Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИК И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА

Кафедра электроснабжения
и возобновляемых
источников энергии

МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Конспект лекций для бакалавров обучающихся
по образовательной программе 5В071800 – «Электроэнергетика»
направление: «Инженерия и инженерное дело»

Алматы 2021

СОСТАВИТЕЛИ: В.И. Дмитриченко, И.В. Казанина. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. Конспект лекций для бакалавров, обучающихся по образовательной программе 5В071800 – «Электроэнергетика» направление «Инженерия и инженерное дело». Алматы: АУЭС, 2020. – 85 с.

Конспект лекций содержит достаточно подробно необходимые сведения для изучения последовательного и неразрывного процесса выполнения организационных, технических и инженерных мероприятий при проектировании, сооружении и эксплуатации электроустановок.

Содержание конспекта лекций соответствует учебной программе курса и состоит из 15 лекций, включающий в себя ил. -13, библиогр. - 16 назв.

Рецензент: д.к. ЭМЭП, доктор PhD Н.К. Алмуратова

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева » на 2021 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2021 г.

Введение

В решении социально-экономических задач в Республике Казахстан большое значение имеет опережающее развитие энергетики. Задачи ввода новых энергетических мощностей предъявляют высокие требования к проектированию, строительству, монтажу и пуско-наладочным работам при вводе электроэнергетических объектов в эксплуатацию. Важным и ответственным является последующая эксплуатация электрооборудования в системах электроснабжения потребителей. Это определяет значительный круг лиц, связанных с созданием и эксплуатацией электроустановок.

Установки, предназначенные для производства, преобразования, передачи, распределения и потребления электроэнергии, называются электрическими, эффективное функционирование которых зависит от ряда факторов и выполняемых мероприятий.

Технология производства электромонтажных, пуско-наладочных работ и эксплуатация электроустановок – это последовательный и неразрывный процесс организационных, технических и инженерных мероприятий. Их выполнение регламентированы нормативными документами и системами стандартизации, основными из которых являются «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ)», «Правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ)». Организационные и технические мероприятия направлены на выполнение работ с высокой производительностью, качеством и безопасными условиями труда, обеспечивающих эффективность электроснабжения потребителей.

Цель предлагаемого учебного пособия – ознакомить студентов с основными положениями и сведениями по разработке проектной, технической и технологической документации для создания, запуска в работу и эксплуатации электроустановок и систем электроснабжения потребителей.

Лекция №1. Основы организации, проектирования и производства электромонтажных работ

Содержание лекции: организация электромонтажных работ, планирование электромонтажных работ, подготовка к производству электромонтажных работ.

Цели лекции: знакомство с нормативной, проектной и монтажной документацией, организацией и планированием электромонтажных работ.

Производство электромонтажных работ - это последовательный и неразрывный процесс организационных, проектных, технических и инженерных мероприятий. Выполнение всей последовательности мероприятий основывается на обязательном соблюдении требований системы нормативных документов и стандартов.

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 объемы.

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

Подрядчиками при проведении электромонтажных работ выступают электромонтажные предприятия независимо от форм собственности, зарегистрированные в установленном порядке в налоговых органах и имеющие лицензию и другие необходимые документы, подтверждающие легитимность предприятия и гарантии качества на выполнение электромонтажных работ. Для выполнения указанных работ заказчик, как правило, организовывает и проводит тендерные (конкурсные) торги.

Договор подряда является основным правовым документом, определяющим взаимоотношения заказчика и подрядчика. В ряде случаев договор заключается на производство работ под «ключ». Это подразумевает выполнение полного инвестиционного цикла, включающего проектирование, строительные, электромонтажные, пуско-наладочные работы и сдачу объекта в эксплуатацию.

Для выполнения отдельных видов работ подрядчик может привлекать другие предприятия – субподрядчиков. В этом случае подрядчик выступает уже в роли генерального подрядчика. Подготовка к проведению электромонтажных работ, в том числе приемка строительной части объекта под электромонтаж оборудования, ответственность перед заказчиком за

выполнение всех видов работ в сроки 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, основными из которых являются:

- Строительные нормы и правила (СНиП);
- Государственные Стандарты (ГОСТ) в области строительства;
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [11];
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ) [5].

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

Проектирование объектов электроэнергетики производится в две стадии: первая – технико-экономическое обоснование строительства объекта, вторая – рабочие чертежи со сметами. Объем и содержание проектной документации должны обеспечить выполнение монтажа передовыми индустриальными методами с применением необходимых средств механизации. В проектах применяют, как правило, типовые конструктивные решения для установки электрооборудования промышленного изготовления.

Приемку документации осуществляет производственно-технический отдел монтажного управления и передает ее на участок инженерной подготовки производства. Вся документация должна иметь подписи заказчика на разрешение к выполнению работ.

Обязанности и ответственность по обеспечению электромонтажных работ комплектами оборудования, конструкциями и материалами несет подрядчик. Для проверки качества поставляемого 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 и проведению испытаний при проведении пуско-наладочных работ. Технический надзор заказчик может выполнять с привлечением проектной организации (авторский надзор).

После выполнения заказчиком и подрядчиком всех обязательств по договору осуществляется приемка выполненных работ. Крупные объекты принимаются рабочей и государственной приемочными комиссиями с подписанием актов соответствующей стандартной формы. При небольших объемах работ приемка осуществляется одной рабочей комиссией.

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 которой должен быть предусмотрен проект организации строительства, являющийся основой для разработки электромонтажным предприятием проекта производства электромонтажных работ (ППР).

На втором организационном этапе производится приемка от строителей под монтаж оборудования зданий, сооружений, фундаментов, проемов и ниш в конструкциях, контролируется установка закладных деталей и наличие погрузочно-разгрузочных механизмов.

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

Важным моментом организации электромонтажных работ на сложных объектах, требующих очередности производства строительных и электромонтажных работ, является обязательное составление ППР. Этот проект разрабатывается для производства работ, сопровождающихся сложными такелажными операциями с использованием механизмов (автокранов, автовышек), а также при выполнении верхолазных работ, особенно в действующих электроустановках.

Исходными данными для разработки ППР являются:

– 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;

– документация, сертификаты на оборудование от заводов-поставщиков.

Содержание ППР состоит из трех разделов. В первый раздел входят пояснительная записка, содержащая общие сведения об объекте и организационную структуру строительства и монтажа, схема электроснабжения, план расположения оборудования и технико-экономические показатели объекта.

Во втором разделе ППР приводятся наиболее эффективные методы организации и технология выполнения электромонтажных работ, а также представляются расчеты трудозатрат, численности персонала и объемов заработной платы. Здесь указываются технологические приемы выполнения трудоемких операций, применение механизации, предложения по совмещению монтажных и наладочных работ, указания по охране труда, приводятся графики производства работ.

В третий раздел ППР входят задания непосредственно для электромонтажного персонала, представляются ведомости узлов, блоков и конструкций, подлежащих сборке, необходимые чертежи, ведомости

закладных деталей с их эскизами и местами установки, спецификации на оборудование и материалы.

Планирование электромонтажных работ является одной из главных функций управления производством строительных работ, в том числе и электромонтажных работ. Важным моментом планирования является увязка мероприятий, операций во времени при условии непрерывности их выполнения, особенно при осуществлении работ в действующих электроустановках.

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

В других, более прогрессивных и гибких видах планирования, используются сетевые модели, основными элементами которых являются сетевые графики. Их разработка начинается с установления перечня работ, которые необходимо выполнить, определения их продолжительности, рациональной последовательности и взаимосвязей между ними.

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

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

Подготовка к производству электромонтажных работ на объекте заключается в выполнении следующих мероприятий:

– получена подрядчиком проектно-техническая документация, утвержденная штампом заказчика «к производству работ»;

– согласованы между подрядчиком и предприятиями-поставщиками графики поставок оборудования с учетом технологической последовательности работ, перечни 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, а также для складирования оборудования, материалов и инструмента;

– осуществлена по акту приемка строительной части объекта под монтаж электрооборудования и выполнены согласно нормам и правилам мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды.

При приемке оборудования производится его осмотр, проверка комплектности (без разборки), проверка наличия и срока действия гарантий предприятий-поставщиков. 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 предприятий-поставщиков, запрещается.

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 генподрядчик должен закончить планировку территории, сооружение подъездных путей, кабельных каналов, установить шинные и линейные порталы (если имеются), соорудить фундаменты под электрооборудование, подземные коммуникации и ограждения вокруг объекта.

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

В зданиях и сооружениях, сдаваемых под монтаж электрооборудования генподрядчиком или 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.

Контрольные вопросы

1. Проведение тендеров и конкурсов на проектирование и выполнение электромонтажных работ.
2. Разделы проекта производства электромонтажных работ.
3. Организация и планирование электромонтажных работ.
4. Какие способы ведения электромонтажных работ существуют.
5. Организация производства пуско-наладочных работ.

Лекция №2. Индустриализация и механизация, пуско-наладка, сдача объектов в эксплуатацию

Содержание лекции: стадии индустриального монтажа, этапы пуско-наладочных работ, приемка объекта в эксплуатацию, сопутствующая документация.

Цели лекции: знакомство с монтажными и пуско-наладочными работами внутризаводских электросетей и электроустановок.

Индустриализация и механизация ставит целью сокращение сроков ввода объектов в эксплуатацию и повышения качества электромонтажных работ.

Под индустриализацией понимается предварительное комплектование и сборка электрооборудования с целью повышения его монтажной готовности. Это достигается путем переноса максимально возможного количества операций с монтажной зоны на заводы-изготовители и подведомственные подразделения, оснащенные высокопроизводительным оборудованием. Здесь же, как правило, работает высококвалифицированный персонал и осуществляется надежный и объективный контроль за качеством работ и сдаваемых изделий.

Уровень индустриализации определяется отношением объема электромонтажных работ, выполненных за пределами монтажной зоны, к общему объему электромонтажных работ. Наиболее высокий уровень этого показателя имеют работы по монтажу распределительных устройств, изготовление которых в виде комплектных ячеек и блоков выполняется на предприятиях Республики Казахстан.

Индустриальный монтаж состоит из двух стадий:

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

Развитие индустриальных методов электромонтажных работ тесно связано с повышением уровня их механизации, которая реализуется по трем направлениям:

- использование универсальных механизмов и подъемно-транспортных машин для механизации трудоемких процессов, это бурильно-крановые машины, телескопические вышки, гидроподъемники и др.;
- применение общестроительных инструментов, разработка и применение различных приспособлений при выполнении отдельных

монтажных операций, это различный электроинструмент, строительно-монтажные пистолеты, переносные прессы для оконцевания и соединения проводов и жил кабелей;

- механизация требуется и в работе складского хозяйства, позволяющая вести механизированным, высокопроизводительным способом комплектацию материалов и изделий в специальные контейнеры для последующей доставки их в монтажную зону.

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

Пуско-наладочные работы осуществляются в четыре этапа.

На первом подготовительном этапе подрядчик выполняет следующее:

- разрабатывает на основе проектной и эксплуатационной документации предприятий-изготовителей рабочую программу пуско-наладочных работ;
- готовит парк измерительной аппаратуры, испытательного оборудования и приспособлений;
- согласовывает с заказчиком сроки выполнения работ, учтенные в общем графике строительства.

На этом же этапе работ заказчик также выполняет следующее:

- выдает подрядчику документацию по уставкам релейной защиты, блокировкам и автоматики, согласованные с энергосистемой;
- подает напряжение на рабочие места наладочного персонала от временных или постоянных сетей электроснабжения.

На втором этапе работ производятся наладочные операции на отдельно стоящих панелях управления, защиты и автоматики, а также наладочные работы, совмещенные с электромонтажными. Начало пуско-наладочных работ определяется степенью готовности строительно-монтажных работ, в частности, действует 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, а заказчик осуществляет:

- авторский надзор со стороны проектных организаций;
- замену отбракованного и поставку недостающего электрооборудования, устранение дефектов от монтажа, выявленных в процессе выполнения пуско-наладочных работ;
- поверку и ремонт электроизмерительных приборов, используемых при последующей эксплуатации электрооборудования объекта.

Началом третьего этапа пуско-наладочных работ считается введение эксплуатационного режима на данной электроустановке, после чего пуско-наладочные работы должны относиться к работам в действующих электроустановках и выполняться с оформлением наряд-допуска и с

соблюдением организационных и технических мер безопасности. На этом этапе производятся индивидуальные испытания электрооборудования, в частности, проверка и испытания систем охлаждения и РПН трансформаторов, устройств защиты, автоматики и управления оборудованием. Также осуществляется опробование схем управления, защиты, сигнализации и работы электрооборудования на холостом ходу.

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.

Окончание пуско-наладочных работ на третьем этапе оформляется актом готовности электрооборудования для комплексного опробования.

На четвертом этапе пуско-наладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по утвержденным программам. Здесь выполняется настройка взаимодействия систем электрооборудования в различных режимах и содержащая:

- 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.

Пуско-наладочные 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 – 24 часа работы под нагрузкой.

Приемка объекта в эксплуатацию содержит технический надзор за производством строительных, монтажных и наладочных работ. Этот надзор обеспечивается будущим эксплуатационным персоналом, проектной организацией, органами государственного надзора. Они осуществляют нормативное регулирование, разрешительные, контрольные и надзорные функции в области промышленной безопасности, использования и охраны окружающей среды и недр.

Задачей эксплуатационного персонала на этом этапе является оказание помощи монтажному предприятию в выявлении дефектов, упущений и отступлений от проекта.

Предъявляемый к приемке в эксплуатацию объект должен соответствовать требованиям законодательства РК, проектной документации, договору подряда, строительным, санитарным, экологическим и другим нормам. Оценка соответствия объекта проекту и требованиям нормативных документов осуществляется государственной приемочной комиссией, в

состав которой входят представители заказчика, генерального подрядчика, проектировщиков, территориальных администраций, органов государственного надзора и инспекции по охране труда.

Заказчик предъявляет комиссии всю необходимую проектную и техническую документацию по объекту, основными из которых являются:

– акт приемки проектной документации;
– акт приемки электрооборудования под монтаж;
– ведомости исполнительных чертежей;
– ведомости смонтированного электрооборудования;
– акты на скрытые работы (кабельные линии, заземление);
– акты сдачи-приемки отдельных видов электромонтажных работ;
– протоколы испытаний электрооборудования;
– паспорта подстанций, воздушных и кабельных линий, заземляющих устройств, молниезащиты и др.;
– акты передачи электрооборудования в наладку;
– акты рабочей комиссии о готовности объекта для предъявления государственной комиссии;
– акт о приемке объекта в эксплуатацию;
– всевозможные акты на транспортировку, такелажные работы, сушку оборудования и др.

После устранения подрядчиком всех выявленных и указанных рабочей комиссией недостатков и несоответствий с проектом составляется акт приемки законченного строительством объекта по утвержденной форме (акт рабочей комиссии). Этот акт подписывается всеми членами государственной приемочной комиссии, каждый из которых несет ответственность за принятые комиссией решения в пределах своей компетенции.

С этого момента комиссия слагает свои полномочия и объект переходит в ведение заказчика (эксплуатирующего предприятия), который принимает его на баланс и регистрирует в установленном порядке право собственности на новый объект в местных органах исполнительной власти.

Контрольные вопросы

1. Понятия индустриализации и механизации электромонтажных работ.
2. Стадии индустриализации электромонтажных работ.
3. Направления механизации электромонтажных работ.
4. Этапы и содержание пуско-наладочных работ.
5. Испытания электрооборудования электроустановок при выполнении пуско-наладочных работ.

Лекция №3. Эксплуатация кабельных линий напряжением до и выше 1000 В

Содержание лекции: осмотры, профилактические испытания и система ремонтов, методы определения мест повреждения кабельных линий, техника безопасности при монтаже и эксплуатации кабельных линий.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений эксплуатации кабельных сетей городов и промышленных предприятий.

Эксплуатация кабельных линий подразумевает систему мероприятий по предупреждению и недопущению повреждений и выхода из строя кабелей и связанного с ними электрооборудования. Основные мероприятия – это осмотры, профилактические испытания и система ремонтов.

Силовые кабели подразделяются на кабели общего и специального применения и выпускают одно-, двух-, трех- и четырехжильными с сечением жил 2,5 – 800 мм^2. Контрольные кабели изготавливают с количеством жил 4 – 37 и сечением 0,75 - 10 мм^2.

Буквенные обозначения марок кабелей представляют:

А – (первая буква) – алюминиевая жила;

А – (вторая буква) – алюминиевая оболочка;

Б – бронепокров из плоских лент;

б – отсутствие подушки у защитного покрова;

В – ПВХ оболочка (первая буква) или изоляция жил (вторая буква) при расположении в начале или в середине обозначения;

в – в середине обозначения – изоляция из полиэтилена; в конце обозначения – подушка защитного покрова с ПВХ шлангом;

Г – отсутствие наружного покрова поверх брони или металлической оболочки;

К – бронепокров из стальных круглых проволок;

л – усиленная подушка у защитного покрова;

2л - особо усиленная подушка у защитного покрова;

Н – резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горение;

н - негорючий наружный покров у защитного покрова;

О – отдельная оболочка каждой жилы;

П - при расположении в начале или в середине обозначения – полиэтиленовая оболочка или изоляция жил; в конце обозначения - бронепокров из стальных плоских проволок;

п – подушка с полиэтиленовым шлангом у защитного покрова;

Р – резиновая изоляция жил;

С – свинцовая оболочка;

с – изоляция из самозатухающего полиэтилена;

СТ – стальная гофрированная оболочка;

У - в конце обозначения - кабели, изготовленные после 1985 г.;

Ц – бумажная изоляция с нестекающим составом из церезина;

Шв – наружный покров из ПВХ шланга;

Шп - наружный покров из полиэтиленового шланга;

Медные жилы, бумажная пропитанная изоляция, подушка нормального исполнения и нормальный наружный покров во всех марках не имеют буквенных обозначений.

Осмотры трасс кабельных линий напряжением до 10 кВ производят в следующие сроки:

- трасс кабелей, проложенных в земле – по местным инструкциям, но не реже 1 раз в 3 мес.;
- концевых муфт на линиях напряжением выше 1000 В – 1 раз в 6 мес., на линиях до 1000 В – 1 раз в год; кабельные муфты, расположенные в трансформаторных помещениях, кабельных пунктах и подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием;
- кабельные колодцы осматривают 2 раза в год.

Осмотр туннелей, шахт и каналов на подстанциях производят по местным инструкциям. В период паводков и после ливней выполняют внеочередные обходы и осмотры.

Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них производят только с разрешения эксплуатирующей организации. Особое внимание обращают на принятие необходимых мер для защиты кабелей от механических повреждений.

Кабельные линии напряжением 6 – 10 кВ в процессе эксплуатации не реже 1 раза в год подвергают профилактическим испытаниям повышенным напряжением постоянного тока. После ремонтных работ на линиях или раскопок вблизи трасс производят внеочередные испытания.

Профилактические испытания выполняют для определения технического состояния кабельных линий, выявления скрытых дефектов узлов и деталей, а также участков и мест с ослабленной изоляцией с целью проведения предупредительных ремонтов и предотвращения вероятных аварий в электросетях.

Каждая кабельная линия имеет свой номер или наименование, их трассы по территории предприятий обозначают пикетами через каждые 100 метров, обязательно на поворотах, над соединительными муфтами, при пересечениях с железнодорожными путями и дорогами и т.п.

Для каждой кабельной линии при вводе в эксплуатацию устанавливают максимальные токовые нагрузки в соответствие с требованиями ПУЭ. Эти нагрузки определяют по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина участка превышает 10 метров. На этих же участках проверяют температуру нагрева кабеля в сроки, установленные местными инструкциями.

Температура воздуха внутри туннелей, шахт и каналов в летнее время не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 10°С.

В процессе эксплуатации кабельных линий появляются по ряду причин повреждения электроизоляции, наиболее характерными из них являются:

- заводские дефекты в виде трещин или сквозных отверстий в свинцовой оболочке, совпадение нескольких бумажных лент, заусенцы на проволоках токоведущих жил;

- надломы изоляции токопроводящих жил при разводке, плохая пайка соединительных зажимов и другие дефекты при монтаже соединений и муфт;

- крутые изгибы на углах, изломы, вмятины, перекрутка кабеля в результате дефектов монтажа;

- пробои и вмятины от неаккуратной раскопки на кабельных трассах;

- коррозия свинцовой оболочки, вызванная действием блуждающих токов или химическим составом грунта;

- перегрев или старение электроизоляции жил.

Кроме того, нередки случаи обрыва токоведущих жил кабеля в результате коротких замыканий, смещения и осадки грунта.

С целью определения места повреждения кабеля устанавливают прежде всего вид повреждения и в зависимости от этого выбирают соответствующий метод измерения. В кабельных линиях низкого напряжения определение характера повреждения осуществляют с помощью мегаомметра, которым измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы кабельной линии по отношению к земле и между каждой парой жил. При определении целостности токоведущих жил мегаомметром предварительно устанавливают с одного конца кабеля закоротки.

В кабельных линиях высокого напряжения характер повреждения определяют путем поочередного испытания каждой жилы (с заземлением и без заземления остальных) постоянным током от установки типа АИИ-70 медленным подъемом напряжения до испытательного.

Все рекомендуемые методы нахождения места повреждения в кабельных линиях разделяют на две группы – относительные и абсолютные. Относительные методы позволяют ориентировочно определить расстояние от места измерения до места повреждения непосредственно на трассе кабельной линии (обычно расхождение составляет 5 – 20 метров, что). Но для проведения работ по устранению повреждения необходимо абсолютным, более точным методом, уточнить место раскопок (несовпадение на трассе должно быть не более 1 метра).

На практике широко применяют следующие методы определения места повреждения в силовых кабелях:

- абсолютные, к которым относят индукционный и акустический;

- относительные, включающие импульсный, петлевой, колебательного разряда и емкостный.

Эти методы дают хорошие результаты после предварительного прожигания поврежденного места кабельной линии специальной кенотронно-газотронной установкой. При этом режим прожигания назначают или на минимальное сопротивление для дальнейшего применения индукционного метода, либо на большое сопротивление – для акустического метода.

При повреждениях кабеля с переходным сопротивлением менее 50 Ом, применяют индукционный метод. Принцип действия заключается в том, что по двум проводам кабеля пропускают ток от генератора звуковой частоты типа ГЗТЧ. Это создает электромагнитное поле вокруг кабеля, проложенного в земле на участке от генератора до места повреждения. Затем с помощью приемной антенны (в виде катушки с большим количеством витков на стержневом магнитопроводе), подключенной к кабелеискателю-усилителю типа ИП-7, ИП-8 или ПК-1 устанавливают наличие этого поля, перенося приемную антенну вдоль трассы кабельной линии на минимальном расстоянии до поверхности грунта. Момент исчезновения сигнала является основанием для определения места повреждения с высокой точностью.

Этот метод, по сравнению с акустическим, более безопасный, но подвержен значительному влиянию электромагнитных помех, создаваемых работающим вблизи оборудованием для электросварки, электротранспорта, коммуникациями связи и др. В ряде случаев из-за больших помех индукционный метод не используется.

Акустический метод основан на прослушивании звуковых колебаний над местом повреждения кабеля. Эти колебания создает в месте повреждения искровой разряд, питающийся от подключенного к поврежденной линии генератора типа АМП-3М.

Искровой разряд создает колебания грунта вокруг места повреждения, которые улавливаются специальным датчиком на основе пьезоэлемента. Его переставляют по поверхности грунта, при этом механические колебания преобразуются в электрические. Затем этот сигнал усиливается и прослушивается в наушниках оператором. По наибольшему звучанию сигнала определяют место повреждения с очень высокой точностью. Метод более предпочтительный по сравнению с индукционным, так как не реагирует на электромагнитные помехи.

Импульсный, относительный метод, основан на посылке в поврежденную линию зондирующего электрического импульса и измерении интервала времени между моментом подачи этого импульса и моментом прихода отраженного сигнала. Реализуют этот метод с помощью приборов типа ИКЛ-4 и ИКЛ-5, основными блоками которых являются генератор импульсов и электроннолучевой осциллограф.

В целом по виду отраженного импульса в виде осциллограммы можно судить о расстоянии до места повреждения и характеристике неоднородностей. Выброс вверх свидетельствует об увеличении волнового сопротивления (обрыв, наличие муфт, переход на участок с меньшим сечением жилы). Выброс вниз указывает на уменьшение волнового сопротивления (короткое замыкание, утечка или попадание влаги, переход на большее сечение жилы). Метод распространенный, относительно простой, информативный, однако низкая точность определения места повреждения предполагает применять после него более точные абсолютные методы.

Другие относительные методы определения места повреждения как петлевой, емкостной и колебательного разряда менее точны, мало распространенные и рекомендуются для изучения в литературе.

После точного определения места повреждения кабельной линии приступают к вскрытию кабеля в соответствии с правилами производства земляных работ. Освобожденный от грунта кабель и предполагаемое место повреждения необходимо тщательно очистить от земли и установить на чистую площадку, например, из дерева для выполнения дальнейших операций. Основными четкими признаками места повреждения являются запах горелого джута (покрытия кабеля), неоднородность и потемнение грунта, местное вспучивание кабеля, отверстия и трещины в оболочках и т.п.

Устранив повреждение кабеля и не засыпая траншею производят измерение сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 2500 В. Сопротивление изоляции силовых кабелей напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 Мом, а у кабелей напряжением выше 1000 В значения сопротивления не нормируются.

Для силовых кабелей напряжением выше 1000 В производят испытания повышенным напряжением выпрямленного тока в соответствии с требованиями ПУЭ и в зависимости от конструкции кабеля. Для кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена существуют отдельные методики и оборудование для проведения испытаний.

Выдержавшая проверки и испытания кабельная линия после составления акта скрытых работ и засыпки траншеи включается в работу.

Контрольные вопросы

1. Назначение и характеристики основных элементов силовых кабелей.
2. Содержание и мероприятия при эксплуатации кабельных сетей промышленных предприятий и городов.
3. Причины и основные повреждения кабельных линий, внешние признаки повреждений.
4. Характеристики и область применения методов определения характера и места повреждения кабельных линий.
5. Содержание паспорта и маркировка кабельных линий.
6. Испытания кабельных линий в процессе эксплуатации и при ликвидации повреждений.

Лекция №4. Наладка и эксплуатация распределительных устройств и подстанций выше 1000 В

Содержание лекции: устройство распределительных устройств и подстанций выше 1000 В, требования к помещениям распределительных

устройств, испытания оборудования распределительных устройств и подстанций.

Цели лекции: ознакомление с порядком и правилами наладки и эксплуатации распределительных устройств и подстанций напряжением выше 1000 В.

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка, предназначенная для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации. В настоящее время наиболее широкое распространение получили комплектные РУ напряжением 6 – 10 кВ заводского изготовления. Различают закрытые РУ (ЗРУ), в которых электрооборудование расположено в здании, и открытые комплектные РУ наружной установки (КРУН).

Применяются ячейки типа КСО (комплектные стационарные одностороннего обслуживания) и ячейки типа КРУ, в которых выключатель не закреплен стационарно, в отличие от ячейки КСО, а установлен на тележке. Во время ремонта тележка с выключателем выкатывается из своего отсека и может быть доставлена для ремонта в ремонтное подразделение, что весьма удобно и технологично.

Конструкции шкафов КРУ, КРУН и КСО разнообразны. Перечень только выкатанных КРУ имеет свыше 50 вариантов исполнения в зависимости от назначения, передаваемых мощностей, вида аппаратов, типа вводов, способа передачи электроэнергии, требований к надежности электроснабжения и т.п. Несколько десятков модификаций имеют и шкафы КСО. Внутри шкафы делятся на отсеки сплошными стальными перегородками. Для большей безопасности ремонта шины располагаются в одном отсеке, выключатель - в другом, разъединитель, трансформаторы тока и кабельный вывод – в третьем, аппараты измерений и реле - в другом отсеке.

В последние годы массовое применение в электросетях 6 – 10 кВ находят малогабаритные вакуумные выключатели, а в ряде случаев элегазовые. Ими же заменяют морально и физически устаревшие маломасляные выключатели. Основными достоинствами таких выключателей, например, типа ВВ/TEL-10, являются:

- высокое быстродействие;
- высокие значения отключаемых токов короткого замыкания;
- высокий механический ресурс;
- малое потребление электроэнергии по цепям включения и отключения;
- малые габариты и вес;
- возможность управления как по цепям оперативного постоянного, так и оперативного переменного тока.

Недостатками данных выключателей, которые необходимо учитывать при их эксплуатации, следующие:

- инициирование при проведении переключений более высоких (по сравнению с маломасляными выключателями) уровней коммутационных перенапряжений, особенно опасных для ослабленной изоляции электросетей (высоковольтные электродвигатели, вышедшие из гарантийного срока эксплуатации кабельные линии, преобразовательные установки, а также кабельные линии с СПЭ изоляцией);

- необходимость вводить в обязательном порядке дополнительную защиту электросетей от коммутационных перенапряжений;

- сложные в наладке и эксплуатации приводы выключателей, которые должны обеспечивать высокие требования к одновременности включения и отключения силовых контактов.

В шкафах и ячейках КРУ и КСО предусмотрены блокировки:

- линейного и шинного разъединителей с использованием блокираторов, исключающих включение выключателя при разомкнутом положении разъединителей, а также исключающих операции с разъединителями при включенном выключателе;

- механические блокировки линейного и шинного разъединителей, которые предотвращают включение заземляющих ножей при включенных главных ножах, а также включение главных ножей при включенных заземляющих ножах.

Цепи питания выключателя формируются через блок основного питания, а также от блока резервного автономного включения. В переходных режимах предусмотрено питание цепей управления выключателем от токовых цепей.

Шкафы КРУ и КСО, напряжением 6 – 10 кВ и предназначенные для внутренней установки, размещают в помещениях без окон, с электроосвещением, также предусматривается отопление. Двери в ЗРУ при длине помещения более 7 метров выполняют с обоих концов.

Электроэнергия в КРУ (КРУН) поступает непосредственно от силовых трансформаторов подстанции или по линиям 6 – 10 кВ с шин подстанции (иногда на генераторном напряжении). Выбор числа секций шин на питающей подстанции зависит от числа ячеек отходящих линий и от наличия резкопеременных нагрузок, которые требуется подключать на отдельную секцию шин. Кроме того, в электросетях 6 – 35 кВ разделение шин на секции диктуется необходимостью уменьшения токов при двух и трехфазных коротких замыканиях, а также для уменьшения емкостных токов при однофазных замыканиях на землю.

В распределительном устройстве всегда должны находиться исправные переносные заземлители, средства по оказанию первой медицинской помощи, а также противопожарные и вспомогательные средства (песок, огнетушители, противопожарный инструмент и т.п.). Плиты, перекрывающие кабельные каналы, должны быть из несгораемых материалов, во избежание распространения огня при пожарах.

Кровля помещений должна быть в исправности, так как проникновение влаги внутрь помещений приводит к нежелательной коррозии металлических частей электрооборудования, а также к увлажнению изоляции и опасному снижению электрического сопротивления аппаратуры. Для того чтобы животные и птицы не могли проникнуть в распределительные устройства, все возможные проемы и отверстия в наружных стенах закрывают сетками. Дороги для въезда автомашин к распределительным устройствам должны всегда находиться в исправном состоянии и не загромождаться, тем самым исключая грубое нарушение противопожарной безопасности.

Одним из первых ответственных и значимых мероприятий при эксплуатации распределительных устройств являются осмотры. Графики и сроки осмотров составляются и утверждаются на каждом предприятии в рамках проведения ППР электрооборудования с учетом местных условий. Кроме плановых осмотров назначают внеочередные осмотры после ликвидации тяжелых аварий (аварийные одномоментные отключения нескольких отходящих линий), при неблагоприятной погоде, сильном загрязнении электрооборудования и т.п. Результаты осмотров записывают в соответствующем журнале, обязательно фиксируют и описывают обнаруженные дефекты.

Во время осмотра обращают внимание на следующее: состояние помещения (исправность дверей, вентиляции, отопления, запоров, исправность сети освещения и заземления и наличие средств безопасности), состояние приводов выключателей, механизмов блокировки разъединителей, механизмов блокировки разъединителей, механизмов доводки, состояние контактных соединений, наличие смазки на трущихся частях механизмов, надежность переходов вторичных цепей на дверцы. Запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторки руками при наличии напряжения.

В распределительных устройствах с выкатными тележками для проведения осмотра отключают выключатель, заземляют отходящую линию, устанавливают тележку в ремонтное положение и проверяют нижние разъединяющие контакты на отсутствие напряжения. Далее включают заземляющий разъединитель и устанавливают тележку в испытательное положение. Смену предохранителей в шкафу трансформатора собственных нужд производят при снятой нагрузке.

Выкатывание тележки с выключателем и установка ее в рабочее положение являются операциями по отключению и включению присоединения. Они производятся только лицами, выполняющими оперативные переключения или под их руководством. Установка (вкатывание) тележки в рабочее положение возможна только при отключенном заземляющем разъединителе.

Распределительные устройства должны располагать резервным электрооборудованием, готовым к включению в любой момент без какой-либо предварительной подготовки. Периодическому контролю состояния

подлежат и резервные элементы РУ (трансформаторы, ячейки отходящих линий, шины, кабельные муфты и т.п.), которые также подвергают профилактическим испытаниям.

Распределительные устройства напряжением ниже 1000В комплектуются, как правило, щитами одностороннего обслуживания Щ070. В их номенклатуре имеются линейные, вводные, секционные, специальные и комбинированные панели.

Кроме панелей Щ070 применяют панели собственных нужд ПСН, силовые пункты с предохранителями СП и СПУ, распределительные пункты с автоматическими выключателями серии ПР-21 и ПР-9000, шкафы с автоматами «Электрон», силовые шкафы ЩС, релейные шкафы ШР и др. Для осветительных установок существуют вводные шкафы ШВ, вводно-распределительные устройства ВРУ, щитки с установочными автоматами СУ-9400 и различные групповые и этажные щитки. Набор аппаратуры панелей и шкафов разнообразен и отображен в стандартных наборах схем заполнения.

Осмотр РУ напряжением до 1000 В осуществляют не реже 1 раза в 3 месяца или в сроки, предусмотренные местной инструкцией. При техническом обслуживании осматривают и очищают РУ от грязи и пыли, проверяют соответствие фактических условий работы аппаратов их номинальным техническим параметрам. Очистку аппаратов от пыли и грязи производят продувкой сжатым воздухом при снятых крышках и кожухах.

У металлических корпусов или кожухов аппаратов осматривают места заземления и проверяют затяжку болтов и гаек. Проверяют также крепления контактных соединений в аппаратах. Контакты, имеющие характерное потемнение, окисление, неровности, а также цвета побежалости, разбирают, зачищают до металлического блеска и затем собирают.

В соответствие с ПУЭ электропроводки напряжением до 1000 В, проложенные от распределительных устройств до электроприемников, испытываются путем измерения сопротивления изоляции в установленные сроки и вне плана при обнаружении дефектов. Наименьшее допустимое сопротивление изоляции электропроводок составляет 0,5 МОм. Измерения производят мегаомметром при отключенных электроприемниках, аппаратах, приборах, а в осветительных электропроводках вывинчивают лампы, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки оставляют присоединенными. Перед измерением сопротивления изоляции электроустановки разряжают, исключая возможность поражения работающих остаточным емкостным зарядом. Такую же разрядку делают после измерения.

Помимо электропроводок в распредустройствах напряжением ниже 1000 В производят обслуживание релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей (РЗАиТ). Полные плановые проверки выполняют одновременно с ремонтом соответствующих первичных цепей и силового оборудования. Периодичность проверок устанавливается местными

инструкциями. При неправильном действии или отказе в работе этих устройств производят дополнительные проверки. Работы в устройствах релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей производит персонал, прошедший специальное обучение.

На панелях и в цепях РЗАиТ работы выполняют предварительно, очистив их от пыли, а также с принятием мер предосторожности против ошибочного отключения оборудования и только инструментом с изолированными ручками. Выполнять эти работы без исполнительных схем запрещается. Также запрещается производить работы, вызывающие сотрясение релейной аппаратуры, которые могут привести к ложным действиям реле.

Вторичные цепи трансформаторов тока размыкать нельзя при отсутствии специальных зажимов для закорачивания вторичной обмотки и до наложения закоротки на них.

Элементы релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей (РЗАиТ) распредустройств при вводе в эксплуатацию и в порядке плановых проверок подвергают испытаниям согласно ПУЭ:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- проверка действия автоматических выключателей;
- проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока;
- устройства защитного отключения (УЗО) и выключатели дифференциального тока (ВДТ) проверяются в соответствии с указаниями завода-изготовителя;
- проверка релейной аппаратуры;
- проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока.

Контрольные вопросы

1. Назначение и устройство распределительных устройств и подстанций выше 1000 В.
2. Содержание и мероприятия при эксплуатации распределительных устройств и подстанций напряжением выше 1000 В.
3. Причины и основные повреждения кабельных линий, внешние признаки повреждений.
4. Характеристики и область применения методов определения характера и места повреждения кабельных линий.
5. Содержание паспорта и маркировка кабельных линий.
6. Испытания кабельных линий в процессе эксплуатации и при ликвидации повреждений.

Лекция №5. Монтаж кабельных линий напряжением до и выше 1кВ

Содержание лекции: способы прокладки кабельных линий, последовательность и технология монтажа кабельных линий, муфты и оконцевания кабелей, наладка и приемо-сдаточные испытания.

Цели лекции: ознакомление с основными положениями и требованиями монтажа и наладки кабельных линий.

На промышленных предприятиях, в городах и крупных населенных пунктах распределение электроэнергии выполняют, как правило, кабельными электрическими линиями. Они имеют значительные преимущества перед воздушными линиями – закрытая прокладка, обеспечивающая защиту от атмосферных воздействий, высокая надежность и безопасность в эксплуатации, а также весьма значительное ограничение размеров пространств, необходимых для сооружения различных инфраструктурных коммуникаций. Поэтому, несмотря на их большую стоимость и трудоемкость сооружения, кабельные линии широко применяются в распределительных электросетях напряжением до 1000 В, а также в сетях 6-10 кВ.

Кабельные линии прокладывают в траншеях, специальных кабельных сооружениях, на эстакадах, в галереях, открыто по стенам зданий и сооружений, в трубах, во внутрицеховых помещениях промышленных предприятий, а также в коллекторах – подземных сооружениях, предназначенных для прокладки кабелей совместно с линиями связи и другими коммуникациями.

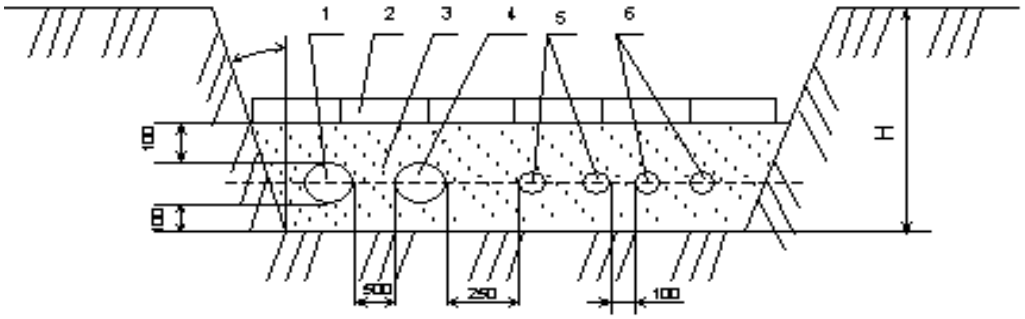
Трассу кабельных линий выбирают так, чтобы расход кабеля был наименьшим. При этом учитывают возможности по защите его от механических повреждений, коррозии (при выборе трассы следует избегать участков с агрессивными грунтами по отношению к металлическим оболочкам кабелей). Кроме того, обращают внимание на возможные вибрации или повреждения от соседних кабелей, а также на перегрев от непосредственного воздействия солнечных лучей и различных источников выделения тепла. При прокладке избегают перекрещивания кабелей друг с другом, а также с различными трубопроводами, строго выдерживая допустимые расстояния до сооружений.

Для того чтобы не возникали опасные механические напряжения в кабелях при монтаже и эксплуатации, их прокладывают «змейкой» с запасом по длине 1-3%. Такой запас достаточен для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены (например, ферм металлических эстакад). Создавать запас кабеля кольцами или витками запрещается.

Чтобы предохранить защитные оболочки кабелей от образования трещин и разрывов при их изгибе, радиус внутренней кривой изгиба нормируют. Его принимают обычно равным от 6 до 25 наружных диаметров кабеля в зависимости от назначения кабеля и вида изоляции.

На каждой смонтированной КЛ, а также на всех муфтах и заделках навешивают бирки с обозначением марки, напряжения, сечения, номера или наименования КЛ, а на бирках муфт и заделок – дату их монтажа и фамилию электромонтера, производившего работы по монтажу муфт и заделок.

Трассу каждой подземной или открытой КЛ, а также местонахождение кабельных соединительных муфт наносят на план с указанием их координат по отношению к существующим фундаментальным ориентирам или к специально установленным знакам.



1 – кабель связи; 2 – кирпич для защиты от механических повреждений; 3 – мягкий грунт для подсыпки (песок); 4 – кабели до 35 кВ; 5 – кабели до 10 кВ; 6 – контрольные кабели.

Рисунок 5.1 – Размещение кабелей в траншее

Наиболее распространенный и дешевый способ канализации электроэнергии – размещение кабелей в траншее (рисунок 5.1). Такой способ не требует большого объема строительных работ и создает хорошие условия для охлаждения кабелей.

Недостаток этого способа – возможность механических повреждений кабелей во время различных раскопок, проводимых при эксплуатации сооружений. В траншеях кабели прокладывают на глубине не менее 0,7 м на трассах, не загруженных другими подземными и надземными коммуникациями. В одной траншее размещают не более шести кабелей на напряжение 6-10 кВ или двух кабелей на напряжение 35 кВ. Кроме того, рядом с ними допускается прокладка не более одного пучка из четырех контрольных кабелей.

На территории энергоемких промышленных предприятий при более 20 кабелях, идущих в одном направлении, применяют прокладку в туннелях. Такая прокладка обеспечивает надежную работу КЛ, но имеет самую высокую стоимость строительной части. На предприятиях, насыщенных различными подземными коммуникациями, территориях с грунтовыми условиями, неблагоприятно действующими на кабели, в районах вечной мерзлоты прокладку кабелей производят на эстакадах или в галереях.

Технология монтажа кабельных линий Кабельные линии прокладывают так, чтобы при эксплуатации исключалась возможность возникновения опасных механических напряжений и повреждений.

Как правило, монтаж КЛ выполняют в две стадии: сначала внутри зданий и сооружений устанавливают опорные конструкции для прокладки кабелей (работы ведут по совмещенному графику строительно-монтажных предприятий); затем прокладывают кабели и подключают их к выводам электрооборудования (работы ведут после завершения комплекса строительных работ при условии передачи объекта под монтаж по акту).

В монтажную зону кабели доставляют в заводских упаковках или на инвентарных барабанах. В местах хранения кабели погружают мостовыми кранами, автопогрузчиками и другими грузоподъемными устройствами.

Кабели, прокладываемые горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и фермам, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых муфт и заделок, на поворотах трассы, с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт. На вертикальных участках кабели закрепляют на каждой кабельной конструкции. В местах жесткого крепления небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой на конструкциях применяют прокладки из листовой резины, листового ПВХ или другого эластичного материала. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой или пластмассовым шлангом, а также бронированные крепят к конструкциям скобами, хомутами, накладками без прокладок.

Внутри помещений и снаружи в местах, доступных для неквалифицированного персонала, где возможно передвижение автотранспорта, грузов и механизмов, бронированные и небронированные кабели защищают от механических повреждений до безопасной высоты (не менее 2 м от уровня земли или пола и на глубине 0,3 м в земле). Защиту обеспечивают кожухами из листового металла толщиной не менее 2,5 мм или отрезками стальных труб.

Технологический процесс прокладки КЛ в предварительно сооруженные траншеи состоит из следующих операций: установка барабана с кабелем, подъем барабана домкратами, снятие обшивки с него, раскатка равномерным вращением барабана и протяжкой кабеля вдоль трассы в проектное положение. Раскатку производят ручным или механизированным способом. Ручная раскатка применяется при нецелесообразности использования средств механизации (короткие участки трасс, небольшое количество кабелей, труднодоступный рельеф местности.

Уложенные в траншее кабели предварительно покрывают слоем песка или чистой просеянной земли толщиной 100 мм. Затем осуществляют защиту от механических повреждений в местах перехода через улицы, дороги, вдоль проезжей части укладкой красным кирпичем или бетонными плитами. После завершения указанных операций траншею зарывают, с предварительным оформлением акта на скрытые работы.

При прокладке КЛ в туннелях и каналах сначала готовят трассу. Для этого проверяют соответствие проекту строительной части, вентиляции, пожарной сигнализации, наличие огнестойких перегородок. Далее устанавливают сборные кабельные конструкции, стойки которых приваривают к закладным элементам стеновых панелей. В местах спуска кабеля из вентиляционной шахты в туннель и на углах поворота размещают универсальные обводные устройства. По роликам раскатывают кабель, используя лебедку, транспортер или специальный автомобиль. После прокладки кабелей их отсоединяют от тяговых канатов и укладывают на полки кабельных конструкций, на лотки или в короба, обеспечивая необходимые нормируемые расстояния между кабелями в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Затем укладывают кабели с запасом 2% и закрепляют в конечных точках трассы, а также на изгибах, концевых заделках и у соединительных муфт.

Кабельные туннели, помещения, этажи должны быть разделены перегородками на отсеки, длина которых определяется технологией тушения пожаров, но не более 150 м. Кроме того, кабельные эстакады и галереи должны быть отделены от кабельных туннелей, полуэтажей и других помещений несгораемыми перегородками, иметь перекрытия вверху и внизу, а также входные двери.

Кабели в кабельных сооружениях прокладывают таким образом, чтобы были обеспечены проходы для их монтажа, ремонта и замены (в том числе в местах входа и выхода кабелей из них). Пересечения кабелей должны происходить в разных плоскостях.

После завершения укладки и закрепления кабелей на опорных конструкциях заземляют конструктивные элементы кабельной линии: металлические кабельные конструкции, корпуса кабельных муфт и оболочки, броню силовых и контрольных кабелей. Присоединяют стальные трубы к контуру заземления полосовой сталью 40х4 мм или медными проводниками сечением 6 мм^2 или 25 мм^2 – для кабелей с жилами 150-240 мм^2. Проложенные кабели, муфты и заделки маркируют, размещая на них бирки прямоугольной, круглой или треугольной формы.

Кабельные линии в холодное время года прокладывают в соответствие с инструкциями заводов-изготовителей, в которых регламентируются значения температур, ниже которых требуется предварительный прогрев до начала раскатки. Например, для кабелей с СПЭ изоляцией, наиболее технологичных по соблюдению требований при низких температурах, требуется обязательный прогрев для температуры ниже 20°С, а при температуре ниже 40°С прокладка кабелей всех марок не допускается.

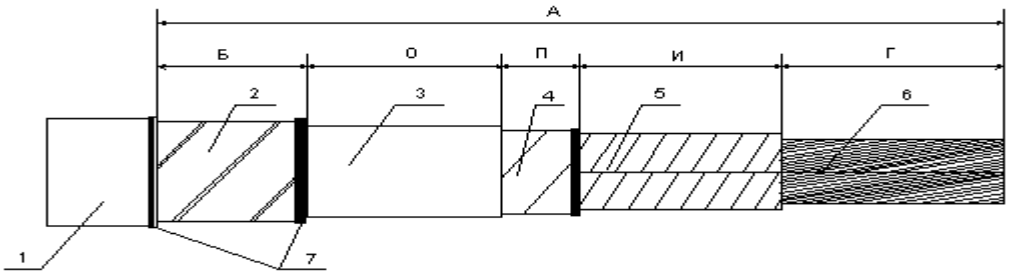
Подогрев кабелей перед прокладкой производят внутри прогреваемых стационарных или передвижных помещений, или способом пропускания электрического тока от источников электроэнергии низкого напряжения.

При прокладке предварительно подогретого кабеля создают повышенный запас 3-4% по длине вместо 1-2%, так как после охлаждения длина кабеля сокращается значительнее, чем в обычных условиях.

Оконцевание и соединение кабелей производят после укладки и закрепления кабелей с последующей затем разделкой их концов. Конструктивно концевые и соединительные элементы КЛ наружной установки называют муфтами, а для внутренних установок – это заделки, а также соединительные муфты.

Основными и обязательными условиями при выполнении разделок концов кабелей, а также монтажа муфт и заделок являются: точное соблюдение технологии монтажа, обеспечение чистоты инструмента, предотвращение попадания на место работы воды, пыли и т.п. (сооружение для этого навеса), исключения перерывов в работе.

Разделку концов кабелей производят до монтажа муфт и заделок. Она заключается в последовательном ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки, экрана и изоляции кабеля. Размеры участков разделки определяют по технической документации в зависимости от конструкции кабеля и монтируемой на нем муфты (заделки), напряжения и сечения его жил (рисунок 5.2).



1 – наружный покров; 2 – броня; 3 – оболочка; 4 – поясная изоляция; 5 – изоляция жилы; 6 – жила кабеля; 7 – бандаж; А, Б, И, О, П, Г – размеры разделки.

Рисунок 5.2 – Разделка концов кабелей

Выполнение всех операций по разделке концов кабелей производится согласно инструкций и предполагает последующий незамедлительный монтаж (из-за вероятности интенсивного проникновения влаги из воздуха в изоляцию кабеля) муфт и заделок на этих концах.

В настоящее время эксплуатируются КЛ с различными по конструкции и исполнению муфтами и заделками (эпоксидные, свинцовые, стальные, чугунные, полиуретановые и др.). В последние годы находят широкое применение муфты и заделки с термоусаживаемыми перчатками и трубками, монтаж которых должен выполняться в строгом соответствии с проектом и инструкциями заводов-изготовителей кабельной продукции.

По окончании монтажа муфт и заделок производят оконцевание выводов, как правило, наконечниками, закрепляемыми опрессовкой, сваркой или пайкой, и затем надежное присоединение их к контактным выводам электрооборудования.

Приемо-сдаточные испытания кабельных линий производятся после завершения всех электромонтажных работ, внешнего осмотра и проверки соответствия монтажа проектной документации.

Для КЛ напряжением до 1 кВ выполняется следующее:

- проверка целостности и совпадение обозначений фаз, подключаемых жил кабелей с помощью мегаомметра;
- измерение сопротивления изоляции выполняется мегаомметром на напряжение 2,5 кВ; для силовых кабелей напряжением до 1 кВ сопротивление должно быть не менее 0,5 Мом, а для КЛ напряжением выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется; измерения следует производить до и после испытания повышенным напряжением.
- проверка защиты от блуждающих токов производится при наличии катодных защит согласно требованиям проектной документации;

Для КЛ напряжением выше 1кВ испытания проводятся аналогично испытаниям кабельных линий напряжением до 1 кВ с добавлением следующих испытаний:

- испытание повышенным напряжением выпрямленного тока, значения которого и длительность регламентируется требованиями ПУЭ в зависимости, в первую очередь, от конструкции и изоляции кабелей; при смешанной прокладке КЛ в качестве испытательного напряжения для всей кабельной линии принимается наименьшее из назначаемых;
- определение электрической рабочей емкости жил производится для КЛ напряжением 20 кВ и выше по инструкциям заводов-изготовителей кабелей.

В последнее время широко применяются в распределительных электросетях кабели с СПЭ изоляцией. Испытания таких КЛ производятся другим специальным оборудованием, приборами и методиками (переменное напряжение с частотой 0,1 Гц, значительно меньшие значения и длительность приложения испытательного напряжения), отличающимися от применяемых для традиционных марки кабелей.

Контрольные вопросы

1. Способы прокладки кабельных линий.
2. Стадии монтажа кабельных линий.
3. Технология монтажа кабельных линий.
4. Какие существуют обозначения и информация на кабельных линиях.
5. Подготовка к монтажу и размещение кабелей в траншее.
6. Приемо-сдаточные испытания кабельных линий.

Лекция №6. Наладка и приемо-сдаточные испытания комплектных распределительных устройств

Содержание лекции: подготовка к выполнению наладки и приемо-сдаточным испытаниям, операции приемо-сдаточных испытаний основного электрооборудования комплектных распределительных устройств.

Цели лекции: ознакомление с порядком, правилами и содержанием работ по наладке и приемо-сдаточным испытаниям комплектных распределительных устройств.

До начала работ непосредственно на объекте по наладке и приемо-сдаточным испытаниям комплектных распределительных устройств (КРУ) следует выполнить подготовку к ним.

Работа с документацией заключается в следующем:

- изучить электрическую часть проекта;
- убедиться в соответствии установленного оборудования проекту;
- получить от заказчика согласованные соответствующими службами энергосистемы уставки реле защит;
- проверить соответствие установленных реле проекту и заданным уставкам, провести проверочный расчет уставок;
- передать заказчику замечания проекту.

Внешний осмотр включает следующее:

- обратить внимание на чистоту и освещенность помещений и территории КРУ, наличие свободного прохода, исправность строительных конструкций, дверей и замков, наличие и четкость надписей на отдельных камерах и дверях;
- проверить наличие пломб, целостность кожухов, состояние уплотнений, винтов или шпилек электрооборудования;
- проверить наличие и целость заземлений открытых проводящих частей электрооборудования и приборов;
- убедиться в отсутствии видимых повреждений и следов коррозии, проверить легкость хода и отсутствие затирания подвижной части при включении и отключении коммутационной аппаратуры.

Объемы работ при наладке комплектных распределительных устройств и нормы испытаний элементов устройства (высоковольтных выключателей, измерительных трансформаторов, разрядников, предохранителей, силовых трансформаторов) приводятся в соответствующих разделах ПУЭ, ведомственных инструкциях и указаниях заводов-изготовителей комплектующего оборудования.

Наладка и приемо-сдаточные испытания КРУ производятся после полного окончания строительных и электромонтажных работ при сооружении КРУ. При этом должны быть проверены все болтовые соединения, заземления, протерты все изоляторы, плотно закрыты люки, проемы, лотки, двери, закрашены места сварки, восстановлены

поврежденные покрытия, произведена уборка помещений. Следует убедиться, что корпуса шкафов КРУ установлены правильно: нет перекосов и качания корпусов, корпуса не имеют наклона по фасаду и глубине, а фланцы элементов ячеек и кожуха элегазовых КРУ закреплены на мягких прокладках.

Измерение сопротивления изоляции:

- первичных цепей; у полностью собранных первичных (силовых) цепей КРУ с установленным в них оборудованием и узлами должно быть не менее 100 Мом, измеренное мегаомметром на напряжение 2500 В;

- вторичных цепей; у каждого присоединения вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (реле, приборами, вторичными обмотками трансформаторов тока и напряжения и т.п.) должно быть не менее 0,5 Мом.

Испытание повышенным напряжением производится на промышленной частоте:

- изоляции первичных цепей ячеек КРУ при вкаченных в рабочее положение ячейках и закрытых дверях; например, при номинальном напряжении 10 кВ испытательное напряжение для керамической изоляции составляет 42 кВ, длительность приложения – 1 мин;

- изоляции вторичных цепей; производится испытательным напряжением 1 кВ продолжительностью 1 мин.

Для того, чтобы испытанию подверглась вся изоляция первичных цепей (в том числе выключатель, нижние проходные и опорные изоляторы), испытания следует производить до присоединения отходящих силовых кабелей. Выдвижные элементы должны находиться в рабочем положении, выключатель включен, предохранители установлены, а корпус шкафа заземлен. Испытания следует производить пофазно при заземленных двух других фазах.

При этом силовые трансформаторы, разрядники, трансформаторы напряжения отсоединяют, вторичные обмотки трансформаторов тока закорачивают и заземляют, заземляющие разъединители отключают.

Измерение сопротивления постоянному току проводится для разъемных и болтовых соединений; нормируемые значения сопротивлений приводятся в соответствующих разделах ПУЭ и инструкциях заводов-изготовителей.

Механические испытания производятся в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей:

- производят вкатывание и выкатывание выдвижных элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов и т.п.

- проверяют работу и состояние контактов заземляющего разъединителя.

Приемо-сдаточные работы по заземляющим устройствам производятся после окончания электромонтажных работ. Все элементы устройства подвергаются тщательному осмотру и проверке соответствия

требованиям ПУЭ и проекту. Проверяются сечения, целостность и прочность защитных проводников, соединений и присоединений. Объем приемо-сдаточных работ содержит следующие операции:

- проверка элементов заземляющего устройства осуществляется путем осмотра элементов устройства и определения соответствия их проекту;
- проверка цепей между заземлителями и заземляемыми элементами электрооборудования; не должно быть обрывов и видимых дефектов;
- измерение сопротивления заземляющего устройства производится с подсоединенными естественными заземлителями; измеренные значения должны удовлетворять значениям, приведенным в проектной документации; при этом на подстанциях промышленных предприятий измерения производятся после монтажа, после капитального ремонта или реконструкции, а также в первый год эксплуатации и периодически в соответствии с ведомственными инструкциями;
- измерение напряжения прикосновения выполняется в электроустановках, сооруженных по нормам на напряжение прикосновения;
- измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

Измерение сопротивления заземления следует проводить после внешнего осмотра заземляющего устройства; значения сопротивления с подсоединенными естественными заземлителями должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих разделах ПУЭ, и могут варьироваться в пределах 0,5 – 10 Ом.

Измерения необходимо производить в периоды наименьшей проводимости почвы: летом – при наибольшем просыхании, зимой - при наибольшем промерзании.

Необходимо соблюдать общие правила безопасности при работе в КРУ, но и учитывать специфические требования, связанные с особенностями применяемого оборудования. Следует помнить, что в элегазовом выключателе могут образовываться токсичные соединения. Сам элегаз не токсичен и не горюч, но при его утечке снижается процентное содержание кислорода в воздухе. Особую осторожность следует проявлять при работе в подвальных помещениях, кабельных каналах, где элегаз может застаиваться, так как он в пять раз тяжелее воздуха. Концентрация элегаза постоянно контролируется течеискателем. В аварийных случаях можно использовать свечу: если она гаснет, в помещение входить нельзя.

Контрольные вопросы

1. Какая работа с документацией выполняется перед наладкой КРУ?
2. Содержание внешнего осмотра КРУ перед наладкой.
3. Объемы работ при наладке КРУ.
4. Приемо-сдаточные испытания КРУ.
5. Особенности техники безопасности при работах в КРУ.

Лекция №7. Монтаж заземляющих устройств

Содержание лекции: общие положения о заземляющих устройствах, устройство контуров заземления, технология монтажа заземляющих устройств, приемо-сдаточные испытания заземляющих устройств.

Цели лекции: ознакомление с порядком, правилами и содержанием работ по монтажу и приемо-сдаточным испытаниям заземляющих устройств.

Для защиты персонала в электроустановках от поражения электрическим током при повреждении изоляции сооружают и используют заземляющие устройства, обеспечивающие защитное заземление электрооборудования. Причинами возникновения нежелательного напряжения, под которым может оказаться персонал, могут быть разряды молнии, коммутационные перенапряжения, вынос потенциала и др. В состав заземляющих устройств входят, как правило, два контура - наружный и внутренний.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитное заземление является эффективной мерой защиты для электрооборудования, питающегося от электрических сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали источника питания.

Заземляющим устройством называют совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называют проводник или металлически соединенные между собой проводники, находящиеся в соприкосновении с землей.

Заземляющими проводниками называются металлические проводники, соединяющие заземляемые нетокопроводящие части электроустановок с заземлителем.

Уравнение потенциалов – это электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов и исключения тем самым опасности электропоражения при одновременном прикосновении к двум проводящим частям, оказавшимся под напряжением.

Выравнивание потенциалов – снижение разности потенциалов на поверхности земли или пола с помощью защитных проводников или специальных покрытий.

Основные параметры элементов заземляющих устройств (количество, размеры, глубина размещения заземлителей, расстояние между стержнями и пр.) являются расчетными величинами и определяются в каждом случае индивидуально, исходя из значений допустимого сопротивления заземлителя.

Электроустановки разных назначений и напряжений используют, как правило, одно общее заземляющее устройство. Однако тенденции последнего времени применения в электроэнергетике микропроцессорной

техники, весьма уязвимой к нештатным режимам работы, перенапряжениям и высшим гармоникам, определяют необходимость разделения заземляющих устройств и выделение так называемого заземляющего контура «чистая земля». И только к этой «чистой земле» подключают оборудование, приборы и т.п., содержащие элементы микропроцессорной техники.

Заземлению подлежат следующие металлические части электроустановок:

- корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.;
- приводы электрических аппаратов;
- вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
- каркасы распределительных щитов и щитов управления;
- конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, корпуса кабельных муфт, оболочки и брони силовых и контрольных кабелей и проводов, стальные трубы электропроводки и т.п.
- съемные или открывающиеся части ограждений, шкафов и камер распределительных устройств, на которых закреплено какое-либо электротехническое изделие и эта конструкция установлена на металлических заземленных каркасах.

На воздушных линиях напряжением 6 –10 кВ заземляют железобетонные и металлические опоры, расположенные в населенной местности, а также каркасы и корпуса электрооборудования (разъединителей, предохранителей, разрядников), установленного на деревянных, железобетонных или металлических опорах.

Не заземляют оборудование, корпуса электроизмерительных приборов и реле, установленных на заземленных металлических конструкциях и имеющих с ними надежный электрический контакт.

Для устройства заземлений в электроустановках следует в первую очередь использовать естественные заземлители – это различные конструкции и устройства, которые по своим свойствам могут одновременно выполнять функции заземлителей. Естественными заземлителями могут быть:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты;
- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- обсадные трубы буровых скважин;
- металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы;
- рельсовые пути неэлектрифицированных железных дорог, подъездные пути при наличии специальных перемычек между рельсами;
- металлические оболочки проложенных в земле бронированных кабелей.

Не допускается использовать в качестве заземлителей алюминиевые оболочки кабелей, трубопроводы горючих жидкостей и газов, трубопроводы канализации и центрального отопления.

В случаях, когда естественные заземлители не удовлетворяют требованиям ПУЭ, применяют искусственные заземлители, которые в зависимости от формы и расположения в грунте делят на три группы:

- углубленные – из полосовой стали, укладываемые горизонтально на дно котлованов зданий по периметру фундаментов;
- горизонтальные – из круглой или полосовой стали, уложенные в траншею;
- вертикальные – из стальных вертикально ввинченных или вдавленных в грунт стержней из круглой стали.

Для заземлителей обычно применяют круглую сталь диаметром 10-16 мм, полосовую сталь сечением 40х4 мм, отрезки угловой стали 50х50х5 мм. Длина вертикальных ввинчиваеых или вдавливаемых заземлителей обычно составляет 4,5 – 5 мм, а забиваемых – 2,5 – 3 м.

Технология монтажа заземляющих устройств.

Искусственные углубленные заземлители, заранее заготовленные в мастерских, укладывают на дно котлованов под фундаменты строящихся зданий и сооружений (рисунок 7.1).

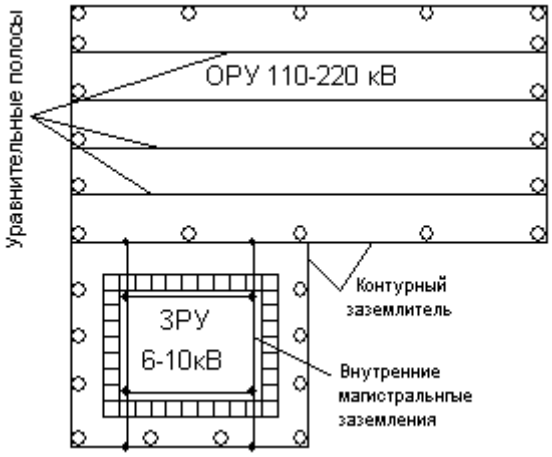


Рисунок 7.1 – Контур заземления подстанции

Наружный контур заземляющего устройства располагается с наружной стороны здания, где в соответствии с проектом роют траншею для установки заземлителей и прокладки заземляющих проводников. Рытье траншей производят землеройными машинами.

Вертикальные заземлители из круглой стали диаметром 16 мм ввертывают в грунт или вдавливают. Для этих целей используют различные передвижные механизмы (копры, автоямобуры, вибраторы, гидропрессы, бурильно-крановые машины) и ручные приспособления. Верх вертикальных заземлителей заглубляют на 0,6 – 0,7 м от уровня планировочной отметки

земли. Над дном траншеи заземлители должны выступать на 0,1 – 0,2 м для удобства приварки к ним соединительных горизонтальных круглых стержней (сталь круглого сечения более устойчива против коррозии, чем полосовая). Горизонтальные заземлители укладывают на дно траншеи вплотную к выступающим частям вертикальных заземлителей.

Все соединения между элементами заземляющих устройств выполняют сваркой внахлестку. Качество сварных швов проверяют осмотром, а прочность – ударом молотка массой 1 кг. Места сварки во избежание коррозии покрывают битумным лаком.

Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не окрашивают. У мест ввода проводников в здания устанавливают опознавательные знаки заземляющего устройства.

Горизонтальные заземлители в местах пересечения с подземными сооружениями (кабелями, трубопроводами), с железнодорожными путями и автомобильными дорогами, а также в местах возможных механических повреждений защищают асбоцементными трубами. По окончании монтажа заземлителей перед засыпкой траншей составляют акт освидетельствования скрытых работ. Траншеи с уложенными в них заземлителями засыпают землей, не содержащей камней и строительного мусора, и затем плотно утрамбовывают.

Внутренний контур заземляющего устройства располагается внутри зданий и помещений в виде магистрали заземления и ответвлений от нее к корпусам электрооборудования. Заземляющие проводники прокладывают горизонтально и вертикально или параллельно наклонным конструкциям зданий.

Последовательное присоединение заземляющими проводниками корпусов электрооборудования к магистрали заземления не допускается. Магистральную заземляющую шину соединяют с заземлителем не менее чем двумя ответвлениями, присоединяемыми к заземлителю в разных местах. Открыто проложенные заземляющие проводники окрашивают в черный цвет.

В сухих помещениях заземляющие проводники укладывают непосредственно по бетонным и кирпичным основаниям с креплением полос дюбель-гвоздями, а в сырых, особо сырых помещениях и помещениях с едкими парами – на подкладках или опорах (держателях) на расстоянии не менее 10 мм от основания.

Проводники крепят на расстояниях 600 – 1000 мм на прямых участках, 100 мм на поворотах от вершин углов, 100 мм от мест ответвлений, 400 – 600 мм от уровня пола помещений и не менее 50 мм от нижней поверхности съемных перекрытий каналов. Соединение заземляющих проводников между собой и присоединение их к металлическим конструкциям зданий выполняют сваркой внахлестку, за исключением разъемных мест, предназначенных для измерений. При соединениях проводников длину нахлестки для сварки принимают равной ширине полосы при прямоугольном сечении и шести диаметрам – при круглом сечении.

Заземляющие проводники к корпусам машин и аппаратов присоединяют под заземляющий болт на их корпусах. Если машины установлены на салазках, их заземляют присоединением салазок к заземляющему проводнику. Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники имеют отличительную окраску, а места, предназначенные для подсоединения переносных заземлителей, не окрашивают.

Приемо-сдаточные испытания заземляющих устройств производятся после завершения всех электромонтажных работ, осмотра и проверки соответствия монтажа проектной документации.

Характеристики заземляющих устройств должны обеспечивать безопасность людей и животных при авариях. Кроме того, должны обеспечиваться эксплуатационные функции электроустановок: действие релейных защит; отвод в грунт токов молнии; защита изоляции низковольтных сетей; снижение электромагнитных помех; обеспечение взрыво- и пожаробезопасности и др.

Нормирование для заземляющих устройств относится, в первую очередь, к регламентированию сопротивления. В электроустановках с изолированной нейтралью сопротивление заземляющих устройств с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть:

$$R < 250/I, \qquad (7.1)$$

но не более 10 Ом; I – ток замыкания на землю, А.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть, например, не более 4 Ом при линейном напряжении трехфазной сети 380 В.

Для подстанций напряжением 6 – 10/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

- нейтраль силового трансформатора на стороне 0,4 кВ;
- металлические оболочки и броня КЛ;
- открытые токопроводящие части электроустановок;
- обмотки измерительного трансформатора напряжения и трансформаторов тока в соответствующих точках.

Приемо-сдаточные работы по заземляющим устройствам производятся после окончания электромонтажных работ. Все элементы устройства подвергаются тщательному осмотру и проверке соответствия требованиям ПУЭ и проекту. Проверяются сечения, целостность и прочность защитных проводников, соединений и присоединений. Объем приемо-сдаточных работ содержит следующие операции:

- проверка элементов заземляющего устройства осуществляется путем осмотра элементов устройства и определения соответствия их проектной документации;

- проверка цепей между заземлителями и заземляемыми элементами электрооборудования; не должно быть обрывов и видимых дефектов;

- измерение сопротивления заземляющего устройства производится с подсоединенными естественными заземлителями; измеренные значения должны удовлетворять значениям, приведенным в проектной документации; при этом на подстанциях промышленных предприятий измерения производятся после монтажа, после капитального ремонта или реконструкции, а также в первый год эксплуатации и периодически в соответствии с ведомственными инструкциями;

- измерение напряжения прикосновения выполняется в электроустановках, сооруженных по нормам на напряжение прикосновения;

- измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

- измерение напряжения прикосновения выполняется в электроустановках, сооруженных по нормам на напряжение прикосновения;

- измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

Измерения необходимо производить в периоды наименьшей проводимости почвы: летом – при наибольшем просыхании, зимой - при наибольшем промерзании.

При сдаче заземляющего устройства в эксплуатацию должны быть предъявлены следующие документы: исполнительные чертежи и схемы устройств; акты на скрытые работы и акты проверки открыто проложенных защитных проводников; протоколы измерения сопротивления заземлителей и сопротивления цепи «фаза-нуль»; протоколы проверки наличия цепи между заземлителями и корпусами электрооборудования.

Контрольные вопросы

1. Определение, назначение и устройство защитного заземления; элементы и части электроустановок, подлежащие заземлению.
2. Какие напряжения называются шаговым и напряжением прикосновения, защита от их действия?
3. Технология монтажа заземляющих устройств и приемо-сдаточные мероприятия испытания.
4. Нормирование для заземляющих устройств, особенности заземления частей микропроцессорной техники.
5. Как осуществляется молниезащита зданий и сооружений, применяемое оборудование?
6. Определение режимов глухозаземленной и изолированной нейтрали, примеры электросетей и электроустановок.

Лекция №8. Монтаж распределительных устройств выше 1000 В

Содержание лекции: общие положения о распределительных устройствах, требования к размещению электрооборудования, технология монтажа распределительных устройств внутренней установки, приемо-сдаточные испытания распределительных устройств.

Цели лекции: ознакомление с порядком, правилами и содержанием работ по монтажу и приемо-сдаточным испытаниям распределительных устройств напряжением выше 1000 В.

Питание электроэнергией потребителей промышленности, коммунального и сельского хозяйства осуществляется от энергосистем. Часть энергосистемы, содержащую только электрические устройства – генераторы, распределительные устройства, трансформаторные подстанции, электрические сети и присоединенные к электросетям приемники электроэнергии – называют электрической системой. Часть электрической системы, которая распределяет подведенную от электростанций электроэнергию внутри предприятий и потребляет ее, называется системой электроснабжения.

Подстанцией называется электроустановка, предназначенная для приема, преобразования (трансформации) и распределения электроэнергии. Она состоит из трансформаторов, распределительных устройств и систем управления, защиты и измерений. На предприятиях они называются Главная понизительная подстанция (ГПП).

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка, предназначенная для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации. Различают закрытые РУ (ЗРУ), в которых электрооборудование расположено в здании, и комплектные РУ наружной установки (КРУН).

Распределительные пункты (РП) получают электроэнергию от ГПП или ЗРУ (КРУН) на том же напряжении для отдельных потребителей высокого напряжения (высоковольтные электродвигатели), а также для цеховых комплектных понижающих подстанций (КТП). Различают закрытые РП и КТП, которые размещаются внутри здания, цеха.

Камера – помещение (часть ЗРУ) и предназначена для установки аппаратов, шин и другого электрооборудования; закрытой называется камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери; огражденной называется камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными ограждениями).

Ячейка – металлический шкаф, оснащенный электротехническим оборудованием и выполняющий отдельные функции – ввод электроэнергии, отходящие линии, секционный выключатель, трансформатор собственных

нужд, измерительный трансформатор напряжения и др; все оборудование ячейки компонуется в шкафу.

Применяются ячейки типа КСО (комплектные стационарные одностороннего обслуживания) и ячейки типа КРУ, в которых выключатель не закреплен стационарно, как в ячейке КСО, а установлен на тележке. Во время ремонта тележка с выключателем выкатывается из своего отсека и может быть доставлена для выполнения отдельных пуско-наладочных операций в специализированное подразделение.

Конструкции шкафов КРУ, КРУН и КСО разнообразны и определяются назначением, нагрузками, способами передачи электроэнергии, видами используемых аппаратов, интенсивностью оперативных переключений и т.п. Шкафы КРУ, КРУН устанавливают, как правило, на питающих подстанциях с большими передаваемыми мощностями и высокими требованиями к надежности электроснабжения. Шкафы КСО, конструкции которых относительно простые и дешевые, целесообразно применять в РП с умеренными нагрузками отходящих линий и ограниченной интенсивностью оперативных переключений.

Общие требования к размещению электрооборудования. Электрооборудование, токоведущие части, ограждения, изоляторы устанавливают таким образом, чтобы:

- закрытые КТП и РП размещались не выше второго этажа здания, а если число работающих на первом этаже превышает 50 человек, то только на первом этаже;
- электрооборудование устанавливалось в пределах «мертвой зоны» подъемно-транспортных механизмов;
- нагрев электрооборудования, электрическая дуга, искрения и другие проявления не смогли причинять вреда обслуживающему персоналу и другому электрооборудованию;
- при снятии напряжения с токоведущих частей для осмотра, замены, ремонта обеспечивалась безопасность персонала и нормальная работа соседних ячеек и цепей;
- осуществлялась без длительных задержек возможность удобного транспортирования и замены электрооборудования и приборов;
- соединения между трансформаторами и распределительными устройствами должны быть возможно короткими;
- в КРУН аппараты и приборы управления, учета и защиты, а также приводы выключателей, чувствительные к низкой температуре, должны иметь колпаки и обогрев, автоматически включаемый при понижении температуры ниже допустимой.

Технология монтажа КРУ внутренней установки Монтаж КРУ внутренней установки (ЗРУ) производится в помещениях, в которых полностью завершены все строительные и отделочные работы, а объект полностью принят от строителей с оформлением соответствующей документации. При этом имеются проемы для подачи шкафов и блоков,

двери установлены с запорами, окна застеклены, функционируют освещение, отопление, вентиляция и силовая временная электросеть 380/220 В. Подготовлены к выполнению электромонтажных операций кабельные каналы и проемы в полу, полностью смонтировано заземляющее устройство. Кроме того, должны быть приготовлены к транспортировке электрооборудования подъездные пути к ЗРУ, а также обеспечены хранение оборудования и охрана объекта.

В комплекте проектной и исполнительной документации, используемой непосредственно на объекте, должны быть в обязательном порядке:

- план и разрезы ЗРУ-10 кВ;
- чертежи освещения и заземляющего устройства;
- установочные чертежи электрошкафов;
- календарный план и ППР по монтажу ЗРУ;
- инструкции по выполнению погрузочно-разгрузочных работ;
- заводская документация на поставленное электрооборудование.

Электромонтажные работы на объекте начинаются с инструктажа персонала общего и на рабочих местах. Затем производится разгрузка, распаковка и приемка под монтаж электрооборудования.

В помещениях ЗРУ монтируют закладные основания по уровню (неровность допускается не более 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине) в одной строго горизонтальной плоскости. Уголки или швеллеры присоединяют, как правило сваркой, к контуру заземления полосовой сталью 40 х 4 мм не менее чем в двух местах. Шкафы и блоки устанавливают на направляющие уголки и швеллеры в последовательности, предусмотренной проектной документацией.

Монтаж шкафов начинают с крайнего и к установке следующего приступают только после проверки правильности положения по вертикали и горизонтали предыдущего корпуса. По окончании установки корпуса соединяют болтами, начиная с крайнего, затягивая сначала нижние болты, а затем верхние. Для проверки правильности установки шкафов КРУ вкатывают тележку, при этом подвижные и неподвижные части должны совпадать, а положение тележки – четко фиксироваться роликами.

Комплектное РУ считается правильно установленным и может окончательно закрепляться, если корпус и тележка не качаются; нижняя рама корпуса располагается горизонтально; подвижные и неподвижные части разъединяющих контактов первичных и вторичных цепей совпадают; ролики механизма доводки четко фиксируют положение тележки; пазы скобы совпадают с осью роликов; зазоры между осью крепления шторок и роликами
тележки примерно одинаковы; зазор между стенками смежно установленных корпусов не превышает 1 мм; дверки в закрытом положении находятся в одной вертикальной плоскости. Особенно тщательно проверяют работу шторок, которые должны подниматься и опускаться без перекосов и

заеданий, а также действие механической блокировки. При этом выдвижная тележка в ячейке КРУ может занимать три положения:

- рабочее, тележка вдвинута полностью и силовые контакты включены;
- испытательное, тележка выдвинута из шкафа настолько, что силовые контакты выключены, а вторичные цепи подключены;
- ремонтное, тележка полностью удалена из шкафа.

Далее в шкафах снимают листы шинного отсека и освобождают от временного крепления ответвительные шины и присоединяют к сборным болтами, а затем закрепляют на шинодержателях.

Приборы и аппараты, демонтированные во время перевозки, устанавливают после монтажа шин и присоединяют их к первичным и вторичным цепям согласно схемам. Поверхности сборных шин в местах контактов промывают бензином и смазывают тонким слоем вазелина. Эти поверхности нельзя зачищать механически, так как на заводе они покрыты специальным сплавом олова с цинком во избежание коррозии.

Затем регулируют и проверяют работу выключателей с приводами, вспомогательных контактов и блокировочных устройств в соответствии с требованиями инструкций предприятий- изготовителей.

Заключительные операции состоят в присоединении в ячейках отходящих и питающих кабелей и проводов вторичных цепей. Все металлические конструкции присоединяют к устройству заземления приваркой нижних рам корпусов шкафов в четырех местах к магистрали заземления, либо к закладным деталям.

Монтаж вторичных цепей заключается в формировании потоков проводов без перекрещивания, прокладке по панелям строго вертикально или горизонтально. Потоки располагают прямыми, плотными и ровными рядами, в каждом ряду не более 15 проводов. Длинные провода располагают в нижнем ряду, короткие в верхнем, ответвления от потока выполняют под прямым углом.

Переходы потоков проводов с панели на панель выполняют гибкими плоскими или жгутовыми компенсаторами. Пучки проводов, работающих на скручивание, защищают металлорукавом или ПВХ трубкой. Места выхода проводов обматывают лентой.

Во вторичных цепях в качестве проводников используют медные провода с площадью сечения не менее 1,5 мм^2. Допускается применение медных жил сечением 1 мм^2 для неответственных вторичных цепей в электроустановках напряжением до 1000 В. Однопроволочные провода оконцовывают кольцом или прямым участком провода, многопроволочные гибкие – наконечником. К зажиму с каждой стороны можно присоединять не более двух жил.

Проводники маркируют на обоих концах – у наборных зажимов (клеммные колодки) и у зажимов аппаратов с применением специальных оконцевателей, манжет, трубок и др.

Наладка и приемо-сдаточные испытания КРУ Объем работ при наладке КРУ и нормы испытаний элементов устройства (высоковольтных выключателей, измерительных трансформаторов, разрядников, предохранителей, силовых трансформаторов) приводятся в соответствующих разделах ПУЭ, ведомственных инструкциях и указаниях заводов-изготовителей комплектующего оборудования.

Наладка и приемо-сдаточные испытания КРУ производятся после полного окончания строительных и электромонтажных работ при сооружении КРУ. При этом должны быть проверены все болтовые соединения, заземления, протерты все изоляторы, плотно закрыты люки, проемы, лотки, двери, закрашены места сварки, восстановлены поврежденные покрытия, произведена уборка помещений. Следует убедиться, что корпуса шкафов КРУ установлены правильно: нет перекосов и качания корпусов, корпуса не имеют наклона по фасаду и глубине, а фланцы элементов ячеек и кожуха элегазовых КРУ закреплены на мягких прокладках.

Измерение сопротивления изоляции:

- первичных цепей; у полностью собранных первичных (силовых) цепей КРУ с установленным в них оборудованием и узлами должно быть не менее 100 Мом, измеренное мегаомметром на напряжение 2500 В;

- вторичных цепей; у каждого присоединения вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (реле, приборами, вторичными обмотками трансформаторов тока и напряжения и т.п.) должно быть не менее 0,5 Мом.

Испытание повышенным напряжением производится на промышленной частоте:

- изоляции первичных цепей ячеек КРУ при вкаченных в рабочее положение ячейках и закрытых дверях; например, при номинальном напряжении 10 кВ испытательное напряжение для керамической изоляции составляет 42 кВ, длительность приложения – 1 мин;

- изоляции вторичных цепей; производится испытательным напряжением 1 кВ продолжительностью 1 мин.

Для того, чтобы испытанию подверглась вся изоляция первичных цепей (в том числе выключатель, нижние проходные и опорные изоляторы), испытания следует производить до присоединения отходящих силовых кабелей. Выдвижные элементы должны находиться в рабочем положении, выключатель включен, предохранители установлены, а корпус шкафа заземлен. Испытания следует производить пофазно при заземленных двух других фазах.

При этом силовые трансформаторы, разрядники, трансформаторы напряжения отсоединяют, вторичные обмотки трансформаторов тока закорачивают и заземляют, заземляющие разъединители отключают.

Измерение сопротивления постоянному току проводится для разъемных и болтовых соединений; нормируемые значения сопротивлений

приводятся в соответствующих разделах ПУЭ и инструкциях заводов-изготовителей.

Механические испытания производятся в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей:

- производят вкатывание и выкатывание выдвижных элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов и т.п.

- проверяют работу и состояние контактов заземляющего разъединителя.

Приемо-сдаточные работы по заземляющим устройствам производятся после окончания электромонтажных работ. Все элементы устройства подвергаются тщательному осмотру и проверке соответствия требованиям ПУЭ и проекту. Проверяются сечения, целостность и прочность защитных проводников, соединений и присоединений. Объем приемо-сдаточных работ содержит следующие операции:

- проверка элементов заземляющего устройства осуществляется путем осмотра элементов устройства и определения соответствия их проектной документации;

- проверка цепей между заземлителями и заземляемыми элементами электрооборудования; не должно быть обрывов и видимых дефектов;

- измерение сопротивления заземляющего устройства производится с подсоединенными естественными заземлителями; измеренные значения должны удовлетворять значениям, приведенным в проектной документации; при этом на подстанциях промышленных предприятий измерения производятся после монтажа, после капитального ремонта или реконструкции, а также в первый год эксплуатации и периодически в соответствии с ведомственными инструкциями;

- измерение напряжения прикосновения выполняется в электроустановках, сооруженных по нормам на напряжение прикосновения;

- измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

- измерение напряжения прикосновения выполняется в электроустановках, сооруженных по нормам на напряжение прикосновения;

- измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

Измерение сопротивления заземления следует проводить после внешнего осмотра заземляющего устройства; значения сопротивления с подсоединенными естественными заземлителями должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих разделах ПУЭ, и могут варьироваться в пределах 0,5 – 10 Ом.

Измерения необходимо производить в периоды наименьшей проводимости почвы: летом – при наибольшем просыхании, зимой - при наибольшем промерзании.

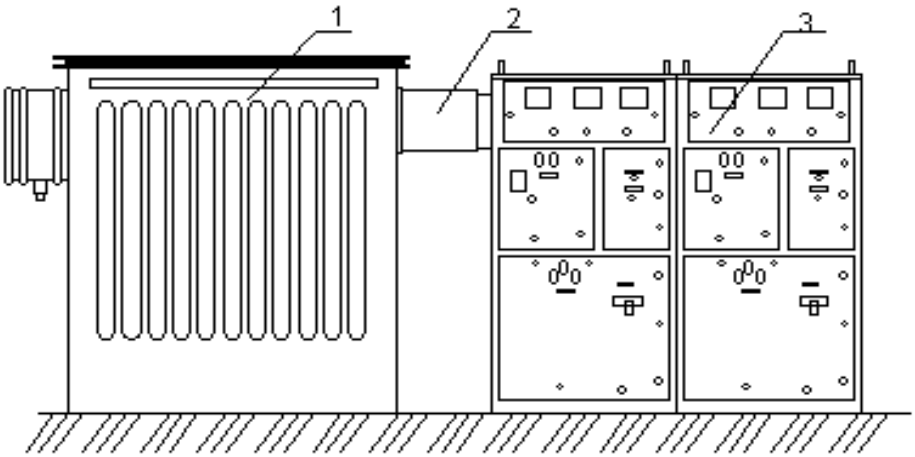
При сдаче заземляющего устройства в эксплуатацию должны быть предъявлены следующие документы: исполнительные чертежи и схемы

устройств; акты на скрытые работы и акты проверки открыто проложенных защитных проводников; протоколы измерения сопротивления заземлителей и сопротивления цепи «фаза-нуль»; протоколы проверки наличия цепи между заземлителями и корпусами электрооборудования.

Монтаж комплектных трансформаторных подстанций. Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) предназначены для установки в цехах предприятий, в среде которых отсутствуют значительные концентрации токопроводящей пыли, а также паров и газов, разрушающих изоляцию и металлы. Их не устанавливают во взрывоопасных помещениях и в местах, не имеющих защиты от прямого попадания влаги.

Подстанции выпускаются в одно- и двухтрансформаторном исполнении и состоят из отдельных блоков, поставляемых на объект в подготовленном для монтажа виде. Блоки комплектуются всеми деталями для механических и электрических соединений.

Три основных части составляют КТП: высоковольтный блок, силовой трансформатор и распределительный шкаф (рисунок 8.1).



1 – трансформатор; 2 – соединительный короб; 3 – шкаф РУ 0,4 кВ.

Рисунок 8.1 – КТП внутренней установки

Двухтрансформаторные КТП состоят из двух однотрансформаторных подстанций, соединенных секционным шкафом.

Блоки КТП, за исключением силового трансформатора, отправляются заводом-изготовителем в деревянных ящиках, обшитых изнутри влагонепроницаемым материалом. Габариты и вес блоков, а также силовых трансформаторов, позволяют транспортировать их как по железной дороге, так и автомобильным транспортом, причем только в вертикальном положении ящиков и блоков.

До производства электромонтажных работ блоки КТП должны храниться в закрытом помещении, где нет газов и пыли, при температуре не ниже 0°С и также, как и при транспортировке только в вертикальном положении.

Блоки КТП при производстве электромонтажных работ устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин. После установки блоков и приварки шины заземления к опорным швеллерам борозды в фундаментах заливают бетонным раствором и устанавливают трансформатор согласно проекту.

Распределительное устройство соединяют с трансформатором гибкой перемычкой, закрываемой коробом из листовой стали, поставляемой в комплекте с КТП. Усилия на вводы трансформатора при затяжке болтов нормируются во избежание течи масла из вводных фланцев на баке.

По окончании монтажа блоков КТП проверяют исправность проводки и приборов, надежность крепления болтовых соединений, особенно контактных и заземляющих, работу механических блокировок, состояние изоляторов (не должно быть трещин, сколов, нарушения армировки и герметичности соединений, затем подсоединяют кабели высокого и низкого напряжения, смонтировав предварительно на окончаниях концевые муфты (разделки). Для заземления КТП швеллеры приваривают к контуру заземления в двух местах швами длиной не менее 70 мм.

Устранение выявленных неисправностей, регулировка и настройка смонтированных блоков и КТП в целом производятся в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Контрольные вопросы

1. Определение, назначение и устройство основных элементов и частей распределительных устройств.
2. Отличия распределительных устройств внутренней установки от распределительных устройств наружной установки.
3. Общие требования к размещению электрооборудования в распределительных устройствах и производственных цехах.
4. Технология и последовательность монтажа распределительных устройств внутренней установки.
5. Объем работ при монтаже вторичных цепей, правила прокладки и маркировки проводов.
6. Наладка и приемо-сдаточные испытания распределительных устройств, сдача объекта в эксплуатацию.

Лекция №9. Эксплуатация и ремонт воздушных линий напряжением до и выше 1000 В

Содержание лекции: устройство и основные параметры воздушных линий; осмотры, профилактические испытания и система ремонтов; особенности техники безопасности при эксплуатации и ремонте воздушных линий.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений эксплуатации и ремонта воздушных линий электропередачи.

Эксплуатация воздушных линий (ВЛ) подразумевает систему мероприятий по предупреждению и недопущению повреждений и выхода из строя ВЛ и связанного с ними электрооборудования. Основные мероприятия – это осмотры, профилактические испытания и система ремонтов.

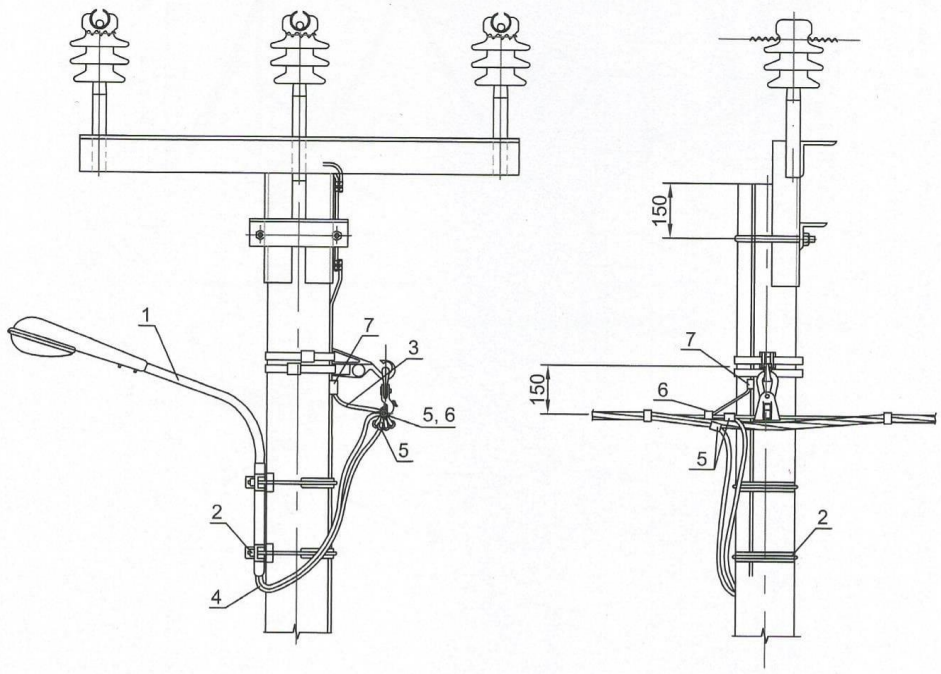
Устройство и основные параметры воздушных линий. Электрические сети, расположенные на открытых территориях вне зданий, часто выполняют воздушными линиями.

Воздушные линии имеют следующие конструктивные элементы: провода, опоры, изоляторы, арматуру для крепления проводов на изоляторах и изоляторов на опорах. ВЛ бывают одноцепные и двухцепные. Под одной цепью понимают три провода одной трехфазной линии или два провода однофазной линии. Для ВЛ применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода. Опоры для ВЛ изготавливают из дерева и железобетона (рисунок 9.1).

В последние годы происходит массовая замена ВЛ с деревянными опорами и голыми неизолированными проводами на ВЛ с железобетонными опорами, поддерживающие так называемые самонесущие изолированные провода (СИП). Как правило, СИП для воздушных линий напряжением до 1 кВ выполняются в виде жгута из четырех или пяти изолированных проводов. При этом изолированный провод для наружного освещения располагается в жгуте СИП (рисунок 9.1). Для воздушных линий с СИП на напряжение 10-35 кВ применяются одножильные изолированные провода на каждую фазу, закрепленные на опоре посредством штырей и изоляторов.

Для защиты ВЛ от грозовых перенапряжений подлежат заземлению: 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.

Эксплуатация ВЛ напряжением до 1000 В. При эксплуатации ВЛ в них появляются различные неисправности и повреждения, которые могут возникать от провозимых под ними крупногабаритных грузов, набросов на провода, проведением вблизи земляных работ, растущих вблизи высоких деревьев и т.п. С течением времени в ВЛ происходят различные изменения: опоры занимают наклонное положение, в железобетонных элементах появляются трещины и выбоины и др.



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед.,кг	Примечание
Арматура освещения 0,4 кВ					
1		Светильник	1	-	Марка определяется проектом
2		Кронштейн или хомут	2	-	Марка определяется проектом
3		Заземляющий проводник ЗП1	0,75	0,5	м
4		Провод с резиновой изоляцией ПВС 3х2,5	4,5	0,5	м
5		Зажим Р616R для ответвления жилы сечением 1,5÷16 мм²	2	0,051	
6		Ответвление от нуля Р70	1	0,144	
7		Зажим Р72 для ЗП1	1	0,132	
8		Плашечный зажим CD35	1	0,06	

Рисунок 9.1 – Совместная подвеска СИП: ВЛЗ (10 кВ), ВЛИ (0,4 кВ) и светильника наружного освещения.

Для обнаружения неисправностей и дефектов воздушные линии периодически осматривают. Сроки осмотров устанавливают в зависимости от местных условий, но не реже 1 раза в месяц. Проверку наличия трещин на железобетонных опорах и пасынках с выборочным вскрытием грунта производят 1 раз в 6 лет. Внеочередные осмотры ВЛ производят после аварий, ураганов, во время ледоходов, при пожарах вблизи линий, гололеде, морозе ниже 40^0С.

Стрелы провеса и расстояния от проводов ВЛ до различных объектов измеряют во всех случаях, когда возникают сомнения в отношении

требуемых расстояний. Расстояние от проводов до поверхности земли при наибольшей стреле провеса (наивысшая температура воздуха, гололед) не должно быть меньше 6 метров для любой местности.

Измерения сопротивления заземления опор ВЛ производят 1 раз в 3 года.

На опорах ВЛ на напряжение до 1000 В должны быть обозначены номера опор и год их установки.

Эксплуатация ВЛ напряжением до 10 кВ. Осмотры ВЛ в дневное время производят 1 раз в месяц и обращают внимание на следующее:

- состояние стоек железобетонных опор и пасынков;
- чистоту трассы, наличие деревьев, угрожающих падением на линию, наличие посторонних предметов, строений и т.п.;
- производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Внеочередные осмотры производят также, как и для ВЛ до 1000 В после аварий, ураганов, во время ледоходов, при пожарах вблизи линий, гололеде, морозе ниже 40^0С. Кроме того, ВЛ осматривают после аварийного отключения релейной защитой, в том числе и при ее успешном повторном включении.

Опоры ВЛ 6-10 кВ должны иметь следующие постоянные знаки:

- порядковый номер и год их установки;
- номер линии или условное обозначение;
- предостерегающие плакаты на высоте 2,5-3м от земли - на всех опорах в населенной местности и на пересечениях с дорогами.

Подстанции напряжением 35 кВ с трансформаторами до 1600 кВа, а также распределительные устройства до 10 кВ защищают ограничителями перенапряжений типа ОПН на шинах и трубчатыми разрядниками на каждой ВЛ. Тросовыми молниеотводами подходы ВЛ к этим подстанциям не защищают. После каждой грозы проверяют состояние средств грозозащиты на подходах ВЛ к ОРУ подстанции.

Воздушные линии должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от грозовых перенапряжений, в населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой. Сопротивление таких заземляющих устройств должно быть не более 30 Ом и расстояние между ними не более 100-200 метров. Заземляющие устройства должны быть обязательно смонтированы на опорах с ответвлениями к вводам в здания, в которых может находиться большое число людей (школы, ясли, больницы) или которые представляют материальную ценность (помещения для скота и птиц, склады).

Ежегодно в период наибольшего просыхания измеряют сопротивления растеканию токов промышленной частоты заземлителей грозозащиты. По результатам измерений оценивают импульсные сопротивления заземляющих устройств.

Ремонт воздушных линий электропередач бывает текущий и

капитальный. При текущих ремонтах, основанием для которых являются осмотры, выполняют:

- верховые осмотры линий;
- проверку состояния установки опор;
- проверку стрел провеса проводов;
- перетягивание отдельных участков сети;
- ремонт опор и поддерживающих конструкций;
- расчистку просек;
- ревизию и ремонт разрядников и ограничителей перенапряжений.

При капитальных ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В производят:

- ревизию и ремонт фундаментов опор;
- плановую замену до 50% опор и их конструкций;
- ревизию и полную перетяжку линий;
- выправление опор;
- ремонт трещин и раковин в железобетонных опорах и приставках;
- испытания ВЛ в соответствии с ПТЭ и ПТБ.

Крен железобетонных опор на трассе можно устранять, не снимая напряжения с линии, если величина крена не превышает 20^0, а скорость ветра более 10 м/с. Выправку как вдоль, так и поперек линии производят путем создания тяжения по тяговому тросу в сторону, противоположную крену опоры.

Трещины в железобетонных опорах, пасынках и элементах конструкции промазывают битумом, а раковины и сколы заделывают или наращивают цементным раствором.

Контрольные вопросы

1. Определение, назначение и устройство основных элементов и частей воздушных линий электропередачи.
2. Какая информация и обозначения наносятся на опоры воздушных линий электропередачи?
3. Устройство воздушных линий электропередачи с СИП-проводами, конструкция проводов.
4. Основные положения эксплуатация воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В.
5. Основные положения эксплуатация воздушных линий электропередачи напряжением свыше 1000 В.
6. Содержание и сроки текущего и капитального ремонта воздушных линий электропередач.

Лекция №10. Монтаж воздушных линий до и выше 1000 В

Содержание лекции: устройство и основные параметры воздушных линий; технология монтажа воздушных линий техника безопасности при монтаже воздушных линий и при работах на высоте.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений монтажа воздушных линий электропередачи.

Устройство и основные параметры воздушных линий. Электрические сети, расположенные на открытых территориях вне зданий, часто выполняют воздушными линиями. За длину пролета ВЛ на местности принимают горизонтальное расстояние между центрами двух смежных опор. На ВЛ до 1 кВ длина пролетов от 30 до 50 м, а на ВЛ выше 1 кВ длина пролетов от 100 до 250 м.

Рисунок 10.1 - Параметры воздушных линий

Анкерным участком называют сумму длин пролетов между опорами анкерного типа. Под стрелой провиса проводов **f** при одинаковой высоте точек полвеса подразумевают вертикальное расстояние между линией, соединяющей точки подвеса, и низшей точкой провода. За габарит линии **H** принимают наименьшее расстояние по вертикали при наибольшем провисании проводов до уровня земли или пересекаемых сооружений (рисунок 10.1). Углом поворота трассы линии называют угол между направлениями линий в смежных пролетах. Под тяжением провода понимают усилие, направленное по оси провода. Механическое напряжение провода получают делением величины тяжения на величину площади поперечного сечения провода.

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

Угловые опоры устанавливают в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных условиях должны воспринимать тяжение проводов смежных пролетов.

Анкерные опоры устанавливают на пересечениях с различными

сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

Концевые опоры устанавливают в начале и конце ВЛ, также в местах кабельных вставок. Они являются опорами анкерного типа.

Ответвительные опоры устанавливают в местах ответвления от ВЛ.

Воздушные линии имеют следующие конструктивные элементы: провода, опоры, изоляторы, арматуру для крепления проводов на изоляторах и изоляторов на опорах. ВЛ бывают одноцепные и двухцепные. Под одной цепью понимают три провода одной трехфазной линии или два провода однофазной линии. Для ВЛ применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода. Опоры для ВЛ изготавливают из дерева и железобетона.

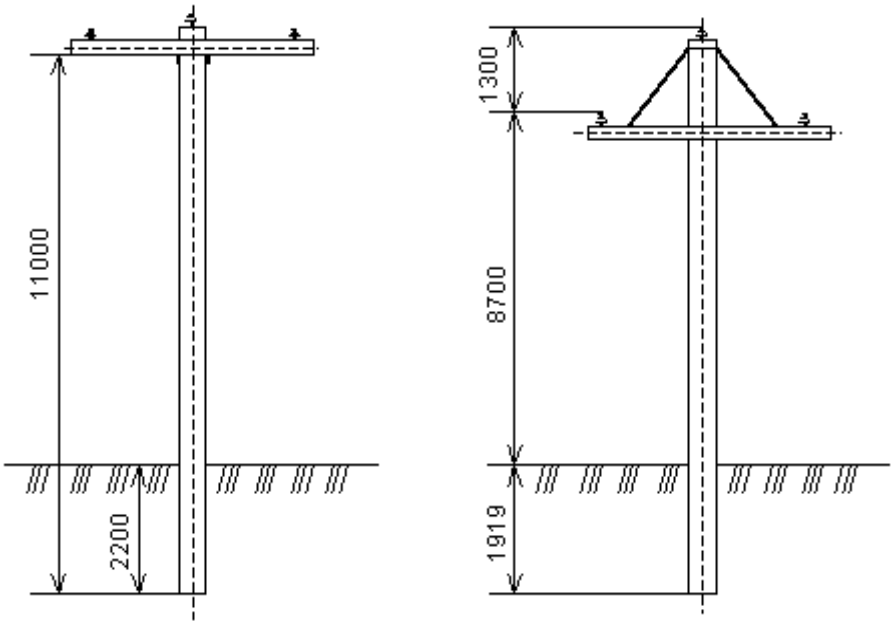


Рисунок 10.2 - Промежуточные опоры ВЛ-10 кВ.

Деревянные опоры просты в изготовлении, дешевы, но недолговечны. Железобетонные опоры дороже, но прочнее. Основные типы промежуточных опор представлены на рисунке 10.2.

Монтаж ВЛ напряжением до 1000 В. Ямы под опоры бурят с применением буровых машин. При невозможности применения буровых машин ямы копают вручную. Штангу бура при бурении размещают строго вертикально. Размеры заглубления опор определяют по таблице в зависимости от высоты опор, числа укрепленных на опоре проводов, вида грунта, а также способа производства земляных работ.

Траверсы угловых опор располагают по биссектрисе угла поворота линии. На опоры наносят порядковый номер и год установки, нумерация опор идет от источника питания. Траверсы, кронштейны и изоляторы устанавливают до подъема опоры. Изоляторы перед монтажем тщательно осматривают и отбраковывают, они не должны иметь трещин, сколов, поврежденной глазури. Чистка изоляторов металлическим предметом не

допускается. Штыревые изоляторы навертываются на крюки или штыри, обмотанные паклей. Оси штыревых изоляторов располагают вертикально.

Строительство ВЛ ведется поточным методом. Монтаж проводов разбивают на операции: раскатка, соединение, подъем на промежуточные опоры, натяжка проводов и крепление проводов на анкерных и промежуточных опорах. Раскатку проводов с барабанов производят тракторами или автомашинами и ведут от одной анкерной опоры до другой.

Монтаж ВЛ напряжением до 10 кВ. Разбивку котлованов под опоры проводят по схеме, на которой указываются разбивочные оси и размеры котлованов поверху и понизу с учетом применяемого фундамента и требуемой крутизны откосов. Разработку грунта в котловане производят механизированным способом.

Железобетонные опоры перед монтажем тщательно осматривают на наличие раковин и выбоин размером не более 10 мм по длине, ширине и глубине. При этом на 1 метр длины опоры не должно быть более двух раковин и выбоин. Раковины и выбоины необходимо заделывать цементным раствором. Основной способ установки одностоечных железобетонных опор – установка их в бурильные ямы с ненарушенной структурой грунта.

Для защиты ВЛ от грозовых перенапряжений подлежат заземлению: 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, как правило, из стержневых заземлителей.

В последние годы происходит массовая замена ВЛ с деревянными опорами и голыми неизолированными проводами на ВЛ с железобетонными опорами, поддерживающие так называемые самонесущие изолированные провода (СИП). Как правило, СИП для ВЛ напряжением до 1 кВ (условно называют ВЛИ) выполняются в виде жгута из четырех или пяти изолированных проводов. Для ВЛ на напряжение 10-35 кВ (условно называют ВЛЗ) применяются одножильные изолированные провода на каждую фазу, закрепленные на опоре посредством штырей и изоляторов.

На ВЛИ применяются СИП с неизолированной или изолированной несущей нулевой жилой. СИП представляет собой жгут, скрученный из изолированных фазных, жил, сделанных из антивандального алюминиевого сплава, и нулевой несущей жилы. Фазные жилы оснащены изоляцией, сделанной из светостабилизированного полиэтилена повышенного давления, окрашенного в черный цвет, который обладает устойчивостью к ультрафиолетовым излучениям. Все виды механических нагрузок и воздействий должны восприниматься несущей нулевой жилой. На ответвлениях к вводам в здания применяется СИП сечением не менее 16 мм^2, на магистральных линиях - не менее 35 мм^2 .

Крепление СИП, соединение их жил и ответвления от них следует выполнять с применением специальной арматуры: сцепной, поддерживающей, натяжной, соединительной и контактной.

Преимуществами ВЛЗ (на напряжение 6-10 кВ) являются.

1. Высокая надежность и бесперебойность электроснабжения потребителей (исключаются схлестывания проводов, случайные перекрытия, набросы и т.п.).

2. Повышенная надежность в зонах интенсивного гололедообразования (меньший вес и меньшая интенсивность налипания снега, инея, гололеда).

3. Уменьшение расстояний между проводами на опорах и в пролете, в том числе при их совместной подвеске на общих опорах.

4. Общее снижение электрических потерь в линиях электропередачи за счет уменьшения реактивного сопротивления.

5. Уменьшение просеки для ВЛЗ.

6.Снижение воровства и вандализма, так как СИП не пригоден для вторичной переработки с целью получения цветного металла.

7. Значительно снижается возможность пожаров.

8. Значительное сокращение эксплуатационных расходов за счет снижения объемов расчистки трасс и уменьшения повреждаемости ВЛЗ.

Контрольные вопросы

1. Определение, назначение и устройство основных элементов и частей воздушных линий электропередачи.

2. Какими параметрами характеризуются воздушные линии электропередачи, какими факторами определяются?

3. Какие преимущества воздушных линий электропередачи с СИП-проводами, конструкция проводов?

4. Основные работы при монтаже воздушных линий электропередачи напряжением до и выше 1000 В.

5. Основные виды и конструкции опор воздушных линий электропередачи, материалы опор.

6. Как осуществляется защита воздушных линий электропередачи от грозовых перенапряжений?

Лекция №11. Монтаж и эксплуатация осветительных установок

Содержание лекции: устройство и основные элементы осветительных электроустановок; виды электрического освещения, технология монтажа осветительных сетей, эксплуатация осветительных установок.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений монтажа и эксплуатации осветительных электроустановок.

Установки электрического освещения используют во всех производственных и бытовых помещениях, общественных, жилых и других зданиях, на улицах, площадях, дорогах, переездах и т.п.

Различают три вида электрического освещения.

1. Рабочее освещение – предназначается для нормальной деятельности во всех помещениях и на открытых участках при недостаточном естественном освещении. Оно должно обеспечивать нормируемую освещенность в помещении на рабочем месте.

2. Аварийное освещение – предназначается для создания условий безопасной эвакуации людей (эвакуационное освещение) при аварийном отключении рабочего освещения в помещениях или для продолжения работ (освещение безопасности) на участках, где работа не может быть прекращена по условиям технологии.

3. Охранное освещение – это освещение вдоль границ охраняемой территории и является составной частью рабочего освещения для создания зоны освещенности с обеих сторон ограждения.

По требованиям ПУЭ освещение классифицируют на системы:

- общее освещение в производственных помещениях может быть равномерным или локализованным (когда светильники размещают так, чтобы на основных рабочих местах создавалась повышенная освещенность);
- местная система обеспечивает освещение рабочих мест, предметов и поверхностей;
- комбинированной называют такую систему освещения, при которой к общему освещению помещения или пространства добавляют местное, создающее повышенную освещенность на рабочем месте.

Связующими элементами между источниками электроэнергии и светильниками осветительной электроустановки являются электропроводки, которые разделяют соответственно на питающую осветительную сеть, распределительную сеть и групповую сеть.

Электропроводки бывают открытые – проложенные по поверхностям стен, потолков и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.п. Здесь применяют прокладку непосредственно по поверхностям стен, потолков, на струнах, тросах, роликах, в трубах, коробах, гибких металлорукавах, на лотках, в кабельных каналах.

Скрытые электропроводки – проложенные внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах). Прокладка осуществляется в трубах, гибких металлорукавах, в замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой.

Наружные электропроводки – проложенные по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, на опорах.

Несущими элементами электропроводок являются струны, полосы, тросы, короба, лотки.

Следует отдельно выделить электропроводки, выполненные конструктивно в виде осветительного шинопровода с разными способами установки и закрепления в помещениях с нормальной средой.

Выбор вида электропроводки, способа прокладки зависят от характера окружающей среды, марки проводов и кабелей, условиями электрической и пожарной безопасности, удобством обслуживания и технико-экономическими соображениями.

Требования при монтаже осветительных сетей. Осветительные сети должны монтироваться в соответствии с требованиями к электропроводкам, кабельным и воздушным линиям.

В производственных и общественных зданиях светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности должны получать электроэнергию от независимых источников (по самостоятельным линиям).

Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением, а также в жилых и общественных зданиях должны иметь сеть электроснабжения, не связанную с сетью рабочего освещения. Это разделение начинается от щита подстанции или распределительного пункта освещения, а если имеется только один ввод, то начиная от вводного распределительного устройства.

В производственных помещениях без естественного освещения питание светильников и световых указателей эвакуационного освещения нужно выполнять, как и для светильников освещения безопасности.

В таких же помещениях, где могут одновременно находиться более 20 человек, независимо от наличия освещения безопасности, должно быть эвакуационное освещение по основным проходам и световые указатели «Выход», автоматически переключаемые при прекращении их электроснабжения на независимый внешний или местный источник (аккумулятор и т.п.).

Не допускается в производственных помещениях без естественного освещения следующее:

- использование сетей электроснабжения силовых электроприемников для электропитания освещения безопасности и эвакуационного освещения;
- применение общих групповых щитков и аппаратов управления для рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения; допускается устанавливать один общий аппарат управления и защиты для нескольких линий одного вида.

В начале каждой групповой линии должны быть смонтированы аппараты защиты на всех фазных проводниках, за исключением установки их в нулевых защитных проводниках.

При защите трехфазных осветительных питающих и групповых линий однополюсными автоматическими выключателями при любых источниках света сечение нулевых рабочих проводников следует принимать равным сечению фазных проводников.

Аппараты защиты в питающей осветительной сети следует устанавливать на вводах в здания. При использовании осветительных шинопроводов в качестве линий питающей осветительной сети вместо групповых щитков могут применяться присоединяемые к шинопроводу отдельные аппараты защиты и управления для питания групп светильников.

Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

Напряжения для питания светильников местного стационарного освещения должны быть следующими:

- не выше 220 В – в помещениях без повышенной опасности;
- не выше 50 В – в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных;

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается напряжение не выше 220 В с наличием защитного отключения (УЗО) линии при токе утечки до 30 мА или обеспечении электропитания каждого светильника через разделяющий трансформатор.

Напряжение для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно быть не выше 50 В и обязательно от разделяющих трансформаторов.

Для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В в условиях, когда опасность поражения током увеличивается стесненными условиями, неудобным положением при работе, соприкосновением с заземленными конструкциями большой массы (работа в котлах, металлических емкостях и т.п.), а также в наружных установках.

Электроустановочные изделия – это в основном выключатели, переключатели и штепсельные розетки на номинальный ток до 16 А и напряжение до 250 В, а также штепсельные соединения на номинальный ток до 63 А и номинальное напряжение до 380 В [5].

При скрытой электропроводке электроустановочные изделия подлежат закреплению в коробки, специальные кожухи, устанавливаемые в отверстиях панелей, изготавливаемых на заводах стройиндустрии.

Если переносные электроприемники содержат части, подлежащие защитному заземлению, то штепсельные розетки для их присоединения должны быть снабжены защитным контактом для подключения защитного PE проводника. Конструкция вилок штепсельных соединителей должна исключать включение этих вилок в гнезда с более высоким напряжений, чем напряжение для этих вилок, а также исключать включение одного полюса двухполюсной вилки и одного или двух полюсов трехполюсной вилки.

Выключатели и переключатели переносных электроприемников, как правило, устанавливают на самих электроприемниках или в неподвижной

электропроводке. На незакрепленных проводах допускается устанавливать только выключатели, специально предназначенные для этой цели.

Высота установки штепсельных розеток составляет:

- на высоте 0,8 – 1 м в производственных помещениях;
- не выше 1 м в административных, медицинских, жилых, лабораторных и других помещениях;
- на высоте 1,8 м в школах, детских яслях и садах (в помещениях для пребывания детей);
- на высоте менее 0,3 м от пола для надплинтусных розеток с защитными элементами, закрывающими гнезда при вынутых вилках.

При открытой электропроводке выключатели и розетки крепятся к подрозетникам – подкладкам из толстой фанеры, вырезанным по форме корпуса выключателя или розетки. Подрозетник крепится на шурупах к деревянным пробкам, вбитым в отверстия, проделанные в стене с помощью специальных пробойников или просверленные с помощью дрели. Вместо деревянных пробок применяются дюбели для крепления шурупов, вставляемые в отверстия. К бетонным поверхностям подрозетники могут крепиться гвоздями-дюбелями с помощью монтажного пистолета.

При скрытой установке выключателей и штепсельных розеток предварительно замоноличивают в строительные конструкции специальные пластмассовые стаканы и кольца. Закладной стакан представляет собой полый полипропиленовый цилиндр, состоящий из двух половинок переменного диаметра. Выпускаемые заводами стаканы имеют различную длину, что дает возможность устанавливать их в железобетонных и гипсолитовых панелях разной толщины. Выключатели и штепсельные розетки крепят распорными планками к кольцевым выступам в закладных стаканах. Гнезда штепсельных
розеток необходимо располагать по горизонтали.

Выключатели с рычажными и клавишными рукоятками устанавливают так, чтобы при включении рукоятка двигалась вверх (нажатие верхней части клавиши). Выключатели общего освещения и штепсельные розетки устанавливают у входа в помещение так, чтобы они не загораживались открывающейся дверью. Выключатели и штепсельные розетки для санузлов устанавливают вне этих помещений.

Светильники в осветительных электросетях должны быть установлены так, чтобы они были доступны для обслуживания с использованием при необходимости лестниц, предохранительных поясов и др. Если светильники будут обслуживаться с помощью стремянок и приставных лестниц, то они должны монтироваться на высоте не более 5 м над уровнем пола до низа светильника. Не допускается установка светильников над крупногабаритным оборудованием, над приямками и в других местах, где нет возможности установки лестниц.

Свесы для подвесных светильников общего освещения должны быть длиной не более 1,5 м. При большей их длине, а также во взрывоопасных зонах должны приниматься меры по устранению раскачивания светильников.

Ввод проводов в светильники осуществляется таким образом, чтобы в месте ввода они не подвергались механическим повреждениям. Для этого могут применяться гибкие изоляционные трубки. Не допускается соединение проводов внутри кронштейнов, подвесов или труб, при помощи которых устанавливается осветительная арматура. Винтовые токоведущие гильзы патронов светильников должны присоединяться только к нулевому рабочему проводнику.

Перед началом монтажа светильники проверяют на комплектность, определяют и маркируют фазные и нулевые провода, производят зарядку и перезарядку светильников и комплектуют световые линии.

При строительстве зданий, в особенности крупнопанельных, в них предусматривают все отверстия, ниши и закладные части для установки осветительного оборудования и прокладки осветительных сетей.

Операции по монтажу светильников состоят из установки деталей крепления, подвески и крепления светильников, присоединения к электросети и сети заземления. Светильники, их рассеиватели и защитные сетки надежно закрепляются.

Если масса светильника не превышает 10 кг, его подвешивают на крюках, на шпильку или посредством блока подвески. К металлическим и железобетонным фермам, а также к ограждениям технологических площадок светильники крепят с помощью подвесов различной длины или трубчатыми кронштейнами. При креплении на тросе светильники устанавливают на тросовых подвесках (рисунок 11.1).

На шинопроводах ШОС светильники крепят хомутом или устанавливают на кронштейнах. При установке на шинопроводах ШРА, прокладываемых по одной трассе с ШОС, светильники крепят на боковых поверхностях ШРА
симметрично по обе стороны с помощью специальных кронштейнов.

Металлические корпуса светильников заземляют отдельными ответвлениями от нулевого провода электропроводки, концы которого присоединяют к корпусам светильников заземляющими винтами.

При монтаже осветительного оборудования выполняют следующие основные требования: светильники в ряду и по высоте выравнивают так, чтобы отклонения их не были заметны на глаз; установочные изделия закрепляют по центру розеток, ниш, выверяют строго по вертикали и горизонтали положение их рукояток, кнопок и штепсельных гнезд.

Эксплуатация осветительных электроустановок. При обслуживании осветительных электроустановок допускается, что в нормальном режиме в сетях электрического освещения напряжение не должно снижаться более чем на 2,5% и повышаться более 5% от номинального напряжения сети.

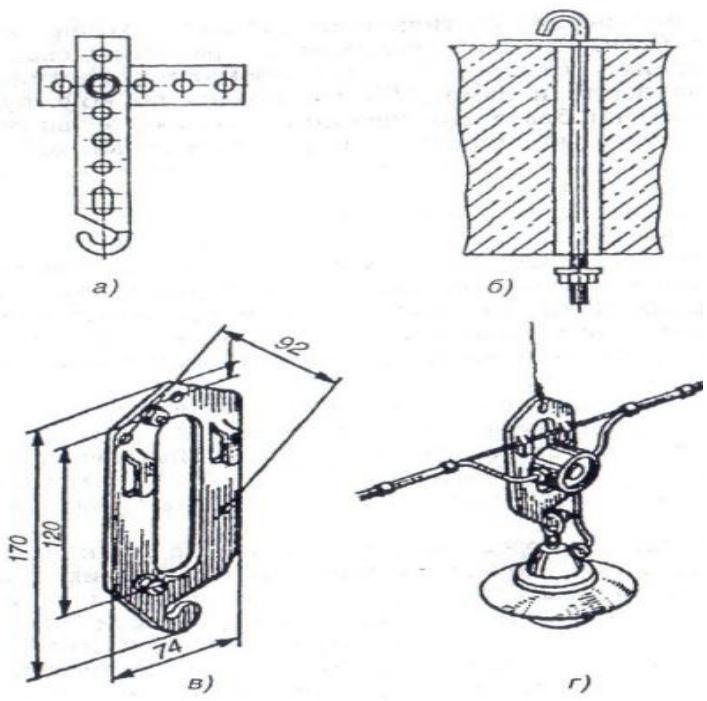


Рисунок 11.1 – Конструктивные элементы для установки светильников

Для отдельных наиболее удаленных светильников аварийного и наружного освещения допускается, в виде исключения, снижение напряжения на 5%.

Осмотры, как одно из первых мероприятий системы эксплуатации осветительных электроустановок, производятся с установленной на предприятии периодичностью. Она зависит от характера помещений и производственных процессов и обычно составляет от двух до шести месяцев. Во время осмотров проверяют состояние электропроводки, щитков, светильников, выключателей, штепсельных розеток, надежность имеющихся контактов и прочих элементов.

Обслуживание светильников производят с помощью напольных устройств и приспособлений, обеспечивающих безопасность работающих: лестниц – при высоте подвеса светильников до 5 м; стационарных и прицепных мостиков, буксируемых грузоподъемными кранами – более 5 м.

В цехах промышленных предприятий существуют два способа смены ламп – индивидуальный и групповой. При индивидуальном способе лампы заменяются по мере их выхода из строя, при групповом способе их заменяют группами (после того, как они отслужили положенное количество часов). Второй способ экономически выгодней, поскольку может быть совмещен с очисткой светильников, но связан с большим расходом источников света. Не допускается замена ламп с большей мощностью относительно допустимой во избежание перегрева и выхода из строя изоляции, и светильников.

По мере загрязнения и по результатам осмотров осветительной сети очищают от пыли и копоти все элементы светильников: источники света, отражатели, рассеиватели и наружные поверхности арматур. Очистку проемов естественного света (окон) производят по мере их загрязнения, но обязательно к предстоящему зимнему периоду.

В цехах промышленных предприятий с высоко расположенной осветительной аппаратурой, а также в сетях наружного освещения обслуживание и чистку светильников производят с телескопических вышек, кранов, мостиков и других механизмов. При этом бригада обслуживающего персонала должна состоять из двух (или более) человек, имеющих допуск к верхолазным работам. При работе должны строго соблюдаться меры предосторожности от попадания под напряжение, от падения с высоты, от случайного пуска крана. Следует четко знать, что в случае произошедшего несчастного случая на высоте с потерей сознания пострадавшего, время на подготовку к оказанию первой медицинской помощи (искусственное дыхание, массаж сердца) составляет не более 5 минут.

Рабочее освещение включают и отключают в производственных помещениях по графику, в котором предусматривают включение в то время, когда естественное освещение недостаточно для производства работ. На современных предприятиях операции включения-отключения освещения выполняются автоматически.

В процессе эксплуатации осветительные электроустановки подлежат испытаниям и ряду проверок. Сопротивление изоляции сети рабочего и аварийного освещения проверяют согласно ПУЭ и местным инструкциям.

Исправность системы аварийного освещения проверяют, отключая рабочее освещение, обычно один раз в три месяца. Освещенность в помещениях и на основных рабочих местах замеряют люксметром, полученные значения должны соответствовать проектным.

Результаты осмотров, проверок и различных испытаний оформляют актами, которые рассматривают и утверждают в установленном на предприятии порядке.

Дефектные ртутные и люминесцентные лампы, содержащие ядовитые весьма опасные пары ртути, собирают с соблюдением мер предосторожности и сдают в установленном порядке.

Контрольные вопросы

1. Виды и системы электрического освещения.
2. Виды осветительных электросетей и электропроводок.
3. Требования при монтаже осветительных электросетей.
4. Основные работы при монтаже осветительных электросетей.
5. Основные работы при эксплуатации осветительных электросетей.
6. Как монтируются электроустановочные изделия?

Лекция №12. Организация ремонта электрооборудования на промышленных предприятиях

Содержание лекции: система планово-предупредительного обслуживания, виды ремонтов, подготовительные мероприятия, ремонт силовых трансформаторов, ремонт кабельных линий.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений ремонта электрооборудования на промышленных предприятиях

.

Важнейшим условием правильной эксплуатации является своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов (ППР) и периодических профилактических испытаний электрооборудования и электросетей. Сущность системы ППР заключается в том, что помимо повседневного ухода электроустановки подвергают через определенные промежутки времени плановым профилактическим осмотрам, проверкам, испытаниям и различным видам ремонта.

Систематические осмотры производятся для контроля за правильной эксплуатацией электрооборудования и электросетей (недопущение перегрузок, нештатных режимов и т.п.) и выявления появляющихся дефектов. Все замечания записываются в специальный журнал и подлежат устранению.

Помимо осмотров эксплуатируемое электрооборудование подвергают профилактическим испытаниям для предупреждения внезапных отказов, выявления дефектов и неисправностей, обнаружить которые внешним осмотром не удается (ухудшение состояния электрической изоляции, контактных соединений и т.п.). Как результат систематические осмотры и профилактические испытания электрооборудования обеспечивают своевременный вывод его в ремонт, увеличивая тем самым срок службы и снижение затрат на ремонт.

Завершающим мероприятием в системе ППР является проведение предварительного ремонта эксплуатируемого электрооборудования до того, как его остановка для ремонта становится вынужденной из-за выхода из строя. Это приводит к тому, что внезапные простои производственного оборудования по причине дефектов и неисправностей электрической части практически отпадают.

Ремонт электрооборудования промышленных предприятий бывает обычно двух видов – текущий и капитальный. При текущем ремонте производят работы, не связанные с полной разборкой изделия и необходимостью транспортировки его в ремонтное подразделение. Выполняют, как правило, чистку оборудования, замену изношенных деталей и узлов, сопрягаемых элементов и т.п.

Наиболее крупным ремонтом является капитальный. Этот вид ремонта является обязательным после того, как данное оборудование отработало срок, указанный заводом-изготовителем.

При капитальном ремонте производят полную разборку электрооборудования, заменяют все изношенные детали. При этом возможна модернизация отдельных элементов и узлов с целью повышения технико-экономических показателей электрооборудования.

Перед вводом в капитальный ремонт каждого агрегата выполняют следующие подготовительные мероприятия:

- составляют ведомость объема работ и смету;
- разрабатывают график производства ремонтных работ;
- подготавливают согласно ведомостям объемов работ необходимые материалы и запасные части;
- разрабатывают и утверждают техническую документацию на модернизацию, определенную к выполнению при капитальном ремонте;
- приводят в исправное состояние инструмент, приспособления, такелажное оборудование и подъемно-транспортные механизмы.

Данные о выполненных ремонтных работах заносят в ремонтный журнал и в паспорт отремонтированного электрооборудования. Вновь вводимое после ремонта оборудование испытывают в соответствии с объемом и нормами испытаний электрооборудования.

Для нормальной эксплуатации электроустановок и своевременного производства ремонтных работ на каждом предприятии должен создаваться складской резерв оборудования, аппаратуры, комплектующих изделий и запасных частей. Это резко сокращает время простоя электрооборудования в плановом или в неплановом ремонте.

Ремонт силовых трансформаторов. При текущем ремонте трансформаторов производят наружный осмотр трансформатора и всей арматуры: спуск грязи из расширителя; доливку масла; проверку маслоуказательных устройств, спускного крана и уплотнений, пробивных предохранителей у трансформаторов с незаземленным нулем с низкой стороны, рабочего и защитного заземления, сопротивления изоляции обмоток, испытание трансформаторного масла, проверку газовой защиты.

При капитальном ремонте трансформаторов производят вскрытие трансформатора; подъем и осмотр сердечника; ремонт выемной части (магнитопровода, обмоток, переключателей, отводов); ремонт крышки трансформатора, расширителя, кранов, изоляторов, охлаждающих и маслоочистительных устройств; чистку и окраску кожуха; проверку контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств; очистку или замену масла; сушку изоляции; сборку трансформатора, проведение необходимых измерений и испытаний трансформатора.

Осмотр и дефектацию трансформатора производят в полном объеме в соответствие с технической и технологической документацией и с выполнением необходимых замеров и испытаний.

Во время осмотров трансформаторов необходимо прислушиваться к их работе. По изменению характера гудения, появлению дребезжания, потрескиванию внутри бака определяют наличие в нем неисправностей.

Проверяют уровень и цвет масла в расширителе и в маслонаполненных изоляторах, отсутствие течи масла во всех уплотнениях, состояние ошиновки и подводящих кабелей, состояние заземления.

Также проверяют состояние строительной части: отсутствие течи в крыше, исправность освещения, вентиляции, противопожарных средств, состояние фундаментов и маслосборных ям.

Кроме периодических осмотров проводят внеочередные осмотры после каждого отключения газовой или дифференциальной защитой, а также при резком изменении температуры наружного воздуха.

Результаты осмотра и дефектации заносят в специальную ведомость дефектов.

Последовательность операций разборки, ремонта узлов и систем, а также сборки силового трансформатора выполняются на основе и в строгом соответствии с технологической документацией.

Активную часть трансформатора осматривают и ремонтируют в условиях надежной защиты от дождя и загрязнений, и вне масла она должна находиться минимальное время.

После устранения всех обнаруженных дефектов активную часть трансформатора опускают в бак и производят сборку. Под крышку трансформатора подкладывают новую прокладку из маслостойкой резины, крышку крепят болтами к баку и выполняют сборку расширителя, выхлопной трубы, переключателя и других деталей.

Трансформатор, прошедший капитальный ремонт с полной или частичной сменой обмоток или изоляции, подлежит обязательной сушке независимо от результатов измерений.

Сушку трансформаторов производят после выполнения всех ремонтных операций и сборки трансформатора. Существует много способов сушки: методом индукционных потерь в стали бака, в специальном шкафу, инфракрасными лучами, воздуходувкой, под вакуумом и др. Выбор способа сушки определяется конструкцией трансформатора и возможностями ремонтного предприятия.

На ремонтных предприятиях в большинстве случаев применяют сушку методом индукционных потерь в стали бака. Сущность метода заключается в том, что при прохождении переменного тока по временной намагничивающей обмотке, наложенной на бак, образуется сильное магнитное поле, которое, замыкаясь через сталь бака, нагревает его. При этом нагреваются все металлические части внутри бака, обеспечивая испарение влаги из изоляции обмоток и магнитопровода.

Во время сушки трансформатора измеряют сопротивление обмоток. Сушка считается законченной, если в течение 6-8 часов сопротивление изоляции обмоток трансформатора будет постоянным при неизменной температуре.

Когда трансформатор остынет до температуры окружающего воздуха, из бака вынимают активную часть для осмотра, расклиновки и затяжки

креплений, затем вновь опускают в бак, закрепляют крышку и заливают трансформаторным маслом.

Завершают операции ремонта трансформаторов необходимые испытания и измерения, которые выполняются согласно ПТЭ, инструкций завода-изготовителя и местных инструкций.

Ремонт кабельных линий. При эксплуатации кабельных линий возможны повреждения в кабелях, соединительных муфтах и заделках. Повреждения носят характер электрического пробоя.

При текущем ремонте КЛ выполняют следующие работы:

- осмотр и чистку кабельных каналов, туннелей, трасс открыто проложенных кабелей, концевых воронок, соединительных муфт, восстановление утраченной маркировки, определение температуры нагрева кабеля и контроль за коррозией кабельных оболочек;
- проверку заземления и устранение обнаруженных дефектов, проверку доступа к кабельным колодцам и исправности крышек колодцев и их запоров;
- перекладку отдельных участков кабельной сети, испытание повышенным напряжением (для кабелей выше 1 кВ или проверка мегаомметром для кабелей ниже 1 кВ), ремонт кабельных каналов.

При капитальном ремонте КЛ выполняют:

- частичную или полную замену участков кабельной сети, окраску кабельных конструкций, переразделку отдельных концевых воронок (разделок), кабельных соединительных муфт;
- замену опознавательных знаков, устройство дополнительной механической защиты в местах возможных повреждений КЛ.

Замена кабелей в блоках производится, как правило, путем использования резервных отверстий блочной канализации. Осмотр колодца производят два монтера под наблюдением руководителя работ. При этом один электромонтер в монтерском поясе с привязанной к нему веревкой опускается в колодец, а второй электромонтер, у которого находится конец веревки на случай оказания помощи первому, остается снаружи у открытого люка колодца.

Во избежание взрыва при проведении работ в колодцах запрещается курить, зажигать спички и пользоваться открытым огнем. Светильники местного освещения можно применять на напряжение не выше 12 В.

Протяжку кабеля производят со скоростью не более 1 км/час и по возможности без остановок, чтобы избежать больших усилий тяжения при трогании кабеля с места. После окончания протяжки кабель укладывают на опорные конструкции, его концы герметизируют. Соединительные муфты в колодце после их монтажа помещают в разъемный защитный кожух.

Замена кабелей в кабельных помещениях допускается только кабелями без наружного сгораемого покрова, а также кабелями с несгораемой оболочкой. Небронированные кабели с полиэтиленовой оболочкой по условиям пожарной безопасности прокладывать в помещениях нельзя.

Замена кабелей в производственных помещениях допускается только кабелями без сгораемого наружного покрова и небронированными кабелями с несгораемой оболочкой. В помещениях с агрессивной средой применяют кабели с поливинилхлоридной и другими оболочками, стойкими против воздействия агрессивной среды.

В коробах кабели и провода прокладывают многослойно с произвольным взаимным расположением. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.

Контрольные вопросы

1. Какая система ремонтов электрооборудования принята на действующих электроустановках?
2. Как устанавливают объемы и сроки текущих и капитальных ремонтов электрооборудования?
3. Какие подготовительные работы производятся при выводе электрооборудования в ремонт?
4. Какие работы и мероприятия выполняют при капитальном ремонте трансформаторов?
5. Какие методы сушки изоляции силовых трансформаторов находят наибольшее распространение?
6. Какие работы и мероприятия выполняют при капитальном ремонте кабельных линий?

Лекция №13. Эксплуатация цеховых электрических сетей до 1000В

Содержание лекции: организация эксплуатации электроустановок промышленных предприятий, структура управления электрохозяйством на предприятиях, организационные и технические положения по эксплуатации электрохозяйства предприятий, мероприятия по экономии электроэнергии.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений эксплуатации цеховых электрических сетей.

Эксплуатация электроустановок – это система организационных и технических мероприятий по такому обслуживанию электросетей и электрооборудования, при котором поддерживается надлежащее качество электроэнергии. Также осуществляются предупредительные меры по недопущению повреждений и выхода из строя электрооборудования, обеспечению требований по охране труда при минимальном расходе электроэнергии и материалов.

Эксплуатация включает в себя техническое обслуживание, ремонт, использование и хранение электрооборудования и электротехнических

материалов. Техническое обслуживание заключается в выполнении мероприятий, осуществляемых в межремонтный период и направленных на поддержание надежности и высокой работоспособности электроустановок.

Структурой управления эксплуатацией электроустановок называют совокупность взаимосвязанных органов управления, обеспечивающих нормальное функционирование всех элементов системы электроснабжения предприятия как одного из звеньев общей производственной системы.

Структура управления электрохозяйством на каждом предприятии определяется конкретными условиями:

- количеством и размерами отдельных цехов и установленного в них электрооборудования;
- территориальным расположением цехов;
- характером электросилового оборудования и др.

Организационные и технические положения по эксплуатации электрохозяйства предприятий изложены в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), которые обязательны для всех отраслей промышленности. Применительно к конкретным условиям каждого предприятия разрабатываются и утверждаются местные (ведомственные) инструкции, базирующиеся на межотраслевых положениях и правилах безопасности при эксплуатации электроустановок. В основные обязанности электротехнического персонала предприятий входит эксплуатация электросетей и электрооборудования напряжением до 10 кВ от границы разделения эксплуатационной ответственности между энергоснабжающим предприятием и предприятием-потребителем электроэнергии.

На каждом предприятии, в соответствии с установленными должностными положениями, назначают лицо, ответственное за состояние эксплуатации всего электрохозяйства и за соблюдение ПТЭ. Находит распространение практика обслуживания электроустановок путем передачи их эксплуатации по договору специализированной эксплуатационной организации. Без наличия на предприятии соответствующего электротехнического персонала эксплуатация электроустановок запрещается.

Структура организации эксплуатации электроустановок на предприятии обеспечивает следующее:

- организацию обучения, инструктирование и периодическую проверку знаний подчиненного персонала, обслуживающего электроустановки;
- надежную, экономичную и безопасную работу электроустановок;
- разработку и внедрение мероприятий по экономии электроэнергии;
- внедрение новой техники в электрохозяйство;
- организацию и проведение планово-предупредительных ремонтов и профилактических испытаний электрооборудования, сетей и аппаратов;
- наблюдение за графиком нагрузки предприятия и принятие мер по поддержанию режима, установленного энергосистемой;

- организацию учета электроэнергии и ведение установленной на предприятии отчетности;

- наличие и своевременную проверку защитных средств и противопожарного инвентаря;

- выполнение предписаний надзорных органов в установленные сроки;

- своевременную организацию расследования аварий и браков в работе электроустановок и электрооборудования.

Мероприятия по экономии электроэнергии. Потери электроэнергии на промышленных предприятиях происходят в элементах системы электроснабжения, в электроприемниках, а также в технологических аппаратах и установках (как неэлектрические потери). Основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии собственно в электроустановках и их возможные значения в процентах представлены в таблице 13.1.

Таблица 13.1 - Мероприятия по снижению потерь электроэнергии

Технологические операции	Экономия, %
Внедрение скоростных металлорежущих станков	25 – 30
Штамповка вместо обработки на металлорежущих станках	до 50
При литье предварительный подогрев шихты	15 – 20
Плавка в современных (модернизированных) печах	15 – 20
Улучшение тепловой изоляции плавильных печей	до 25
Автоматизация управления режимами плавки	15 – 20
Применение индукционного нагрева при закалке деталей	в 2 – 3 раза
Замена пневмоинструмента на электроинструмент	7 – 10
Замена сжатого воздуха на вентиляторное дутье	в 1,5 раза
Применение многоскоростных электродвигателей	20 – 30
Блокировка индивидуальных вытяжных систем	до 25
Регулировка вытяжной вентиляции на рабочих местах	10 - 20
Своевременное выключение источников света	10 – 20
Своевременная чистка светильников	10 – 30
Замена электродвигателей с нагрузкой менее 45%	5 - 15
Замена ручной сварки на автоматизированную	в 2 раза
Устранение холостого хода сварочных агрегатов	10 – 20

Эксплуатация электроустановок промышленных предприятий. К промышленным предприятиям относят комбинаты, заводы, фабрики, шахты, карьеры, производственные и ремонтные базы, предприятия железнодорожного, водного, воздушного и городского транспорта и др. Действующими считаются электроустановки, которые получают электроэнергию и находятся полностью или частично под напряжением, либо на которые в любой момент может быть подано напряжение.

Силовые трансформаторы напряжением 110/10 кВ, 35/10кВ, мощностью 6,3 мВА и более являются наиболее распространенными для

установки на главных понизительных подстанциях (ГПП) промышленных предприятий. Обслуживание этих трансформаторов определяется во многом присутствием постоянного дежурного персонала или без него.

Под маслонаполненными трансформаторами необходимо всегда иметь маслоприемное устройство, заполненное слоем крупного чистого гравия или щебня, уложенного на дно устройства. Для быстрой ликвидации могущих возникнуть пожаров размещают ящики с песком, предусматривают противопожарный инструмент и огнетушители, которые всегда должны находиться в исправном состоянии.

За режимом работы трансформатора наблюдают по измерительным приборам, обычно контролируют нагрузку и напряжение на сторонах высшего и низшего напряжения.

При осмотрах трансформаторов проверяют показания приборов; состояние защитных кожухов; отсутствие течи масла; наличие масла в маслонаполненных вводах; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке; состояние изоляторов; маслоохлаждающих и маслосборных устройств; ошиновки и кабелей; отсутствие нагрева контактных соединений; состояние заземляющего устройства и т.п.

Внеочередные осмотры производят при резком изменении температуры наружного воздуха и при каждом отключении трансформатора от действия токовой или дифференциальной защиты.

Трансформатор выводят из работы при обнаружении:

- потрескивания внутри корпуса и значительного неравномерного шума, гудения, дребезжания;
- ненормального и постоянно возрастающего нагрева при нормальной нагрузке и охлаждении;
- выброса масла из расширителя (дополнительной емкости) или разрыва диафрагмы в выхлопной трубе;
- течи масла с понижением уровня его ниже уровня масломерного стекла;
- при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

Температура верхних слоев масла при номинальной нагрузке трансформатора и максимальной температуре наружного воздуха (30°С) не должна превышать:

- 70°С в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воды;
- 75°С в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и обязательно воздуха;
- 95°С в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воздуха или принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла.

На главных понизительных подстанциях многих предприятий в настоящее время широко используются силовые трансформаторы с

расщепленной обмоткой низшего напряжения. Мощность каждой обмотки допускает нагрузку не более 62% от номинальной мощности трансформатора.

Отключенный релейной защитой трансформатор разрешается включать только после его осмотра, проверки газа из газового реле и устранения неисправностей. В случаях ложного срабатывания газовой или дифференциальной защит допускается одно повторное включение трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения и нормальной работы всех систем охлаждения.

Газовая защита может срабатывать ложно по следующим причинам:

- сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, а также сквозных токов короткого замыкания;
- ненормальной вибрации при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;
- в результате несвоевременной доливки масла и снижения его уровня.

О характере повреждения внутри трансформатора можно предварительно судить по цвету выделяющегося в реле газа. Желтый цвет газов свидетельствует о повреждении дерева, беловато-серый – бумаги, а черный – масла. Для проверки горючести газов зажигают спичку и подносят ее к чуть приоткрытому верхнему крану реле. Горючесть газов свидетельствует о внутреннем повреждении трансформатора.

Анализ масла и работа газовой защиты позволяют определить внутренние повреждения трансформатора, которые развиваются медленно, например, наличие плохого контакта в переключателе ответвлений, пожар в стали. По изменению показателей трансформаторного масла можно судить о причинах нарушений работы электрических маслонаполненных аппаратов и своевременно принять меры, предотвращающие аварию.

Свежее трансформаторное масло, залитое в электроаппарат, должно иметь светло-желтый цвет. В процессе эксплуатации цвет масла темнеет под влиянием нагрева, загрязнений и образующихся при окислении масла осадков смолы. Цвет масла не является показателем брака и действующими инструкциями не нормируется, но служит для предварительной оценки качества масла при обслуживании маслонаполненного электрооборудования.

Следует отметить, что многие мероприятия при эксплуатации силовых трансформаторов связаны с осмотром, проверками, испытаниями, работой газовой защиты и заменой трансформаторного масла. Выполнение этих мероприятий является весьма ответственной работой, которая производится в строгом соответствии с индивидуальными инструкциями практически на каждый силовой трансформатор.

У масляных трансформаторов, снабженных термосифонными фильтрами, во время эксплуатации контролируют нормальную циркуляцию масла через фильтр по нагреву верхней части его кожуха. Если в пробе масла обнаруживают загрязненность, фильтр перезаряжают. Для этого фильтр

разбирают, очищают внутреннюю поверхность от грязи, шлама и промывают чистым сухим маслом. При необходимости заменяют сорбент (осушитель), который поглощает влагу из масла, проходящего через фильтр.

Контроль за осушителем сводится к наблюдению за состоянием индикаторного силикагеля. Если большая часть его окрашивается в розовый цвет, силикагель и осушитель заменяют. Возможно восстановление свойств осушителя путем его нагрева при температуре 450 – 500°С в течение двух часов, а силикагеля – при 120°С до достижения исходного цвета.

Обслуживание системы регулировки напряжения трансформатора под напряжения (РПН) заключается в удалении шлама и оксидной пленки с контактов переключателя ступеней. Рекомендуется производить это не реже одного раза в год прокручиванием переключателя 15 – 20 раз по часовой и против часовой стрелки.

Обслуживание КТП, заключающееся в регулярном наблюдении и уходе, направлено в основном на силовые трансформаторы и распределительные шкафы высокого и низкого напряжения, содержащие коммутационную аппаратуру.

Периодичность осмотров КТП устанавливается в зависимости от условий работы подстанции, интенсивности функционирования коммутационной аппаратуры, температуры окружающей среды, запыленности и т.п. Осмотр КТП производится при полностью снятом напряжении на вводах и отходящих линиях.

При осмотрах проводят чистку от пыли и грязи всех устройств подстанции, проверяют болтовые, сварочные и другие соединения, при необходимости зачищают и восстанавливают антикоррозионные покрытия на металлических поверхностях.

Заводы-изготовители несут ответственность за нормальную работу КТП, как правило, в течение 12 – 24 месяцев со дня ввода их в эксплуатацию при условии соблюдения правил транспортировки, хранения и эксплуатации.

Токи нагрузок в нормальных режимах не должны превышать значений, указанных в заводских инструкциях. При аварийных режимах допускается временная перегрузка трансформаторов согласно соответствующим инструкциям на предприятии, при этом отходящие от КТП линии должны быть защищены автоматами с комбинированными расцепителями.

Контрольные вопросы

1. Содержание основных понятий и положений эксплуатации цеховых электрических сетей.
2. Какие конкретные условия определяют структуру управления электрохозяйством на каждом предприятии?
3. Содержание и источники организационных и технических положений по эксплуатации электрохозяйства предприятий.

4. Какие мероприятия по снижению потерь электроэнергии рекомендуются для предприятий?

5. Что обеспечивает структура организации эксплуатации электроустановок на предприятии?

6. Какие работы и мероприятия выполняют при эксплуатации цеховых кабельных линий?

Лекция №14. Защита электросетей 6-35 кВ от перенапряжений и однофазных замыканий на землю

Содержание лекции: основные проблемы в распределительных электросетях, виды и значения перенапряжений, системы защиты электросетей от перенапряжений и замыканий на землю, основы и алгоритмы релейных защит от замыканий на землю.

Цели лекции: изучение основных понятий и положений защиты электросетей 6-35 кВ от перенапряжений и однофазных замыканий на землю.

Важнейшим элементом в системах электроснабжения промышленных предприятий и городов являются распределительные электросети напряжением 6-35 кВ, работающие в подавляющем большинстве случаев с изолированной нейтралью. Также применяют иные режимы нейтрали, кроме глухого заземления, что должно обеспечивать более устойчивое функционирование электросетей и повышение надежности электроснабжения потребителей (рисунок 14.1).

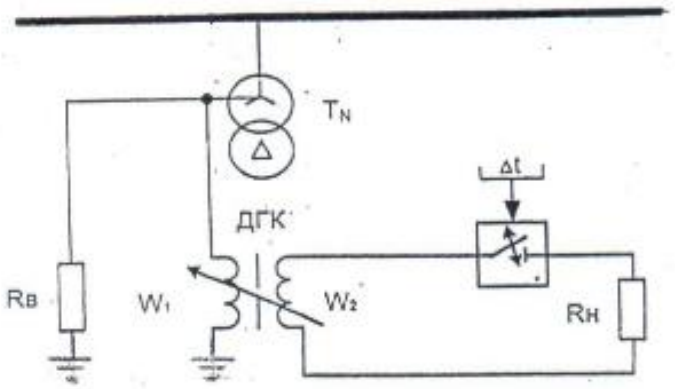


Рисунок 14.1 – Режимы нейтрали электросетей 6 – 35 кВ

Однако анализ статистики повреждений в электросетях 6–35 кВ показывает следующее:

- до 80% повреждений происходит в кабельных линиях;
- до 90% повреждений в кабельных линиях происходит от появления в электросети однофазных замыканий на землю (ОЗЗ);

- до 90% случаев ОЗЗ происходит от возникновения в электросети коммутационных перенапряжений;

- до 50% случаев проведения профилактических испытаний завершаются пробоем электроизоляции и, естественно, повреждением.

Таблица 14.1 – Опасные перенапряжения в электросетях 6-35 кВ

Виды перенапряжений	Кратность перенапряжений
Дуговые замыкания на землю (изолированная нейтраль)	3,0-3,5
Дуговые замыкания на землю (компенсированная нейтраль)	2,6
Дуговые замыкания на землю (резистивно-заземленная нейтраль)	2,5
Поиск «земли» при ОЗЗ	4,0-6,0
Резонансные перенапряжения	до 4,0
Включение электродвигателей	2,6-3,3
Включение электродвигателей при наличии в сети ОЗЗ	3,4
АПВ и АВР электродвигателей	4,0-4,5
Включение ВЛ и КЛ при наличии в сети ОЗЗ	3,0-3,5
Отключение ненагруженных ВЛ и КЛ	3,0-4,5
Отключение ненагруженных трансформаторов	5,0-6,0
Отключение двойного замыкания на землю	3,3
Отключение вращающихся электродвигателей	4,0-5,0
Отключение заторможенных электродвигателей	5,0-6,0
Перенапряжения в токоограничивающих реакторах	20-30%

.

Основными проблемами в электросетях 6–35 кВ и причинами возникновения аварий от ОЗЗ являются:

- устаревшая ослабленная изоляция кабельных линий, составляющих весьма значительную часть их общей протяженности;

- широкое применение в электросетях современных высоковольтных вакуумных выключателей, создающих при каждой коммутации значительные амплитуды перенапряжений, особенно при отключениях двух-трехфазных коротких замыканий;

- широко распространенный, но устаревший способ определения поврежденного фидера (с ОЗЗ) путем поочередного отключения-включения отходящих линий на подстанциях и распределительных пунктах;

- появление при ОЗЗ феррорезонасных перенапряжений, являющихся в ряде случаев причиной выхода из строя, в первую очередь, измерительных трансформаторов напряжения;

- широкое использование в электросетях кабелей с СПЭ изоляцией, весьмя уязвимых к перенапряжениям;

- до 60% случаев перехода возникающих ОЗЗ в многоместные пробои изоляции с групповым выходом из строя отходящих линий (веерные аварийные отключения);

- отсутствие на многих предприятиях релейной защиты на отключение поврежденного фидера с ОЗЗ.

Следовательно, возникающие в электросетях перенапряжения, являющиеся первопричиной появления ОЗЗ и его развития с негативными проявлениями, необходимо ограничивать с максимально возможной эффективностью для повышения надежности электроснабжения.

Различают защиты от коммутационных перенапряжений, а также комбинированные защиты. Коммутационные перенапряжения ограничивают посредством ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН) и RC-гасителей, которые не допускают пробоя изоляции и ОЗЗ не возникает.

Если ОЗЗ произошло по другим причинам (механические повреждения, попадание влаги и т.п.) и развивается, существуют комбинированные защиты. Они ограничивают перенапряжения уже при совместном действии коммутационных перенапряжений (от переключений в электросети, при отключениях межфазных замыканий) и дуговых, инициируемых процессами дугового разряда в месте повреждения (возникновение-гашение заземляющей дуги, резонансные перенапряжения с дугогасящими реакторами). В этом случае комбинированная защита от перенапряжений может осуществляться посредством тех же ОПН, RC-гасителей и начинающих функционировать (только с появлением тока ОЗЗ) дугогасящих реакторов, резисторов в нейтрали и релейной защиты на отключение.

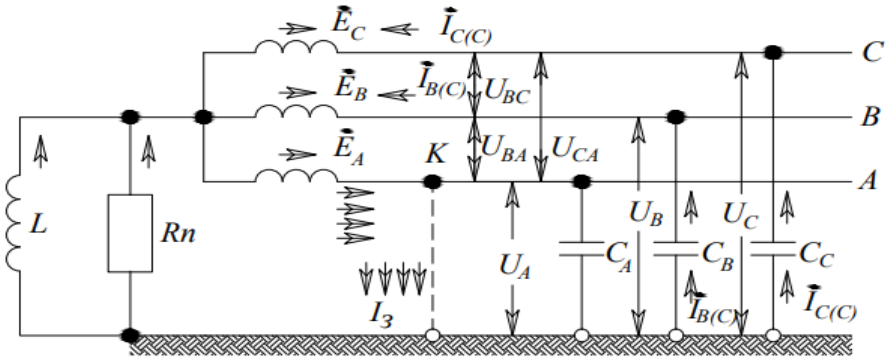


Рисунок 14.2 – Компенсированная и резистивно-заземленная нейтраль

Ограничивая только коммутационные перенапряжения, являющиеся одной из причин ОЗЗ, ОПН и RC-гасители не препятствуют возникновению замыканий по другим причинам – механические повреждения, попадание влаги. Поэтому применяются компенсация емкостных токов дугогасящими реакторами (ДГР), резистивное заземление нейтрали (Rn) и релейная защита

от замыканий на землю с действием на отключение поврежденного фидера (рисунок 14.2).

Их назначение – не допускать перехода первого возникшего ОЗЗ в двойные и многоместные замыкания с групповыми, аварийными отключениями отходящих фидеров.

Основными функциями указанных систем являются:

- ограничение емкостных токов в режиме ОЗЗ, в первую очередь, для самогашения дугового разряда в месте повреждения без отключения поврежденного участка сети на допустимую длительность;
- ограничение уровней коммутационных и дуговых перенапряжений, инициированных процессами от возникшего ОЗЗ;
- селективное отключение поврежденного фидера от ОЗЗ с минимально возможной длительностью аварии.

Следует отметить, что создание эффективных защит от перенапряжений и ОЗЗ основывается на точном определении значений емкостного тока замыкания на землю и его гармонического состава. При этом оценка емкостного тока расчетным путем с необходимой точностью затруднительна по ряду причин, а использование экспериментальных замеров неприменимо в электросетях с ослабленной изоляцией из-за возникающих перенапряжений.

Релейные защиты от ОЗЗ в электросетях 6 - 10 кВ. Существует ряд основных факторов, которые влияют на работу релейных защит от ОЗЗ:

- вид замыкания на землю (металлическая связь, замыкание через переходное сопротивление, замыкание через дугу);

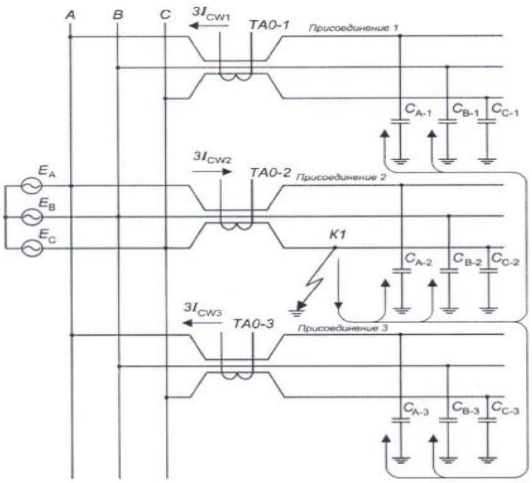


Рисунок 14.3 – Схема сети и направления токов при ОЗЗ

- устойчивость замыкания (устойчивые и неустойчивые, прерывистое замыкание и замыкание через перемежающуюся дугу);
- наличие небалансов токов и напряжений в элементах релейных защит;

- переходные процессы, схожие с процессами при ОЗЗ (включение-отключение линий, электромагнитные помехи и т.п.).

Кроме того, очень важно учитывать распределение токов при ОЗЗ, показанное на схеме электросети (рисунок 14.3). Оно совершенно отличается от токораспределения при двух-трехфазных коротких замыканиях в сети и заключается в следующем:

- в месте ОЗЗ протекает суммарный ток нулевой последовательности всех неповрежденных линий и поврежденной линии;
- в трансформаторе тока нулевой последовательности (ТТНП) поврежденной линии протекает ток, равный сумме токов нулевой последовательности всех линий за минусом собственного тока;
- токи в неповрежденных линиях направлены к шинам;
- токи в поврежденных линиях направлены от шин к месту ОЗЗ;
- токи от резистора и от ДГР, которые подключенны к нейтрали нейтралеобразующего трансформатора, протекают только в месте ОЗЗ поврежденной линии;
- в электросети с полной компенсацией емкостного тока релейная защита на ток нулевой последовательности неприменима, так как ток с частотой 50 гц отсутствует (скомпенсирован).

Релейные защиты от ОЗЗ подразделяются на два больших класса – это индивидуальные и централизованные.

Индивидуальные защиты основаны на следующих алгоритмах:

- по максимальному действующему значению основной гармоники тока нулевой последовательности в присоединениях;
- по направлению мощности нулевой последовательности;
- по сумме высших гармоник тока нулевой последовательности;
- по величине гармоники наложенного тока;
- по переходному процессу ОЗЗ.

Среди недостатков индивидуальных защит выделяют вероятность отказа в срабатывании при ОЗЗ через переходные сопротивления, снижение чувствительности и отказ в срабатывании при перемежающихся дуговых замыканиях.

Централизованные защиты лишены недостатков индивидуальных защит, таких как ложные срабатывания, связанные с переходными процессами на неповрежденных линиях. В централизованных защитах в основном применяют сравнение амплитудных или действующих значений токов нулевой последовательности.

Представителями централизованных защит являются устройства типа «Бреслер», «Геум», «Механотроника», которые используют в своей работе указанные алгоритмы в различных комбинациях.

Централизованные защиты бывают с поочередным опросом каналов, либо с параллельным опросом каналов, а также с параллельным синхронизированным опросом каналов

Все практически используемые релейные защиты от ОЗЗ функционируют с действием либо на сигнал, указывающий на поврежденный фидер, либо на его отключение. Причем отключение поврежденного фидера обязательно сопровождается предварительным принятием мер по обеспечению потребителей резервным электропитанием.

Контрольные вопросы

1. Основные понятия и положения защиты электросетей 6-35 кВ от перенапряжений и однофазных замыканий на землю.
2. Какие режимы рейтрали в электросетях 6-35 кВ известны и наиболее распространенные в Казахстане?
3. Основные проблемамы в электросетях 6–35 кВ и причины возникновения аварий от ОЗЗ.
4. Основные виды и кратности перенапряжений в электросетях 6-35 кВ, механизм возникновения перенапряжений.
5. Какое оборудование применяется для ограничения перенапряжений, область применения, достоинства и недостатки?
6. Какие существуют алгоритмы и релейные защиты от однофазных замыканий на землю в электросетях 6 - 10 кВ?

Лекция №15. Техническая документация электрохозяйства на промышленных предприятиях

Содержание лекции: основная техническая документация электрохозяйства на промышленных предприятиях, должностные и эксплуатационные инструкции для обслуживающего персонала, виды электрических схем и понятия при описании электрических схем.

Цели лекции: изучение содержания, основных понятий и положений при разработке и использовании технической документации в системах электроснабжения промышленных предприятий.

Полный комплект схем и чертежей с надписью: «Документы электрохозяйства» хранят в техническом архиве предприятия.

Комплект оперативных схем электроустановок цеха, участка связанных с ними электрически других цехов, участков находится у ответственного за электрохозяйство цеха, участка. Для каждого цеха или самостоятельного производственного участка необходимо иметь:

- журнал с описью основного электрооборудования и защитных средств или паспортные карты с указанием технических характеристик и присвоенных инвентарных номеров (к паспортным картам или журналам прилагают протоколы и акты испытаний, ремонта и ревизии оборудования);

- чертежи электрооборудования и запасных частей;

- исполнительные чертежи воздушных и кабельных трасс, проложенных открыто, и кабельные журналы;

- чертежи подземных кабельных трасс и заземляющих устройств с привязками к зданиям и постоянным сооружениям, с указанием мест установки соединительных муфт и пересечений с другими коммуникациями;

- общие схемы электроснабжения, составленные по предприятию в целом, а также по цехам и участкам.

Для описания электрических схем используют следующие понятия.

Элемент – часть изделия, которая не может быть разделенана части, имеющие определенное функциональное значение (резистор, конденсатор, катушка, контакт и т.д.).

Устройство – совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (плата, блок, шкаф и т.д.).

Функциональная группа – совокупность элементов, не объединенных в единую конструкцию, но выполняющих в изделии определенную функцию (силовые цепи, управления автоматики и т.п.).

Функциональная часть – любая из вышерассмотренных частей, если она выполняет в изделии определенные функции.

Электрические схемы разделяются на следующие типы:

Структурная схема содержит общие сведения об электроустановке, в ней показаны ее функциональные части, их назначение и взаимосвязь. Структурные схемы широко применяются в электроэнергетике. На них прямоугольниками показаны функциональные части изделия, внутри которых указаны названия этих частей. Прямоугольники расположены в порядке передачи сигнала между функциональными частями изделия, направление сигнала показано стрелками. Схемы используются для наглядного представления и общего ознакомления с электроустановкой.

Принципиальная электрическая схема содержит все элементы изделия, их обозначение и все связи между ними и дает полную информацию о принципе работы установки (рисунок 15.1). При изображении на схеме различных функциональных групп (силовые цепи и цепи управления, цепи первичной и вторичной коммутации) их вычерчивают линиями различной толщины.

Условные обозначения в принципиальных элементных схемах защиты и управления вычерчивают для отключенного (без напряжения или механического воздействия) начального положения схемы. Порядковые номера элементов присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме, как правило, сверху вниз и в направлении слева направо.

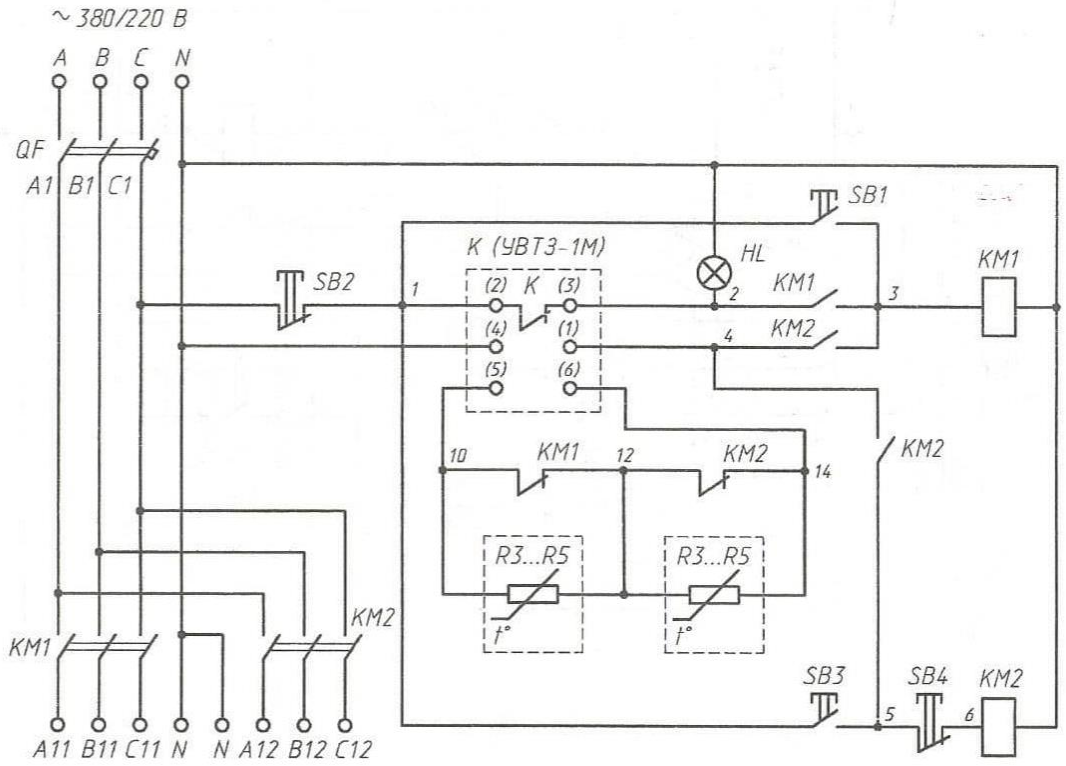


Рисунок 15.1 – Принципиальная электрическая схема.

Принципиальные схемы используют для изучения принципа работы электрооборудования, при наладке, контроле и ремонте, а также при разработке схем соединений и монтажных чертежей.

Функциональные схемы занимают промежуточное положение между структурными и принципиальными схемами, содержат в себе их особенности и разъясняют процессы, происходящие в отдельных частях или во всей установке. В этих схемах части устройств, которые можно рассматривать как единое целое, обозначают прямоугольниками, усилители – треугольниками. Элементы, необходимые для уяснения работы схемы, изображаются как на принципиальной схеме. Функциональные схемы используют для изучения принципов работы установки, а также при наладке, регулировке, контроле и ремонте.

Схемы соединений (монтажные) показывают примерное расположение и соединения составных частей электроустановки (рисунок 15.2) и определяют провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляют эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, разъемы и т.п.). На схеме около условных графических обозначений элементов указывают обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

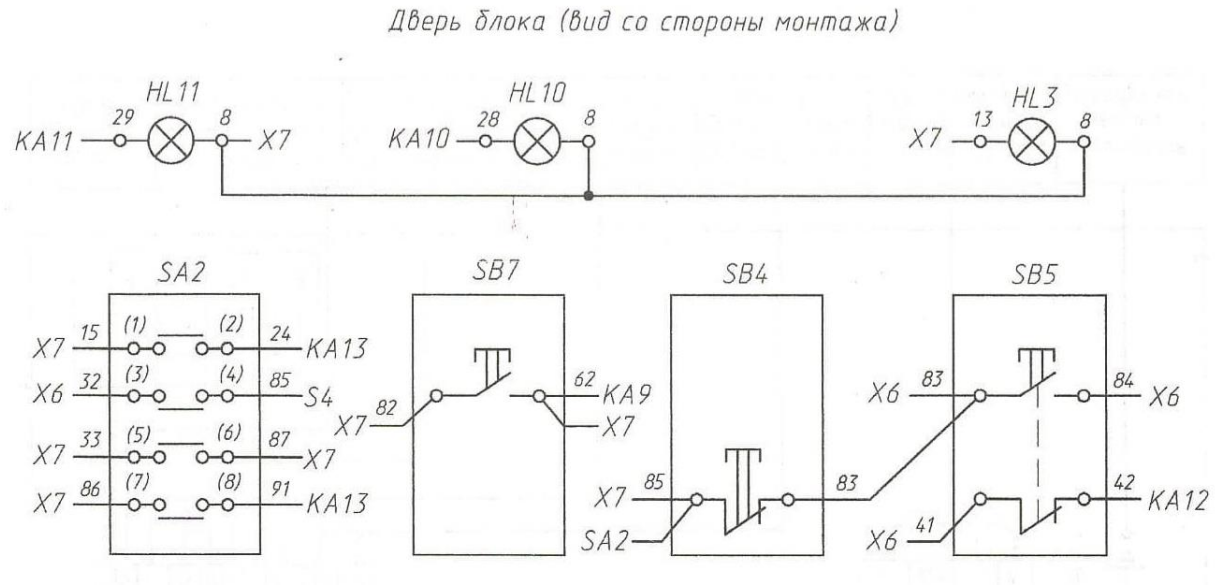


Рисунок 15.2 – Электрическая схема соединений (монтажная).

Для упрощения изображения можно на схемах вычерчивать отдельные провода, идущие в одном направлении в виде общей линии. При подходе к контактам каждый провод изображают отдельной линией. Схему соединений можно выполнять по адресной системе, по которой адреса помещают у одной и другой клемм.

Схемы соединений используют при монтаже, наладке, контроле, ремонте и эксплуатации.

Схемы внешних соединений (подключений) показывают все части данной электроустановки и провода, их соединяющие, с маркировкой мест присоединения. Указываются также характеристики электрических и трубных проводок, прокладываемых вне щитов, шкафов и пультов. В условных обозначениях изображают устанавливаемые вне шкафов приводы, исполнительные механизмы, источники снабжения электроэнергией и пр. На каждый элемент дают ссылки на позицию по принципиальной схеме.

Схемы внешних соединений необходимы при монтаже электроустановки, при замене ее отдельных частей.

Схемы проводок на планах помещений применяются при монтаже электропроводки и электрооборудования в производственных, общественных и жилых помещениях. На схемах показываются условными обозначениями различные устройства и установочные изделия и связывающие их провода, и кабели.

В зависимости от насыщенности оборудованием и от величины объекта планы помещений изображают в различных масштабах. Возможно совмещение планов силовой и осветительной сетей, которые при вычерчивании должны выделяться.

Строительную часть здания и оборудования на планах показывают тонкими линиями.

Для проектирования новой электроустановки и ввода ее в эксплуатацию основным документом являются технические условия на присоединение электроустановки к энергосистеме, которые выдаются в соответствии с «Правилами пользования электроэнергией».

В технических условиях указывается, к какому участку сети присоединить сеть новой или реконструируемой электроустановки, как произвести это присоединение. Если присоединение производится к сетям высокого напряжения, то указывается необходимость установки трансформаторной подстанции.

Технические условия выдает районное энергетическое управление или по его поручению предприятие электрических сетей.

Перечень основной технической документации, предъявляемой при вводе в эксплуатацию электроустановок промышленных предприятий.

Основная документация.

1. Технический проект электроустановки.
2. Согласование проекта с организацией, выдавшей технические условия на присоединение.
3. Технические условия на присоединение.
4. Разрешение на присоединение к энергосистеме.
5. Ведомость отклонений от проекта.
6. Материалы рабочего проекта.
7. Исполнительные чертежи, схемы, паспорта на основное электрооборудование, воздушные и кабельные линии.
8. Протоколы испытаний и технические данные на электрооборудование, заводские инструкции по монтажу и эксплуатации, полученные от заводов-изготовителей.
9. Перечень имеющихся в наличии защитных, противопожарных и других средств по технике безопасности.
10. Ведомость недоделок по проекту.
11. Акт комиссии предприятия о приемке электроустановки от монтажного предприятия.

На конкретные электроустановки (воздушные линии, кабельные линии, распределительные устройства, трансформаторные подстанции и др.) оформляется дополнительная техническая документация.

На каждом предприятии, цехе, участке, рабочем месте, а также для каждой электроустановки должен быть комплект должностных и эксплуатационных инструкций, в которых указываются права, обязанности и ответственность должностных лиц и обслуживающего персонала:

- права, обязанности, взаимоотношения и ответственность обслуживающего персонала;
- последовательность операций пуска и остановки электрооборудования, а также отключение и вывод в ремонт;
- порядок эксплуатации электрооборудования во время нормальной работы и меры, принимаемые при возникновении аварии;

- порядок допуска к ремонту электрооборудования;
- меры безопасности и противопожарные мероприятия.

Инструкции по обслуживанию оборудования составляют на основе заводских данных, эксплуатационных и противоаварийных циркуляров и других директивных материалов, а также опыта эксплуатации с учетом местных условий и особенностей электрооборудования.

Контрольные вопросы

1. Какие документы необходимо иметь для каждого цеха или самостоятельного производственного участка?
2. Какие понятия и определения существуют для описания электрических схем?
3. Какие типы электрических схем существуют, их содержание и область применения?
4. Назначение и содержание технических условий на присоединение электроустановки к энергосистеме.
5. Основная техническая документация, предъявляемая при вводе в эксплуатацию электроустановок промышленных предприятий.
6. Что служит основанием для разработки должностных и эксплуатационных инструкций, их содержание?

Заключение

Задачи ввода новых энергетических мощностей и последующая эксплуатация систем электроснабжения потребителей определяют значительный круг лиц, связанных с созданием и эксплуатацией электроустановок на предприятиях.

Рост электрических нагрузок потребителей, неизбежное усложнение распределительных электросетей напряжением 6 – 35 кВ, применение современного все более сложного и дорогостоящего электрооборудования ставят перед специалистами проектных, монтажных и эксплуатационных предприятий разнообразные и сложные задачи. Это предполагает повышение надежности, экономичности и безопасности систем электроснабжения промышленных предприятий и городов с высокой эффективностью эксплуатации электроустановок. Решению указанных задач по обучению будущих специалистов и посвящен данный конспект лекций.

Конспект лекций содержит достаточно подробно необходимые сведения для изучения последовательного и неразрывного процесса выполнения организационных, технических и инженерных мероприятий при проектировании, сооружении и эксплуатации электроустановок.

Представлена необходимая информация и предложены основные мероприятия по решению наиболее актуальной проблемы в распределительных электросетях 6–10 кВ – ограничению перенапряжений и защите от однофазных замыканий на землю.

Значительный объем конспекта лекций содержит описание практических действий при эксплуатации и ремонте электрооборудования, а также при выполнении требований электробезопасности.

Выполнение составленных в конспекте лекций мероприятий и работ регламентированы нормативными документами и системами стандартизации, основными из которых являются «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ)», «Правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ)».

Представленные в конспекте лекций организационные, технические и инженерные мероприятия, направлены на выполнение работ с высокой производительностью, качеством и безопасными условиями труда, обеспечивающие высокую эффективность электроснабжения потребителей.

Список литературы

1 Бредихин А.Н. Слесарь-электромонтажник. Справочник. 2-ое издание. – М.: ИП Радио Софт, 2014. – 368 с.

2 Белов Н.В. Библия электрика / Авт.-сост. Н.В. Белов. – Минск: Харвест, 2011. – 640 с.

3 Дмитриченко В.И., Казанина И.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие (для студентов высших учебных заведений специальности 5В071800 – «Электроэнергетика» и специальности 5В081200 – «Энергообеспечение сельского хозяйства»). Алматы: АУЭС, 2021. – 79 с.

4 Дубинский Г.Н., Левин Л.Г. Наладка устройств электроснабжения напряжением свыше 1000 В. Издание 2-ое. – М.: СОЛОН-Пресс, 2014 – 538 с.

5 Киреева Э.А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчетов); справочное издание /Киреева Э.А. Шеретнев С.Н. Под общ. ред. Шеретнева С.Н. – 2–ое изд. – М.: КРОНУС, 2013. – 864 с.

6 Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебник для студ. учрежд. сред. проф. образования / Э.А. Киреева, С.А. Цырук. – 5-е изд., стереот. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. - 288 с.

7 Кисаримов Р.А. Монтаж электрооборудования: Справочник. – М.: ИП Радио Софт, 2014. – 568 с.

8 Кисаримов Р.А. Наладка электрооборудования. – 3-е издание. М.: ИП Радио Софт, 2014. – 352 с.: ил.

9 Кисаримов Р.А. Справочник электрика. Издание 4-е исправ. и доп. - М.: ИП Радио Софт, 2014. – 514 с.

10 Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М. «Энергия», 1971. – 152 с.

11 Правила устройства электроустановок. – Алматы: ТОО «Проектная Академия KAZGOR», 2016 – 536 стр.

12 РД 34.20.179. Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ. – файл n1. doc

13 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение. Учебное пособие. - М.: ИП Радио Софт, 2014. – 328 с.

14 Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. - М.: Форум: ИНФРА - М, 2015. – 384 с.

15 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Издание 3-е стереотпное. - М.: ИП Радио Софт, 2013. – 464 с.

16 Сибикин Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность. Издание 3-е перераб. и доп. - М.: ИП Радио Софт, 2014. – 448 с.

Содержание

	Введение	3
1.	Лекция №1 Основы организации проектирования и производства электромонтажных работ	4
2.	Лекция №2 Индустриализация и механизация, пуско-наладка, сдача объектов в эксплуатацию	9
3.	Лекция №3 Эксплуатация кабельных линий напряжением до и выше 1кВ	13
4.	Лекция №4 Наладка и эксплуатация распределительных устройств и подстанций выше 1000 В	17
5.	Лекция №5 Монтаж кабельных линий напряжением до и выше 1кВ	23
6.	Лекция №6 Наладка и приемо-сдаточные испытания комплектных распределительных устройств	29
7.	Лекция №7 Монтаж заземляющих устройств	32
8.	Лекция №8 Монтаж распределительных устройств выше 1000 В	38
9.	Лекция №9 Эксплуатация и ремонт воздушных линий напряжением до и выше 1000 В	45
10.	Лекция №10 Монтаж воздушных линий до и выше 1000 В	50
11.	Лекция №11 Монтаж и эксплуатация осветительных установок	53
12.	Лекция №12 Организация ремонта электрооборудования на промышленных предприятиях	61
13.	Лекция №13 Эксплуатация цеховых электрических сетей до 1000 В	65
14.	Лекция №14 Защита электросетей 6-35 кВ от перенапряжений и однофазных замыканий на землю	71
15.	Лекция №15 Техническая документация электрохозяйства на промышленных предприятиях	76
	Заключение	82
	Список литературы	83

Свод. план 2021 г., поз. 122

Дмитриченко Виктор Иванович
Казанина Ирина Владимировна

МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Конспект лекций для бакалавров обучающихся
по образовательной программе 5В071800 – «Электроэнергетика»
направление: «Инженерия и инженерное дело»

Редактор Е.Б. Жанабаева
Специалист по стандартизации Ж.А. Ануарбек

Подписано в печать _____ Формат 60x84 1/16
Тираж 25 экз. Бумага типографская №1
Объем 5,4 уч.-изд.л. Заказ _____. Цена 2700 тг.

Копировально-множительное бюро
Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1