крышки трансформатора, окна не размещают; при расстоянии $г < 5$ м и степени огнестойкости зданий IV и V окна не размещают на всей стене; на высоте от д до д+е устраивают окна неоткрывающейся конструкции с заполнением армированным стеклом или стеклоблоками; на высоте более д+е устанавливают окна обычной конструкции, открывающиеся внутрь, оконные проемы защищают снаружи металлическими сетками с отверстиями не более 25x25 мм. Кроме того, вдоль всех трансформаторов образуют проезды шириной не менее 3 м или пожарные подъезды к каждому из них. К началу работ по монтажу трансформатора на ОРУ выполняют все строительные работы по фундаменту и нулевому циклу на месте установки трансформатора, включая планировку площади, окончание дорог и подъездов, устройство дренажей и т. п. Оставшийся на месте работ строительный мусор убирается. Маслосборная яма вокруг трансформатора на время монтажных работ закрывается настилом. Заканчивается строительство и сдаются в эксплуатацию пожарный водопровод или водоем. Для трансформаторов до 32 000 кВ-А при неготовности стационарных устройств к месту монтажа доставляют цистерну с водой емкостью 3—5 м³ и мотопомпу. Кроме того, готовят предусмотренное проектом помещение трансформаторно-масляного хозяйства, площадку вблизи трансформатора для его сборки, надежную систему электроснабжения, стационарное масляное хозяйство, пути перекачки трансформатора от места сборки до фундамента. Строительная организация предъявляет исполнительную документацию, объем которой зависит от конструкции фундамента (сборный железобетон или железобетон в монолите), наличия путей для перекачки трансформатора и грузоподъемного устройства. В большинстве случаев приемку фундаментов трансформатора под монтаж связывают с готовностью трассы для перевозки трансформатора от места разгрузки на станции железной дороги. Трасса считается готовой, если ширина проезжей части составляет не менее 4,5 м; продольные уклоны проезжей части не превышают 6°, в том числе на участках протяженностью до 0,5 км — 7°; поперечные уклоны проезжей части на прямых не более 2,5, на виражах 3,5 радиусы кривых проезжей части в плане для автомобилей и прицепов-тяжеловозов не менее 30, для саней 10 м; искусственные сооружения (мосты, дамбы, трубы) имеют грузоподъемность, обеспечивающую безопасный провоз трансформатора; при недостаточной грузоподъемности искусственных сооружений производится их усиление в соответствии с проектом. Работы, связанные с ревизией трансформатора, при отсутствии специального помещения для его сборки, могут выполнять в одном из цехов предприятия, имеющем подъемные устройства соответствующей грузоподъемности. До начала работ в цехе проверяют: наличие у грузоподъемного устройства паспорта с указанием допустимой нагрузки и дату его испытания; наибольшую высоту от пола до крюка подъемного устройства для возможности подъема активной части или колокола бака; размеры ворот помещения для транспортировки из цеха смонтированного трансформатора с установленными вводами, расширителем, радиаторами, выхлопной трубой; наличие ограждения места, отведенного для монтажа трансформатора. Если полная сборка трансформатора по условиям транспортировки из цеха невозможна, дополнительно обуславливают окончание сборки вне помещения. Применяемые для передвижения трансформаторов на собственных катках пути проверяют на соответствие проекту. Критериями оценки являются исправность пути, его горизонтальность, надежность креплений рельсов к шпалам и фундаментам, наличие полного комплекта подкладок, соединителей и болтов. * Ширина колеи в числителе относится к гладким каткам, в знаменателе — к каткам с ребордой. При наличии продольного криволинейного пути ориентируются на минимальный допустимый радиус кривой, равный при ширине колеи 1524 мм — 420 м и при ширине колеи 2000 мм — 660 м. Проверяют наличие вдоль путей перекачки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 т — анкеров, позволяющих закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекачке трансформаторов в обоих направлениях на собственных катках. При изменении в пределах подстанции направления перекачки трансформатора на собственных катках

проверяют наличие опор для установки домкратов и совпадение их с опорными площадками на трансформаторах. Возможность закрепления трансформатора на фундаменте проверяют по наличию на рельсах (или направляющих из другого металлопроката) двух пар упоров, устанавливаемых с обеих сторон трансформатора, из которых одна пара съемная, размещаемая со стороны пути перекачки. При приемке под монтаж фундаментов маслонеполненных трансформаторов, расположенных на ОРУ, с маслом более 1 т проверяют окончание строительных работ по маслоприемникам, маслоотводам и маслосборникам. Проверке подлежат: размеры выхода маслоприемника за габариты трансформатора; объем маслоприемника; возможность отвода масла из маслоприемника в маслосборник, исключающая переток масла из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным каналам и другим подземным сооружениям, засорение маслопровода; наличие металлических решеток, перекрывающих заглубленный маслоприемник без отвода масла, и насыпанного поверх них толщиной не менее 0,25 м слоя чистого гравия или промытого гранитного щебня либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм; наличие бортовых ограждений высотой не менее 0,25 м и не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки незаглубленного маслоприемника. При оценке размеров маслоприемника учитывают следующие нормы: объем маслоприемника обеспечивает одновременный прием 100% масла, содержащегося в корпусе трансформатора; габариты маслоприемника выступают за габариты трансформатора не менее чем на 0,6 м — при массе масла до 2000 кг, 1 м — при массе масла от более 2000 до 10 000 кг, 1,5 м — при массе масла от более 10 000 до 50 000 кг, 2 м — при массе масла более 50 000 кг (габариты маслоприемника могут быть уменьшены на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора на расстоянии менее 2 м).

При приемке под монтаж закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения подстанций и камер трансформаторов, в которых устанавливаются трансформаторы с массой масла до 600 кг, при расположении камер на первом этаже с дверьми, выходящими наружу, маслосборные устройства не требуются. При массе масла в трансформаторе более 600 кг проверяют наличие пандуса или порога из несгораемого материала в дверном проеме камеры или в проеме вентиляционного канала, рассчитанного на удержание 20% масла трансформатора. Одновременно оценивают принятие мер против растекания масла через кабельные коммуникации.

Если камера трансформатора расположена над подвалом или на втором этаже, а также при выходе из камер во взрывной коридор, выполнение требований при устройстве маслоприемников проверяют следующим образом: при массе масла в трансформаторе до 600 кг должен быть приямок, рассчитанный на полный объем масла, или порог (пандус) у выхода из камеры, обеспечивающий удержание полного объема масла; при массе масла более 600 кг должен быть маслоприемник, вмещающий не менее 20% полного объема масла в трансформаторе и имеющий отвод в дренажную систему, или маслоприемник рассчитанный на полный объем масла.

При приемке под монтаж камер масляных трансформаторов проверяют также окончание всех строительных работ, включая побелку помещения, наличие предусмотренных проектом вентиляционных отверстий и закрытие их жалюзийными решетками с сетками (ячеек 15X15 мм), устройство полов с уклоном в сторону маслоприемника, равным 2%, навеску ворот. При осмотре дверей (ворот) устанавливают выполнение следующих условий. Ворота, открываемые в производственные или другие помещения, не относящиеся к данной подстанции или находящиеся между отсеками взрывных коридоров и РУ если в камерах размещаются трансформаторы с массой масла более 600 кг имеют несгораемую конструкцию. В остальных случаях ворота могут быть выполнены из сгораемых материалов (деревянные). Ворота с шириной створки более 1,5 м, используемые для выхода персонала, имеют калитку. Деревянные ворота и калитки выполнены из досок толщиной не менее 40 мм, не имеют перекосов, скреплены по углам металлическими угольниками. Независимо от конструкции ворота снаружи имеют запоры, открываются наружу на угол 150—180°, плотно входят в проем ворот, не оставляя щелей. В камерах трансформаторов также проверяют: наличие направляющих и их соответствие конструкции катков трансформатора, надежность крепления направляющих к основанию, наличие устройства (крюк, анкер) для затягивания трансформатора в камеру, соответствие размещения проемов и устройств для токоподвода.

Параллельная и совместная работа трансформаторов.

При (параллельной работе первичные обмотки трансформаторов включены на общую первичную сеть, а историчные обмотки—на общую вторичную сеть. Параллельно могут быть включены два и более трансформаторов. Параллельная работа целесообразна при суточных или сезонных колебаниях нагрузки, а также в случае, когда нагрузка подстанции увеличивается постепенно, в течение ряда лет. Параллельная работа трансформаторов позволяет при снижении нагрузки отключать часть трансформаторов, уменьшая расход энергии «а покрытие магнитных потерь в них. При этом проще

решается проблема резервирования, так как в случае выхода из строя какого-либо трансформатора остальные могут полностью или частично принять на себя его нагрузку. Когда нагрузка подстанции увеличивается постепенно, устанавливают несколько трансформаторов последовательно по мере роста нагрузки.

Параллельное включение трансформаторов применяют и в более сложных случаях, например, когда сеть низшего напряжения (осветительная) имеет большую протяженность. Такую сеть питают несколькими трансформаторами в различных местах, что уменьшает падение напряжения в линии и дает возможность применять провода меньшего сечения для устройства такой линии. Так как нагрузка обычно неравномерно распределена по длине линии, трансформаторы размещают в главных пунктах нагрузки.

В некоторых случаях используют совместную работу нескольких трансформаторов на общую сеть нагрузки, первичные обмотки которых включены

в различные сети с различными напряжениями. Например, в местности, где благодаря обилию гидравлической энергии сооружают несколько гидравлических электростанций, появляются несколько линий электропередачи. В точках пересечения линий электропередачи возникают пункты отбора энергии и электроснабжение определенного района производится несколькими электростанциями. Трансформаторы, включенные на одну и ту же сеть низкого напряжения в нескольких ее пунктах, со стороны высшего напряжения включены в различные сети с различными первичными напряжениями.

Основной трудностью, возникающей при параллельной работе трансформаторов, является обеспечение равномерного распределения нагрузки между ними. При включении на параллельную работу трансформаторов, одинаковых по мощности и конструкции, нагрузка равномерно распределяется между ними автоматически благодаря симметрии всех параллельных цепей. Однако на практике приходится часто включать параллельно трансформаторы, не одинаковые по мощности и различные в конструктивном отношении. В этом случае равномерное распределение нагрузок между параллельно работающими трансформаторами часто оказывается невозможным. При параллельном включении трансформаторов их вторичные обмотки образуют замкнутую цепь, в которой не должно возникать каких-либо неуравновешенных напряжений или э. д. с, т. е. сумма э. д. с. вторичных обмоток должна быть равна нулю. Ниже приведены несколько основных условий, соблюдением которых достигается нормальная работа электрооборудования:

Первое и пожалуй, наиболее важное - это соответствие фазировки двух трансформаторов. При несоблюдении этого условия, и включении их на одни шины произойдет междуфазное короткое замыкание. Фазировка высоковольтного оборудования выполняется довольно легко, по цепям вторичного напряжения, снимаемым с обмоток трансформаторов напряжения.

Вторым неизменным условием параллельной работы этих электрических машин, является равенство первичных и вторичных напряжений. Тут все предельно понятно: нельзя включить трансформатор на напряжение, которое не соответствует его классу изоляции. Из этого же условия вытекает равенство коэффициентов трансформации (согласно Правил Технической Эксплуатации Электроустановок Потребителей (ПТЭЭП), разница между ними должна быть в диапазоне $\pm 0,5\%$). Так как коэффициент трансформации это отношение вторичного напряжения к первичному, а они у нас равны, то и сам коэффициент одинаков. Третьим условием является равенство напряжений короткого замыкания. Термин напряжение короткого замыкания характеризует потери в обмотках трансформатора. Чем выше $U_{кз}$, тем больше сопротивление обмотки.

Соответственно, трансформатор, имеющий меньшее $U_{кз}$, будет "брать" на себя больше нагрузку и работать с постоянным перегрузом. Максимальное допустимое различие этих показателей, также регламентированное ПТЭЭП (п. 2.1.19) - не более 10%.

Четвертое условие - одинаковые группы соединения обмоток. Его невыполнение приведет к появлению уравнивающих токов, так как фазы будут сдвинуты на определенный угол.

Соотношение мощностей, параллельно подключаемых трансформаторов, должно различаться не более чем в три раза. В противном случае, менее мощный трансформатор будет работать с перегрузом. Соблюдение перечисленных выше основных условий позволит работать оборудованию в номинальном режиме, что повысит уровень надежности электроснабжения потребителя.

3.2. Монтаж высоковольтных выключателей, отделителей, короткозамыкателей ОРУ

3.2.1. Монтаж масляных выключателей

Масляные выключатели по своей конструкции подразделяются на многообъемные и малообъемные. В многообъемных выключателях внутренние токо- ведущие части, контактная система и дугогасительные устройства помещены в металлические баки, залитые трансформаторным маслом, служащим для гашения дуги и для изоляции токоведущих частей от металлических корпусов — баков. В малообъемных выключателях токоведущие части, контактная систему и дугогасительное устройство размещаются в фарфоровых изоляторах, а заливаемое в них масло служит только для гашения дуги.

Монтаж масляных выключателей серии ВМТ. В выключателе ВМТ ПОБ три полюса установлены на общей раме, управляются они одним пружинным приводом. Полюс выключателя представляет собой маслона- полненную колонку, состоящую из опорного изолятора, дугогасительного модуля, механизма управления и нагревательных устройств. Модуль состоит из дугогасительной камеры встречно-поперечного дутья, токопровода, колпака с расширительным объемом, полого фарфорового изолятора и токо[^] отвода с подвижным контактом.

В выключателе ВМТ-220Б каждый полюс, состоящий из двух модулей на напряжение 110 кВ, установлен на отдельной раме и управляется отдельным приводом.

Монтаж выключателей выполняют в такой последовательности: раму устанавливают автокраном на фундаментные стойки, выверяют по уровню, используя металлические прокладки, и заземляют;

на плите рамы болтами закрепляют трубу с прокладкой, внутрь которой позднее вставляют тягу;

полюс выключателя ВМТ-ПОБ автокраном устанавливают на раму. Окончательно крепят колонну после соединения трубы тяги с фланцем корпуса механизма управления;

привод устанавливают краном и соединяют тягой с механизмом управления первой колонны;

коробки выводов привода переставляют на наружную поверхность днища шкафа, а пластины, закрывающие окна на днище шкафа, удаляют;

редуктор привода заполняют маслом «Индустриальное 20», предварительно проверив соответствие установленного нормированного усилия включающих пружин (расстояния между центрами траверс) и значения, указанного на панели управления приводом;

кабели заводят в коробки выводов привода, разделяют и присоединяют; устанавливают следующие колонны, после соединения механизмов управления тягами отверстия в корпусах механизмов закрывают крышками на прокладках;

через маслоспускные краны маслонасосом при открытых устройствах выпуска газа колонны заполняют трансформаторным маслом;

колонны заполняют сжатым азотом (либо воздухом). Газонаполнение производится до срабатывания выпускного клапана, которое должно происходить при давлении 0,92—1 МПа;

маслонаполненные колонны проверяют на герметичность в течение не менее восьми часов. Указатели уровня масла, клапаны устройства для выпуска сжатого газа, узлы крепления манометра, все стыки в колоннах, крышки внутренних отсеков механизмов управления, маслосливные краны проверяют на отсутствие подтеков масла;

регулируют зазоры в механизмах управления во включенном и отключенном положении привода;

включая и отключая выключатели (не менее пяти раз) убеждаются в их исправности;

измеряют электрическое сопротивление главной цепи токопровода колонны и собственное время включения и отключения выключателя.

3.2.2. Монтаж воздушных выключателей

Воздушные выключатели являются наряду с масляными основными коммутационными аппаратами, устанавливаемыми на ОРУ высокого напряжения для разрыва электрических цепей под нагрузкой и отключения токов короткого замыкания (КЗ). Воздушные выключатели серий ВВБК, ВВД, ВВУ с металлическими баковыми дугогасительными камерами выпускаются на напряжение 35—750 кВ. Выключатели в зависимости от номинального напряжения имеют на полюсе от одной (35, 110кВ) до шести (750 кВ) последовательно соединенных дугогасительных камер, имеющих однотипную конструкцию, рассчитанную на номинальное напряжение 110 кВ.

Быстродействующие воздушные выключатели серии ВНВ с большой отключающей способностью предназначены для оперативных и аварийных переключений в ОРУ напряжением 330—1150 кВ. Каждый аппарат представляет собой комплект из трех отдельных полюсов. Полюс аппарата состоит из одного (ВНВ-330, ВНВ-750) или двух (ВНВ-1150) резервуаров и шкафов управления, колонок опорных изоляторов и дугогасительных устройств. В зависимости от назначения и номинального напряжения полюс аппарата комплектуется двумя (ВНВ-330, ВНВ-500), тремя (ВНВ-750), пятью (ВНВ-1150) опорными колонками и дугогасительными устройствами.

Узлы и детали выключателей, кроме рам и резервуаров, поступают на монтажную площадку в ящиках. Перед монтажом выключателей все их составные части подвергаются наружному осмотру и расконсервации. При сборке выключателей необходимо строго придерживаться заводской маркировки узлов и деталей.

Монтаж выключателя серии ВНВ-750. Полюс выключателя ВНВ-750 состоит из трех элементов, на каждом из которых расположено по одному модулю дугогасительного устройства. Все три модуля соединены последовательно при помощи шинных перемычек. Опорная колонка каждого элемента состоит из шести опорных полых изоляторов, через которые проходят два воздуховода для подачи воздуха в гасительные камеры.

между полюсами;

устанавливают на фундамент рамы для крепления резервуаров и растяжек, выверяют их по уровню (с использованием при необходимости металлических прокладок) и закрепляют шпильками;

на землю между фундаментными стойками устанавливают шкаф управления, а затем на рамы монтируют резервуар. Проверяют по уровню его горизонтальность, затем прикрепляют к рамам болтами и заземляют;

прокладывают воздухопроводы между распределительным шкафом и резервуаром и присоединяют их к резервуару и шкафу;

снимают крышки и заглушки с люков резервуара, поднимают за скобы шкаф управления и подсоединяют его к резервуару;

присоединяют горизонтальные металлические тяги к рычагам центрального и угловых механизмов с помощью осей, которые затем фиксируют планками. Места сочленения и трущиеся детали смазывают смазкой ЦИА-ТИМ-221 с графитом. Закрывают люки резервуара крышками и заглушками;

собирают и устанавливают колонку опорных изоляторов. Производят механические испытания опорных изоляторов на изгиб. Наружную поверхность опорных изоляторов и изоляторы растяжек протирают салфетками, смоченными водой, после просушки бензином, а внутреннюю поверхность изоляторов - салфетками, смоченными этиловым спиртом. Соединяемые поверхности фланцев очищают бензином. Посадочные места и уплотнительные кольца смазывают тонким слоем смазки ЦИАТИМ-221. Внутренние и наружные поверхности стеклопластиковых труб и детали стеклопластиковых тяг протирают спиртом. На верхние плиты стоек резервуара устанавливают втулки и фланцы с уплотнителями. Колонку опорных изоляторов собирают в два этапа.

На первом этапе постепенным подрачиванием изоляторов собирают часть колонки, начиная с третьего сверху изолятора, с одновременной сборкой растяжек и пояса жесткости. Собранную часть колонки опорных изоляторов с растяжками поднимают, устанавливают и закрепляют на стойке резервуара. Внутри собранной части колонки крепят

стеклопластиковую трубу, используя автогидроподъемник (АГП), длинной проточкой вниз. На втором этапе собирают два верхних изолятора, внутрь вставляют на веревке стеклопластиковую трубу короткой проточкой вниз. Поднимают изоляторы над установленной колонкой, опускают на веревке воздухопровод и после его стыковки с установленным ранее опускают и закрепляют изоляторы на собранной части колонки. Отклонение колонки от вертикали не должно превышать 20 мм. Равномерным натяжением пружин растяжек устанавливают зазор 0,5—0,8 мм между нижним фланцем и корпусом нажимного устройства.

Аналогично монтируют вторую и третью колонки полюса;

проверяют герметичность опорной колонки и резервуара. В колонку заводят вертикальную тягу приводного механизма и присоединяют ее к нижнему угловому механизму. На опорную колонку надевают экран, опустив его на растяжки;

собирают и устанавливают блок гасительной камеры. Для этого гасительную камеру краном устанавливают на монтажный столик, затем на камере монтируют конденсаторы и соединяют их шинами с фланцами дугогасительной камеры. В процессе сборки блока дугогасительного устройства следует промыть бензином контактные поверхности конденсаторов, контактных выводов и смазать места подсоединения контактных выводов тонким слоем смазки ЦИАТИМ-221, а фарфор вводов и конденсаторов протереть уайт-спиритом. После сборки блок дугогасительного устройства поднимают автокраном и устанавливают на опорную колонку. Для работы монтажников при установке блока используют автовышки с шарнирной стрелой МШТС-2А. Затем крепят экран к фланцам гасительной камеры, присоединяют вертикальную тягу к штоку верхнего углового механизма и производят регулировку привода.

Аналогично выполняют монтаж двух других полюсов выключателя. Параллельно с монтажом выключателя ведут работы по монтажу электрических цепей управления, защиты в сигнализации выключателя. Технология монтажа выключателей ВНВ-330, ВНВ-500 и ВНВ-1150 отличается от описанной выше технологии монтажа ВНВ-750 в основном разным для каждого типа аппарата количеством монтируемых элементов, их массой и возможностью использования для монтажа различных автокранов

3.2.3. Монтаж разъединителей, отделителей и короткозамыкателей

Разъединители предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрических цепей, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземляющих ножей (если они имеются).

Монтаж разъединителей. Монтаж разъединителей РНД(З) производят в такой последовательности. Устанавливают привод разъединителя вручную или автокраном. Выполняют сборку полюсов разъединителей на напряжение 220 кВ. Разъединители на 110 кВ должны поставляться заводом в собранном виде.

На нижних изоляторах размещают верхние. Собранные колонки изоляторов устанавливают на рамы полюсов. На верхних фланцах закрепляют главные контактные ножи. При помощи крана поднимают и последовательно устанавливают на опорные конструкции все три полюса разъединителя. С помощью гидростатического уровня выравнивают полюсы разъединителя, обращая внимание на соосность валов управления главными ножами и привода.

Производят монтаж межполюсных тяг и валов, связывающих привод с ведущим полюсом и полюсы разъединителя между собой. Соединение тяг с валами производится сваркой. Соединение привода с валом управления главными ножами ведущего полюса и присоединение ведомых полюсов межполюсными тягами к ведущему полюсу производят при включенном положении привода и включенных ножах всех полюсов. Соединение привода с валами управления заземляющими ножами ведущего полюса и соединение валов заземляющих ножей всех полюсов соединительными тягами производят при отключенных главных ножах и включенных заземляющих ножах. При монтаже соединительных тяг и валов выполняют пробные операции включения и отключения ножей вручную и производят регулировку одновременности хода ножей разных полюсов.

После окончания регулировки проверяют совместную работу привода и разъединителя и четкость работы механической блокировки главных и заземляющих ножей. Все шарнирные соединения приводного механизма и контактные соединения смазывают смазкой.

Монтаж отделителей. Отделители служат для автоматического отключения поврежденного участка линии или трансформаторов после искусственного КЗ короткозамыкателем или после подачи телеотключающего импульса в период времени между отключением выключателя на питающем конце линии и его повторным включением.

Монтаж отделителя типа ОД(3) ведут следующим образом. Ящики с полюсами, приводами и другими деталями отделителя распаковывают и проверяют комплектность оборудования. Полюсы отделителя устанавливают при помощи автокрана, а опорные конструкции выверяют по уровню и закрепляют. Полюсы отделителей на напряжения 150 и 220 кВ предварительно собирают, так как они транспортируются со снятыми нижними изоляторами опорных колонок. При сборке полюсов снимают полуножи, крепят верхние изоляторы колонок, а затем устанавливают на них полуножи.

Соединяют внутриволюсную тягу с опорными колонками полюсов и включают вручную каждый полюс, проверяя зазор между торцами полуножей, который не должен превышать 3 мм, а также относительное смещение полуножей по отношению к оси полюса, которое не должно превышать 5 мм.

Устанавливают и закрепляют приводы. Тягами соединяют привод с приводным механизмом ведущего полюса, ведущий полюс - с ведомыми и привод заземляющих ножей - с валами этих ножей для отделителей на напряжения 35 и 110 кВ. Для отделителей на напряжение 220 кВ соединяют тягами привод каждого полюса с приводным механизмом соответствующего полюса. Отделитель и приводы заземляют и смазывают контактные и шарнирные соединения. Включая и отключая аппарат, проверяют правильность работы смонтированного отделителя, действие блокировки главных и заземляющих ножей. При необходимости производят регулировку одновременности работы всех полюсов.

Монтаж короткозамыкателей. Короткозамыкатели устанавливают на подстанциях, не имеющих в схеме выключателей на стороне высшего напряжения, для искусственного создания КЗ, вызывающего отключение защитой выключателя питающей линии.

На напряжение 35 кВ два короткозамыкателя соединяются при монтаже в один двухполюсный аппарат, включение которого приводит к двухфазному КЗ. На напряжение 110 - 220 кВ короткозамыкатели представляют собой однополюсные аппараты, включение которых приводит к замыканию на землю.

Короткозамыкатели заводом поставляются на монтажную *площадку* в ящиках. Здесь производится распаковка их и осмотр узлов. Изоляторы очищают от пыли и загрязнений, удаляют защитную смазку ветошью, смоченной в уайт-спирите, и наносят новую смазку. Затем приступают к монтажу короткозамыкателя. Полюс аппарата устанавливают на металлическую конструкцию, которая приваривается к железобетонной опоре. Привод и ТТ ТШЛ/0,5 крепят к кронштейну, имеющемуся на металлоконструкции. Тягу, изготовленную в МЗМ, приваривают к валу привода и шарниру полюса, а полосу заземления - к металлоконструкции. Проверяют затяжку всех болтовых соединений. Шарнирные и контактные соединения смазывают. Производят несколько пробных включений и отключений и проверяют отсутствие затираний в механизмах и передаче и надежность работы всей установки.

3.3. Монтаж оборудования ЗРУ

Закрытые распределительные устройства промпредприятий, электрических станций и подстанций принято делить на типа: с оборудованием до 1 кВ и оборудованием свыше 1 кВ.

Уровни напряжения ЗРУ высокого напряжения обычно составляют 3; 6; 10; 35 кВ. В зонах с неблагоприятным климатом и с экологическими выбросами агрессивных газов (хлор, фтор) и агрессивной пыли можно встретить ЗРУ на напряжении 110 и 220 кВ. Монтаж оборудования в РУ этого типа выполняется по ведомственным инструкциям с учетом требований ПУЭ и ПТБ. Для промпредприятий общего пользования высоковольтные ЗРУ обычно представлены напряжением 6-10 кВ. Основным оборудованием этих ЗРУ являются выключатели, разъединители, реакторы, сборные шины и шинные присоединения.

Выключатели РУ 6-10 кВ обычно входят в комплект высоковольтных ячеек КРУ-6,10 кВ или ячеек КСО--6,10 кВ. Монтаж ячеек КРУ-6,10 кВ выполняется на местах заранее определенных проектом и обозначенных закладными деталями в полу. После установки ячейки КРУ-6,10 кВ на закладными деталями поля производится вкатывание выключателя в ячейку. Выключатель должен вкатываться и выкатываться из ячейки без заеданий и перекосов.

Силовые кабели располагаются кабельных каналах, закрытых крышками. Крышки не должны выступать над уровнем пола. Пол В ЗРУ должен быть ровным. Разность уровней пола не более 5мм на все помещение. Цепи вторичной коммуникации и управления так же располагаются в кабельных каналах закрытого типа. Проходы в соседние помещения из ЗРУ должны быть закрытыми и не допускать проникновение животных и грызунов. Проходные трубы для прокладки кабелей не должны сильно выступать из заделки (не более 5мм).

Высота помещения ЗРУ 6-10 кВ будет определяться высотой реакторов типа РБ, которые по правилам монтажа монтируются «сверху вниз» и требуют значительную высоту помещений. Сборные шины при установке в ЗРУ 6-10 кВ с ячейками КРУ монтируются в отсеках сборных шин ячеек. В ЗРУ с ячейками КСО шины монтируются сверху ячеек. Ввод 6-10кВ в помещение ЗРУ осуществляется через проходные плиты шинами. Допускается устройство и кабельных вводов. Отходящие линии 6-10 кВ выполняются кабелем.

Монтаж низковольтных электрических аппаратов заключается в установке новых аппаратов. Работы по монтажу сводятся к выбору места установки и способов применения аппаратов, разметки крепежных отверстий и выполнению крепления, закрепления подводящих проводов или шин и выполнения присоединений. Все работы по монтажу аппаратов выполняются в соответствии с проектом. Установку и монтаж выполняют с учетом удобства обслуживания аппарата, в строгом соответствии с требованиями ПУЭ и ПТЭ (ПТБ), а также заводских инструкций для данных аппаратов.

При выполнении монтажных работ особое внимание должно быть уделено правильности выполнения кабельных присоединений аппаратов к сети, т. к. от этого зависит надежная и долговечная работа аппарата и всего ЗРУ в целом.

3.4. Монтаж электрических машин

При монтаже электрических машин руководствуются ПУЭ, СНиП и специальными инструкциями заводов-изготовителей. Одной из основных операций подготовительных работ перед началом монтажа является проверка фундаментов. Проверяют бетон, используемый для фундаментов; главные осевые размеры и высотные отметки опорных поверхностей; осевые размеры между отверстиями для анкерных болтов; глубину отверстий и размеры ниш в стенах фундаментов для затяжки болтов.

При проверке фундаментов размеры сверяют с данными машины: продольной осью вала машины, поперечными осями станин, реперами высоты. Проверку производят нивелиром и натянутыми визирными струнами стальных проволок. Если при проверке обнаружится, что фундамент занижен по высоте, строительная организация обязана нарастить фундамент до требуемых размеров.

При заниженных фундаментах и общей массе машинного агрегата до 20 т допускается устанавливать машины на отрезках двутавровых балок высотой не более 100 мм; при этом следует применять только тонкие прокладки (регулирующие).

В состав подготовительных работ входит подбор необходимых инструментов, измерительных приборов, такелажных механизмов со стропами, предварительно испытанных по правилам Госгортехнадзора. Далее производят распаковку электрических машин, очистку их от грязи, ржавчины, антикоррозионных покрытий.

Электрические машины, поступившие с завода-изготовителя в собранном виде, на месте монтажа не разбирают, если их правильно транспортировали и хранили. Подготовка таких машин к монтажу включает в себя следующие технологические операции: внешний осмотр; очистку фундаментных плит и лап станин; промывку фундаментных болтов уайт- спиритом и проверку качества резьбы (прогонкой гаек);

осмотр выводов, щеточного механизма, коллекторов или контактных колец, маслоуказательной и другой арматуры;

осмотр состояния подшипников, промывку подшипниковых стояков и картеров; проверку зазора между крышкой и вкладышем подшипника скольжения, валом и уплотнением подшипников, измерение зазора между вкладышем подшипника скольжения и валом; вскрытие подшипников качения и проверку заполнения их консистентной смазкой; проверку воздушного зазора между активной сталью ротора и статором; проверку свободного вращения ротора и отсутствие задеваний вентиляторов за крышки торцовых щитов; проверку мегаомметром сопротивления изоляции всех обмоток, щеточной траверсы и изолированных подшипников. Если нет уверенности, что во время транспортировки и хранения поступившая в собранном виде машина осталась неповрежденной и незагрязненной, необходимость ее разборки для ревизии определяется специальным актом. Монтажная организация выполняет такую работу по отдельному заказу. Сначала машины полностью или частично разбирают, а затем приступают к их осмотру. Разборку машин, поступивших в собранном виде, и последующую сборку выполняют в соответствии с инструкцией. Монтаж электрических машин мощностью до 1 ССД кВт начинают с выгрузки их с транспортных средств кранами. Перемещение в горизонтальной плоскости и установку на фундамент электродвигателя выполняют с помощью электротали, электрокара или погрузчика.

Осмотр электрической машины проводят на стенде в специально выделенном в цехе помещении. О выявленных дефектах электромонтажник ставит в известность бригадира, мастера или руководителя монтажа. Если наружных повреждений не обнаружено, электродвигатель продувают сжатым воздухом. При этом сначала проверяют подачу по трубопроводу сухого воздуха, для чего струю направляют на какую-нибудь поверхность или на ладонь руки. При продувке ротор электродвигателя проворачивают вручную, проверяя свободное вращение вала в подшипниках. Снаружи электродвигатель обтирают тряпкой, смоченной в керосине. Промывку подшипников скольжения во время монтажа производят следующим образом. Из подшипников удаляют остатки масла, отвернув спускные пробки. Затем, завинтив их, в подшипники наливают керосин и вращают руками якорь или ротор. Далее вывинчивают спускные пробки и дают стечь всему керосину. После промывки подшипников керосином их необходимо промыть маслом, которое уносит с собой остатки керосина. Только после этого их заполняют свежим маслом на 1/2 или 1/3 объема ванны. Смазку в подшипниках качения (роликовых и шариковых) при монтаже машин не заменяют. Заполнение смазкой подшипника не должно превышать 2/3 свободного объема подшипника. Измерение сопротивления изоляции электродвигателей постоянного тока производят между якорем и катушками возбуждения (полюсами), проверяют сопротивление изоляции якоря, щеток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. При измерении сопротивления изоляции подсоединенного к сети электродвигателя необходимо отсоединить все провода, подведенные к электродвигателю от сети и реостата. Между щетками и коллектором при измерении помещают изолирующую прокладку из миканита, электрокартона, фибры, резиновой трубки и т.п.

У электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором производят измерение сопротивления изоляции только обмоток статора по отношению к земле (корпусу) и друг к другу. Это возможно при выведенных шести концах обмотки. Если выведены только три конца обмотки, измерение производят только по отношению к земле (корпусу). У электродвигателей с фазным ротором кроме определения сопротивления изоляции обмоток статора по отношению к земле и друг к другу измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щеток по отношению к корпусу (между кольцами и щетками должны быть проложены изолирующие прокладки). Изоляцию обмоток электрических машин измеряют мегаомметром на 1 кВ для машин напряжением до 1 кВ и на 2,5 кВ — для машин напряжением выше 1 кВ. Если результаты измерения сопротивления изоляции обмоток электрических машин до 1 кВ удовлетворяют нормативным показателям, электрические машины могут быть включены без сушки изоляции обмоток. Такие электродвигатели доставляют к месту монтажа, устанавливая непосредственно на полу, на специальных конструкциях, или на фундаменте. Подъем

электродвигателей массой до 50 кг можно осуществлять вручную, при установке их на низкие фундаменты.

Проведение монтажа электрических машин зависит от их мощности, габаритов, способов поставки и формы исполнения.

Электрические машины малой и средней мощности поставляют заводы-изготовители в собранном виде; электрические машины большой мощности — в разобранном виде, а некоторые машины с разъемным статором. Установку электрических машин производят так, чтобы ширина проходов между их фундаментами или корпусами, между машинами и частями зданий или оборудования была не менее 1 м в свету; допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м при длине не более 0,5 м. Расстояние между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны машин должно быть не менее 0,3 м при высоте машин до 1 м от уровня пола и не менее 0,6 м при высоте машин более 1 м.

Ширина прохода обслуживания между машинами и лицевой стороной обслуживания пульта управления или щита управления должна быть не менее 2 м. Это расстояние считается от машины до закрытой двери или стенки шкафа. Эти требования не относятся к постам местного управления приводами. Ширина прохода между корпусом машины и торцом должна быть не менее 1 м. Проход для обслуживания между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1 000 В и частями здания или оборудования должен быть не менее 1 м, а при открытой дверце шкафа — не менее 0,6 м; при двухрядном расположении шкафов проход между ними должен быть не менее 1,2 м, а между открытыми противоположными дверцами — не менее 0,6 м. Машины мощностью до 10 кВт и малогабаритное оборудование можно устанавливать за распределительными щитами, стеллажами, пультами и тому подобными элементами распределительных устройств напряжением до 1000 В за счет местного сужения проходов в свету до значения не менее 0,6 м. При этом расстояние от корпуса машины или аппарата до токоведущих частей щита должно быть, не менее: при напряжении ниже 660 В — 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м; при напряжении 660 В и выше — 1,5 м. За длину щита в данном случае принимается длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, не связанных с механическим оборудованием (преобразовательные, возбуждательные, зарядные агрегаты и т. п.), устанавливается выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, связанных с механическим оборудованием, определяется требованиями, предъявляемыми к его установке. Для производства монтажных работ в электромашинных помещениях (ЭМП) предусматривают монтажные площадки или используют свободные площадки между оборудованием, рассчитанные на наиболее тяжелую, практически возможную нагрузку от оборудования и расположенные в зоне действия грузоподъемных устройств. Внешние контуры пола монтажной площадки обозначают краской или метлахской плиткой, отличающимся по цвету от других частей пола. Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование, должны быть рассчитаны на нагрузку транспортируемого оборудования. Контуры этих участков следует обозначать краской или плиткой. Размеры монтажных площадок определяют по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей крупных электрических машин на монтажных площадках должны быть особо рассчитаны и иметь отличительную окраску. Синхронные электрические машины и машины постоянного тока мощностью 1000 кВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования замкнутой цепи тока через вал и подшипники машины. При этом у синхронных машин должны быть изолированы подшипник со стороны возбуждателя и все подшипники возбуждателя. Маслопроводы этих электрических машин изолируют от корпусов их подшипников. Электродвигатели напряжением свыше 1000 В устанавливают непосредственно в производственных помещениях, соблюдая следующие условия: электродвигатели, имеющие выводы под статором или требующие специальных устройств для охлаждения, устанавливают на фундаменте с фундаментной ямой; фундаментная яма

для электродвигателя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к камерам, закрытым распределительным устройством (ЗРУ) напряжением свыше 1000 В; размеры фундаментной ямы должны быть не менее допускаемых для полупроходных кабельных туннелей. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, "установленным на виброоснованиях, на участке между подвижной и неподвижной частями основания, должны иметь гибкие медные жилы. Помещения для установки электрических машин и аппаратов принимают от строительных организаций под монтаж в состоянии, годном для нормального ведения работ, и с готовыми фундаментами для машин. Помещения должны иметь проемы в стенах и перекрытиях для транспортирования тяжелого и крупногабаритного электрооборудования. Если проектом предусмотрена закладка в фундаменты труб, предназначенных для прокладки в них проводов или кабелей, то электромонтажная организация укладывает их еще до бетонирования фундамента, одновременно с вязкой арматуры. Размеры помещений, основные размеры фундаментов, размещение и размеры колодцев под анкерные болты, проемов и ниш, размещение осей фундаментов проверяют по данным чертежей проекта.

4. Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.

4.1. Кабельные линии. Их преимущество и недостатки в сравнении с ВЛ устройства кабелей до 35 кВ.

Недостатки: В отличие воздушной линии электропередач, кабельные линии прокладываются в земле, казалось бы, здесь не должно быть никаких воздействий окружающей среды вызывающие проблемы эксплуатации кабельной линии, но, увы, они присутствуют и их очень много. Кабельные линии, проложенные в земле испытывают на себе очень много видов различных посторонних воздействий. Механические воздействия грунта его движение приводит к разрушению оболочки кабеля, для чего нужно прибегать к различным видам смягчения места закладки кабеля, создания подушки для укладки кабеля, создание коллекторов очень дорогостоящих, а так же при прокладке кабеля в грунте места его соединения должны надежно быть соединены и очень герметично для этого применяют дорогие муфты, заливаемые эпоксидной смолой или компаундом, что опять же приводит к удорожанию линии.

Прокладка кабеля в грунте очень сильно ухудшает его охлаждение, так как отсутствует обдув кабеля потоками ветра. Следующим недостатком кабельной линии является химические воздействия грунта на его оболочку или изоляцию т. к. грунт всегда влажный это приводит к окислению разрушению верхних слоев изоляции, а в последствии и к полному его разрушению, что может привести к пробоям. Существенным недостатком является и то, что есть ряд ограничений при прокладке КЛ таких как: глубина, количество кабелей в одной траншее или трубе. При создании кабельных линий, начиная от 110 кВ и выше выполняются в масло или газонаполненных трубах, в которых следует всегда поддерживать постоянно высокое давление, а при утечке сразу же все исправить. Так же КЛ могут подвергаться посторонним воздействиям людей при несогласованных земляных работ КЛ можно повредить экскаватором или лопатой и т.д. т.к. КЛ не видна. Подведем итог : Кабельная линия электропередач требует очень серьезных капиталовложений.

Изоляционный кабель намного труднее изготовить чем открытый провод вследствие чего он намного дороже. На протяжении всей кабельной линии нужно вести земляные работы, возводить коллекторы и т.д. Работы по прокладке кабеля должен вести высококвалифицированный персонал так как требуется очень ответственное внимание. Систематические перегрузки кабелей приводят к сушке изоляции кабеля, что приводит к разрушению его оболочки. И ещё один важнейший недостаток это то, что КЛ очень тяжело обслуживать тяжело проводить ремонтные работы на линии а так же очень затруднен поиск места пробоя на землю.

На ряду со всем у кабельной линии присутствуют и множество плюсов и преимуществ по сравнению с линиями проложенными на открытом воздухе. Т.к. кабельная линия проложена в грунте или коллекторах и т.д. в других сооружениях под землей, то она практически не подвергается атмосферным перенапряжениям.

Также кабельная линия не подвергается атмосферным воздействиям окружающей среды, как этом подвергается воздушная линия: оседание тумана на линию, что приводит образования гололёда на проводах и опорах (Рис. 1), воздействие потоков ветра, дождей и тд.

Что не приводит к таким случаям, как пляска или вибрация проводов, вследствие этого с этими вещами не нужно бороться применять различные средства для гашения вибрации или пляски не нужно проводить специальные испытания для проверки этих воздействий на линию.

К достоинствам важно отнести и то, что кабельная линия полностью скрыта от посторонних гражданских лиц что по глупости не приведёт к случайным смертям. В отличие от воздушной линии, кабельную можно проложить везде где это необходимо т.к. у ВЛ есть ряд ограничений связанные с горными местностями, водные пространства, и самое главное кабельные линии в отличие от ВЛ можно прокладывать в городах (подводы к промышленным предприятиям) Т.к. линия в 35 кВ уже запрещается вести по открытому воздуху вблизи строений в населённых пунктах. Так же кабельные линии отвечают всем санитарным нормам т.к. по сравнению с ВЛ она практически не излучает электромагнитные излучения. Т.к. кабельные линии не подвержены атмосферным и грозовым перенапряжениям для них не нужно сооружать специальные молниеотводы и грозозащитные тросы. Не нужно следить за состоянием изоляторов, мыть их от грязи и пыли, из за чего может произойти пробой линии на землю а в следствии и выход линии из строя и отключения потребителей.

Подведем итог: Кабельная линия возможна её прокладка в отличие от ВЛ в любых местах в водоёмах в населённых пунктах, не портит внешний вид городского пейзажа, скрытность от посторонних лиц, полное отсутствие атмосферных воздействий и перенапряжений, более надежна в эксплуатации в отличие от ВЛ, меньшая возможность пробоя линии на землю.

Практически не оказывает никаких радиопомех и акустических воздействия, полностью безвредны для людей животных и окружающей среды. В заключении можно сказать КЛ более надежна в эксплуатации, но по сравнению с ВЛ очень дорогостоящая и трудоёмкая в плане исполнения, следовательно применяется только в особых случаях или в местах с очень агрессивной средой, или там где невозможно соорудить линию электропередачи по воздуху.

4.2. Конструкции и основные типы кабелей

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек, защитных покровов, жил защитного заземления. По основным элементам кабеля и осуществляется его маркировка.

Первая буква в маркировке кабеля обозначает материал жил: А - для алюминиевых (для медных буква не проставляется); вторая указывает тип изоляции кабеля: В - поливинилхлоридный пластикат, П - полиэтилен, Р - резина (бумажная изоляция не обозначается). После этого следует обозначение материала оболочки:

А - алюминий, С - свинец, В - поливинилхлоридный пластикат, П - полиэтилен, Пс - самозатухающий полиэтилен, Н - негорючая маслостойкая резина. Буквы СТ указывают, что оболочка выполнена из стальной гофрированной трубки.

Обозначения защитных покровов кабеля следуют после обозначения оболочки: Б - броня из стальных лент с наружным защитным слоем, П и К - то же, из плоских или круглых стальных проволок.

Например, ААБ - кабель с алюминиевыми жилами, бумажной изоляцией, в алюминиевой оболочке, бронированной двумя стальными лентами, с наружным слоем из джута: АПВБ - кабель с алюминиевыми жилами, полиэтиленовой изоляцией, в оболочке из поливинилхлоридного пластиката, бронированный двумя стальными лентами, с наружным слоем из джута.

После обозначения типа брони могут идти буквы, расшифровывающие наружные покровы кабеля. При этом защитный покров обычной конструкции и подушку нормального исполнения не обозначают. Если на кабеле защитный слой из джута отсутствует, то проставляется буква Г (голый), например, СБГ, ААПГ. Негорючий наружный защитный слой обозначают строчной буквой «н» (например, АСБн), усиленное защитное покрытие алюминиевой оболочки-буквой «в», а особо усиленное - буквой «у» (например, ААБв, ААБу).

Кабели с пластмассовым наружным защитным покровом из поливинилхлоридного или полиэтиленового шланга имеют в маркировке буквы Шв или Шп, стоящие после обозначения оболочки. Например, ААШв - кабель с алюминиевыми жилами, бумажной пропитанной изоляцией, в алюминиевой оболочке с поливинилхлоридным шлангом; ААШп - то же, но со шлангом из полиэтиленового пластика.

Отдельно оцинкованные жилы кабелей обозначают буквой О (например, АОСБ или ОСБ). Обедненно пропитанную изоляцию кабелей, предназначенных для вертикальных прокладок, дополнительно обозначают буквой «В» (например, АСБ-В). Если бумажная изоляция пропитана нестекающим составом на основе церезина, перед маркировкой кабеля помещают букву «Ц» (например, ЦААШ). Буквы «ож», помещенные в конце маркировки в скобках, означают, что токопроводящая жила кабеля сплошная однопроволочная, например, ААБ(ож). Буква «б», расположенная после обозначения брони, указывает, что подушка защитного покрова отсутствует (например, АВБбШв), а буквы «в» и «п» - на то, что подушка изготовлена соответственно из поливинилхлоридного или полиэтиленового шланга (например, ААБв, АСБп). Усиленные и особо усиленные подушки обозначают соответственно индексами «л» и «2л» (например, ААБл, АСБ2л). Кабели с бумажной изоляцией, обладающей повышенной термостойкостью, имеют в конце маркировки букву «У».

Следующие в маркировке за буквами цифры указывают номинальное рабочее напряжение кабеля (кВ), число токопроводящих жил и площадь их поперечного сечения (мм²). Например, кабель АСБ-6- 3 x 120 мм² предназначен для работы на напряжение 6 кВ и имеет три жилы сечением по 120 мм², а кабель АПВБ-1 — 3x50 + 1x25 мм² - для прокладки в сетях до 1 кВ, имеет три жилы сечением по 50 мм² и одну сечением 25 мм².

Токопроводящие жилы силовых кабелей могут быть однопроволочными и многопроволочными. По форме жилы могут быть: круглыми (рис. 1, а, б), секторными (рис. 1, в) или сегментными (рис. 1, г, д). Алюминиевые жилы кабелей сечением до 35 мм² включительно изготавливают однопроволочными, от 50-240 мм² - однопроволочными или многопроволочными, 300-800 мм² - многопроволочными. Медные жилы сечением до 16 мм² изготавливают однопроволочными, 25-95 мм² - однопроволочными или многопроволочными, сечением 120-180 мм² - многопроволочными.

Нулевая жила, или жила защитного заземления, имеет сечение меньше сечения основной жилы, выполняется круглой, секторной или треугольной формы и располагается в центре кабеля или между основными жилами. Нулевая жила кабелей может иметь сечение, равное сечению токонесущих жил. Жила защитного заземления используется для соединения металлических частей электроустановки, не находящихся под напряжением, с контуром защитного заземления.

Изоляция обеспечивает необходимую электрическую прочность токонесущих жил по отношению друг к другу и к заземлённой оболочке. Применяются: бумажная, резиновая и пластмассовая (полиэтиленовая и поливинилхлоридная) изоляция.

Бумажная изоляция пропитывается вязкими пропиточными материалами. Недостаток кабелей с бумажной изоляцией - ограниченная возможность их прокладки по наклонным трассам, где разность высоты между их заделками не должна превышать: для кабелей до 3 кВ в алюминиевой оболочке - 25 м, небронированных в свинцовой оболочке - 20 м, бронированных в свинцовой оболочке - 25 м; для кабелей 6 кВ бронированных и небронированных в свинцовой оболочке - 15 м; в алюминиевой оболочке - 20 м; для кабелей 10 кВ бронированных и небронированных в свинцовой и алюминиевой оболочках -15 м.

Кабели с вязким пропиточным составом, свободная часть которых удалена, называют кабелями с обедненно пропитанной изоляцией. Их применяют при прокладке на вертикальных и наклонных трассах без ограничения разности уровней, если это небронированные или бронированные кабели в алюминиевой оболочке на напряжение до 35 кВ, и с разностью уровней до 100 м - для любых других кабелей с обедненно пропитанной изоляцией.

Для прокладки по вертикальным и крутонаклонным трассам без ограничения разности уровней изготавливают кабели с бумажной изоляцией, пропитанной особым

составом на основе церезина или полиизобутилена. Этот состав имеет повышенную вязкость и не стекает вниз при любой прокладке кабеля.

Резиновая изоляция выполняется из сплошного слоя резины или резиновых лент с последующей вулканизацией. Силовые кабели с резиновой изоляцией применяются в сетях переменного тока до 1 кВ и постоянного тока до 10 кВ.

Пластмассовая изоляция из поливинилхлорида накладывается в виде силового слоя или из композиций полиэтилена. Всё большее применение находят кабели с изоляцией из самозатухающего (не поддерживающего горения) и вулканизированного полиэтилена.

Некоторые кабели имеют защитные экраны, выполненные из полупроводящей бумаги и алюминиевой или медной фольги. Защитный экран исключает влияние электромагнитных полей токов, проходящих по кабелю, что особенно проявляется при несимметричных токах.

Оболочки могут быть алюминиевыми, свинцовыми, пластмассовыми и негорючими резиновыми (найритовыми). Алюминиевую оболочку кабелей до 1 кВ допускается использовать в качестве четвертой жилы в четырёхпроводных сетях переменного тока с глухозаземленной нейтралью, за исключением установки со взрывоопасной средой и установок, где ток в нулевой жиле в нормальных условиях работы составляет более 75 % тока в фазной жиле. Они защищают внутренние элементы кабеля от разрушения влагой, кислотами, газами и т.д.

Защитные покровы предохраняют оболочки кабелей от внешних воздействий (механических повреждений, коррозии). Защитный покров включает подушку, бронепокров и наружный покров. В зависимости от конструкции кабеля применяют один, два или три защитных покрова. Подушка выполняется из кабельной пряжи, пластмассовых лент, крепированной бумаги, битумного состава или битума. Она накладывается на экран или оболочку для их защиты от коррозии и повреждения и защищается лентами или проволокой брони.

Для защиты от механических повреждений оболочку кабелей обматывают в зависимости от условий работы стальной ленточной или проволоочной броней. Броня из стальных круглых или плоских проволок препятствует механическим воздействиям и воспринимает также растягивающие усилия. Для предохранения брони кабеля от коррозии её покрывают наружным покровом, выполненным из слоя кабельной или стеклянной пряжи, пропитанным битумным составом. В шахтах, взрывоопасных и пожароопасных помещениях должны применяться кабели с негорючей подушкой и наружным покровом из стекловолокна.

Область применения силовых кабелей определена «Едиными техническими указаниями по выбору и применению электрических кабелей» и зависит от конструктивного выполнения электрической сети, способа прокладки кабелей и воздействия на них агрессивной и взрыво- или пожароопасной среды. Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в земле, в воздухе, в воде и в шахтных условиях

В четырёхпроводных сетях применяются четырёхжильные кабели. Сечение четвертой жилы может быть меньше трёх основных, а при резко несимметричной нагрузке четвертая жила имеет сечение, как и у основных токонесущих жил.

Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Силовые кабели в свинцовой оболочке применяются только для подводных КЛ и в шахтах.

Для прокладки кабеля по мостам где есть опасность механических повреждений выбраны кабели с пластмассовой изоляцией в металлической оболочке, марки: АПВБГ - кабель с алюминиевыми жилами, полиэтиленовой изоляцией, в оболочке из поливинилхлоридного пластиката, бронированный двумя стальными лентами, голый; АВВБГ- каб ель с алюминиевыми жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката, бронированный двумя стальными лентами, голый; , АВАШв - кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с алюминиевой оболочкой с поливинилхлоридным шлангом; АПсВБГ - кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из самозатухающегося полиэтилена, в оболочке из поливинилхлоридного пластиката, бронированный двумя стальными лентами, голый.

4.3. Способы соединения жил изолированных проводов и кабелей с пластмассовой изоляцией

Соединительные кабельные муфты

Оконцевание силовых кабелей, их соединение по трассе, а также присоединение к электрооборудованию производят с помощью кабельных муфт и специальных заделок. Различают несколько видов кабельных муфт.

Соединительная - устройство, предназначенное для соединения кабелей, обеспечивающее надёжное и герметичное соединение.

Концевая - устройство, предназначенное для присоединения кабеля к аппаратам наружной или внутренней установки или воздушным линиям электропередач.

Концевая кабельная заделка - устройство для присоединения кабелей к аппаратам закрытых распределительных устройств.

Соединение и оконцевание кабелей в муфтах начинают с разделки их концов, заключающейся в последовательном удалении заводских покровов. Длина разделки зависит от конструкции муфты, сечения и напряжения кабеля. Предварительно концы соединительных кабелей распрямляют и укладывают внахлест, а при монтаже концевых муфт и заделок прокладывают до мест их установки, соблюдая требования к радиусам изгиба.

Концы кабеля тщательно осматривают на герметичность, а затем отрезают кусок кабеля длиной не менее 150 мм и проверяют бумажную изоляцию на влажность. Для этого снимается наполнитель, а бумажные ленты, прилегающие к жиле и оболочке, погружают в нагретый до 150 °С парафин. Отсутствие потрескивания и пены на лентах говорит о пригодности кабеля к соединению. При влажной изоляции от проверяемого кабеля отрезают кусок длиной 1 м и повторяют испытание на влажность. Влажные концы кабелей соединять и оконцовывать нельзя.

Разделка кабеля марки АПВБГ

Разделку кабеля начинают с удаления наружного покрова, для чего у места среза накладываются проволочный бандаж. Затем разматывается наружный покров от конца кабеля до бандажа. Покров отгибается и используется в дальнейшем при установке муфты. Второй проволочный бандаж накладывают на броню на некотором расстоянии от первого. Чтобы не повредить оболочку, надрезают броню по кромке бандажа и удаляют её.

Оболочку из поливинилхлоридного пластика удаляют после предварительной разметки и нанесения двух кольцевых и двух продольных надрезов. Продольные разрезы выполняют на расстоянии 10 мм один от другого. Полоску оболочки между продольными разрезами захватывают плоскогубцами и удаляют, после чего снимают остальную часть оболочки.

После удаления оболочки снимают полиэтиленовую изоляцию. Затем разводят жилы кабеля в стороны и плавно выгибают с помощью специального шаблона. При отсутствии его все выполняют вручную.

Дальнейшие операции состоят в соединении жил, восстановлении изоляции и герметизации места соединения. Выполняют их по технологии, установленной для каждого типа муфт.

Эпоксидные муфты

Применяют для соединения и ответвления кабелей до 10 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией, проложенных в земле, каналах и др. Муфты изготавливают и поставляют комплектами со всеми необходимыми материалами. Заводские комплекты имеют марки: СЭС - со съёмным корпусом; СЭп - с литым эпоксидным корпусом и поперечным разъемом (рис. 14); СЭм - со свинцовыми манжетами, цилиндрическим эпоксидным корпусом и двумя конусными втулками; СЭв - с литым эпоксидным корпусом и продольным разъемом.

Для обеспечения электроизоляционных расстояний все муфты имеют трёх- или четырёхлучевые распорки, отлитые из эпоксидного компаунда.

Эпоксидные муфты заливают эпоксидным компаундом, в который добавляют наполнитель и отвердитель. Наполнитель (пылевидный кварц) вводят для повышения механической прочности, для снижения коэффициента линейного напряжения.

Отвердитель вводят непосредственно перед заливкой для ускорения отверждения. Время его зависит от температуры окружающей среды. При отрицательных температурах место установки муфты необходимо обогреть и доводить температуру до положительной.

Во избежание взрыва эпоксидные муфты, как и свинцовые, защищают кожухами.

Соединительные муфты СТп -1,6, 10

Муфты СТп могут устанавливаться в земле (непосредственно в грунте, в туннелях, каналах) и на открытом воздухе (на эстакадах, кабельных полках и т.п.). Они выпускаются на 3-4 жилы кабелей до 1 кВ с сечением жил от 16 до 185 мм и в трёхжильном исполнении при напряжении кабелей до 10 кВ сечением жил от 16 до 240 мм (муфта ЮСТп-9).

Последовательность монтажа муфт СТп представлена на рис. 16.

В кабельных муфтах СТп оболочки кабелей объединяются посредством гибкого медного проводника, припаиваемого к оболочкам кабелей, что несколько затрудняет процесс формирования соединения, но делает его более устойчивым к работе в цепях со значительными токами замыкания на землю, в отличие от кабельных муфт из ТУМ фирмы Rauchem, которая рекомендует делать присоединения этого проводника через специальные пружинные зажимы. Присоединения через пружинный контакт в отечественных сетях выполнять не рекомендуется.

Болтовое соединение жил кабеля имеет место в соединительных и концевых муфтах на основе ТУМ отечественного (СТп) и зарубежного производства (фирмы Rauchtm) на напряжение 1, 6, и 10 кВ.

Соединение осуществляется в гильзах из специального сплава на основе алюминия, поставляемых в комплекте на определённый разряд соединяемых жил кабеля. Гильза сбоку имеет четыре отверстия под специальные болты с головками под ключ. При ввинчивании болта конический его наконечник вдавливается в тело жилы кабеля и даёт хороший электрический контакт в месте соединения

4.4. Защита кабельных линий при эксплуатации

Защита кабельных линий от коррозии

Коррозионный процесс. Почвенная влага представляет собой электролит различного состава и концентрации. Контакт металла с почвенным электролитом вызывает образование коррозионных элементов (пар). Если на поверхности металла, погруженного в электролит, имеются участки с различными электрическими потенциалами, то во внешней цепи, соединённой через электролит, проходит ток от более высокого потенциала к более низкому. Таким образом, участок с более высоким потенциалом будет анодом, а с меньшим — катодом. Участок кабельной линии, имеющий положительный электрический потенциал по отношению к окружающей среде, является анодной зоной, а отрицательный — катодной. В катодных зонах токи входят в оболочку кабеля, не создавая опасности ее разрушения. В анодных зонах токи проходят по оболочке, унося частицы металла и разрушая его.

Причины коррозии. Подземная коррозия, которая вызывает электрохимическое разрушение металлических элементов кабелей в процессе эксплуатации, подразделяется на электрокоррозию от блуждающих токов и почвенную коррозию от действия окружающей агрессивной среды.

Источником блуждающих токов являются в основном рельсовые пути магистрального, промышленного и городского электрифицированного железнодорожного транспорта. Отсутствие полной изоляции путевого хозяйства от земли, несовершенство устройств электроснабжения и другие причины вызывают утечку тяговых токов из рельсов в землю. Растекаясь в земле и встречая на своем пути различные инженерные сооружения (трубопроводы, кабели и т. п.), удельные сопротивления которых меньше сопротивления земли, блуждающие токи входят в сооружения и проходят в них по направлению к тяговым подстанциям. Для кабельной сети наиболее опасным источником коррозии является трамвай, использующий для тяги постоянный ток.

Разрушение оболочек кабелей происходит тем сильнее, чем больше плотность тока, переходящего с кабеля в землю. Для бронированных силовых кабелей за допустимую плотность тока принята норма не выше 0,15 мА/дм² с удельным сопротивлением грунта 100 Ом*м.

Переходное сопротивление между рельсами и кабелями зависит от расстояния между ними, качества балласта под рельсовыми путями и качества грунта, в котором проложены кабели, а также от качества защитных покрытий оболочек кабеля. Снижение всех видов сопротивления в рельсовой сети связано с уменьшением падения напряжения в ней, а следовательно, уменьшения тока утечки.

Устройство сварных соединений на рельсовых стыках и через определенные промежутки, электрическое соединение путей между собой для уменьшения их сопротивления предусмотрены ГОСТом.

Выбор защитных покровов кабелей, проложенных в траншеях, при наличии блуждающих токов зависит от материала оболочки. Для свинцовой оболочки применяют покровы Бл, Б2л, Б2лШп, Б2лШв, БШп, БШв, Пл, П2л, П2лШв, ПШв, ПШп, П2лШп; для алюминиевой — Бп, Б2л, Шв, БлШв, Шп, БлШп, БпШп, Б2лШв, БвШв, Б2лШп, П2л, ПлШв, П2лШп, П2лШв; для неметаллической — Б, П; без оболочки — ББШв, ББШп.

Наиболее подвержены блуждающим токам места пересечений и сближений с рельсами, а также участки, расположенные вблизи отсасывающих фидеров.

Почвенная коррозия — электрохимическое разрушение металлических оболочек от взаимодействия с грунтом. Интенсивность коррозии зависит от состава грунта, наличия влаги и доступа воздуха в грунт.

Песчаные грунты коррозионно наименее активны; наиболее развивается коррозия металлов в кислых болотистых грунтах и солончаках. Особенно сильно подвергаются почвенной коррозии кабели, прокладываемые на территориях химических предприятий. Поэтому на этих предприятиях прокладку кабелей в траншеях ограничивают либо заменяют ее открытой прокладкой на эстакадах и галереях. Кабели, предназначенные для прокладки в земле, имеют защитные покровы, предохраняющие металлические оболочки от почвенной коррозии.

Контроль за коррозией кабелей. Наиболее важной задачей борьбы с коррозией металлических оболочек кабельных линий является установление ее причин и источников. Выбор защитных мероприятий производят по совокупности данных исследований влияния блуждающих токов и коррозионности почв.

Для контроля за состоянием металлических оболочек кабельных линий необходимо иметь карту подземных сооружений с указанием на ней анодных и катодных зон и участков с агрессивными грунтами. На карту наносят рельсы электрифицированных железных дорог, ближайшие отсасывающие пункты и все виды защиты от блуждающих токов, установленные на подземных сооружениях. Наличие карты облегчит работу по разрытию кабельных трасс для производства контрольных измерений.

При контрольных замерах проверяют плотность тока, разность потенциалов и направление блуждающих токов. По току, проходящему по оболочке кабеля, судят о степени коррозионной опасности, а по его направлению — определяют места входа и выхода блуждающих токов с оболочек кабеля и устанавливают анодные и катодные зоны. Кроме того, во всех случаях раскопок контролируют состояние рельсовых стыков и кабелей.

В местах, где предполагается повреждение кабеля почвенной коррозией, оценку степени влияния коррозии на стальную броню определяют удельным сопротивлением грунта, потерей массы образца и плотностью поляризующего тока. Чем меньше удельное сопротивление грунта и чем больше потери массы образца и плотность поляризующего тока, тем больше опасность почвенной коррозии для брони кабеля.

Степень коррозионной активности грунтовой воды (средняя или высокая) по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам определяют на основании химического анализа. Для этого на уровне прокладки кабеля на расстоянии 300-500 м друг от друга берут три пробы грунта в количестве 500 г и укладывают в чистую закрываемую крышкой посуду или в полиэтиленовые мешочки.

Силовые кабели со свинцовыми и алюминиевыми оболочками и стальной броней при наличии средней и высокой коррозионной активности грунтов должны быть защищены катодной поляризацией. Ее выполняют с помощью источника постоянного тока, создающего противотоки. Кабели с алюминиевыми оболочками имеют защитный полимерный шланг (ААШв, ААШп), который надежно защищает оболочку от коррозионных воздействий. Контроль за коррозией металлических оболочек кабелей проводят по мере необходимости.

Мероприятия по защите кабелей от коррозии. При обнаружении коррозии металлических оболочек кабелей в процессе эксплуатации разрабатывают мероприятия по предотвращению дальнейшего разрушения их и замене поврежденных участков линии. Основным мероприятием по предотвращению почвенной коррозии является правильно выбранная

трасса при проектировании кабельных линий. При необходимости кабели прокладывают в обход участков с агрессивными средами или применяют кабели с полимерным шлангом. При обнаружении неисправностей в устройствах электрифицированного транспорта снижают блуждающие токи до пределов установленных норм (сварка стыков рельсов, устройство отсосов и т. п.). Прокладку кабеля в местах сближения и пересечения с путями электрифицированного транспорта осуществляют в изолирующих трубах. Для борьбы с коррозией силовых кабелей от блуждающих токов применяют средства электрической защиты. Для кабелей, в которых среднесуточная плотность утечки блуждающих токов в землю превышает $0,15 \text{ мА/дм}^2$, применяют катодную поляризацию.

Для организации эксплуатации кабельных линий промышленных предприятий и городских кабельных сетей необходимо предварительно разработать основные документы: номенклатуру работ и сроков их выполнения; годовой и месячный план и график работ; должностные инструкции для всего персонала; производственные инструкции на все виды работ; расчет потребности оборудования, запасных частей, материалов, инструмента, приспособлений и средств механизации. Эти документы разрабатывают на основании Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ).

Номенклатуру работ по эксплуатации кабельных линий составляют на каждый календарный год.

Для обеспечения правильной эксплуатации кабельных линий необходимо иметь: исполнительные чертежи на кабельные линии и другие специальные кабельные сооружения; паспорта кабельных линий и сооружений; адресные списки кабельных сооружений.

Исполнительный чертеж выполняют тушью на листах ватманской бумаги в масштабе 1:500, 1:200, 1:100, 1:50 (в зависимости от сложности узлов). Кабельные линии на чертеже привязывают к постоянным фундаментальным ориентирам. Линии различных напряжений и назначений наносят различными условными обозначениями и различными цветами туши. Оригиналы исполнительных чертежей для работы на трассах не выдают.

Паспорт кабельной линии составляют на основании приемо-сдаточной документации. В него заносят сведения о марке кабеля, строительных длинах, схеме трассы линии, данные о соединительных и концевых муфтах, электрической характеристике линии, а также сведения о выполненной защите линии от коррозии, вибрации и механических повреждений.

В процессе эксплуатации кабельной линии в паспорт заносят сведения о результатах профилактических испытаний линий, нагрузке линии, измеренных температурах на оболочках, а также о повреждениях линии, ее ремонте и состоянии трассы.

Правильно составленный паспорт кабельной линии и аккуратное его заполнение в процессе эксплуатации позволяют определить необходимость капитального ремонта, произвести анализ причин повреждений и разработать необходимые противоаварийные мероприятия.

Адресные списки кабельных строительных сооружений так же, как распределительных пунктов (РП) и трансформаторных подстанций (ТП), составляют для быстрого и точного определения их местоположения на территории. В адресном списке указывают наименование сооружения (РП, ТП, туннель, колодец, коллектор и т. п.); его диспетчерский номер, адрес ближайшего городского строения и др. Для каждой кабельной линии при вводе ее в эксплуатацию устанавливают единый диспетчерский номер, или наименование по месту присоединения. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждому из них присваивают номер кабельной линии с добавлением букв: А, Б, В и т. д. Кроме того, для каждой линии рассчитывают наибольшую токовую нагрузку. Указанные сведения заносят в паспорт.

В процессе эксплуатации линий проводят регулярные осмотры трасс в нормативные сроки, профилактические испытания, измерения нагрузок не реже двух раз в год, в том числе один раз в период максимума нагрузок. Анализ результатов измерений нагрузок в период их максимума и минимума позволяет определить мероприятия по улучшению режима работы кабельной линии.

В разрабатываемую номенклатуру входят: сроки выполнения работ; осмотр трасс кабельных линий; измерение фактических нагрузок; профилактические испытания; контроль за нагревом кабелей и блуждающими токами; ремонт кабельных линий.

При составлении номенклатуры учитывают: периодичность и сезонность выполнения работ; должности персонала, на который возлагают выполнение различных видов работ; плановую норму времени на каждого исполнителя; вид отчетного документа. Ежегодно разрабатываемая номенклатура работ позволяет отразить происшедшие за истекший год изменения в требованиях к обслуживанию кабельных линий.

4.5. Эксплуатационный надзор за кабельными линиями и сооружениями

Правильно организованный в соответствии с ПТЭ и местными условиями эксплуатационный надзор за кабельными линиями, и сооружениями обеспечивает надежность электроснабжения промышленных предприятий и городов.

В целях снижения механических повреждений кабельных линий, проложенных в траншеях, Советом Министров рассмотрены и утверждены Правила охраны высоковольтных электрических сетей. В соответствии с этими правилами для кабельных линий напряжением 2 кВ и выше должны быть отведены земельные участки под кабель и по 1 м в обе стороны от крайних кабелей. В пределах этой площади нельзя прокладывать другие коммуникации без согласования с организацией, эксплуатирующей кабельную линию, и сбрасывать тяжести, выливать кислоты и щелочи, устраивать свалку шлака и т. п. Установлены штрафные санкции для лиц и организаций, виновных в порче кабеля.

основу эксплуатационного надзора кабельных линий входят: обход трасс и осмотр состояния кабельных линий и различных сооружений, в которых они проложены; надзор за производством работ на трассах и вблизи кабельных линий; организационно-технические мероприятия по обеспечению сохранности кабельных линий.

Периодичность осмотров и обходов трасс кабельных линий монтерами определяется опытом эксплуатации, местными условиями и проводится не реже сроков, приведенных в ПТЭ. Для кабельных линий напряжением до 35 кВ установлены следующие сроки

осмотров: трасс в земле — 1 раз в 3 мес; концевых муфт напряжением выше 1000 В — 1 раз в 6 мес, до 1 000 В — 1 раз в год; кабельных колодцев — 2 раза в год. Трассы кабельных линий, проходящие по реконструируемым городским и промышленным площадкам, где возможны механические повреждения кабелей, осматривают более часто.

Весной во время паводков, после ливней и в период осенних дождей, когда наблюдаются наибольшее размягчение и размыв грунта, производят внеочередные обходы.

При осмотре кабельных трасс проверяют, чтобы на трассе не производилось несогласованных работ (строительство сооружений, раскопка земли, насаждение растений и др.).

Осмотр кабельных трасс закрытых территорий производят совместно с представителем той организации, где проложен кабель. В местах пересечения кабельных трасс с путями железных дорог обращают внимание на наличие предупредительных плакатов о расположении кабельных линий с обеих сторон зоны ограждений железной дороги.

В местах пересечения кабельных линий с канавами, кюветами и оврагами проверяют наличие размывов и обвалов, угрожающих сохранности кабелей.

При обходе трасс кабельных линий по территориям, где нет ориентиров (поля, пустыри), проверяют наличие железобетонных или металлических вешек, определяя их положение на трассе по плану линии.

В местах перехода кабелей из земли в здания и из земли на опору ВЛ необходимо проверить наличие металлической трубы, обеспечивающей защиту кабелей от механических повреждений.

Осмотр открыто проложенных кабельных линий в кабельных сооружениях (каналы, туннели, коллекторы, эстакады) производят по местным инструкциям. Внутри сооружений не должно быть горючих и вредных для дыхания газов, а также легко воспламеняющихся материалов.

При осмотре кабельных сооружений проверяют состояние освещения и вентиляции, антикоррозионных покровов металлических оболочек кабелей и кабельных конструкций, соединительных муфт, наличие противопожарных кожухов и измеряют температуру

окружающего воздуха. Одновременно проверяют состояние строительной части сооружений (люков, перегородок, выходов, наличие протечек воды и др.).

Результаты обходов и осмотров кабельных трасс на открытых и закрытых территориях заносят в журнал для записи дефектов и неполадок. Если обнаруженные дефекты требуют немедленного устранения, об этом необходимо сообщить руководителю.

В соответствии с Правилами по охране высоковольтных электрических сетей все виды работ вблизи кабельных трасс, которые могут привести к порче кабелей (например, вскрытие земляных покровов, взрывные и карьерные работы и др.), предварительно согласовываются с организацией, эксплуатирующей эти кабели.

Все мероприятия по защите кабельной линии от повреждения отражаются в технической документации. Места производства земляных работ по степени опасности механических повреждений кабельных линий делят на две зоны: 1 — работы на расстоянии до 1 м от крайней кабельной линии напряжением выше 1000 В; 2 — работы на расстоянии более 1 м или на трассах кабельных линий напряжением до 1000 В. Производство раскопок механизмами на расстоянии ближе 1 м от кабелей не допускается. Применение клин-бабы и других аналогичных ударных механизмов разрешается на расстоянии 5 м (и более) от кабелей.

При выезде на место работ представителю эксплуатирующей организации необходимо иметь план трассы кабельных линий и набор необходимых предупредительных и запрещающих плакатов.

Лицо, осуществляющее допуск к работам в зоне 1, проверяет по чертежу расположение кабельных линий, указывает производителю работ место трассы и намечает границы безопасного производства работ. На месте работ границу ограждают барьером, щитами или другим, возможным по местным условиям способом. На ограждениях вывешивают пояснительные и предупредительные плакаты. После этого лицо, осуществляющее допуск, выдает производителю работ письменное разрешение на выполнение этих работ. Если вскрытые кабели будут находиться в таком состоянии долгое время, необходимо защитить их от возможных механических повреждений. Раскопки в зоне 1 выполняют только лопатами; применение ломов, пневматических инструментов и клиньев допускается лишь для снятия верхнего покрова на глубину не более 400 мм. Механизмы (например, экскаваторы) не должны работать вблизи трассы из-за возможного повреждения кабелей ковшом экскаватора.

При работах в зоне 1 осуществляют постоянный контроль за производством работ на трассе. После окончания земляных работ на трассе все кабельные линии, отключенные для земляных работ и не отключенные, но вскрытые, испытывают высоким напряжением.

4.6. Контроль за нагревом кабелей

Предельно допустимая температура нагрева кабеля имеет большое значение, так как от нее зависят нагрузочная способность, срок службы и надежность работы кабеля.

Каждый вид изоляции кабеля рассчитан на определенную длительно допустимую температуру, при которой старение изоляции проходит медленно. Превышение температуры нагрева кабеля выше допустимой ускоряет процесс старения изоляции и сокращает срок службы кабеля.

При нагревании кабеля наиболее быстрому старению подвергается бумажная изоляция, механическая прочность и эластичность которой при этом понижаются. Длительно допустимые температуры для силовых кабелей стационарной прокладки.

При включении кабеля под нагрузку вначале нагреваются его жилы, а затем изоляция и оболочка. Опытными измерениями установлено, что перепад температуры между жилой и оболочкой кабеля напряжением 6 кВ примерно 15 °С, а для кабелей 10 кВ — 20 °С. Поэтому в практических условиях обычно ограничиваются измерением температуры оболочки, учитывая, что температура жилы кабеля выше на 15 — 20 °С.

Контроль за нагревом кабелей в процессе эксплуатации осуществляется измерением температуры свинцовой или алюминиевой оболочки, или брони в тех местах кабельной трассы, где предположительно кабельная линия может иметь перегрев против допустимых температур. Такими местами могут быть прокладки вблизи теплопроводов, в среде с

большим тепловым сопротивлением (шлак, трубы и т. п.), где создаются неблагоприятные условия для охлаждения кабельной линии.

Измерение температуры на поверхности кабелей, проложенных в земле, рекомендуется производить термомпарами. Для установки термомпар на трассе кабеля отрывают котлован размером 900х900 мм с углублением 150—200 мм в одной из стенок котлована по оси кабеля. После удаления наружного покрова, очистки брони от коррозии создают надежный контакт (легкоплавким припоем или фольгой) с проводом термомпары.

Измерительные провода выводят через газовую трубу и подключают к специальным ящикам, после чего котлован засыпают землей. Схема измерения температуры на поверхности кабеля.

Измерение температуры на поверхности контролируемых кабелей с одновременным измерением токовых нагрузок производят в течение суток через 2-3 ч. Если в результате измерений окажется, что температура жилы кабеля на отдельных участках превышает допустимую, необходимо или снизить токовую нагрузку на кабель, или принять меры к улучшению условий его охлаждения. В некоторых случаях целесообразно заменить перегревающийся участок линии кабелем большого сечения. Измерение температуры кабелей, проложенных открыто в кабельных сооружениях, можно производить обычным лабораторным термометром, укрепляя его на оболочках кабеля. Необходимо вести тщательный контроль за температурой окружающего воздуха и работой вентиляции в кабельных сооружениях. Контроль за нагревом кабелей производят по мере необходимости. Бесперебойность электроснабжения объектов различного назначения невозможна без обеспечения надежности и долговечности кабельных линий, которые в значительной степени зависят от правильной организации производства работ по изготовлению кабелей, их прокладке и соединению, а также эксплуатации.

4.7. Защита КЛ при эксплуатации. Способы обнаружения повреждений КЛ проложенных в траншеях

НАДЗОР ЗА СОСТОЯНИЕМ ТРАСС КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

1.1. Надзор за трассами кабельных линий, кабельными сооружениями и кабельными линиями производится в целях проверки их состояния периодическим обходом и осмотром специально выделенными для этого монтерами в сроки предусмотренные ПТЭ, и инженерно-техническим персоналом в сроки, предусмотренные местными инструкциями.

1.2. Внеочередные обходы и осмотры производятся в период паводков и после ливней, а также при отключении линий релейной защитой.

1.3. При обходах в осмотрах трасс кабельных линий, проложенных на открытых территориях, необходимо:

- проверять, чтобы на трассе не производились несогласованные с энергопредприятием работы (строительство сооружений, раскопка земли, посадка растений, устройство складов, забивка свай, столбов и т.п.). а также, чтобы не было завалов трасс снегом, мусором, шлаком, отбросами, не было провалов и оползней грунта;
- осматривать места пересечения кабельных трасс с железными дорогами, обращая внимание на наличие предупредительных плакатов и на надежное металлическое соединение рельсов электрифицированных железных дорог в местах стыков;
- осматривать места пересечения кабельных трасс шоссейными дорогами, канавами и кюветами;
- осматривать состояние устройств и кабелей, проложенных по мостам, дамбам, эстакадам и другим подобным сооружениям;

проверять в местах выхода кабелей на стены зданий или опоры воздушных линий электропередачи наличие и состояние защиты кабелей от механических повреждений, исправность концевых муфт: проверять в местах перехода кабельных линий с берега в реку или в другой водоем наличие и состояние береговых сигнальных знаков и в случае стоянки кораблей, судов, барж и других плавучих средств в зоне подводного перехода немедленно сообщать об этом своему непосредственному начальнику.

При обходах и осмотрах трасс кабельных линий, проложенных на закрытых территориях, кроме выполнения рекомендаций п. 1.3, необходимо:

- привлекать к участию в осмотре трассы представителя предприятия, ответственного за охрану кабелей и других, относящихся к ним сооружений;
 - при выявлении дефектов на трассах линий вручать предписание об их устранении;
- в случае выявления не устраненных в установленный при предыдущем осмотре срок недостатков составлять протокол о нарушении.

1.5. Осмотр подводных кабельных переходов производится бригадой водолазов под руководством мастера. Ширина зоны осмотра менее 20 м (по 10 м в каждую сторону от кабеля).

При осмотрах подводных кабельных переходов необходимо:

- проверять соответствие устройства кабельного перехода проекту;
- проверять, не попали ли на кабельную трассу якоря, цепя или другие затонувшие предметы;
- проверять сохранность и состояние кабеля в местах выхода из труб на берега рек, каналов и других водоемов;
- обращать внимание, нет ли дефектов на кабелях, переплетений кабелей и сноса их по течению;
- проверять глубину залегания кабелей и отсутствие сноса грунта.

1.6. Осмотр кабельных линий, проложенных в кабельных сооружениях, и кабельных сооружений должен производиться специально выделенным персоналом электростанции или электрической сети.

При осмотре кабельных линий, проложенных в кабельных сооружениях, и кабельных сооружений необходимо:

- проверять состояние антикоррозионных покрытий металлических оболочек кабелей;
- измерять температуру оболочек кабелей;
- проверять внешнее состояние соединительных муфт и концевых заделок;
- проверять, нет ли смещений и провесов кабелей, соблюдены ли предусматриваемые ПУЭ расстояния между кабелями;
- проверять наличие и правильность маркировки кабелей;
- проверять исправность освещения;
- измерять температуру воздуха в помещениях;
- проверять исправность устройств сигнализации и пожаротушения;
- проверять состояние строительной части, дверей, люков и их запоров, крепежных конструкций, наличие разделительных несгораемых перегородок и плотности заделки кабелей в местах прохода через стены, перекрытия и перегородки;
- проверять, нет ли посторонних предметов, строительных и монтажных материалов, обтирочных концов, тряпок, мусора и пр. (при наличии удалить);
- проверять, не проникают ли грунтовые и сточные воды, нет ли технологических отходов производства.

1.7. Осмотр кабельных колодцев производится двумя лицами в следующем порядке:

- открывается люк колодца;
- спускается на уровень не ниже 0,25 м до дна колодца резиновый шланг, соединенный с вентилятором или компрессором, и в колодец в течение 15 мин нагнетается свежий воздух;
- проверяется отсутствие в колодце горючих и вредных газов;
- после проветривания один из монтеров опускается в колодец, а второй - неотлучно дежурит около люка колодца.

1.8. Осмотр концевых участков и концевых муфт кабельных линий, заходящих в распределительные устройства электростанций и подстанций, производится своим персоналом.

1.9. В случаях, когда кабельные сооружения и распределительные устройства или подстанции принадлежат разным организациям, осмотр должен производиться представителями этих организаций.

1.10. Результаты обходов и осмотров оформляются следующим образом:

1.10.1. Результаты обходов и осмотров кабельных линий регистрируются в журнале по обходам и осмотрам. Кроме того, все обнаруженные дефекты на трассах кабельных линий должны быть записаны в журнал дефектов и неполадок или в карты дефектов.

1.10.2. По окончании осмотра трассы закрытой территории вручается предписание работнику предприятия, ответственному за сохранность кабельных линий, в целях своевременного устранения обнаруженных дефектов.

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

1.10.4. Результаты осмотра трасс кабельных линий инженерно-техническим персоналом регистрируются в журнале дефектов и неполадок.

1.10.5. Осмотр подводных трасс кабельных линий оформляется актом комиссии в составе ответственного представителя эксплуатирующей организации, бригадира водолазов и водолаза, непосредственно осматривавшего трассу.

1.10.6. При обнаружении на трассе кабельных линий производства земляных работ, выполняемых без разрешения кабельной сети, а также при обнаружении над местом прокладки подводных кабелей стоянки кораблей, судов и других нарушений действующих «Правил охраны высоковольтных электрических сетей» и «Правил охраны электрических сетей напряжением до 1000 В»

производящий обход и осмотр должен принять меры по предотвращению вышеуказанных нарушений и сообщить об этом своему непосредственному начальнику и сделать запись в журнале обходов и осмотров.

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

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

1.11. предприятия, эксплуатирующие кабельные линии, должны проводить разъяснительную работу среди населения, руководителей предприятий, учреждений и жилищно-эксплуатационных контор по соблюдению

«Правил охраны высоковольтных электрических сетей» и «Правил охраны электрических сетей напряжением до 1000 В» путем объявлений по радио, телевидению, вывешивания плакатов, публикации в газетах, рассылки «Извещений о правилах производства раскопок и мерах по охране кабельных линий», требовать от руководства предприятия, на территории которого проходят кабельные линии, приказом по предприятию выделять лиц, ответственных за сохранность кабельных линий. Копия приказа должна быть направлена в соответствующий район (участок) кабельной сети.

Импульсный метод

Этот метод применяется для определения зоны повреждения кабеля в любых случаях, кроме заплывающего пробоя, при переходном сопротивлении до 150 Ом.

Метод основан на измерении интервала времени между моментами подачи зондирующего импульса переменного тока и приема отраженного импульса от места повреждения. Скорость распространения импульсов в кабельных линиях высокого и низкого напряжения величина постоянная и равна 160 м/мкс. Поэтому по времени пробега импульса до места повреждения и обратно определяют расстояние до точки повреждения кабеля.

$$L_x = N_x * V/2 = 80 T_x$$

Измерения производятся прибором рефлектометром РЕЙС-105Р. На экране прибора имеется линия масштабных отметок и линия импульсов. По форме отраженного импульса можно судить о характере повреждения. Отрицательное значение отраженный импульс имеет при коротких замыканиях и положительное при обрыве жил.

Метод колебательного разряда

Этот метод применяется при заплывающих пробоях кабелей. Для измерения на поврежденную жилу подается от кенотронной испытательной установки напряжение,

которое плавно поднимается до напряжения пробоя. В момент пробоя в кабеле возникает разряд колебательного характера. Период колебаний определяет расстояние до точки повреждения, так как скорость электромагнитная волна распространяется в кабеле с постоянной скоростью. Измерение выполняется рефлектометром РЕИС-105Р

Метод петли

Этот метод основан на измерении сопротивлений при помощи моста постоянного тока. Применение метода возможно при повреждении одной или двух жил кабеля и наличии одной здоровой жилы. При повреждении трех жил можно использовать жилу рядом проложенного кабеля. Для этого поврежденную жилу накоротко соединяют с целой с одной стороны кабеля, образуя петлю. К противоположным концам жил присоединяю регулируемые сопротивления моста.

Равновесие моста будет при условии:

$$R1 / R2 = Lx / L + (L - Lx)$$

Так как сопротивление жилы прямо пропорционально ее длине, то

$$Lx = 2L * R1 / (R1 + R2), \text{ где}$$

R1 и R2 - регулируемые сопротивления моста. (Ом);

L - длина трассы:

Lx - расстояние до точки повреждения, (м).

К недостаткам этого метода следует отнести большие затраты времени на измерение, меньшую точность измерения, необходимость установки закороток. Поэтому петлевой метод сейчас вытесняется импульсным методом и методом колебательного разряда.

Емкостный метод

Этот метод применяется для определения расстояния от конца линии до места обрыва одной или нескольких жил кабельной линии путем измерения емкости кабеля. Метод основан на измерении емкости оборванной жилы с помощью моста переменного или постоянного тока, так как емкость кабеля зависит от его длины:

а) Обрыв одной жилы в трехжильном кабеле;

б) Схема на постоянном токе: П - потенциометр, Сэт - эталонный конденсатор. С1 - емкость поврежденной жилы;

с) Схема на переменном токе. При обрыве жилы кабеля без заземления измеряется емкость оборванной жилы с обоих концов. Считая, что длина кабеля делится пропорционально измеренным емкостям С1 и С2 имеем

$C1 / Lx = C2 / L - Lx$, где Lx - расстояние до места обрыва: L - полная длина линии.

Тогда

$$Lx = D * C1 / (C1 + C2)$$

После определения зоны повреждения в этот район направляется оператор для определения места повреждения. Для этого используют акустический, индукционный или метод накладной рамки.

Акустический метод

Сущность акустического метода состоит в создании в месте повреждения искрового разряда и прослушивании на трассе вызванных этим разрядом звуковых колебаний, возникающих над местом повреждения. Этот метод применяют для обнаружения на трассе всех видов повреждения с условием, что в месте повреждения может быть создан электрический разряд. Для возникновения устойчивого искрового разряда необходимо, чтобы величина переходного сопротивления в месте

повреждения превышала 40 Ом. Слышимость звука с поверхности земли зависит от глубины залегания кабеля, плотности грунта, вида повреждения кабеля и мощности разрядного импульса. Глубина прослушивания колеблется в пределах от 1 до 5 м. Применение этого метода на открыто проложенных кабелях, кабелях в каналах, туннелях не рекомендуется, так как из-за хорошего распространения звука по металлической оболочке кабеля можно допустить большую ошибку в определении места повреждения.

В качестве генератора импульсов применяется кенотрон с дополнительным включением в схему высоковольтных конденсаторов и шарового разрядника. Вместо конденсаторов можно

использовать емкость неповрежденных жил кабеля. В качестве акустического датчика используют датчики пьеза - или электромагнитной системы, преобразующие механические колебания грунта в электрические сигналы, поступающие на вход усилителя звуковой частоты. Над местом повреждения сигнал наибольший. В качестве прибора можно использовать тече-рассоисковый комплект «ЛИДЕР».

Индукционный метод

Этот метод применяют для непосредственного отыскания на трассе кабеля мест повреждения при пробое изоляции жил между собой или на земле, обрыве с одновременным пробоем изоляции между жилами или на земле, для определения трассы и глубины залегания кабеля, для определения местоположения соединительных муфт. Сущность метода заключается в фиксации с поверхности земли с помощью приемной рамки характера изменения электромагнитного поля над кабелем при пропускании по нему тока звуковой частоты (800 - 1200 Гц) от долей ампера до 20 А в зависимости от наличия помех и глубины залегания кабеля. ЭДС, наводимая в рамке зависит от токораспределения в кабеле и взаимного пространственного расположения рамки и кабеля. Зная характер изменения поля, можно при соответствующей ориентации рамки определить трассу и место повреждения кабеля. Более точные результаты получают при прохождении тока по цепи «жила - жила», для этого выжиганием однофазные замыкания переводят в двух и трехфазные или создают искусственную цепь «жила - оболочка кабеля», разземляя последнюю с двух сторон и подключая генератор к жиле и оболочке кабеля.

Силовые линии поля тока «жила - земля» представляют собой концентрические окружности, центром которых является ось кабеля, (после одиночного тока). При использовании цепи «жила - жила» ток, идущий по прямому и обратному проводам, создает два концентрических магнитных поля, действующих в противоположных направлениях (поле пары токов). При расположении жил в горизонтальной плоскости результирующее поле на поверхности земли наибольшее, а при расположении жил в вертикальной плоскости - наименьшее. Поскольку кабели имеют скрутку жил, то в рамке, расположенной вертикально и перемещаемой вдоль трасс кабеля будут индуцироваться ЭДС, изменяющаяся от минимума при вертикальном расположении жил, до максимума при горизонтальном расположении жил.

При отыскании повреждения необходимо помнить, что сигнал за местом повреждения затухает на расстоянии не более половины шага. Используя этот метод определяют трассу кабеля, место расположения соединительных муфт по усилению звучания в телефоне из-за увеличенного расстояния между жилами, защитную металлическую трубу по резкому уменьшению уровня звука, как как труба является экраном и глубину прокладки кабеля. Для определения глубины прокладки кабеля сначала находят линию трассы кабеля и проводят черту. Затем, располагая ось рамки под углом 45 градусов к вертикальной плоскости, проходящей через ось кабеля, до момента отсутствия в рамке индуцированного ЭДС. Расстояние от этого места до трассы, отмеченной чертой, равно глубине залегания кабеля.

Метод накладной рамки

Этот метод применяют для непосредственного обнаружения места повреждения кабеля. Метод удобен при открытой прокладке кабеля; при прокладке в земле необходимо открыть несколько шурфов в зоне повреждения. Метод основан на том же принципе, что и индукционный. Генератор подключают к жиле и оболочке или между двумя жилами. На кабель накладывают рамку и поворачивают ее вокруг оси. До места повреждения будут прослушиваться два максимума и два минимума сигнала от поля пары токов. За местом повреждения при вращении рамки будет прослушиваться монотонный сигнал, обусловленный магнитным полем одиночного тока.

5. Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий

5.1. Монтаж линий электропередач напряжением выше 1000 В

Типовая технологическая карта разработана на монтаж линий электропередач (ЛЭП) напряжением более 1000 В.

Электрические сети, расположенные на открытых территориях вне зданий, часто выполняют *воздушными линиями* (ВЛ). За длину *пролета* ВЛ на местности принимают горизонтальное расстояние между центрами двух смежных опор. *Анкерным участком*

называют сумму длин пролетов между опорами анкерного типа. Под *стрелой провеса* проводов/при одинаковой высоте точек подвеса подразумевают вертикальное расстояние между линией, соединяющей точки подвеса провода, и низшей точкой провода. За габарит линии Н принимают наименьшее расстояние по вертикали при наибольшем провисании проводов до уровня земли или пересекаемых сооружений.

Углом поворота трассы линий называют угол между направлениями линии в смежных пролетах. Под *тяжением* провода понимают усилие, направленное по оси провода. Механическое напряжение провода получают делением тяжения на площадь поперечного сечения провода.

Промежуточные опоры устанавливают на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ.

Угловые опоры устанавливают в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать слагающую натяжения проводов смежных пролетов.

Анкерные опоры устанавливают на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности натяжения проводов, направленные вдоль ВЛ. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

Концевые опоры устанавливают в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее натяжение проводов.

Ответвительные опоры устанавливают в местах ответвления от ВЛ.

Перекрестные опоры устанавливают в местах пересечения ВЛ двух направлений.

Промежуточный пролет - это расстояние по горизонтали между двумя смежными промежуточными опорами. Как правило, эти пролеты на ВЛ до 1 кВ колеблются в пределах 30-50 м, а на ВЛ выше 1 кВ - 100 - 250 м и более.

Воздушные линии имеют следующие конструктивные элементы: провода, опоры, изоляторы, арматуру для крепления проводов на изоляторах и изоляторов на опорах. Воздушные линии бывают одно- и двухцепные. Под одной цепью понимают три провода одной трехфазной линии или два провода одной однофазной линии. Для воздушных линий напряжением до 10 кВ применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода. Опоры для ВЛ напряжением до 10 кВ изготавливают из дерева и железобетона. Деревянные опоры просты в изготовлении и дешевы, но недолговечны из-за гниения древесины. Железобетонные опоры дороже, но прочнее.

Деревянные промежуточные (рис.2, а) и угловые анкерные (рис.2, б) опоры широко используют при сооружении ВЛ в I; II и III климатических районах по гололеду. Вертикальные расстояния между проводами на этих ВЛ принимают 400 мм.

В IV климатическом районе по гололеду расстояние между проводами на ВЛ, сооруженных с использованием этих опор, должно быть 600 мм. При изготовлении деталей деревянных опор применяют лесоматериалы хвойных пород. Основные типы железобетонных опор, применяемых на ВЛ 6-10 кВ. Железобетонные опоры изготавливают вибрационными или центрифугированными. Вибрационные опоры могут быть круглой, прямоугольной или двутавровой формы. Стальная арматура железобетонных опор может быть ненапряженной, напряженной и частично напряженной.

Промежуточные опоры выполняют одностоечными с горизонтальным расположением проводов, укрепленных на штыревых изоляторах ШС-10. Анкерные, угловые, концевые, ответвительные опоры конструируют из стоек промежуточных опор. Детали крепления и оттяжки применяют металлические. Опоры рассчитаны на подвеску проводов марок А25-А70, АС16-АС50 и ПС25. Высота штыря принята увеличенной до 175 мм. Штыри заземляют приваркой к выпускам арматуры из железобетонной траверсы.

На ВЛ до 10 кВ широко применяют штыревые изоляторы. Изоляторы доставляют на монтаж в решетчатых ящиках. Отбраковку изоляторов производят визуально перед отправкой их на трассу. Предприятие-изготовитель снабжает каждую партию изоляторов документом, удостоверяющим их качество.

Установка деревянных и железобетонных опор ВЛ до 10 кВ. Одностоечные опоры, как правило, устанавливают буро-крановыми машинами БМ, БКМ и другими непосредственно после бурения котлованов. Машину располагают на расстоянии около 0,5 м от края котлована, опускают выносные опоры (аутригеры), распускают тяговый трос лебедки, цепляют универсальный строп на расстоянии 1-1,5 м выше центра тяжести стойки, крепят в 2,5-3 м от нижнего торца веревочные оттяжки, поднимают (вывешивают) опору над котлованом и, направляя ее комель оттяжками, опускают в котлован. Во время спуска опоры ее разворачивают так, чтобы траверсы или крюки были перпендикулярны оси ВЛ. Затем подсыпают в котлован немного фунта, выправляют и выверяют опору, засыпают котлован полностью фунтом, послойно трамбуя его, и снимают строп. Кроме того, для установки таких опор можно использовать кран, машину ММТС-2 с бесстроповым гидравлическим захватом или раскаточно- навешивающую машину РМТС-3 и др.

А - образные опоры устанавливают автомобильными или факторными кранами, так как фузоподъемность буро-крановых машин недостаточна. Опору поднимают двухветвевым стропом, цепляя его за верхнюю часть опоры (деревянную - над поперечиной, железобетонную - чуть ниже траверсы). Чтобы избежать перекоса, обе ветви стропа закрепляют на равном расстоянии от вершины опоры.

При достаточной высоте подъема крюка крана опору устанавливают в заранее открытый котлован так же, как одностоечную. Если высоты подъема крюка не хватает, опору предварительно выкладывают так, чтобы торцы стоек находились у краев котлованов. При подъеме опоры грузовым крюком комли стоек соскальзывают в котлован по доскам, предварительно установленным в качестве направляющих в верхней части котлована и одновременно защищающих его стенки от разрушения. После подъема крюка до верхней точки доводят опору до вертикального положения, перемещая стрелу крана.

Опоры с подкосами устанавливают буро-крановыми машинами. Сначала в один котлован опускают стойку опоры и присыпают ее основание грунтом. Затем поднимают подкос, опускают его нижний конец в другой котлован, а верхний подводят к стойке и, придерживая крюком, закрепляют болтами или специальными кронштейнами. После установки опоры выправляют, выверяют, засыпают котлован фунтом и снимают стропы.

Установка одностоечных деревянных и железобетонных опор ВЛ35-220 кВ краном. Сравнительно большие масса и высота одностоечных деревянных и железобетонных опор ВЛ 35- 220 кВ не позволяют применять для их установки буро-крановые машины. Поэтому такие опоры поднимают кранами СМК-10, К-162 и другими соответствующей грузоподъемности. Собранный опору поднимают краном и опускают в котлован так же, как и опоры ВЛ до 10 кВ. Верхние ригели обычно закрепляют после установки опоры, для чего роют специальную траншею, укладывают в нее краном ригель и крепят его к стойке хомутами. Затем опору выверяют и засыпают котлован.

Аналогично устанавливают промежуточные П-образные деревянные опоры ВЛ 35-110 кВ массой до 2,5 т.

При подъеме одностоечных железобетонных опор краном-установщиком К-ЛЭП-7их выкладывают по оси ВЛ так, чтобы нижний торец стойки находился на расстоянии 1,5 м от центра котлована. Кран с поднятой стрелой подводят к опоре со стороны торца и устанавливают на аутригеры. Выдвинутую телескопическую стрелу опускают на стойку и закрепляют на ней в двух точках. Затем поднимают стрелу вместе с опорой в вертикальное положение, опускают опору в котлован, выправляют и засыпают фунтом.

Установка одностоечных железобетонных опор ВЛ 35-220 кВ краном и трактором. Если невозможно установить опору одним краном (например, в слабых грунтах, где котлован разрабатывают экскаватором и кран не может подойти близко), собранный опору выкладывают по оси линии над вырытым котлованом так, чтобы нижний торец стойки находился на расстоянии 1,5 - 2 м от бровки котлована (положение /). Кран устанавливают поперек оси ВЛ на аутригеры на расстоянии 0,5 - 1 м от центра тяжести опоры на краю котлована под нижней траверсой опоры крепят две боковые расчалки из троса длиной около 50 м и разводят их к двум лебедкам, установленным на расстоянии 25 - 30 м от оси ВЛ и от центра котлована. К стойке опоры крепят тормозной

трос , идущий к лебедке трактора, а к нижней траверсе - веревочную лестницу, предназначенную для снятия оттяжек после установки.

Сначала опору поднимают краном на максимально возможную высоту (не менее чем на 30-45°), при этом низ стойки, подтормаживаемый лебедкой трактора, опускается в котлован. Когда стойка упрется в дно котлована (положение II), подъем опоры краном прекращают, отцепляют от трактора тормозной трос и переводят трактор на подъем опоры. Для этого прицепляют к тракторной лебедке тяговый трос 5 и натягивают его до тех пор, пока грузовой трос крана не ослабнет. После этого строп крана отцепляют от опоры и переводят кран на торможение. Одновременно боковыми лебедками натягивают расчалки. Дальнейший подъем опоры продолжают тяговой лебедкой трактора, регулируя положение опоры по оси ВЛ боковыми расчалками. При подходе к вертикальному положению опоры подтормаживают этими же боковыми расчалками. После выверки опоры устанавливают ригели и засыпают котлован. Аналогично устанавливают П-образные деревянные опоры ВЛ 110 кВ массой свыше 2,5 т.

Иногда тяговый трос прикрепляют не к лебедке, а непосредственно к трактору и поднимают опору передвижением трактора. При этом особое внимание обращают на то, чтобы трактор двигался строго по оси ВЛ, а расчалки были все время натянуты. Во многих случаях расчалки крепят не к лебедкам, а к автомашинам или тракторам, что несколько упрощает установку опоры.

Одностоечные опоры с оттяжками устанавливают также краном и трактором. До начала подъема стойки опор соединяют с фундаментами шарнирами, вокруг которых вращают опору при подъеме. Торможение низа опоры в этом случае не требуется. К стойкам опор присоединяют оттяжки, используя их в качестве боковых растяжек. После установки опоры оттяжки присоединяют к ранее смонтированным анкерным плитам и, регулируя их натяжение, выправляют опору.

Угловые опоры с оттяжками устанавливают с небольшим наклоном к внешней стороне угла поворота ВЛ, чтобы в дальнейшем под тяжестью смонтированных проводов они заняли проектное положение.

Установка ЛП-образных деревянных опор ВЛ35-220 кВ падающей стрелой При установке этих опор в качестве тяговых средств применяют тракторы Т-100М, а в качестве якорей - бульдозеры. Опору выкладывают на подкладках по оси котлованов так, чтобы приставки находились над котлованами, между которыми устанавливают падающую стрелу. К верхушке стрелы крепят "вожжи". Свободные концы "вожжей" прикрепляют к стойкам опоры в местах их соединения с траверсой. Тяговый трос тракторной лебедки крепят к верхушке стрелы через полиспасть, к приставкам в местах их соединения с ригелями крепят нижние тормозные тросы, а к середине траверсы - верхний тормозной трос. Устанавливают в нижней части А-образных ферм временные распорки и усиливают дополнительными накладками сопряжения приставок со стойками (если они выполнены встык).

В начале подъема опора поворачивается на подкладках вокруг точек крепления нижних тормозных тросов. После поворота опоры на 40-45° начинают плавно отпускать нижние тормозные тросы и приставки опускаются вниз до упора в дно котлованов. Дальнейший подъем производят поворотом опоры вокруг точек упора приставок в котлованах. Нижние тормозные тросы отпускают и переводят трактор на верхний тормозной трос. При дальнейшем подъеме падающая стрела выходит из работы и повисает на тяговом тросе или специальном канатике, а опора выходит в вертикальное положение и становится на четыре приставки. После этого выверяют ее положение, засыпают котлованы и демонтируют такелаж. Таким же способом устанавливают тяжелые П-образные деревянные промежуточные опоры ВЛ 220 кВ.

Установка металлических опор ВЛ 35-220 кВ. Металлические опоры устанавливают в основном теми же методами, что и железобетонные. Одностоечные свободностоящие опоры массой до 4 - 5 т и высотой 10 - 15 м поднимают краном, массой 5 - 10 т высотой до 22 м - краном и трактором, более 10 т - падающей стрелой и тракторами. Портальные опоры почти всех типов устанавливают падающей стрелой и тракторами. Одностоечные опоры некоторых типов поднимают кранами-установщиками КВЛ-8 или КВЛ-12Б.

Опору, устанавливаемую краном, предварительно выкладывают у фундамента так, чтобы ее центр тяжести находился как можно ближе к центру фундамента. Затем опору стропят выше ее центра тяжести и поднимают краном над фундаментом. Отверстия в пятах опоры совмещают с анкерными болтами, после чего плавно опускают опору на фундамент, выверяют и закрепляют на анкерных болтах.

Опоры, устанавливаемые краном и трактором, предварительно выкладывают строго по оси трассы и закрепляют в шарнирах на фундаментах, усиленных, если необходимо, деревянными распорками. Грузовой строп крана крепят над центром тяжести опоры, выше него - к жесткой диафрагме - цепляют тяговый трос, а за верхушку опоры - тормозной.

Поднимают опору краном, поворачивая на шарнирах не менее чем на 30-45° и выводя в вертикальное положение трактором так же, как одностоечную железобетонную. Затем снимают домкратами поочередно с каждой ноги опоры шарниры, надевают пяты на анкерные болты, выверяют и затягивают гайки.

Установка опор вертолетами. В тяжелых условиях, когда обычные способы применить невозможно или экономически нецелесообразно, используют вертолеты. Собранный на монтажной площадке опору доставляют вертолетом на пикет и сразу устанавливают на подготовленный фундамент (способ свободного монтажа опор). Предварительно на фундаментах устанавливают специальные улавливающие устройства, снабженные съемными наклонными боковыми стенками. Так обычно устанавливают металлические опоры сравнительно небольшой массы. Тяжелые металлические опоры устанавливают вертолетом с помощью шарниров. Для этого на двух фундаментах предварительно монтируют шарниры специальной конструкции, соединяют с ними пяты (башмаки) заранее собранной опоры и закрепляют на ее верхушке подъемный грузовой трос. Вертолет, поднимаясь в воздух, поворачивает на тросе опору вокруг шарниров и выводит ее в вертикальное положение. После этого шарниры снимают и закрепляют опору на фундаменте. Аналогично иногда устанавливают железобетонные одностоечные и металлические порталные опоры на оттяжках.

Выверка и закрепление опор. Поднятая опора должна быть выверена, т.е. приведена в положение, при котором ее ось вертикальна поверхности земли, а траверсы находятся под углом 90° к оси ВЛ. Все опоры должны быть расположены в створе линии. Траверсы угловых опор должны быть направлены по биссектрисе угла поворота ВЛ.

Свободностоящие опоры выверяют теми же кранами и тяговыми механизмами, которые применялись при их установке, а опоры с оттяжками, - натягивая оттяжки. Контролируют выверку теодолитом, отвесом, биноклем. Одностоечные опоры разворачивают в проектное положение различными приспособлениями.

После выверки опоры окончательно закрепляют в фунте или на фундаментах. Опоры, устанавливаемые непосредственно в грунт, закрепляют, засыпая котлован грунтом, песком, песчано-гравийными или щебеночными смесями (в соответствии с указаниями проекта). При засыпке слою грунта тщательно трамбуют.

Металлические свободностоящие опоры закрепляют гайками на анкерных болтах фундаментов. На промежуточных опорах устанавливают на болт одну гайку, а на анкерных и угловых - две. Опоры с оттяжками закрепляют, натягивая оттяжки до создания в них расчетных усилий, контролируемых специальным прибором.

На смонтированных опорах закрепляют тонкую стальную пластину с порядковым номером и годом установки опоры, а также плакаты, предупреждающие об опасности. Железобетонные опоры часто маркируют трафаретными штампами.

После выверки опор соединяют проложенные при их сборке заземляющие спуски или заземляющие болты, расположенные у основания, с заземлителями. На железобетонных и металлических опорах такое соединение выполняют сваркой или болтовыми зажимами, а на деревянных - болтовыми зажимами. В любом случае соединение заземляющих спусков или болтов с заземлителями должно быть доступно.

Установка опор оформляется в журнале, в который заносят отклонения опор и их элементов от проектного положения и другие данные.

5.2. Монтаж линий электропередач (ЛЭП) ниже 1000 В

Размеры дна котлованов не должны превышать размеров опорной плиты фундамента более чем на 150 мм на сторону. Рытье котлованов с вертикальными стенками без креплений допускается в грунтах естественной влажности при отсутствии фунтовых вод. Глубина котлованов в насыпных песчаных и гравийных грунтах не должна превышать 1 м, в глинистых - 1,25 м, в особо плотных - 2 м. Указанные размеры допустимы при условии монтажа фундаментов немедленно после открытия котлованов. Механизированную разработку фундамента в котлованах выполняют без нарушения его структуры в основании фундамента. Для этого разработку котлованов экскаватором производят с недобором фундамента на толщину 100 - 200 мм. Разработка фундамента ниже проектной отметки не допускается. Грунт, вынутый при рытье котлованов, укладывают таким образом, чтобы он не препятствовал проведению последующих операций (установке подножников, сборке опор). Вынутый фундамент следует отбрасывать на расстояние не менее 0,5 м от бровки котлована во избежание излишней нагрузки на стенки котлована и возможности их обвала. Котлованы цилиндрической формы в вязких фундаментах разрабатывают буровыми машинами. Для изготовления деревянных опор ВЛ напряжением 10 кВ применяют сосну и лиственницу. Можно применять ель и пихту. Лес, идущий на изготовление опор, целиком ошкуривают со снятием луба. Для опор ВЛ применяют бревна, пропитанные антисептиком. Глубина проникновения антисептика в заболонную древесину должна составлять не менее 85 % толщины заболони.

При прохождении трассы ВЛ с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим местам, где возможны низовые пожары, опоры защищают следующим образом: вокруг каждой опоры на расстоянии 2 м от нее роют канавы глубиной 0,4 и шириной 0,6 м; вокруг каждой опоры очищают от травы и кустарника площадки радиусом 2 м; на этих участках применяют железобетонные приставки, если их высота от уровня земли до деревянной стойки превышает 1 м. Железобетонные опоры, поступившие на монтаж, тщательно осматривают: они могут иметь раковины и выбоины размером не более 10 мм по длине, ширине и глубине. При этом на 1 м длины опоры не должно быть более двух раковин и выбоин. Раковины и выбоины подлежат заделке цементным раствором.

Железобетонные опоры собирают на деревянных подкладках.

Основной способ заделки одностоечных железобетонных опор в фундаменте - установка их в цилиндрические котлованы с ненарушенной структурой грунта.

В слабых грунтах или при высоком уровне грунтовых вод одностоечные опоры устанавливаются в цилиндрические котлованы либо в котлованы с естественными откосами и дополнительно крепят их железобетонными ригелями.

Как правило, при установке одностоечных железобетонных опор применяют полуавтоматическую строповку, позволяющую освобождать установленные опоры от такелажных тросов с земли без подъема людей на опору.

Готовые развезенные по трассе или собранные на ней опоры устанавливают непосредственно в котлованы с помощью бурильно-крановых машин или кранов-установщиков опор КВЛ-8. Деревянные и железобетонные одностоечные опоры массой до 4 т можно устанавливать в котлованы автомобильным краном.

Пазухи цилиндрических котлованов после установки опор засыпают: грунтом, песком, песчано-гравийными или щебеночными смесями, цементно-песчаным раствором (зимой - цементно-песчаной сухой смесью). Засыпку осуществляют при тщательном послойном трамбовании. Разрешаемые допуски на выверку одностоечных железобетонных опор приведены ниже. Расстояния от подземной части опоры ВЛ до подземных канализационных трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ напряжением до 10 кВ.

При сближении ВЛ с магистральными газо- и нефтепродуктопроводами последние должны прокладываться вне охранной зоны ВЛ, установленной "Правилами охраны высоковольтных электрических сетей" (10 м - для ВЛ напряжением до 10 кВ). Это расстояние отсчитывают от газо- и нефтепродуктопроводов до проекции крайних проводов ВЛ при отклоненном их положении. В стесненных условиях, когда ВЛ параллельны указанным трубопроводам, расстояние от земной части опор ВЛ до трубопроводов допускается 5 м - для ВЛ напряжением до 10 кВ.

При сближении и пересечении ВЛ с магистральными газопроводами давлением менее 1,2 МПа, а также трубопроводами различного назначения, расстояния от подземной части опоры ВЛ до трубопроводов должны быть не менее 5 м - для ВЛ напряжением до 10 кВ. Установку изоляторов, раскатку, натяжение и крепление проводов производят способами, описанными в предыдущем параграфе.

Заземлению подлежат: железобетонные опоры ВЛ напряжением до 10 кВ в населенной и в ненаселенной местности; железобетонные и деревянные опоры всех типов линий всех напряжений, на которых установлены устройства грозозащиты; все виды опор, на которых установлены силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другое оборудование.

Заземляющие устройства опор выполняют в виде ввернутых в грунт вертикальных стержневых заземлителей диаметром 12 мм или погруженных в грунт вертикальных заземлителей из угловой стали. Широкое применение получили заземляющие устройства из стальных полос, расположенных в виде лучей, или глубинные заземлители из полосовой или круглой стали.

Требования к качеству выполнения работ по монтажу ЛЭП выше 1000 В

После окончания работ по сооружению ВЛ заказчик совместно с генеральным подрядчиком назначает рабочую комиссию, которая производит техническую приемку ВЛ (тщательный осмотр, проверку документации и испытание) и составляет необходимые акты и протоколы. При этом генеральный подрядчик предъявляет комиссии полный комплект исполнительной документации. Приемку ВЛ осуществляют в соответствии с положениями СНиП "Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения" и СНиП "Электротехнические устройства", а также ПУЭ и ведомственных инструкций, правил. При этом запрещается принимать ВЛ с недоделками, препятствующими ее нормальной эксплуатации, а также отступлениями от проекта, не согласованными с заказчиком и проектной организацией.

Железобетонные опоры, устанавливаемые в агрессивной среде, должны быть защищены в соответствии с указаниями СНиП.

Каждая партия опор, поступившая на строительство, должна иметь документ (паспорт, акт приемки отдела технического контроля завода-изготовителя) с указанием марки стойки, марки бетона, даты изготовления и вида армирования.

На стойках железобетонных опор несмываемой краской должны быть нанесены заводская маркировка с указанием проектной марки стойки и кольцевые полосы (выше уровня грунта) с указанием расстояния от полосы до заглубленного в грунт конца стойки.

Железобетонные опоры ВЛ до 10 кВ выполняются на вибрированных стойках, а ВЛ 35 кВ - на вибрированных и центрифугированных стойках. Последние применяются в основном на двухцепных ВЛ 35 кВ.

5.3. Материально-технические ресурсы

Земляные работы и сооружение фундаментов. Для рытья котлованов под опоры ВЛ, устанавливаемые непосредственно в грунт, применяют специальные землеройные машины. Цилиндрические котлованы разрабатывают буровыми и буроукрановыми машинами на автомобильном и гусеничном ходу (рис.10). Оборудованы они лопастными (БМ-202, БМ-302, БМ-205, БМ-303) или шнековыми (МРК-1А, МРК-2, МРК-3А, МРК-4Т, МРК-750, МРК-900) бурильными установками. Машины позволяют рыть как вертикальные, так и наклонные (для установки А-образных опор) котлованы. Буроукрановые машины БМ-202, БМ-205, БМ-302 и БМ-303 имеют краны для установки одностоечных опор ВЛ напряжением до 10 кВ. Универсальная буроукрановая машина БКМ-2,5/2 на гусеничном ходу, предназначенная для комплексной механизации работ по строительству сельских линий электропередачи, оснащена бурильной установкой, грузоподъемной стрелой и бульдозерным оборудованием. Созданы головные образцы буроукрановой машины БКТС-1 на базе трактора ТТ-4, предназначенной для разработки котлованов в прочных и мерзлых фунтах и установки одностоечных опор массой до 1,2 т.

Бурильные установки оснащены резцами из стали для средних фунтов и из твердых сплавов - для мерзлых. Бурение одного котлована в средних грунтах занимает 5-7 мин, а в мерзлых - 15-20 мин. Пробуренные котлованы имеют размеры, соответствующие диаметру опор. Стенки котлованов уплотняются рабочими органами бурильной установки, что обеспечивает надежное закрепление опор в фунте. Буровые машины, оснащенные твердосплавными резцами, применяют также для рыхления верхних слоев мерзлого грунта под большие котлованы для сложных опор, после чего талый фунт выбирают на нужную глубину экскаватором.

Для рытья котлованов прямоугольной формы используют общестроительные экскаваторы Э-153, ЭО-2322А, ЭО-4321, ЭО-4121, ЭО-3322, Э-652, Э-304 и др.

Для сооружения свайных фундаментов применяют сваебойные агрегаты СМ-49, дизель- молоты С-1047 и С-996, а также вибровдавляющие установки ВВПС-20/11 и ВВПС-32/19. Эти механизмы предназначены для погружения железобетонных свай соответственно сечением до 30х30 и 40х40 см, длиной до 6 и 12 м, укомплектованы оборудованием для бурения лидерных (направляющих) скважин и могут погружать 10-14 свай в смену. Применяют также монтируемые на тракторе Т-100М ударновибровдавляющие сваепогружатели, вибромолот которых потребляет в 2 раза меньше электроэнергии, чем вибропогружатель, и обеспечивает погружение 15-17 свай в смену. Винтовые сваи погружают в грунт смонтированной на автомашине КРАЗ-214 самоходной установкой МЗС-13 (машиной для завинчивания свай), имеющей производительность до 16 свай в смену.

Сборка и установка опор. Для сборки и установки опор применяют как обычные, так и специальные краны. Для сборки опор и сооружения фундаментов используют в основном краны средней грузоподъемности со стрелой небольшой длины: прицепные Т-75 и УТП-8, гусеничные ТК-53 и общестроительные автомобильные К-64 и КС-2561.

Одностоечные опоры высотой до 11 м ВЛ до 10 кВ обычно устанавливают бурильно-крановыми машинами, а А-образные опоры ВЛ 10 кВ - автокранами КС-2561 и К-64 или тракторным ТК-53. Кроме того, для установки центрифугированных конических опор ВЛ до 10 кВ создан на базе трактора ТТ-4 опытный образец крана-манипулятора ММТС-2, на стреле которого смонтированы грузовой крюк для установки А-образных опор массой до 2 т и подвижные гидравлические захваты для подъема и установки лежащей одностоечной опоры в заранее отрытый котлован, а также для выправки и разворота ее вокруг продольной оси без участия стропальщиков.

Специальный кран-установщик К-ЛЭП-7 предназначен для подъема и установки в готовый котлован одностоечных железобетонных опор высотой до 25 м. Этот кран имеет высокую проходимость и позволяет легко и просто застропить опору в двух точках (что исключает появление в ней трещин), а затем поднять и установить ее без волочения по земле. Кроме того, он может использоваться для установки подножников при устройстве фундаментов и на погрузочно- разгрузочных работах. Разработаны также краны-установщики КВЛ-8 и КВЛ-12 для установки одностоечных опор высотой до 26 м и массой до 8-12 т. Самые тяжелые и крупногабаритные опоры устанавливают, используя падающую стрелу и тяговые средства (тракторы и лебедки). Подтаскивают опоры и их детали к котловану тракторами Т-100М и Т-130; на болотистых трассах - болотными тракторами Т-100Б. Широко применяют также колесный трактор К-701 ("Кировец"), обладающий большой скоростью движения и достаточно высокой проходимостью, и трелевочные тракторы ТТ-4 и ТДТ-55.

В качестве тяговых средств при установке опор применяют тракторные навесные лебедки Л-8, обеспечивающие плавный подъем опор и позволяющие выполнять его в стесненных условиях при небольшом удалении от котлованов.

При сборке и установке опор широко используют также различные строповочные приспособления, захваты, замки, монтажные траверсы и распорки, домкраты, шарниры, якоря и др.

Монтаж проводов и тросов. В качестве тяговых средств при раскатке проводов используют тракторы Т-100М, Т-130 и ДТ-75. Легкие провода раскатывают с помощью автомашин.

При раскатке легких и тяжелых проводов применяют соответственно специальные тележки на автомобильном и гусеничном ходу (одно- или трехбарабанные). Рама тележек оборудована тормозными устройствами для подтормаживания барабанов при раскатке и направляющими роликами. Буксируют тележки автомашинами или тракторами. Барабаны с проводом устанавливают на тележки кранами или различными грузоподъемными приспособлениями. Тележки для легких проводов оборудованы винтовыми домкратами.

При монтаже проводов на ВЛ до 10 кВ используют раскаточно-навешивающую машину РМТС-3 на базе трактора ТТ-4, оборудованную козлами для установки трех барабанов, стрелой для погрузки-выгрузки барабанов и подъема проводов на опоры, тамбурами для раскатки проводов, лебедкой для их вытяжки, съемной люлькой и другими приспособлениями. Машина может раскатывать и поднимать провода одновременно с трех барабанов на траверсы опор без остановки движения. Кроме того, ее можно использовать как тракторный кран хорошей проходимости, способный устанавливать на ВЛ до 10 кВ в открытые котлованы одностоечные опоры массой до 12 т без аутригеров.

Разработан также комплект (из трех раскаточных, тяговой тормозной и намоточной машин) на базе тракторов Т-130, позволяющий раскатывать под тяжением одновременно три провода на участке длиной до 5 км.

При подвеске проводов используют монтажные телескопические и шарнирные вышки на автомобильном или гусеничном ходу. Телескопические вышки легче и проще шарнирных обеспечивают подъем на большую высоту, однако могут быть использованы только при наличии подъездов непосредственно к стволу опоры. Шарнирные вышки позволяют устанавливать машину в 5-10 м от опоры. *Такелажные средства и приспособления и инструмент*, при сборке и установке опор, монтаже проводов и грозозащитных тросов, а также транспортировке материалов и оборудования по трассе широко применяют канаты, тросы, приспособления для строповки, стрелы, шарниры, якоря, блоки, полиспасты.

Канаты и тросы. На вспомогательных работах, не связанных с большими усилиями (подъеме блоков и инструмента на опоры, расчаливании установленных опор), используют пеньковые и капроновые канаты. При подъеме и установке опор основными такелажными средствами являются стальные канаты двойной крестовой свивки – тросы.

Перед употреблением троса тщательно проверяют целостность его проволок. Количество оборванных проволок на длине одного шага свивки не должно превышать 10% общего их числа в тросе. При большем числе оборванных проволок трос должен быть забракован. При поверхностном износе или коррозии трос бракуют, если число оборванных проволок меньше. Трос с оборванной пряжей нельзя использовать ни в каких такелажных средствах. При обрыве пряжи во время работы трос должен быть немедленно заменен.

Приспособления для строповки грузов. Для крепления тросов к опорам, монтажным стрелам и якорям служат инвентарные захваты: коуши, сжимы, концевые зажимы, крюки и др. При заделке троса в коуш сходящие с него концы троса стягиваются сжимами, устанавливаемыми так, чтобы затягивающие гайки были расположены со стороны рабочей ветви троса. Для оконцевания тросов используют также зажимы ТС, закрепляемые на его конце опрессованием. Размеры проушин зажимов ТС позволяют сцеплять их со стандартной арматурой для монтажа проводов. Для обвязки грузов и крепления их к крюкам грузоподъемных механизмов служат грузовые стропы, изготавливаемые из отрезков особо мягких тросов. Концы одинарных стропов заделывают в коуши и в проушины крюков, а универсальных кольцевых - соединяют между собой. По числу канатных ветвей стропы бывают одно-, двух- и четырехветвевыми. Стандартный двухветвевой канатный строп состоит из звена для навешивания стропа и двух канатных ветвей с крюками для захвата груза. При установке опор обычно применяют универсальные и двухветвевые стропы, а анкерных плит и фундаментов - четырехветвевые.

Усилия в ветвях стропа зависят от массы поднимаемого груза, числа ветвей и угла между ними. Чтобы уменьшить нагрузку на ветви, этот угол должен быть по возможности минимальным и не превышать 90°. Длина ветвей стропа должна быть одинаковой. В зависимости от массы и габаритов груза применяют в соответствии со специальными типовыми таблицами и технологическими картами определенные схемы строповки.

После подъема опоры много времени затрачивают на снятие стропов и оттяжек, так как приходится влезать на опору и освобождать трос. Специальные стропы с различными освобождающимися устройствами позволяют выполнять эту операцию с земли. Кольцевой строп с полуавтоматическим замком охватывает ствол опоры и запирается пальцем под действием встроенной в скобу пружины. После подъема опоры строп освобождают, оттягивая палец веревкой.

4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	3.	Составление технологической карты монтажа оборудования в ЗРУ 6-10 кВ	1	-
2	4.	Составление технологических карты высоковольтных испытаний при монтаже кабельных линий	1	-
3	4.	Составление перечня работ по контролю состояния КЛ в эксплуатации и при повреждениях.	1	-
4	4.	Разработка мероприятий по проведению безопасной эксплуатации КЛ в промышленных условиях и при испытании КЛ	2	-
5	5.	Производство работ на ВЛ при преодолении сложных участков (горы, овраги, водные преграды)	2	-
6	5.	Ремонтные работы на воздушных линиях, находящихся вблизи действующих линий электропередачи	2	-
ИТОГО			9	-

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Цель: изучить отдельные виды электромонтажных работ.

Структура:

Каждое индивидуальное задание предполагает рассмотрение различных видов электромонтажных работ. Количество тем определяет преподаватель.

Основная тематика: Электромонтажные работы

Рекомендуемый объем: пояснительная записка объемом 15 - 20 страниц должна содержать титульный лист, содержание, описание электромонтажных работ по каждой теме, список литературы.

Выдача задания, прием контрольной работы (кр) проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
отлично	Контрольная работа сдана в первую или вторую неделю защит. В контрольной работе полно рассмотрены все заданные виды электромонтажных работ. Корректно сформированы выводы.
хорошо	Контрольная работа сдана на третьей неделе защит или контрольная работа содержит незначительные ошибки, иллюстрация не в полной мере соответствуют рассматриваемым электромонтажным работам
удовлетворительно	Контрольная работа сдана на четвертой неделе защит или содержит значительное количество ошибок.
неудовлетворительно	Контрольная работа не сдана в установленный срок или содержит ошибки, влекущие необходимость полной переработки.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	Σ <i>комп.</i>	$t_{ср}$, час	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ПК</i>				
			<i>7</i>				
1		2	3	4	5	6	7
1. Организация электромонтажных работ. Основная документация.		16,5	+	1	16,5	Лк, ПЗ, СР	зачет
2. Требования к электропомещениям. Международная система защиты электрооборудования.		20,5	+	1	20,5	Лк, ПЗ, СР	зачет
3. Монтаж основного электрооборудования.		22	+	1	22	Лк, ПЗ, СР	зачет
4. Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.		23	+	1	23	Лк, ПЗ, СР	зачет
5. Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий.		22	+	1	22	Лк, ПЗ, СР	зачет
<i>всего часов</i>		104	104	1	104		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Емцев, А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: БрГУ, 2014. – 254 с.
2. Сибикин Ю.Д. Обслуживание электроустановок промышленных предприятий. Справочное изд-е. – М.: ВШ, 1971. – 424 с. илл.
3. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 04-35 кВ и 110-1150 кВ. – М.: Папирус ПРО Т1, Т2, Т3. 1999-2006.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Полюянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий. Уч.пос. –СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 400 с илл.	Лк, ЛР, ПЗ, СР	32	1
2.	Сибикин, Ю.Д, Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: уч. пос. /Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.:Директ-Медиа, 2014. – 463 с. ISBN 978-5-4458-5745-7 То же [Электронный ресурс] – URL://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230560	Лк, ЛР, ПЗ, СР	ЭР	1
3.	Емцев А.Н., Васильева С.А. Монтаж и эксплуатация кабельных линий. Уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2008. – 107с.	ЛР, ПЗ, СР	144	1
Дополнительная литература				
4.	Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – М.: НЦ ЭНАС, 2003. – 298 с.	Лк, ЛР	7	0,4
5.	Гологорский Е.Г. и др. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-500 кВ. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003, -344 с.	ЛР, ПЗ, СР	10	0,5
6.	Правила устройства электроустановок. – СПб.: Деан. 2001. – 926 с.	ЛР, Лк, СР	8	0,4
7.	Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Техническое оборудование, ремонт электрооборудования и систем промпредприятий. Учебник. – М.: Изд-во Центр «Академия», 2004, -432 с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР	10	0,5
8.	Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.	ЛР, ПЗ, СР	49	1
9.	Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 04-35 кВ и 110-1150 кВ. – М.: Папирус ПРО Т1, Т2, Т3. 1999-2006.	ЛР, ПЗ, СР	4-Т1 4- Т2 5- Т3	0,2
10.	Сибикин Ю.Д. Обслуживание электроустановок промышленных предприятий. Справочное изд-е. – М.: ВШ, 1971. – 424 с.	ЛР, ПЗ, СР	2	0,01

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение данной дисциплины предполагает, помимо посещения лекционных, лабораторных и практических занятий, активную самостоятельную работу.

Самостоятельная работа обучающихся включает: проработку лекционного материала по конспектам, учебной и технической литературе; подготовку к лабораторным и практическим занятиям.

Литература, имеющаяся в библиотеке, позволяет качественно подготовиться к занятиям. При работе в библиотеке важно комплексно подходить к рассмотрению вопросов, изучая все материалы, рекомендованные преподавателем.

Интерактив проводится в виде работы в малых группах по практическим занятиям.

Форма отчетности к практическим работам: письменный отчет на листах формата А4 с оформлением согласно указаниям ЕСКД и кафедры.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Практическое занятие №1

Составление технологической карты монтажа оборудования в ЗРУ 6-10 кВ

Цель задания: составить технологическую карту монтажа ячейки КРУ 10 кВ, ориентируясь на реальную технологическую карту (по заданию преподавателя).

Технологическая карта на капитальный ремонт масляного выключателя ВМПЭ-10, ВМП-10 на номинальные токи 630, 1000 и 1600 А с электромагнитным приводом

Состав бригады	Условия труда и меры безопасности	Нормы времени
Электромонтёры по ремонту и обслуживанию в/в оборудования 6-го разряда 1 5-го разряда 1 4-го разряда 1	В процессе регулирования провода с выключателем отключающая собачка привода во избежание самопроизвольного отключения выключателя должна быть зафиксирована стальным прутком 06мм	На ремонт одного выключателя 24,2 чел/час
		Материалы и запасные части
		Шкурка шлифовальная (тип1)- 0,25м погонной длины

	и длиной 100мм. При разборке буферной пружины следует принять меры предосторожности, так как пружина имеет большое усилие предварительного натяжения	Ветошь обтирочная 1кг <u>Выключатель</u> Наконечник дугогасит. 3шт Ламель розеточного контакта бшт Изолятор фарфоровый 1шт Прокладка верхней крышки 3 шт Пружина отключающая 1 шт Уплотнение пробки 3 шт Уплотнение маслоуказателя 3шт Стержень подвижный 3шт Колпачок маслоуказателя 3шт Камера дугогасительная 3шт Стекло маслоуказателя 3шт Прокладка 3шт <u>Привод электромагнитный</u> Удерживающая собачка 1шт Катушка отключения 1 шт Контакт КБО,КБВ 1шт Сержа 1шт Механизм свободного расцепления 1 шт
Инструмент	Приборы и приспособления	
Ключи гаечные S=7h-24mm 1комп Набор головок к ключом 1 комп Ключ торцовый S=17,22,27 3шт Молоток слесарный 2шт Кернер 1шт; Отвёртка 2шт Плоскогубцы 2шт Напильники разные 2шт Монтёрский нож 1шт Металлическая щётка 1шт Кисть КФ-25 2шт Противень 1шт	Рычаг для ручного включения выключателя 1шт Приспособления для измерения одновременности замыкания контактов 1шт Защитная каска 3 шт; Рукавицы рабочие 3 пары Микроомметр 1 шт; Аптечка 1 шт Штанга для измерения хода подвижного стержня 1 шт Материалы и запасные части Масло трансформаторное 12л; Смазка ЦИАТИМ-221 2кг; Бензин Б-70 0,5л; Эмаль Г1Ф-115(серая) 1 кг Электропроводящая смазка ЭПС-98 0,05кг	

Последовательность операций:

Оформление наряда, допуск бригады. Подготовка инструмента, материалов, запасных частей, приборов. Осмотр выключателя. Проверка его работы с целью выявления дефектов. Измерение переходных сопротивлений контактов. Слив масла из полюсов, одновременная проверка работы маслоуказателей. Разборка полюсов, дефектация и ремонт дугогасительных камер, механических полюсов, гибких связей, контактного стержня, роликового токосъёма. Сборка полюсов выключателя. Дефектация и ремонт сборочных единиц и деталей, смонтированных на раме выключателя: вала выключателя, отключающих пружин, опорных изоляторов, пружинного буфера, масляного буфера. Дефектация и ремонт сборочных единиц и деталей привода: электромагнита отключения, электромагнита включения, механизма свободного расцепления, запорных устройств. Регулирование и окончательная сборка выключателя. Покраска рамы, полюсов выключателя. Измерение скоростных характеристик и переходного сопротивления контактов. Омировка выключателя. Опробование работы выключателя и привода на надёжное включение и отключение. Уборка рабочего места. Оформление окончания работ. Документальное оформление протокола на ремонт.

Контролируемые параметрами	норма
Полный ход подвижного стержня, мм	208
Ход в розеточных контактах, мм	60
Недоходы: верхний, не более, мм	6
нижний, не более, мм	3
Разновременность касания, не более, мм	5
Угол поворота вала выключателя, град	87±2
Ход штока масляного буфера, мм	21
<u>Привод электромагнитный</u> Угол поворота вала привода, град	94/90
Рабочий ход буферной пружины, мм	33±2
Зазор между роликом и упорным болтом при положении «вкл»,мм	1+1,5/0,5
Зазор между роликом механизма свободного расцепления и отключающей собачкой, мм	0,3+0,8/0,5
Зазор между удерживающей собачкой и осью механизма свободного расцепления при поднятом до упора сердечнике, мм	1-1,5
При регулировании срабатывания блок-контактов КБВ контролировать расстояние от края кулачка кронштейна, мм	13±1 78-2/81
Ход штока отключающего сердечника, мм	2-3
Зазор между зубом кулачка и зубом собачки блок- контактов КБО при положении «откл», мм	1,5-2,5
Зазор между хвостовиком собачки и зубом удерживающей собачки блок-контактов КБО при положении «вкл», мм	7-8 6
Западение собачки в положении «вкл», мм	1
Ход блок-контактов КБП, мм	

Свободное перемещение подвижного штока КБП, мм	
Собственное время включения выключателя с приводом, с, не более	0,3
Собственное время отключения выключателя, с, не более	0,1
Минимальное напряжение на зажимах катушки выключателя без нагрузки. В, не более	145
Сопrotивление токопровода, мОм, не более $I_n=630A$	45/40
$I_n=1000A$	32/30
$I_n=1600A$	

Примечание.

1. Значения, указываемые в виде .../... соответствуют выключателям марки ВМПЭ-10 с приводом ПЭВ-14/ ВМП-10 с приводом ПЭ-11.
2. Разрешается использовать при ремонте выключателя инструмент, не указанный в разделе «инструменты».

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с конструкцией выключателя ВМПЭ-10, установленного в ячейке КХП.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе :

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы необходимо изучить конструкцию выключателя ВМПЭ-10 (дисциплина электростанции и подстанции).

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Монтаж и оборудование КРУ внутренних установок.
2. Монтаж маломасляных выключателей.
3. Какую роль играет трансформаторное масло в маломасляных выключателях?

Практическое занятие №2

Составление технологических карты высоковольтных испытаний при монтаже кабельных линий

Цель работы: Ознакомиться с составом, выполняющие в/в испытания, применяемым инструментом и оборудованием, материалами и приспособлениями необходимыми для выполнения работы.

Технологическая карта на в/в испытания силовых кабельных линий выше 1 кВ.

Состав бригады	Условия труда и меры безопасности	Нормы времени
Руководитель работ (ИТР) гр. V - 1ч Электромонтёры 5-го разряда-производитель гр. IV - 1ч 3-го разряда-член бригады гр.Ш - 2ч	Работы по испытаниям выполняются по наряд- допуску согласно ПОТРМ-016-2001. ЭТЛ должна быть заземлена защитным заземлением, сечением не менее 10мм ² . Кабель должен быть заземлён П.З. При испытаниях разрешается временное пофазное снятие П.З. Во время испытания запрещается касаться ЭТЛ, а также находиться на испытываемом оборудовании и в зоне ограждения. При работе на высоте 1,3м и более и расстоянии 2м от границы перепада по высоте, при отсутствии временных ограждений использовать монтёрский пояс	на 1 кабель 4,9 чел/час
Инструмент	Приборы, приспособления и средства защиты	Материалы и запасные части
Монтёрский инструмент 1 комп	Передвижная эл. техническая лаборатория ЭТЛ или АИД-70	Ветошь обтирочная - 0,5кг

Монтёрский нож	1 шт	Мегаомметр на 2500В Катушка с кабелем и розеткой Штанга с заземлением и с разрядным сопротивлением Перчатки диэлектрические Диэлектрические штанги Шнур Плакаты Пояс монтёрский Указатель НН Указатель ВН Каска защитная Аптечка	Бензин А-80 - 0,5л Изолента ПХВ – 0,4кг Лакоткань - 0,2 кг
Последовательность операций		Технологические указания	
		Контролируемые параметры	Норма
1. Произвести внешний осмотр концевых разделок 2. Установить ПЗ. на кабель. 3. Расшиновать испытуемый кабель от воздушной ЛЭП (при подключении ЛЭП). 4. Заземлить ЭТЛ защитным и рабочим заземлением. 5. Выполнить ограждение ЭТЛ, испытуемого объекта. 6. Собрать схему. 7. Подключить ЭТЛ к источнику питания. 8. Предупредить персонал о подаче напряжения словами «Подано напряжение». 9. Убедившись, что команда понята, снять ПЗ с жилы кабеля и с В.В. 10. Подать напряжение и произвести необходимые замеры. 11. Снять напряжение, заземлить В.В, сообщить бригаде «Напряжение снято». 12. После снятия остаточного заряда дать команду на пересоединение проводов к следующей жиле кабеля. 13. Произвести измерение сопротивлений изоляции. 14. Выполнить операции п.7- для остальных жил кабеля. 15. Произвести анализ полученных результатов, разобрать схему. 16. Подсоединить кабель. 17. Убрать рабочее место. 18. Оформить протокол.		Сопротивление изоляции Токи утечки Коэффициент асимметрии I_{max}/I_{min} Величина испытательного выпрямленного напряжения согласно методике и программе испытаний.	не норм. 0,2 мА 8
Вид работы	Объект	Состав бригады	Норма времени, ч/час
В/в испытания кабелей 6 кВ	ГРУ-6 кВ РУСН-6 кВ	1. Инженер 1ч. 2. Эл. монтер IV 1ч. 3. Эл. монтер III 1ч.	3,9
Приборы и оснастка		Защитные средства и приспособления	
1. Испытательная установка 2. Мегаомметр 2500В с комплектом проводов 3. Шнур со штепсельной вилкой для подвода питания 4. Кабельный удлинитель 5. В/в провод для соединения испытательной установки с испытываемым объектом 6. Монтёрский инструмент, обтирочный материал		1. Изолирующая штанга для наложения заземлений 2. Диэлектрические перчатки, как дополнительное защитное средство для установок выше 1000В 3. Гибкий голый медный провод $S=10\text{mm}^2$ для выполнения заземления испытательной установки 4. Изолирующие трубки 5. Шнур, плакаты для выполнения ограждения 6. Гибкий голый медный провод $S=4\text{mm}$ для выполнения заземлений в испытательной схеме	
Требования по ТБ		Особые условия и требования	

1. Оградить рабочее место, отделив в/в часть установки от низковольтной. 2. Заземлить корпус испытательной установки и соединить его с оболочкой испытываемого кабеля проводом $S=10\text{ мм}^2$. 3. Не находящийся за постоянным ограждением второй конец испытываемого кабеля должен быть огражден, вывешены плакаты, выставлен наблюдающий. 4. Работу производить с применением диэлектрических перчаток.	1. В/в испытание кабелей 6 кВ производится по наряду. 2. У производителя работ и членов бригады с гр.Ш в удостоверениях должны быть отметки о праве производства в/в испытаний. 3. Ответственный руководитель работ, производитель работ с допускающим обязаны проверить правильность и полноту выполнения технических мероприятий, провести инструктаж членам бригады и только после этого дать разрешение приступить к работе. 4. После замера Киз, после снятия испытательного напряжения с кабеля снять остаточный заряд изолирующей штангой через гасительные сопротивления.		
Организация и технология производства работ			
Последовательность операций при выполнении работ	Должность	Группа по ТБ	Кол-во
1. Выполнить ограждения рабочего места, второго конца кабеля, вывесить плакаты	Члены бригады	III, II	2
2. Выставить наблюдающего на второй конец кабеля	Произв. работ	IV	1
3. Измерить сопротивление изоляции R_{60} испытываемой фазы кабеля, относительно других заземленных.	Члены бригады	III	1
4. Выполнить защитные и рабочие заземления испытательной установки и испытываемого кабеля..	Члены бригады	III	1
5. Проверить работоспособность испытательной установки, исправность световой и звуковой сигнализации, защитно-отключающих устройств.	Произв. работ	IV	1
6. Собрать схему испытания (см. рисунок).	Члены бригады	III	1
7. Проверить правильность сборки схемы.	Произв. работ	IV	1
8. Снять заземление с вывода испытательной установки, подключить установку к сети 380/220В, поднять напряжение до значения испытательного. Продолжительность испытания - 5 мин.	Произв. работ	IV	1
9. При приемно-сдаточных испытаниях-10 мин.	Произв. работ	IV	1
10. При производстве испытаний произвести измерения тока утечки, допустимые значения токов утечки 200мА	Произв. работ	IV	1
11. Снизить напряжение до нуля, отключить установку, снять остаточный заряд изолирующей штангой через гасительное сопротивление, наложить заземление на вывод испытательной установки.	Произв. работ	IV	1
12. Измерить сопротивление изоляции испытанной фазы.	Члены бригады	III	1
13. Пересоединить соединительный провод на другую фазу.	Члены бригады	III	1
14. Аналогично п.3,7,8,9,10,11,12.			
15. Аналогично п.3,7,8,9,10,11..			
16. Снять наблюдающего	Произв. работ	IV	1
17. Разобрать схему, снять ограждения, убрать рабочее место.	Члены бригады	III	1
18. Обработать и оформить данные, полученные при испытаниях.	Произв. работ	IV	1

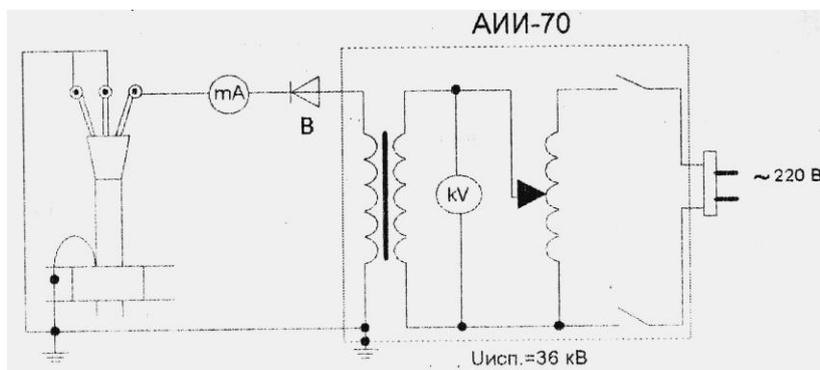


Рис. 2.1 Схема испытания кабеля 6 кВ

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить высоковольтную испытательную установку АИИ70.
2. Изучить конструкции кабелей типа ААБ или АСБ на 6-10 кВ.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить порядок высоковольтных испытаний и работу высоковольтной установки АИИ70.

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как подготовить КЛ к высоковольтным испытаниям?
2. По каким параметрам идет выборка КЛ?

Практическое занятие №3 и №4

Составление перечня работ по контролю состояния КЛ в эксплуатации и при повреждениях.

Разработка мероприятий по проведению безопасной эксплуатации КЛ в промышленных условиях и при испытаниях КЛ

Цель работы: изучить методику контроля состояния кабельных линий 6-10 кВ, разработанную в электрической лаборатории БКХ.

Порядок выполнения:

Методика №1 контроля состояния кабельных линий 6-10кВ

1 Область применения

Данная методика устанавливает требования к объёму, порядку и методу проведения эксплуатационных, после ремонтных, между ремонтных и прочих проверок измерений и испытаний согласно ПТЭЭП.

Методика предусматривает меры по обеспечению безопасного проведения работ.

Конкретные сроки испытаний и измерений параметров состояния кабельных линий определяет технический руководитель Потребителя на основе Приложения 3 ПТЭЭП от 01.07.03 с учётом рекомендаций заводских инструкций и местных условий.

2. Объект испытаний и измерений

Объектом испытаний и измерений являются кабельные линии, которые служат для передачи электроэнергии или отдельных её импульсов. Типы марок кабельных линий ААШВ, ААБ, АСБ, ААГ, АСБГ.

3. Определяемые характеристики

При испытаниях кабельных линий определяются следующие показатели:

- 3.1 Определение целостности и фазировки жил кабеля.
- 3.2 Измерение сопротивления изоляции.
- 3.3 Испытание повышенным выпрямленным напряжением.

4. Условия испытаний и измерений

Электрические испытания электрооборудования необходимо проводить при температуре изоляции не ниже +5 С.

Сравнение характеристик изоляции должно производиться при одной и той же температуре изоляции или близких её значениях (разница температур не более 51 °С). Если это невозможно, то должен производиться температурный пересчёт.

При испытании повышенным напряжением скорость подъёма напряжения до 1/3 испытательного значения может быть произвольной. Далее испытательное напряжение должно подниматься плавно, со скоростью, допускающей производить визуальный отсчёт по измерительным приборам и, по достижении установленного значения, поддерживать неизменной в течение времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до значения не менее 1/3 испытательного и отключается. Под продолжительностью испытания подразумевается время приложения полного испытательного напряжения, установленного нормами.

Источник выпрямленного напряжения должен обеспечивать на испытуемом кабеле напряжение с пульсацией не более +5%. Инструментальная погрешность измерения испытательного напряжения не должна быть более +3%.

5 Средства испытаний

При выполнении измерений применяют средство измерений и другие технические средства, приведённые в таблице.

Наименования средств измерений, испытаний	ТУ, тип, метрологические характеристики	Наименование измеряемой величины
Мегаомметр ЭСО 202/2-Г	ТУ-25-7534.014-90, Диапазон измерений 0-10000 МОм. Выходное напряжение 500-50В, 1000-100В, 2500-250В. Класс точности - 15 по ГОСТ 8.401-80. Пределы допустимых значений основной относительной погрешности равны 1 5% от измерительного значения. Сохраняет работоспособность при t° С= -30 до +50. ψ=90% при t= 30°С	Сопrotивление изоляции
	I Напряжение питающей сети - 220±11 В II Параметры аппарата на выпрямленном напряжении в продолжительном режиме при номинальном значении напряжения сети: 1. Наибольшее рабочее напряжение max значение 70 кВ 2. Наибольший рабочий ток: 12мА. III. Параметры аппарата на переменном напряжении в продолжительном режиме при номинальном значении напряжения сети: 1. Наибольшее рабочее напряжение, действующее значение 50 кВ 2. Наибольший рабочий ток, действующее значение 20 мА IV. Параметры аппарата на переменном напряжении в повторно кратковременном режиме с продолжительностью включения (ПВ) 17 % и длительностью цикла 6 мин при номинальном значении напряжения сети: 1. Наибольший рабочий ток, действующее значение 50 кВ 2. Наибольший рабочий ток, действующее значение 45 мА	

6. Порядок проведения испытаний и измерений.

6.1 Определение целостности жил кабелей и фазировка КЛТ

Определение целостности жил и фазировка КЛ производится после окончания монтажа, перемонтажа муфт или отсоединения жил кабеля в процессе эксплуатации. Определение целостности жил кабеля напряжением до 20 кВ производится мегаомметром.

После включения КЛТ под напряжение производится проверка приборами правильности её фазировки. Сущность фазировки под напряжением заключается в определении соответствия фазы кабеля, находящихся под напряжением от распределительного устройства с противоположного конца кабеля, предполагаемой одноимённой фазе шин распределительного устройства, где производится фазировка.

Для фазировки КЛ 6-10кВ под напряжением применяются указатели напряжения ЮкВ в комплекте с добавочным сопротивлением.

6.2 Измерение сопротивления изоляции.

Измерение производится мегаомметром на напряжение 2500В.

6.3 Испытание изоляции кабелей повышенным выпрямленным напряжением.

Изоляция многожильных кабелей без металлического экрана (оболочки, брони) испытываются между каждой жилой и остальными жилами, соединенными между собой и с землей. Изоляция многожильных кабелей с общим металлическим экраном испытывается между каждой жилой и остальными жилами, соединенными между собой и с экраном.

При всех видах испытаний металлические экраны должны быть заземлены. При испытаниях напряжение должно плавно подниматься до максимального значения и поддерживаться неизменным в течение всего периода испытания. Отсчет времени приложения испытательного напряжения следует производить с момента установления его максимального значения. Значения испытательных напряжений, длительности испытаний, токов утечки и их асимметрии должны соответствовать действующим Нормам испытания электрооборудования. В течение всего периода выдержки кабеля под напряжением ведётся наблюдение за значением тока утечки и на последней минуте должен быть произведён отсчет показаний микроамперметра. Кабельная линия считается выдержавшей испытание, если во время испытаний не произошло пробоя или перекрытия по поверхности концевых муфт и значения токов утечки и их асимметрии не превысили нормированных значений, а также не наблюдалось резких толчков тока. Если значения токов утечки стабильны, но превосходят нормированные значения, КЛ может быть введена в эксплуатацию распоряжением руководства Энергопредприятия, но с сокращением срока до последующего испытания.

При заметном нарастании тока утечки или появлении толчков тока продолжительность испытания следует увеличить до 10-20 мин и если при этом не происходит пробоя, то КЛ может быть включена в работу с последующим повторным испытанием через 1 мес.

Если значения токов утечки и асимметрии токов утечки превышают нормированные значения, необходимо осмотреть концевые заделки и изоляторы, устранить видимые дефекты (пыль, грязь, влагу и т.п.) и произвести повторные испытания.

Испытательное выпрямленное напряжение, кВ, для силовых кабелей

Категория испытаний	Кабели с бумажной изоляцией	
	6	10
П	36	30
К	36	60
М	36	60

7. Оформление результатов измерений с учётом погрешности

Результаты измерений оформляются протоколом.

Протокол испытаний должен содержать достоверные, объективные и точные результаты испытаний, данные об условиях испытаний и погрешности измерений, заключение о соответствии испытываемой электроустановки требованиям нормативных документов и проектной документации и показывать точно, четко и недвусмысленно результаты испытаний и другую относящуюся к ним информацию.

Протокол испытаний должен содержать следующие основные сведения:

- наименование и адрес испытательной установки;
- регистрационный номер, дату выдачи свидетельства о регистрации в органах государственного энергетического надзора;
- номер и дату регистрации протокола испытаний, нумерацию каждой страницы протокола, а также общее количество страниц;
- полное наименование электроустановки и ее элементный состав;
- наименование и адрес монтажной организации;
- сведения о проектной документации, в соответствии, с которой смонтирована электроустановка;
- сведения об актах скрытых работ;
- дата проведения испытаний;
- место проведения испытаний;
- климатические условия проведения испытаний (температура, влажность, давление);
- цель испытаний (приемо-сдаточные, для целей сертификации, счислительные, контрольные).

Исправления и дополнения в протоколе испытаний после его выпуска не допускаются.

Копии протоколов испытаний подлежат хранению в испытательной организации не менее 6 лет.

Погрешность измерений должна соответствовать требованиям, указанным в МИ 2232-92 ГСИ. Для получения достоверных результатов необходимо учитывать инструментальную погрешность прибора и основные погрешности, обусловленные условием проведения измерений

$$\delta = \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{гор}}^2 + \delta^2 t}$$

где δ – инструментальная погрешность,

$$\delta_0 = \gamma \frac{A_{\text{пр}}}{A_{\text{изм}}},$$

где γ – класс точности прибора; $A_{\text{пр}}$ – предел измерения (длина шкалы прибора); $A_{\text{изм}}$ – показания прибора в единицах измерения; $\delta_{\text{гор}}$ – погрешность, обусловленная отклонением прибора от горизонтального положения, учитывается при проведении измерений аналоговыми приборами, её значение указывается в паспорте прибора. При отсутствии этих данных в паспорте прибора $\delta = \gamma$ при отклонении прибора от горизонтального положения не более чем на 30° ; δt – погрешность, обусловленная температурными условиями измерений, указывается в паспорте прибора. При отсутствии этих данных на паспорте прибора δt составляет 0,5 γ на каждые 10°C отклонения температуры от её нормального значения (20°C).

Исходя из принципа действия некоторых приборов, их основная приведённая инструментальная погрешность δ_0 определяется по формуле:

$$\delta_0 = \pm \left[\gamma + k \left(\frac{A_{\text{пр}}}{A_{\text{изм}}} - 1 \right) \right],$$

где k – коэффициент зависимости величины основной погрешности от показания прибора.

8. Требования безопасности при проведении испытаний

К проведению измерений допускаются лица электротехнического персонала, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование, специальную подготовку и проверку знаний и требований Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001) в объёме раздела 5. Указанная проверка проводится одновременно с общей проверкой знаний норм и правил работы в электроустановках и присвоением группы по электробезопасности в те же сроки и той же комиссией с включением в её состав специалиста по испытанию электрооборудования, имеющего V группу по электробезопасности в установках напряжением выше 1000В и IV в электроустановках напряжением до 1000В.

Производитель работ, занятый испытанием эл. оборудования, а также работники, проводящие испытания единолично с использованием стационарных испытательных установок должны пройти месячную стажировку под контролем опытного работника.

Испытания эл. оборудования проводит бригада, в которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады группу III, а члены бригады, которым поручается охрана, группу II. РД 153-34.0-03.150-00.

В соответствии с правилами по охране труда работы на КЛ выше 1000В по испытаниям с подачей повышенного напряжения от постороннего источника и измерениям оформляются нарядом.

Испытания и измерения на КЛ до 1000В проводятся по распоряжению Бригада, выполняющая испытания КЛ, должна состоять не менее чем из двух человек с IV и III группой квалификации по технике безопасности. Измерение сопротивления изоляции КЛ мегаомметром может выполнять один человек, имеющий III группу квалификации. При испытании КЛ, если противоположный конец её расположен в незапертом помещении (либо с разделанными жилами в котловане), помимо вывешивания плакатов у дверей, ограждений и разделанных жил кабеля должна быть выставлена охрана из включенных в состав бригады работников с группой II. Измерения в подземных сооружениях, где возможно появление вредных газов, должны производиться по наряду не менее чем тремя работниками, из которых двое - страхующие. Производитель работ должен иметь группу IV. Перед началом работ в подземных сооружениях с помощью газоанализаторов определяется отсутствие горючих газов и недостаток кислорода. Распространённым ядовитым газом является угарный газ. Наиболее действенным мероприятием, предотвращающим отравление угарным газом, является принудительная вентиляция помещения. Персонал, посещающий колодец, должен пользоваться предохранительным поясом со страховочным канатом. При работах в котлованах (траншеях) должны быть приняты меры по креплению стен траншеи, отводу поверхностных вод, обозначению зоны работы и её ограждению. Работы в траншее вдоль транспортных магистралей должны выполняться с повышенной осторожностью, а персонал должен применять дополнительные защитные средства, главными из которых являются защитные каски, оранжевые жилеты. Работы,

выполняемые на высоте более 5 м от поверхности грунта (например, на верхних фланцах концевых муфт высоковольтных КЛ), являются верхолазными и должны выполняться с использованием предохранительного пояса. Испытания, измерения на включённых КЛ, выполненных одножильными кабелями, проложенными в одной траншее с КЛ, находящимися под нагрузкой, должны проводиться с повышенной осторожностью, поскольку наведённое напряжение от соседних линий может достигать нескольких десятков вольт. Особо опасными могут оказаться работы на протяжённых кабельно-воздушных линиях, где наведённый потенциал может превышать 42В. После испытания КЛ (в том числе и мегаомметром) с неё должен быть снят остаточный заряд.

9 Используемая нормативно-техническая документация.

9.1 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.(2003)

9.2 Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. (АО "Фирма ОРГРЭС», 1999)

9.3 Методические рекомендации по проведению испытаний электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей (СМИТЦ Мосэнергонадзор, 2001 г)

9.4 Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ РМ 016 2001)

9.5 Типовая инструкция по охране труда при проведении электрических измерений и испытаний (ТИРМ 074 2002)

9.6 Правила устройства электроустановок.(ПУЭ. Издание 7. Раздел 1, глава I и 8)

9.7 Объёмы и нормы испытаний электрооборудования. (РД 34.45-51.300-97)

9.8 Заводские инструкции и паспорта на применяемые аппараты, устройства, приборы.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать уч. пос. Емцев А.Н., Васильева С.А. Монтаж и эксплуатация кабельных линий.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить соответствующий раздел лекционного материала.

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие меры безопасности должны выполняться при работе в кабельных колодцах?

2. Состав бригады и квалификация членов бригады при работе с кабелями в кабельных колодцах?

Практическое занятие №5

Производство работ на ВЛ при преодолении сложных участков (горы, овраги, водные преграды)

Цель работы: Получить представление о технологических приемах в монтаже ВЛ при переходах через сложные участки.

Порядок выполнения:

При пересечении линий электропередачи с водными преградами используются опоры высотой 100-180м при расстояниях между ними до 1000-1800м. Практически все конструктивные узлы, в том числе и подвеска проводов, испытывают значительные статические и динамические нагрузки, достигающие десятков тонн. Для восприятия таких нагрузок применяются провода с увеличенной несущей способностью и соотношением прочность/вес выше, чем у обычных проводов. (см.рис. 5.1)

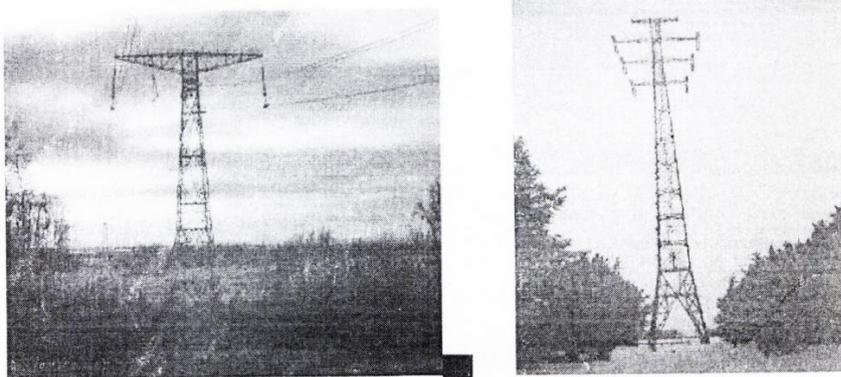


Рис. 5.1 Переходные опоры на переходах через Суру и через Обь

Если у обычных проводов скорость бегущей волны при вибрации составляет 145-155 м/с, то у проводов, имеющих повышенную несущую способность (АС 95/141; АС 185/128; АС 300/204; АС 500/336), эта скорость - 180-200 м/с, что приводит к увеличению ускорения.

При ускорении 2g возникает ударное вибрирование, которое интенсивно разрушает провода и грозозащитные тросы. При частоте менее 30 Гц возникает ударная вибрация с амплитудой 1 мм и более. При частоте более 30 Гц - с амплитудой менее 1 мм.

Вибрация с амплитудами 1 мм и более наблюдается практически на всех переходах, даже с хорошо защищенными от вибрации проводами. Усталостные разрушения проводов, почти всегда наблюдаются в местах подвески проводов и тросов к опорам.

Подвеска проводов и тросов на промежуточных опорах осуществляется в роликовых подвесах, допускающих свободное проскальзывание провода при несбалансированной нагрузке на него. Такой подвес (см. рис. 5.2) имеет 4 или 6 роликов при длине более 2-х метров. Провод свободно опирается на ролики за счет сбалансированной рычажной системы.

При прохождении волны вибрации с ускорением более 1g провод отделяется от ролика, что приводит к их последующему соударению. Интенсивность соударений повышается в области высоких частот. Поэтому усиленные провода и грозозащитные тросы, которые вибрируют при более высоких частотах, чем обычные провода, иногда более подвержены разрушению, хотя стальные повивы лучше воспринимают ударные нагрузки.

Не последнюю роль в снижении долговечности проводов имеет длина подвеса: момент инерции его слишком велик, что приводит к большим изгибным напряжениям в проводе в месте схода с последнего ролика.

Применение роликовых подвесов для сталеалюминевых проводов и стальных тросов выявило эти недостатки.

Практика эксплуатации показала, что применение на проводах защитных муфт не спасает от разрушения их ударной вибрацией. При ускорении, превышающем 1g, вызванном вибрацией, провод и защитные муфты начинают соударяться между собой - возникает ударная вибрация, которая с течением времени приводит к образованию зазоров между защитными муфтами. При образовании зазоров начинается интенсивное истирание провода острыми кромками муфт до полного разрушения алюминиевых повивов (см рис. 5.3).

Предлагаемые решения по усовершенствованию роликового подвеса (например, рельсовый тельферный путь для роликов с жестким креплением провода к тельферной балке), подвержены перечисленным выше недостаткам, и, очевидно, не решают проблемы защиты провода от вибрации.

Перечисленные недостатки поддерживающих подвесок приводят к следующим нарушениям на ВЛ: разрушению провода совместно с защитной муфтой, разрушению поддерживающих роликов, разрушению гасителей вибрации, образованию зазоров между муфтами, провод.

Решить проблему долговечности проводов без применения глухих поддерживающих зажимов с заданной прочностью заделки практически невозможно. Это подтверждено международным опытом, где в качестве поддерживающих используются глухие зажимы.

ОРГРЭС разработал поддерживающие зажимы на нагрузки до 45тс, опытные образцы которых прошли полный объем экспериментальной проверки, рисунок 5.4.

Зажим изготавливается в трех модификациях:

- ПОН-15 - для проводов и тросов диаметром 12-27 мм, разрушающая нагрузка не менее 150 кН, масса 12 кг;
- ПОН - 30 — для проводов диаметром 25 - 37,5 мм, разрушающая нагрузка не менее 300 кН, масса 21 кг;
- ПОН-45 - для проводов диаметром 25 - 46,5 мм, разрушающая нагрузка не менее 450 кН, масса 27 кг.

Зажим соответствует требованиям ГОСТ 13276.

Зажим состоит из лодочки марки ПГН-5-3 для ПОН-15 и ПГН-8-8 для ПОН-30. Для ПОН-45 - удлиненной лодочки с размерами ПГН-8-8 в поперечном сечении средней части. Лодочка изготавливается из алюминиевых сплавов. Зажимное устройство 3 состоит из плашек из ковкого чугуна, стяжного болта из ст20 и прокладок 2. Цапфа 5 из стали ст20 - на ней установлена и закреплена стопорным болтом 6 лодочка 1 и арматура (8,9,10,11), через которую осуществляется крепление к изолирующей подвеске.

Прочность заделки провода (троса) в зажиме находится в пределах $20 \text{ кН} \pm 10\%$ и обеспечивается стопорным болтом, выполненным из мягкого алюминия.

Основные параметры поддерживающих зажимов и диаметры проводов, на которые рекомендуется их использовать приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

№пп	Марка зажима	Диаметр провода (троса), па который устанавливается зажим, мм	Основные параметр			оы зажима	
			Высота Н, мм	Длина лодочки А, мм	Ширина щеки В, мм	Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
1	ПОН-15- 1	12-27,0	355	300	60	150	12,0
2	ПОН-30-1	25-37,5	378	300	85	300	21
3	ПОН-45-1	25-46,5	460	470	85	450	27

Замена роликовых подвесов глухими зажимами типа ПОН может быть осуществлена без опускания провода с помощью схемы, приведенной на рисунке 5.5. На проводе за последней защитной муфтой устанавливаются натяжные клиновые зажимы (например, фирмы «Горни») и с помощью промзвеньев и талрепов тяжение с провода передается на коромысло. Затем роликовый подвес отцепляется и опускается на землю. С провода демонтируются защитные муфты. На поврежденный провод навивается спиральный ремонтный зажим (например, фирмы РLP) и провод укладывается в зажим ПОН. Схемы с талрепами демонтируются и опускаются на землю. Клиновые зажимы могут быть оставлены на проводе и использованы для подвески тросового гасителя вибрации.

За последние годы фирмой ОРГРЭС проведены обследования более 30 переходов ВЛ напряжением 110, 220 и 500 кВ через Енисей, Лену, Белую, Абакан, Волгу, Оку, Северную Двину, Обь и др. Обследовались переходы находящиеся в эксплуатации 10 и менее лет - в период приработки, т.е. в период, когда выявляются дефекты изготовления и монтажа конструкций, а так же со сроком эксплуатации 30 и более лет, т.е. в период, когда начинают проявляться признаки износа и старения.

Дефекты изготовления и монтажа на обследованных переходах чаще всего связаны с подвесками проводов в роликовых подвесах и недостаточной защитой их от вибрации. Например, на двухцепном переходе ВЛ1 110 кВ через р. Северную Двину «Хаврогоры-Емецк» с V-образными опорами и вантовыми траверсами (пролет 1200м) провода АС95/141 были закреплены в роликовых зажимах ПГУ-5. При этом провода не были защищены муфтами или спиральными зажимами. За 4 года эксплуатации перехода вибрацией были повреждены все шесть проводов как в местах установки зажимов ПГУ, так и в местах установки гасителей. Произошло сбрасывание гасителей, излом гибких элементов, провода получили вибрационные повреждения в виде обрывов проволок верхнего повива: от пяти до 24шт (всего повива); распушение до 30м от подвесных зажимов.

Проблему виброустойчивости подвесок можно решить с помощью двойной или множественной подвесной системы, используя существующие поддерживающие зажимы, рисунок 5.6. Такие подвески имеют дополнительные преимущества за счет снижения высокого статического изгибного напряжения, имеющего место на переходах из-за больших стрел провеса проводов.

По результатам обследования провода на переходе заменены стальными тросами ТК120 в четырех последовательно расположенных глухих поддерживающих зажимах ГТГН-3-5 (лодочки) с защитой от вибрации сдвоенными гасителями типа ГПГ. Работы проведены в 1994 году.

На двухцепном переходе ВЛТ 110 кВ «Рочегда» через Северную Двину с такими же опорами провода АС 185/128 уложены в шестироликовых подвесах с защитными муфтами. На переходе имели место множественные повреждения проводов и тросов в виде обрывов и образования фонарей, износ и раздвижка защитных муфт с повреждением проводов. Переход введен в эксплуатацию в 1991 г.

Роликовые подвесы были заменены глухими зажимами, гасители вибрации ГПГ заменены многочастотными типа ГВП.

Повреждены провода в защитных муфтах: на переходах ВЛТ 110 кВ «Лена-Урдома» и «Микунь-Урдома» через Вычегду, на двух переходах ВЛТ 500 кВ «БаЭС-СарГЭС» и «БаЭС- Ключики» через Саратовское водохранилище (сползание защитных муфт, обрывы проволок). Муфты демонтированы, установлены защитные спиральные зажимы, изменена схема защиты от вибрации.

Хотя в настоящее время разработано много различных типов гасителей, эффективно гасящих вибрацию, нельзя ожидать, что применение их снизит амплитуду вибрации до нуля. При высоком тяжении проводов на переходах оставшейся вибрации будет достаточно для возникновения усталостных повреждений, поэтому необходимо применять пассивные средства защиты проводов, например, установку спиральных протекторов в поддерживающих зажимах.

В случаях, когда гасители на низких частотах не обеспечивают защиту проводов от вибрации, например, при больших диаметрах проводов или отложении изморози, необходимо использовать дополнительную защиту в виде петлевых гасителей вибрации. Этим способом будет защищен провод и гаситель вибрации, рисунок 5.7.

На анкерных опорах подвеска проводов и тросов осуществляется к траверсам через натяжные зажимы, рис. 5.8.

Подвеска, применяемая для крепления проводов к анкерным опорам, имеет ряд особенностей, которые на больших переходах, снижают надежность этого узла. Суть этой особенности заключается в шарнирном закреплении провода к арматуре, что снижает потери на самодемпфирование. На переходах применяются провода большого диаметра, которые вибрирует в диапазоне частот от 3-х до 40Гц. В диапазоне низких частот (до 8-10Гц) вибрация для проводов наиболее опасна. Вклад ветровой энергии в колебания подвесной системы пропорционален диаметру провода в четвертой степени, поэтому амплитуды по отношению к диаметру провода становятся выше обычных. Более низкие частоты, как правило, оказываются ниже эффективного рабочего диапазона виброгасителей.

Наиболее опасна вибрация проводов при отложении изморози. Явление изморози почти повсеместно наблюдается на переходах из-за наличия водоема с большим пространством. Изморозь обычно откладывается при очень спокойном воздухе, сохраняя цилиндрическую форму провода, но с существенным увеличением его диаметра. Увеличение диаметра провода происходит без существенного изменения демпфирования провода. При такой ситуации, ветер данной скорости будет вызывать вибрацию с более низкой частотой, чем в случае свободного провода. Это может привести к тому, что в пределах своего нормального рабочего диапазона гасители не справятся с повышенной воспринимаемой ветровой энергией, что приведет к усталостному разрушению провода.

Отложение гололеда, как правило, изменяет форму провода, что приводит к возникновению пляски. Защита от этих колебаний имеет другие решения.

Повреждения от вибрации подвесок к анкерным опорам имеют следующие виды: разрушение проводов или стержня натяжного зажима в месте выхода обводного шлейфа; разрушение или истирание пестиков с последующим разрушением натяжной гирлянды изоляторов; усталостное разрушение гасителей вибрации.

При разрушении натяжного зажима или провода у натяжного зажима так же может быть применена схема ремонта с использованием талрепов и натяжные клиновых зажимов рис. 5.9. Достоинством этого вида ремонта является то, что после передачи тяжения с провода на схему, она может быть оставлена для дальнейшей эксплуатации.

Предлагаемые мероприятия и устройства по увеличению надежности подвесок перехода были проверены на действующих переходах. Опыт эксплуатации этих устройств подтвердил их простоту, надежность и относительно небольшую стоимость при внедрении.

На переходе ВЛТ 220 кВ «Якутск - Хандыга» через Лену введенном в эксплуатацию в 1992 г (подвеска проводов выполнена через натяжные гирлянды) за два первых года эксплуатации произошло три случая обрыва одной цепи в двухцепных натяжных гирляндах в первом переходном пролете длиной 1700 м. (всего пять пролетов длиной 500-1700-1230- 1470-500м). А за первые пять лет эксплуатации произошло 13 отказов по причине расцепления натяжных гирлянд. Неоднократно разрушались и сбрасывались гасители вибрации. Один раз оборвался провод у выхода обводного шлейфа. Проведенные исследования условий работы перехода показали, что провода и тросы испытывают особенно интенсивную вибрацию в пролете между опорами №2 и №3 (перепад высот более 100м) и требуют повышенной защиты от нее. На переходе отмечено интенсивное отложение изморози. Причиной расцепления гирлянд являлись колебания их с большой амплитудой. При этом происходил усталостный излом стержня пестика изолятора или выход пестика из шапки изолятора в результате износа гнезда и деформации замка.

На стенде в Хотьково была смонтирована подвеска Якутского перехода с проводом и проведены исследования вибрации путем возбуждения колебаний во всем возможном диапазоне частот. В

результате разработана специальная схема защиты от вибрации с применением петлевых гасителей и гасителей типа ГПГ. В гирляндах изоляторов установлены распорки на 5-м и 17-м изоляторах от траверсы. (Всего в гирлянде 22 изолятора.).

После реализации предложенной схемы, рис. 5.10, расцепление гирлянд и разрушение изоляторов прекратились.

Практика показывает, что после 35-40 лет эксплуатации грозозащитные тросы С-100, преимущественно применяемые на переходах, имеют интенсивный коррозионный износ из-за вибрации. Износ составляет около 20% и тросы подлежат замене.

Повреждения тросов из-за недостаточной защиты от вибрации постоянно происходят также на переходах ВЛТ 500 кВ через Обь. На переходе через Обь и протоку Санина выполнена усиленная защита от вибрации: роликовые подвесы заменены глухими зажимами, установлены петлевые гасители совместно с многочастотными типа ГВП, рис. 5.11.

На всех переходах со стальными и сталебронзовыми проводами и сроком эксплуатации 40 и более лет пришли в полную негодность многороликовые подвесы. Ролики потеряли подвижность, реборды роликов отслоились и рассыпались, рис. 5.12. Из-за выкрашивания желобов провод ложится на основания роликов. Такие подвесы требуют замены, т.к. острые кромки могут стать причиной повреждения проводов.

В ОРГРЭС проводились испытания провода СБ после 35 - 40 лет эксплуатации. Отрезок провода с перехода был расплетен послойно и все проволочки испытаны до разрушения на разрывной машине. При этом оказалось, что верхний повив стального сердечника имеет до 20% коррозионного износа.

Обрыв провода может произойти из-за потери прочности стального сердечника (Переход ВЛ 110 кВ «Марпосад - Кокшайск» через Волгу, провод БС 185/93, год постройки 1963). Контроль состояния стального сердечника проводов необходим. Сталебронзовые провода, (в отличие от сталеалюминиевых), длительно сохраняют механическую прочность при значительном коррозионном износе сердечника (за счет большей несущей способности бронзы по сравнению с алюминием). Однако, при повреждении верхнего бронзового повива провода в результате поджогов при пляске, вибрации и т.д., происходит перераспределение усилий между стальной и бронзовой частью провода. Нагрузка на стальной сердечник увеличивается за счет массы бронзовых повивов, не воспринимающих усилие, и может произойти обрыв провода из-за перегрузки. Признаком коррозионного поражения сердечника провода может быть местное увеличение диаметра и ржавые подтеки на поверхности провода.

Предполагалось, что наибольший коррозионный износ сердечника провода будет в середине пролета. Опытным путем установлено, что часто коррозионный износ выше у подвески из-за большей вероятности повреждений от механических воздействий. При отсутствии повреждений коррозионный износ носит равномерный характер по всему пролету. ОРГРЭС проводит проверку сердечника провода с помощью прибора «Интрос» с выходом на провод у подвески. Результаты этой проверки с большой степенью надежности можно распространить на всю длину пролета.

Провода АСУ практически не повреждаются коррозией, если нет фонарей и не нарушена их целостность, вероятно из-за сравнительно небольшого срока эксплуатации. Однако они часто повреждаются при монтаже и становятся уязвимыми в местах заломов, смятия, обрывов отдельных проволок. При недостаточной защите от вибрации они более подвержены вибрационному износу, иногда до полного разрушения проволок алюминиевых повивов.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить материал лекции по сооружению ВЛ свыше 100 кВ.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить материал лекции по сооружению ВЛ.

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие существуют способы монтажа ВЛ при переходах через овраги, водные преграды, в горах?
2. Когда для монтажа ВЛ привлекается авиация?
3. Какие типы опор ВЛ предпочтительны в горах?

Практическое занятие №6

Ремонтные работы на воздушных линиях, находящихся вблизи действующих линий электропередачи

Цель работы: Познакомиться с требованиями инструкции ТБ при проведении монтажных работ на ВЛ, находящихся вблизи действующих.

Порядок выполнения: согласно ПОТ РМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00), глава 4:

Работы на опорах и с опорами

1. Работы по замене элементов опор, демонтажу опор и проводов ВЛ должны выполняться по технологической карте или ППР.

2. Подниматься на опору и работать на ней разрешается только после проверки достаточной устойчивости и прочности опоры, особенно ее основания.

3. Прочность деревянных опор должна проверяться замером загнивания древесины с откапыванием опоры на глубину не менее 0,5 м. Для определения прочности железобетонных опор и приставок должно проверяться отсутствие недопустимых трещин в бетоне, оседания или вспучивания грунта вокруг опоры, разрушения бетона опоры (приставки) с откапыванием грунта на глубину не менее 0,5 м.

4. На металлических опорах должно проверяться отсутствие повреждений фундаментов, наличие всех раскосов и гаек на анкерных болтах, состояние оттяжек, заземляющих проводников.

5. Необходимость и способы укрепления опоры, прочность которой вызывает сомнение (недостаточное заглубление, вспучивание грунта, загнивание древесины, трещины в бетоне и т.п.), должны определяться на месте производителем или ответственным руководителем работ.

Работы по укреплению опоры с помощью растяжек следует выполнять без подъема на опору, т.е. с телескопической вышки или другого механизма для подъема людей, с установленной рядом опоры, либо применять для этого специальные раскрепляющие устройства, для навески которых не требуется подниматься по опоре.

Подниматься по опоре разрешается только после ее укрепления.

Опоры, не рассчитанные на одностороннее натяжение проводов и тросов и временно подвергаемые такому натяжению, должны быть предварительно укреплены во избежание их падения.

До укрепления опор запрещается нарушать целостность проводов и снимать вязки на опорах.

6. Подниматься на опору разрешается членам бригады, допущенным к верхолазным работам и имеющим следующие группы:

III - при всех видах работ до верха опоры:

II - при работах, выполняемых с отключением ВЛ до верха опоры, а при работах на нетоковедущих частях неотключенной ВЛ - не выше уровня, при котором от головы работающего до уровня нижних проводов этой ВЛ остается расстояние 2 м. Исключения составляют работы по окраске опор (п. 4.15.17 настоящих Правил).

Отдельные виды работ на высоте должны выполнять не менее 2 работников, имеющих группы, установленные настоящими Правилами для выполнения этих работ.

7. При подъеме на деревянную и железобетонную опоры строп предохранительного пояса следует заводить за стойку.

Не разрешается на угловых опорах со штыревыми изоляторами подниматься и работать со стороны внутреннего угла.

При работе на опоре следует пользоваться предохранительным поясом и опираться на оба когтя (лаза) в случае их применения.

При работе на стойке опоры располагаться следует таким образом, чтобы не терять из виду ближайшие провода, находящиеся под напряжением.

При замене деталей опоры должна быть исключена возможность ее смещения или падения.

8. Не разрешается откапывать сразу обе стойки опоры при замене одинарных и сдвоенных приставок II- и АП-образных опор. Следует заменить приставку на одной стойке опоры, закрепить бандажи и утрамбовать землю и только тогда приступать к замене приставок на другой стойке. Заменять сдвоенные приставки необходимо поочередно.

9. Не разрешается находиться в котловане при вытаскивании или опускании приставки.

10. Способы валки и установки опоры, необходимость и способы ее укрепления во избежание отклонения определяет ответственный руководитель работ. В случае применения оттяжек с крюками последние должны быть снабжены предохранительными замками.

11. При работах на изолирующих подвесках разрешается перемещаться по поддерживающим одноцепным и многоцепным (с двумя и более гирляндами изоляторов) и по натяжным многоцепным подвескам.

Работа на одноцепной натяжной изолирующей подвеске допускается при использовании специальных приспособлений или лежа на ней и зацепившись ногами за траверсу для фиксации положения тела.

12. При работе на поддерживающей изолирующей подвеске строп предохранительного пояса должен быть закреплен за траверсу. Если длина стропа недостаточна, необходимо пользоваться закрепленными за пояс двумя страховочными канатами. Один канат привязывают к траверсе, а второй, предварительно заведенный за траверсу, подстраховывающий член бригады | подает по мере необходимости.

13. При работе на натяжной изолирующей подвеске строп предохранительного пояса должен быть закреплен за траверсу или за предназначенное для этой цели приспособление.

14. На поддерживающих и натяжных многоцепных изолирующих подвесках допускается закреплять строп предохранительного пояса за одну из гирлянд изоляторов, на которой работа не ведется. Не допускается закреплять этот строп за гирлянду, на которой идет работа.

В случае обнаружения неисправности, могущей привести к расцеплению изолирующей подвески, работа должна быть прекращена.

15. Не разрешается при подъеме (или опускании) на траверсы проводов, тросов, а также при их натяжении находиться на этих траверсах или стойках под ними.

16. Выбирать схему подъема груза и размещать подъемные блоки следует с таким расчетом, чтобы не возникали усилия, которые могут вызвать повреждение опоры.

4.15.17. Окраску опоры с подъемом до ее верха могут с соблюдением требований п. 6 настоящих Правил выполнять работники, имеющие группу II. При окраске опоры должны быть приняты меры для предотвращения попадания краски на изоляторы и провода (например, применены поддоны).

Работа на опорах при совместной подвеске на них нескольких линий, на вводах в дома

18. При производстве работ с опоры, телескопической вышки, гидropодъемника без изолирующего элемента или другого механизма для подъема людей расстояние от работника, применяемого инструмента, приспособлений, канатов, оттяжек до провода (электропередачи, радиотрансляции, телемеханики), находящегося под напряжением до 1000 В. должно быть не менее 0,6 м.

19. При производстве работ, при которых не исключена возможность приближения к проводам (электропередачи, связи, радиотрансляции, телемеханики) на расстояние менее 0,6 м, эти провода должны быть отключены и заземлены на месте производства работ.

20. Работы по перетяжке и замене проводов на воздушных линиях напряжением до 1000 В и на линиях уличного освещения, подвешенных на опорах линий напряжением выше 1000 В. должны выполняться с отключением всех линий напряжением до и выше 1000 В и заземлением их с двух сторон участка работ.

Работы следует выполнять по наряду бригадой в составе не менее двух работников; производитель работ должен иметь группу IV.

Работы без снятия напряжения

21. При выполнении работ на ВЛ без снятия напряжения безопасность персонала обеспечивается по одной из двух схем:

Первая схема. Провод под напряжением - изоляция - человек земля. Схема реализуется двумя методами:

работа в контакте, когда основным защитным средством являются диэлектрические перчатки и изолированный инструмент. Этим методом выполняются работы на ВЛ напряжением до 1000 В:

работа на расстоянии, когда работа выполняется с применением основных (изолирующие штанги, клещи) и дополнительных (диэлектрические перчатки, боты, накладки) электрозщитных средств. Этот метод применяется на ВЛ напряжением выше 1000 В.

Вторая схема. Провод под напряжением - человек - изоляция земля. Работы по этой схеме допускаются при следующих условиях:

изоляция работающего от земли специальными устройствами соответствующего напряжения:

применение экранирующего комплекта по ГОСТ 12.4.172;

выравнивание потенциалов экранирующего комплекта, рабочей площадки и провода специальной штангой для переноса потенциала. Расстояние от работника до заземленных частей и элементов оборудования при работах должно быть не менее расстояния, указанного в табл. 1.1.

22. Конкретные виды работ под потенциалом провода должны выполняться по специальным инструкциям или по технологическим картам. ПОР (ППР).

23. Работники, имеющие право выполнения работ под потенциалом провода (с непосредственным касанием токоведущих частей) ВЛ напряжением выше 1000 В, должны иметь группу IV, а остальные члены бригады - группу III.

24. Не разрешается прикасаться к изоляторам и арматуре изолирующих подвесок, имеющих иной, чем провод, потенциал, а также передавать или получать инструмент или приспособления работникам, не находящимся на той же рабочей площадке, при выполнении работ с площадки изолирующего устройства, находящегося под потенциалом провода.

25. Перед началом работ на изолирующих подвесках следует проверить измерительной штангой электрическую прочность фарфоровых изоляторов. При наличии выпускающих зажимов следует заклинить их на опоре, на которой выполняется работа, и на соседних опорах, если это требуется по рельефу трассы.

26. Работы на изолирующей подвеске по ее перецепке, замене отдельных изоляторов, арматуры, проводимые монтерами, находящимися на изолирующих устройствах или траверсах, допускаются при количестве исправных изоляторов в подвеске не менее 70 %, а на ВЛ напряжением 750 кВ - при наличии не более пяти дефектных изоляторов в одной подвеске.

27. При перецепке изолирующих подвесок на ВЛ напряжением 330 кВ и выше, выполняемой с траверс, устанавливать и отцеплять от траверсы необходимые приспособления следует в диэлектрических перчатках и в экранирующем комплекте.

28. Разрешается прикасаться на ВЛ напряжением 35 кВ к шапке первого изолятора при двух исправных изоляторах в изолирующей подвеске, а на ВЛ напряжением 110 кВ и выше - к шапкам первого и второго изоляторов. Счет изоляторов ведется от траверсы.

29. Установка трубчатых разрядников под напряжением на ВЛ напряжением 35-110 кВ допускается при условии применения изолирующих подвесных габаритников, исключающих возможность приближения внешнего электрода разрядника к проводу на расстояние менее заданного.

30. Не разрешается находиться в зоне возможного выхлопа газов при приближении внешнего электрода разрядника к проводу или отводе электрода при снятии разрядника.

Приближать или отводить внешний электрод разрядника следует с помощью изолирующей штанги.

Не разрешается приближаться к изолированному от опоры молниезащитному тросу на расстояние менее 1 м.

31. При использовании троса в схеме плавки гололеда допустимое расстояние приближения к тросу должно определяться в зависимости от напряжения плавки.

32. Не разрешается работать на ВЛ и ВЛС, находящихся под напряжением, при тумане, дожде, снегопаде, в темное время суток, а также при ветре, затрудняющем работы на опорах.

Работы в пролетах пересечения с действующими ВЛ

33. При монтаже и замене проводов и тросов раскатывать их следует плавно, без рывков, тяговые канаты направлять так, чтобы избежать подхлестывания и приближения к проводам, находящимся под напряжением. Для оттяжек и контроттяжек следует применять канаты из растительных или синтетических волокон, выбирая их минимальной длины и натягивая без слабины.

Используемые при работе лебедки и стальные канаты должны быть заземлены.

34. Провод (трос) каждого барабана перед раскаткой должен быть заземлен.

35. Перед началом монтажных работ (визировка, натяжка, перекладка из роликов в зажимы) раскатанный провод (трос) должен быть заземлен в двух местах: у начальной анкерной опоры вблизи натяжного зажима и на конечной опоре, через которую производится натяжение. Кроме того, заземления должны накладываться на провод (трос) и на каждой промежуточной опоре, где производится работа.

36. Для провода или троса, лежащего в металлических раскаточных роликах или зажимах, достаточным является заземление обойм этих роликов (зажимов). При естественном металлическом контакте между металлической обоймой ролика (зажима) и телом металлической или арматурной железобетонной опоры дополнительных мероприятий по заземлению металлического ролика (зажима) не требуется.

37. При работе на проводах, выполняемой с телескопической вышки (подъемника), рабочая площадка вышки должна быть с помощью специальной штанги соединена с проводом линии гибким медным проводником сечением не менее 10 мм², а сама вышка заземлена.

Провод при этом должен быть заземлен на ближайшей опоре или в пролете.

38. Не разрешается входить в кабину вышки и выходить из нее, а также прикасаться к корпусу вышки, стоя на земле, после соединения рабочей площадки телескопической вышки с проводом.

Не допускается использовать металлический трос в качестве бесконечного каната.

39. Петли на анкерной опоре следует соединять только по окончании монтажных работ в смежных с этой опорой анкерных пролетах.

На анкерной опоре ВЛ напряжением 110 кВ и выше петли до соединения должны быть закреплены за провода или за натяжные изолирующие подвески, но не ближе чем за четвертый изолятор, считая от траверсы, а на ВЛ напряжением 35 кВ и ниже - только за провода.

40. При выполнении работы на проводах ВЛ в пролете пересечения с другой ВЛ, находящейся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на опоре, где ведется работа.

Если в этом пролете подвешиваются или заменяются провода, то с обеих сторон от места пересечения должен быть заземлен как подвешиваемый, так и заменяемый провод.

41. При замене проводов (тросов) и относящихся к ним изоляторов и арматуры, расположенных ниже проводов, находящихся под напряжением, через заменяемые провода (тросы) в целях предупреждения подсечки расположенных выше проводов должны быть перекинуты канаты из растительных или синтетических волокон. Канаты следует перекидывать в двух местах - по обе стороны от места пересечения, закрепляя их концы за якоря или конструкции. Подъем провода (троса) должен осуществляться медленно и плавно.

42. Работы на проводах (тросах) и относящихся к ним изоляторах, арматуре, расположенных выше проводов, находящихся под напряжением, необходимо выполнять по ПНР, утвержденному руководителем организации. В ПНР должны быть предусмотрены меры для предотвращения опускания проводов (тросов) и для защиты от наведенного напряжения. Замена проводов (тросов) при этих работах должна выполняться с обязательным снятием напряжения с пересекаемых проводов.

Работы на ВЛ под наведенным напряжением; на одной отключенной цепи многоценной ВЛ

43. Персонал, обслуживающий ВЛ, должен иметь перечень линий, которые после отключения находятся под наведенным напряжением, ознакомлен с этим перечнем, значениями наводимого напряжения. Наличие наведенного напряжения на ВЛ должно быть записано в строке «Отдельные указания» наряда.

44. В случаях наличия на отключенных ВЛ и ВЛС наведенного напряжения перед соединением или разрывом электрически связанных участков (проводов, тросов) необходимо выровнять потенциалы этих участков. Уравнивание потенциалов осуществляется путем соединения проводником этих участков или установкой заземлений по обе стороны разрыва (предполагаемого разрыва) с присоединением к одному заземлителю (заземляющему устройству).

45. На ВЛ под наведенным напряжением работы с земли, связанные с прикосновением к проводу, опущенному с опоры вплоть до земли, должны выполняться с использованием электрозащитных средств (диэлектрические перчатки, штанги) или с металлической площадки, соединенной для выравнивания потенциалов проводником с этим проводом. Работы с земли без применения электрозащитных средств и металлической площадки допускаются при условии заземления провода в непосредственной близости к каждому месту прикосновения.

46. Применяемые при монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением стальные тяговые канаты сначала необходимо закреплять на тяговом механизме и для выравнивания потенциалов заземлять на тот же заземлитель, что и провод. Только после этого разрешается прикреплять канат к проводу. Разъединять провод и тяговый канат можно только после выравнивания их потенциалов, т.е. после соединения каждого из них с общим заземлителем.

47. При монтажных работах на ВЛ под наведенным напряжением (подъем, визирование, натяжка, перекладка проводов из раскаточных роликов в зажимы) провод должен быть заземлен на анкерной опоре, от которой ведется раскатка, на конечной анкерной опоре, через которую проводится натяжка, и на каждой промежуточной опоре, на которую поднимается провод.

48. По окончании работы на промежуточной опоре заземление с провода на этой опоре может быть снято. В случае возобновления работы на промежуточной опоре, связанной с прикосновением к проводу, провод должен быть вновь заземлен на той же опоре.

49. На ВЛ под наведенным напряжением перекладку проводов из раскаточных роликов в поддерживающие зажимы следует проводить в направлении, обратном направлению раскатки. До начала перекладки необходимо, оставив заземленными провода на анкерной опоре, в сторону которой будет проводиться перекладка, снять заземление с проводов на анкерной опоре, от которой начинается перекладка.

50. При монтаже проводов на ВЛ под наведенным напряжением заземления с них можно снимать только после перекладки провода в поддерживающие зажимы и окончания работ на данной опоре.

51. Во время перекладки проводов в зажимы смежный анкерный пролет, в котором перекладка уже закончена, следует рассматривать как находящийся под наведенным напряжением. Выполнять на нем работы, связанные с прикосновением к проводам, разрешается только после заземления их на рабочем месте.

52. Из числа ВЛ под наведенным напряжением организациям необходимо определить измерениями линии, при отключении и заземлении которых по концам (в РУ) на заземленных проводах остается потенциал наведенного напряжения выше 25 В при наибольшем рабочем токе действующей ВЛ.

Все виды работ на этих ВЛ, связанные с прикосновением к проводу без применения основных электрозащитных средств, должны выполняться по технологическим картам или ППР, в которых должно быть указано размещение заземлений исходя из требований обеспечения на рабочих местах потенциала наведенного напряжения не выше 25 В.

53. Если на отключенной ВЛ (цепи), находящейся под наведенным напряжением, не удастся снизить это напряжение до 25 В, необходимо работать с заземлением проводов только на одной опоре или на двух смежных. При этом заземлять ВЛ (цепь) в РУ не допускается. Допускается работа бригады только с опор, на которых установлены заземления, или на проводе в пролете между ними.

54. При необходимости работы в двух и более пролетах (участках) ВЛ (цепь) должна быть разделена на электрически не связанные участки посредством разъединения петель на анкерных опорах. На каждом из таких участков у мест установки заземлений может работать лишь одна бригада.

55. На отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой можно работать только при условии, что эта цепь подвешена ниже цепей, находящихся под напряжением. Не допускается заменять и регулировать провода отключенной цепи.

56. При работе на одной отключенной цепи многоцепной ВЛ с горизонтальным расположением цепей на стойках должны быть вывешены красные флажки со стороны цепей, оставшихся под напряжением. Флажки вывешивают на высоте 2-3 м от земли производитель работ с членом бригады, имеющим группу III.

57. Подниматься на опору со стороны цепи, находящейся под напряжением, и переходить на участки траверс, поддерживающих эту цепь, не допускается. Если опора имеет степ-болты, подниматься по ним разрешается независимо от того, под какой цепью они расположены. При расположении степ-болтов со стороны цепей, оставшихся под напряжением, подниматься на опору следует под наблюдением находящегося на земле производителя работ или члена бригады, имеющего группу III.

58. При работе с опор на проводах отключенной цепи многоцепной ВЛ, остальные цепи которой находятся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на каждой опоре, на которой ведутся работы.

Пофазный ремонт ВЛ

59. Не допускается при пофазном ремонте ВЛ заземлять в РУ провод отключенной фазы. Провод должен быть заземлен только на рабочем месте. На ВЛ напряжением 35 кВ и выше при работах на проводе одной фазы или поочередно на проводах каждой фазы допускается заземлять на рабочем месте провод только той фазы, на которой выполняется работа. При этом не разрешается приближаться к проводам остальных, незаземленных фаз на расстояние менее указанного в табл. 1.1.

60. При пофазном ремонте для увеличения надежности заземления оно должно быть двойным, состоящим из двух отдельных, установленных параллельно заземлений. Работать на проводе разрешается не далее 20 м от установленного заземления.

61. При одновременной работе нескольких бригад отключенный провод должен быть разъединен на электрически не связанные участки.

Каждой бригаде следует выделить отдельный участок, на котором устанавливается одно двойное заземление.

62. При пофазном ремонте ВЛ напряжением 110 кВ и выше для локализации дугового разряда перед установкой или снятием заземления провод должен быть предварительно заземлен с помощью штанги с дугогасящим устройством. Заземляющий провод штанги должен быть заранее присоединен к заземлителю. Эта штанга должна быть снята лишь после установки (или снятия) переносного заземления.

Не допускается при пофазном ремонте на ВЛ с горизонтальным расположением фаз переходить на участки траверсы, поддерживающие провода фаз, находящихся под напряжением.

Условия производства работ при пофазном ремонте ВЛ напряжением 35 кВ и выше должны быть указаны в строке «Отдельные указания» наряда (приложение № 4 к настоящим Правилам).

Расчистка трассы от деревьев

63. Работы по расчистке трассы ВЛ от деревьев выполняются с учетом требований Правил по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при проведении лесохозяйственных работ (ПОТ Р М 001-97).

64. Работы по расчистке трассы ВЛ от деревьев выполняются по наряду.

65. До начала валки деревьев рабочее место должно быть расчищено. В зимнее время для быстрого отхода от падающего дерева следует проложить в снегу две дорожки длиной 5-6 м под углом к линии его падения в сторону, противоположную падению. Не разрешается влезать на подрубленные и подпиленные деревья.

66. Производитель работ должен перед началом работы предупредить всех членов бригады об опасности приближения сваливаемых деревьев, канатов и т.п. к проводам ВЛ.

67. Во избежание падения деревьев на провода до начала рубки должны быть применены оттяжки.

Не допускается ватить деревья без подпила или подруба, а также делать сквозной пропил дерева. Наклоненные деревья следует ватить в сторону их наклона, но при угрозе падения деревьев на ВЛ их ватка не разрешается до отключения ВЛ.

68. Не допускается в случае падения дерева на провода приближаться к нему на расстояние менее 8 м до снятия напряжения с ВЛ.

69. О предстоящем падении сваливаемого дерева пильщики должны предупредить других рабочих. Стоять со стороны падения дерева и с противоположной стороны не разрешается.

70. Не допускается оставлять не поваленным подрубленное и подпиленное дерево на время перерыва в работе или при переходе к другим деревьям.

71. Перед ваткой гнилых и сухостойких деревьев необходимо опробовать их прочность, а затем сделать подпил. Не допускается подрубить эти деревья.

72. Не допускается групповая валка деревьев с предварительным подпиливанием и ватка с использованием падения одного дерева на другое. В первую очередь следует сваливать подгнившие и обгоревшие деревья.

Обходы и осмотры

72. При обходах и осмотрах ВЛ назначать производителя работ не обязательно. Во время осмотра ВЛ не допускается выполнять какие-либо ремонтные и восстановительные работы, а также подниматься на опору и ее конструктивные элементы. Подъем на опору допускается при верховом осмотре ВЛ. Проведение целевого инструктажа обязательно.

73. В труднопроходимой местности (болота, водные преграды, горы, лесные завалы и т.п.) и в условиях неблагоприятной погоды (дождь, снегопад, сильный мороз и т.п.) а также в темное время суток осмотр ВЛ должны выполнять не менее двух работников, имеющие группу I. один из которых назначается старшим. В остальных случаях осматривать ВЛ может один работник, имеющий группу II.

Не разрешается идти под проводами при осмотре ВЛ в темное время суток.

При поиске повреждений осматривающие ВЛ должны иметь при себе предупреждающие знаки или плакаты. При проведении обходов должна быть обеспечена связь с диспетчером.

74. Не разрешается приближаться на расстояние менее 8 м к лежащему на земле проводу ВЛ напряжением выше 1000 В, к находящимся под напряжением железобетонным опорам ВЛ напряжением 6 - 35 кВ при наличии признаков протекания тока замыкания на землю (повреждение изоляторов, прикосновение провода к телу опоры, испарение влаги из почвы, возникновение электрической дуги на стойках и в местах заделки опоры в грунт и др.). В этих случаях вблизи провода или опоры следует организовать охрану для предотвращения приближения к месту замыкания людей и животных, установить по мере возможности предупреждающие знаки или плакаты, сообщить о происшедшем владельцу ВЛ.

Работы на пересечениях и сближениях ВЛ с дорогами

75. При работах на участках пересечения ВЛ с транспортными магистралями (железные дороги, судоходные реки и канаты), когда требуется временно приостановить движение транспорта либо на время его движения приостановить работы на ВЛ, работник, выдающий наряд, должен вызвать на место работ представителя службы движения транспортной магистрали. Этот представитель должен обеспечить остановку движения транспорта на необходимое время или предупредить линейную бригаду о приближающемся транспорте. Для пропуска транспорта провода, мешающие движению, должны быть подняты на безопасную высоту.

76. При работах на участках пересечения или сближения ВЛ с шоссе и проселочными дорогами для предупреждения водителей транспорта или для остановки, по согласованию с Государственной инспекцией по безопасности дорожного движения МВД России (ГИБДД), его движения производитель работ должен выставить на шоссе или дороге сигнальщиков.

При необходимости должен быть вызван представитель ГИБДД.

Сигнальщики должны находиться на расстоянии 100 м в обе стороны от места пересечения или сближения ВЛ с дорогами и иметь при себе днем красные флажки, а ночью - красные фонари.

Обслуживание сетей уличного освещения

77. По распоряжению без отключения сети освещения допускается работать в следующих случаях:

при использовании телескопической вышки с изолирующим звеном;

при расположении светильников ниже проводов на расстоянии не менее 0,6 м на деревянных опорах без заземляющих спусков с опоры или с приставной деревянной лестницы.

В остальных случаях следует отключать и заземлять все подвешенные на опоре провода и работу выполнять по наряду.

78. При работе на пускорегулирующей аппаратуре газоразрядных ламп до отключения ее от общей схемы светильника следует предварительно отсоединить от сети питания провода и разрядить статические конденсаторы (независимо от наличия разрядных резисторов).

Работы на ВЛ напряжением 6-20 кВ с проводами, имеющими защитное покрытие (ВЛЗ 6-20 кВ)

79. Работа на проводах ВЛЗ 6 - 20 кВ должна проводиться с отключением ВЛ.

80. Расстояние от работников до проводов ВЛ и других элементов, соединенных с проводами, расстояние от проводов ВЛ до механизмов и грузоподъемных машин должно быть не менее указанных в таблице 1.1. Расстояние от провода с защитным покрытием до деревьев должно быть не менее 0,55 м.

81. Для работ по удалению с проводов упавших деревьев ВЛ должна быть отключена и заземлена.

82. На неотключенной ВЛ допускается выполнять работы по удалению набросов и ветвей деревьев с применением изолирующих штанг. При выполнении указанных работ без применения защитных средств линия должна быть отключена и заземлена.

Работы на ВЛ напряжением 0,38 кВ с проводами, имеющими изолирующее покрытие (ВЛИ 0,38 кВ)

83. Работы на ВЛИ 0,38 кВ могут выполняться с отключением или без отключения ВЛ.

84. Работы с отключением ВЛИ 0,38 кВ выполняются при необходимости замены жгута проводов целиком, при разъединении или соединении (одного или нескольких) проводов на линиях, проходящих во взрыво- и пожароопасных зонах (вблизи бензоколонок, газораспределительных станций и т.п.).

Допускается отключение не всей линии, а только провода, на котором предстоит работа. Провод, после его определения по маркировке и проверки отсутствия на нем напряжения, должен быть отключен со всех сторон, откуда на него может быть подано напряжение, и заземлен на месте работы.

85. Без снятия напряжения на ВЛИ 0,38 кВ могут выполняться работы по:

- замене опор и их элементов, линейной арматуры;
- перетяжке проводов;
- замене соединительных, ответвительных и натяжных зажимов;
- подключению или отсоединению ответвлений к электроприемникам;
- замене участка или восстановлению изоляции отдельного фазного провода.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить лекционный материал по сооружению ВЛ напряжением до и свыше 1000 кВ.

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем смысл электрической и составляющей наведенного напряжения?
2. Как организуется работа на ВЛ вблизи действующих ВЛ?
3. Как организуется работа на сетях уличного освещения?

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
- OpenOffice;
- LibreOffice;
- Adobe Reader;
- doPDF;
- 7-Zip.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория (1217)	Меловая доска	
ПЗ	Лаборатория электрических аппаратов (1105)	Лабораторный Стенд по трансформаторам тока –1; Лабораторный Стенд по трансформаторам напряжения–1; Универсальный комплекс по исследованию электрических аппаратов до 1кВ в составе двух моделей (ЭА-2-СР и ЭА-1-СР); Высоковольтная ячейка КРУ-10 кВ –1 (К-IV); Высоковольтный выключатель ВМП-10– 1; Высоковольтный выключатель ВВ/TEL – 1; Высоковольтный выключатель ВМБ-10 – 1.	1÷6
СР	ЧЗ 3	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ Компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	1. Организация электромонтажных работ. Основная документация.	1.1. Основные положения и директивные документы по выполнению электромонтажных работ.	Вопросы к зачету 1.1. ÷ 1.5
			1.2. Структура монтажного управления. Функции подразделений МУ	
			1.3. Общие принципы проведения электромонтажных работ	
		2. Требования к электропомещениям. Международная система защиты электрооборудования	2.1. Классификация помещений по электробезопасности	Вопросы к зачету 2.1. ÷ 2.2.
			2.2. Международная система обозначения степени защищенности электрооборудования и электрических машин IP (International Protection).	
			2.3. Требования к электропомещениям. Международная система защиты электрооборудования	
		3. Монтаж основного электрооборудования	3.1. Монтаж трансформаторов и автотрансформаторов.	Вопросы к зачету 3.1. ÷ 3.34.
			3.2. Монтаж высоковольтных выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей ОРУ	
			3.3. Монтаж оборудования в ЗРУ.	
			3.4. Монтаж электрических машин.	
		4. Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.	4.1. Кабельные линии. Их преимущество и недостатки в сравнении с ВЛ устройства кабелей до 35 кВ.	Вопросы к зачету 4.1. ÷ 4.4.
			4.2. Конструкции и основные типы кабелей.	
			4.3. Способы соединения жил изолированных проводов и кабелей с пластмассовой изоляцией	
			4.4. Защита кабельных линий при эксплуатации.	
			4.5. Эксплуатационный надзор за кабельными линиями и сооружениями	
			4.6. Контроль за нагревом кабелей	
			4.7. Защита КЛ при эксплуатации. Способы обнаружения повреждений КЛ проложенных в траншеях	
		5. Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий.	5.1. Монтаж линий электропередачи напряжением выше 1000 В	Вопросы к зачету 5.1. ÷ 5.4.
			5.2. Монтаж линий электропередачи (ЛЭП) ниже 1000 В	
			5.3. Материально-технические ресурсы	

2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-7	Готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	<p>1.1. Основные положения и директивные документы по выполнению электромонтажных работ.</p> <p>1.2. Структура монтажного управления (МУ). Функции подразделений МУ.</p> <p>1.3. Капитальное строительство. Организация и подготовка электромонтажных работ (ЭМР).</p> <p>1.4. Выполнение ЭМР в ЗРУ. Как оценивается степень готовности ЗРУ к включению ЭМР.</p> <p>1.5. Индустриализация и механизация ЭМР.</p>	<p>1. Организация электромонтажных работ. Основная документация.</p>
			<p>2.1. Классификация электропомещений по степени электробезопасности.</p> <p>2.2. Международная система обозначения степени защищенности электрооборудования и электрических машин IP (International Protection)</p>	<p>2. Требования к электропомещениям. Международная система защиты электрооборудования</p>
			<p>3.1. Монтаж и эксплуатация ОРУ (трансформаторы, автотрансформаторы, выключатели и т.д.).</p> <p>3.2. Требования к помещениям с силовыми трансформаторами.</p> <p>3.3. Приемка в эксплуатацию электроустановок после монтажа.</p> <p>3.4. Классификация трансформаторов по габаритам, мощностям. Типы трансформаторов. Способы доставки трансформаторов и автотрансформаторов к месту установки.</p> <p>3.5. Заводские испытания трансформаторов. Измерение параметров трансформаторов на месте установки.</p> <p>3.6. Измерение сопротивления обмоток, коэффициента трансформации, проверка группы соединения трехфазного трансформатора. Фазировка трехфазных трансформаторов.</p> <p>3.7. Способ отбора проб трансформаторного масла. Причины нагрева масла в баке трансформатора. Восстановление диэлектрических свойств трансформаторного масла. Способы защиты трансформаторного масла.</p> <p>3.8. Параллельная и совместная работа трансформаторов. Условия параллельной работы. Работа трансформаторов на двухтрансформаторной подстанции при несоответствии параметров.</p> <p>3.9. Требования к системам охлаждения трансформаторов. Схемы собственных нужд подстанций при питании устройств охлаждения трансформаторов большой мощности.</p> <p>3.10. Установка силовых трансформаторов на ОРУ и ЗРУ. Требования к ячейкам трансформаторов ЗРУ.</p> <p>3.11. Противопожарные и экологические</p>	<p>3. Монтаж основного электрооборудования</p>

		<p>мероприятия, предусматриваемые при эксплуатации трансформаторов и автотрансформаторов.</p> <p>3.12. Основные элементы и ненормальные режимы силовых трансформаторов, на которые необходимо обращать внимание при их осмотрах в процессе эксплуатации.</p> <p>3.13. Монтаж комплектных ячеек и оборудования в ЗРУ. Требования к помещениям и условиям работы монтажников.</p> <p>3.14. Монтаж камер КСО и КРУ в закрытых распределительных устройствах. Монтаж оборудования на ОРУ станций и подстанций.</p> <p>3.15. Типы выключателей, используемых в ЗРУ. Эксплуатация выключателей в ЗРУ. «Слабые» места выключателей ЗРУ.</p> <p>3.16. Выключатели ОРУ 35-220 кВ. Основные типы. Основные неисправности этих выключателей.</p> <p>3.17. Вакуумные выключатели в ЗРУ 6-10 кВ. Основные неисправности выключателей. Параметры выключателей, подлежащие проверке при установке вакуумного выключателя.</p> <p>3.18. Особенности эксплуатации воздушных кабелей. «Слабые» места воздушных выключателей. ОРУ 35-220 кВ.</p> <p>3.19. Автогазовые выключатели в ЗРУ 6-10 кВ. Особенности эксплуатации. Основные неисправности.</p> <p>3.20. Монтаж и эксплуатация разъединителей в ЗРУ и ОРУ станций и подстанций. Типы разъединителей. Требования к разъединителям. Координация изоляции разъединителей.</p> <p>3.21. Монтаж и эксплуатация короткозамыкателей и отделителей на подстанциях 35-110-220 кВ. Типы короткозамыкателей и отделителей с учетом климатических особенностей района эксплуатации.</p> <p>3.22. Монтаж и эксплуатация реакторов в силовых схемах станций и подстанций при напряжениях 6-10 кВ и 35-110 кВ. Основные неисправности реакторов и способы их устранения.</p> <p>3.23. Высоковольтные предохранители в схемах станций и подстанций. Назначение. Основные типы. Устройство. Эксплуатация предохранителей в ОРУ.</p> <p>3.24. Предохранители до 1 кВ. Устройство предохранителя ПР и ПК. Номинальный ток предохранителя и номинальный ток плавкой вставки. Эксплуатация предохранителей в ЗРУ 0,4/0,23 кВ.</p> <p>3.25. Назначение и эксплуатация разрядников на станциях и подстанциях. Основные типы разрядников. Разрядники на ВЛ. Особенности эксплуатации трубчатых разрядников. Схемы включения. Контроль срабатывания.</p> <p>3.26. Конденсаторные батареи в схемах 6-10 кВ</p>	
--	--	---	--

		<p>подстанций. Эксплуатация конденсаторных батарей. Техника безопасности при их обслуживании.</p> <p>3.27. Аккумуляторные батареи на станциях и подстанциях. Типы аккумуляторных батарей. Эксплуатация аккумуляторных батарей.</p> <p>3.28. Трансформаторы тока в схемах станций и подстанций. Назначение. Основные типы в ЗРУ и ОРУ. Эксплуатация трансформаторов тока. Основные неисправности.</p> <p>3.29. Параметры трансформаторов тока. Проверка параметров. Техника безопасности при работе во вторичных цепях трансформаторов тока. Устранение неисправностей трансформаторов тока.</p> <p>3.30. Трансформаторы напряжения. Назначение. Типы. Трансформаторы напряжения в сетях 6-19 кВ. Основные неисправности.</p> <p>3.31. Проверка трансформаторов напряжения. ТН в цепях 35-110-220 кВ. Основные неисправности. Сушка трансформаторов напряжения.</p> <p>3.32. Антирезонансные трансформаторы напряжения в цепях 6-10-35 кВ. Основная причина их появления. Выбор предохранителя для трансформатора напряжения.</p> <p>3.33. Подготовка рабочего места в РУ 6-10 кВ подстанции для работы по ревизии трансформатора напряжения типа НТМИ-6(10) или НАМИ-6(10-35).</p> <p>3.34. Подготовительные работы к монтажу электрических машин. Монтаж электрических машин малой и средней мощности.</p>	
		<p>4.1. Кабельные линии. Их преимущества и недостатки в сравнении с ВЛ. Устройство кабелей до 35 кВ.</p> <p>4.2. Классификация и маркировка силовых кабелей. Кабели с бумажной изоляцией.</p> <p>4.3. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.</p> <p>4.4. Монтаж кабельных линий по территории промышленного предприятия. Особенности монтажа и эксплуатации.</p>	<p>4. Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.</p>
		<p>5.1. Классификация ЛЭП по номинальным напряжениям.</p> <p>5.2. Общие сведения о проводах и тросах ВЛ.</p> <p>5.3. Новые провода и тросы с уровнем напряжения до 1 кВ и выше 1 кВ.</p> <p>5.4. Эксплуатация ВЛ.</p>	<p>5. Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий.</p>

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать ПК-7: – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе</p>	<p>зачтено</p>	<p>Обучающийся демонстрирует уверенное знание основных принципов работы и классификацию электрических и электронных аппаратов; умение обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса: владение методами и технологиями</p>

теоретических знаний; – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения; – оборудование необходимое для электромонтажных работ;		монтажа и эксплуатации основного электрооборудования. Допускаются незначительные ошибки.
Уметь <i>ПК-7:</i> - обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике; Владеть <i>ПК-7:</i> – методами и технологиями монтажа и эксплуатации основного электрооборудования.	незачтено	Обучающийся демонстрирует слабое знание или не владеет основными знаниями по данной дисциплине

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Монтаж оборудования систем электроснабжения направлена на ознакомление с принципами монтажа основного электрооборудования электрических сетей до 1000 кВ и выше; на получение теоретических знаний и практических навыков в эксплуатации электрооборудования для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Монтаж и оборудование систем электроснабжения предусматривает:

- лекции,
- практические занятия;
- зачет;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу.

В ходе освоения раздела 1 студенты должны уяснить основные положения и документацию по выполнению электромонтажных работ. В ходе освоения раздела 2 студенты должны уяснить требования к электропомещениям, где будет выполняться монтаж оборудования. В ходе освоения раздела 3 студенты должны уяснить требования к монтажу основного электрооборудования и оборудования цепей управления. В ходе освоения раздела 4 студенты должны уяснить требования к монтажу кабельных линий и их эксплуатацию. В ходе освоения раздела 5 студенты должны уяснить основные моменты монтажа ВЛ напряжение до и выше 1000 кВ.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для монтажа кабельных линий и высоковольтных линий, основного электрооборудования для применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на организационные вопросы электромонтажных работ.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: монтаж основного оборудования, монтаж КЛ и ВЛ.

В процессе проведения практических занятий, лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления об монтаже основного оборудования электрических сетей, монтаж КЛ и ВЛ.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения основного оборудования, принципов его работы, передачи электроэнергии по ВЛ и КЛ.

В процессе консультации с преподавателем необходимо познакомиться с новым оборудованием электрических сетей и принципами монтажа КЛ и ВЛ.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины

Монтаж и оборудование систем электроснабжения

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: ознакомить обучающихся: с конструкциями высоковольтных линий и кабельных линий; закрытых и открытых электропомещений и оборудованием; закрытых и открытых распределительных устройств.

Задачей изучения дисциплины является: изучить возможности монтажа основного электрооборудования в закрытых и открытых распределительных устройствах.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк - 4 часа.; ПЗ - 9 часов; СР - 91 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. - Организация электромонтажных работ. Основная документация.
2. - Требования к электропомещениям. Международная система защиты электрооборудования
3. - Монтаж основного электрооборудования
4. - Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.
5. - Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-7- готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

3. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ Компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	3. Монтаж основного электрооборудования	3.1. Монтаж трансформаторов и автотрансформаторов. 3.2. Монтаж высоковольтных выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей ОРУ 3.3. Монтаж оборудования в ЗРУ. 3.4. Монтаж электрических машин.	Отчет по ПЗ
		4. Виды кабельных линий. Монтаж кабельных линий. Эксплуатация кабельных линий.	4.1. Кабельные линии. Их преимущество и недостатки в сравнении с ВЛ устройства кабелей до 35 кВ. 4.2. Конструкции и основные типы кабелей. 4.3. Способы соединения жил изолированных проводов и кабелей с пластмассовой изоляцией 4.4. Защита кабельных линий при эксплуатации. 4.5. Эксплуатационный надзор за кабельными линиями и сооружениями 4.6. Контроль за нагревом кабелей 4.7. Защита КЛ при эксплуатации. Способы обнаружения повреждений КЛ проложенных в траншеях	Отчет по ПЗ
		5. Монтаж воздушных линий электропередачи. Эксплуатация воздушных линий.	5.1. Монтаж линий электропередач напряжением выше 1000 В 5.2. Монтаж линий электропередач (ЛЭП) ниже 1000 В 5.3. Материально-технические ресурсы	Отчет по ПЗ

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать ПК-7:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний; – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения; – оборудование необходимое для электромонтажных работ; 	зачтено	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует уверенное знание при защите отчетов по ПЗ, уверенно отвечает на дополнительные вопросы по данной работе.
<p>Уметь ПК-7:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике; <p>Владеть ПК-7:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами и технологиями монтажа и эксплуатации основного электрооборудования. 	незачтено	Выставляется обучающемуся в том случае, если обучающийся не владеет знаниями и не может ответить на вопросы по отчетам.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата)
от «3» сентября 2015 г. №955

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «3» июля 2018г. №413

Программу составил:

Булатов Ю.Н., зав. кафедрой, доцент, к.т.н. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ЭиЭ

от «28» __декабря__ 2018 г., протокол №5

Заведующий кафедрой ЭиЭ _____ Ю.Н. Булатов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой _____ Ю.Н. Булатов

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА

от «__» __декабря__ 2018 г., протокол №_____

Председатель методической комиссии факультета _____ А.Д. Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный №_____