

## Модуль № 6.

### Инновации в технологии устройства электрических сетей и линий связи.

#### Сравнительный анализ технологий.

#### Показатели и критерии качества устройства электрических сетей и линий связи.

15. Устройство внутренних инженерных систем и оборудования зданий и сооружений.

20. Устройство наружных электрических сетей и линий связи.

21. Устройство наружных линий связи, в том числе телефонных, радио и телевидения.

#### 15. Устройство внутренних инженерных систем и оборудования зданий и сооружений.

##### 15.5. Устройство системы электроснабжения.

##### *Система общего электропитания.*

От муниципальной электросети в здание поступает электроэнергия, которая затем распределяется по потребителям. В многоэтажном жилом или офисном здании структура системы общего электропитания строится по следующей схеме.

1. Кабели муниципальной системы общего электропитания прокладываются до *вводно-распределительного устройства (ВРУ)*, установленного в электрощитовом помещении здания. ВРУ представляет собой набор автоматов, от которых электропитание по распределительным кабелям расходится к этажным электрощитам, а также щитам питания лифтов и вентиляции.

2. *Распределительные кабели* соединяют ВРУ с этажными щитами. Трассы распределительной системы проходят по стоякам (вертикальным каналам), отдельные участки могут прокладываться с помощью специальных приспособлений: лотков, коробов, полок, труб. Распределительные кабели могут быть как медные, так и алюминиевые, с площадью сечения 10–70 кв. мм.

3. *Этажный щит* – это набор аппаратов, от которых идет распространение электропитания, полученного по распределительным кабелям, к квартирным (офисным) щитам или напрямую к потребителям электроэнергии.

4. *От квартирного (офисного) щита* электропитание по групповым кабелям расходится непосредственно к потребителям (розеткам, осветительным приборам и т.д.). Групповые кабели изготавливаются из меди и имеют площадь сечения 1,5–10 кв. мм.

Снабжение электроприемников зданий и сооружений должно выполняться от электрической сети с заземленной нейтралью 380/220 В с системой заземления TN - S или TN - C - S. Как правило, электроснабжение жилых зданий осуществляется через главный распределительный щит (ГРЩ) или вводнораспределительное устройство (ВРУ). В состав ГРЩ входят автоматы

защиты и устройства управления, позволяющие отдельно отключать потребителей электропитания. Мощность ГРЩ выбирается с учетом обеспечения возможности дополнительного подключения наружного освещения здания, наружной световой рекламы и т. д.

В ГРЩ производится распределение напряжения электропитания по групповым потребителям (освещение лестничных площадок, подвалов, чердаков, лифтовое оборудование, пожарная и аварийная сигнализации, жилые помещения и прочее).

В соответствии с действующими ПУЭ и постановлениями Главгосэнергонадзора России в жилых зданиях металлические корпуса электрооборудования, относящегося к приборам класса защиты I, должны присоединяться к защитным проводникам, а сети штепсельных розеток выполняться трехпроводными.

Электроснабжение жилых помещений (квартир) осуществляется по стоякам, через устройства защитного отключения (УЗО). В свою очередь к питающим стоякам подключаются этажные распределительные щитки, образующие групповую сеть электропитания по квартирам.

Питание силовых и осветительных электроприемников рекомендуется выполнять от одних и тех же трансформаторов. Размещение и компоновка ТП должны предусматривать возможность круглосуточного беспрепятственного доступа к ним персонала электроснабжающей организации.

Электрические сети зданий должны быть рассчитаны на питание здания и освещение реклам, витрин, фасадов, для иллюминаций, внешнего освещения, а также питания противопожарных устройств, систем диспетчеризации, локальных телевизионных сетей, сигнализации загазованности, световых указателей пожарных гидрантов и других знаков безопасности, звуковой и другой сигнализации, огней светового ограждения и т.п. в соответствии с заданием на проектирование. Для питания однофазных потребителей от многофазной распределительной сети допускается разным группам однофазных потребителей иметь совместные N и PE проводники (пятипроводная сеть), проложенные непосредственно от ВРУ. Объединение N и PE проводников (четырепроводная сеть с PEN проводником) не допускается.

*Вводные устройства, распределительные щиты, групповые щитки.*

На вводе в здание должно быть установлено один или несколько ВУ или ВРУ. При наличии в здании нескольких обособленных в хозяйственном отношении потребителей у каждого из них рекомендуется устанавливать самостоятельные ВУ или ВРУ.

От ВРУ допускается питание потребителей, размещенных в других зданиях при условии, что эти потребители имеют одну балансовую принадлежность.

При воздушном вводе должны устанавливаться ограничители импульсных перенапряжений.

1. Перед вводами в здания не разрешается устанавливать дополнительные кабельные ящики для распределения сферы обслуживания внешних сетей питания и сетей внутри здания. Такое разделение необходимо выполнять в ВУ или ГРЩ.
2. На ВУ, ВРУ, ГРЩ аппараты защиты должны устанавливаться на вводах линий питания и на всех отходящих линиях.
3. На вводе линий питания в ВУ, ВРУ, ГРЩ следует устанавливать аппараты управления. На отходящих линиях аппараты управления могут быть установлены или на каждой линии, или быть общими для нескольких линий. Автоматический выключатель необходимо рассматривать как аппарат защиты и управления.

1. Аппараты управления независимо от их наличия в начале линии питания должны быть установлены на вводах линий питания в торговых помещениях, коммунальных предприятиях, административных помещениях и т.п., а также в помещениях потребителей, обособленных в хозяйственном отношении.
2. Этажный щиток должен устанавливаться в этажном коридоре или на лестничной площадке на расстоянии не больше 3 м по длине электропроводки от стояка питания с учетом требований главы 3.1 ПУЭ и ГОСТ 30331.9.
3. ВУ, ВРУ, ГРЩ, как правило, следует устанавливать в ЭП. В районах возможного затопления они должны устанавливаться выше уровня затопления.

ВУ, ВРУ, ГРЩ могут размещаться в помещениях сухих подвалов, предназначенных для эксплуатации при условии, что эти помещения доступны для обслуживающего персонала и отделены от других помещений перегородками со степенью огнестойкости не менее чем 0,75 ч.

При размещении ВУ, ВРУ, ГРЩ и групповых щитков за пределами ЭП они должны устанавливаться в удобных и доступных для обслуживания местах, в шкафах со степенями защиты оболочки по ГОСТ 14254 не ниже IP31. В этих случаях расстояние от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки) должно быть не меньше 0,5 м, а от газопроводов и газовых счетчиков - не меньше 1 м.

ЭП, а также ВУ, ВРУ, ГРЩ не допускается размещать под санузлами, ванными комнатами, душевыми, кухнями (кроме кухонь квартир), мойками, моечными и парильными помещениями бань и другими помещениями с мокрыми технологическими процессами.

Прокладка через щитовые помещения трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренний водосток) не рекомендуется.

Трубопроводы (водопровод, отопление), вентиляционные и другие короба, прокладываемые через щитовое помещение, не должны иметь ответвлений в пределах помещения (за исключением ответвлений к приборам отопления самого ЭП), а также люков, задвижек, фланцев, вентиля и т.п.

Запрещается прокладка через эти помещения газопроводов и трубопроводов с горючими жидкостями. Двери ЭП должны открываться наружу.

Помещения, где устанавливаются ВРУ, ГРЩ, должны иметь естественную вентиляцию, электрическое освещение. В помещениях температура должна быть не ниже +5°C.

Электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ и групповых щитков следует выполнять проводами с медными жилами и шинами - медными или алюминиевыми.

*Выбор электропроводки для зданий и способы ее прокладки.*

Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, назначению и ценности сооружений, их конструкции и архитектурным особенностям.

В помещениях жилых и общественных зданий, как правило, применяется скрытая проводка. Открытую проводку выполняют в технических этажах и подпольях, в не отапливаемых подвалах.

Монтаж электропроводки:

- не изолированные провода монтируются только на изоляторах;
- изолированные провода монтируются: в трубах, в коробах, в спец. коробах, на изоляторах;
- изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочках, в том числе бронированные с минеральной изоляцией:
  - многожильные – без крепления, с непосредственным креплением, в трубах, в коробах, в спец. коробах, на лотках и кронштейнах, на тросе (струне);
  - одножильные – с непосредственным креплением, в трубах, в коробах, в спец. коробах, на лотках и кронштейнах, на тросе (струне).

Электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам.

В зданиях должны применяться кабели и провода с медными жилами.

Питающие и распределительные сети, как правило, должны выполняться кабелями и проводами с алюминиевыми жилами, если их расчетное сечение равно 16мм<sup>2</sup> и более.

В жилых зданиях сечение медных проводов должно быть не менее:

- 1,5мм<sup>2</sup> – для линий групповых сетей;
- 2,5мм<sup>2</sup> – от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику;
- 4мм<sup>2</sup> – для линий распределительной сети (стояки) для питания квартир.

*Электромонтажные работы.*

Выполняются в две стадии:

- на первой стадии производят установку закладных деталей и конструкций для крепления оборудования, подготовку участков трасс для прокладки линий электропроводки. Одновременно, за пределами монтажной зоны, проверяют качество материалов и изделий, проводят укрупнительную сборку отдельных узлов. При монтаже скрытых электропроводок в состав работ первой стадии входит прокладка кабелей (трубопроводов), установка распаечных коробок, прозвонка жил кабелей и соединение их в коробах. Выполнение работ первой стадии должно обеспечить возможность производства отделочных строительных работ.

- на второй стадии (после окончания отделочных работ), выполняют установку аппаратов, светильников. При монтаже открытых проводок – открытую прокладку кабелей по подготовленным трассам.

Выбор трассы питающих линий и внутренних сетей.

Необходимо руководствоваться следующим:

- кабельные вводы в здания следует выполнять в трубах на глубине не менее 0,5м и не более 2м от поверхности земли, при этом в одну трубу следует затягивать один кабель;

- трассу внутренних электрических сетей при скрытой прокладке намечают параллельно линиям пересечения стен и потолков на расстоянии 100-200мм от потолка или 50-100мм от карниза или балки;

- при выборе трассы следует избегать пересечений проводов между собой;

- открытая прокладка проводов на роликах и изоляторах должна выполняться на высоте не менее 2м.;

- при подготовке мест прокладки кабелей скрытой электропроводки глубина борозд должна быть такой, чтобы после укладки кабеля (трубопровода) и оштукатуривания, слой штукатурки под кабелем был не менее 10мм.

*Требования к сборке схемы электропроводки.*

При сборке схемы электропроводки необходимо соблюдать следующие требования:

- к выключателям должен подключаться фазный провод;

- к резьбовой части патронов светильников с лампами накаливания должен присоединяться нулевой провод;

- нулевой и защитный проводники не должны иметь разрывов.

Прокладку труб следует выполнять с уклоном в сторону улицы. Концы труб, а также сами трубы при прокладке через стену должны иметь тщательную заделку для исключения возможности проникания в помещения влаги и газа.

По подвалу и техническому подполью здания допускается прокладка силовых кабелей напряжением до 1 кВ, питающих электроэнергией другие секции здания.

Внутренние электрические сети должны быть не распространяющими горение и выполняться кабелями и проводами с медными жилами в соответствии с требованиями 2.1 и 7.1 ПУЭ.

Допускается применение в питающих и распределительных сетях кабелей и проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>. Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т.п.), кроме оборудования противопожарных установок, допускается выполнять проводами и кабелями с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

*Контроль качества электромонтажных работ.*

При производстве работ по монтажу электрооборудования проверяются следующие операции:

*Входной контроль:*

- контроль качества электротехнических материалов и электрооборудования.

*Производственный контроль:*

- качество электропроводок, замоноличиваемых в строительные элементы при их изготовлении;
- разметка мест установки электрооборудования (светильников, розеток, выключателей);
- разметка трассы электропроводки и мест расположения распаечных коробок;
- подготовка мест крепления кабелей (трубопроводов) и электрооборудования;
- прокладка кабелей (трубопроводов), затягивание кабелей в проложенные трубопроводы, короба;
- прозвонка жил проводов и кабелей, сборка схем электропроводки, соединение жил в коробах;
- установка и присоединение светильников, розеток, выключателей и др.;
- измерение сопротивления изоляции электрооборудования и электропроводок.

15.6. Устройство электрических и иных сетей управления системами жизнеобеспечения зданий и сооружений.

К системам жизнеобеспечения зданий и сооружений относятся следующие системы:

Система электропитания.

Система заземления.

Система молниезащиты.

Защита групповых сетей.

Интеграция управления инженерным оборудованием зданий.

Система электропитания зданий.

Система электропитания включает следующие части: вводное устройство (ВУ), распределительное устройство (РУ), устройство автоматического ввода резерва (АВР), резервный электрогенератор (РЭ), источник бесперебойного питания (ИБП), стабилизатор напряжения (СН) и ряд других. Часть из этих устройств, например ИБП, РЭ, АВР, как правило, поставляются комплектно и не требуют разработки принципиальных электрических схем. Разработка таких схем для других устройств является необходимой и трудоемкой частью процесса проектирования системы электропитания.

Системы защиты от поражения электрическим током.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током должны применяться технические способы и средства защиты:

*Защитное заземление:*

Снижает до безопасной величины напряжение относительно земли металлических частей электроустановки, оказавшейся под напряжением при повреждении изоляции. Электрическое сопротивление защитного заземления должно быть минимальным:

- для сетей с напряжением до 1000В – не более 4 Ом;

- для остальных сетей – не более 10 Ом.

В установках выше 1 кВ применяют контурное (распределенное) заземление.

В сетях переменного тока с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ защитное заземление в качестве основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении не применяется, т.к. оно не эффективно.

Автоматическое отключение питания (зануление).

Область применения зануления:

- электроустановки напряжением до 1кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система TN-S; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);

- электроустановки напряжением до 1кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом;

- электроустановки напряжением до 1кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

Надежность зануления определяется в основном надежностью нулевого защитного проводника. В связи этим требуется тщательная прокладка нулевого защитного проводника, чтобы исключить возможность его обрыва. В нулевом защитном проводнике запрещается ставить выключатели, предохранители и другие приборы, способные нарушить его целостность.

Устройства защитного отключения.

Назначение защитного отключения – обеспечение электробезопасности.

Достигается за счет ограничения времени воздействия опасного тока на человека. Защита осуществляется специальным устройством защитного отключения (УЗО). Оно постоянно контролирует входной сигнал и сравнивает его с заданной величиной.

Конструктивно УЗО бывает двух типов:

- электронные, зависимые от напряжения питания;

- электромеханические, независимые от напряжения питания, обладают большей чувствительностью.

Применение УЗО должно осуществляться в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

*Системы заземления.*

Системы электроснабжения классифицируются Международной электротехнической комиссией (МЭК) в зависимости от способа заземления распределительной сети и примененных мер защиты от поражения электрическим током. Распределительные сети подразделяются на сети с заземленной нейтралью и сети с изолированной нейтралью.

Стандарт МЭК-364 подразделяет распределительные сети в зависимости от конфигурации токоведущих проводников, включая нулевой рабочий (нейтральный) проводник, и типов систем заземления. При этом используются следующие обозначения. Первая буква, I или T, характеризует связь с землей токоведущих проводников (заземление сети). Вторая буква, T или N, характеризует

связь с землей открытых проводящих частей (ОПЧ) и сторонних проводящих частей (СПЧ) (заземление оборудования и СПЧ).

*Сетевое (рабочее) и защитное заземление.*

Обозначение	Сетевое (рабочее) заземление	Защитное заземление проводящих частей
IT	Непосредственное соединение с землей отсутствует. Допускается соединение с землей через сопротивление, воздушный промежуток, разрядник и т.д.	Непосредственное соединение с землей, независимое от сетевого заземления
TT	Соединение с землей в одной или нескольких точках распределительной сети за пределами сети потребителя	Непосредственное соединение с землей, независимое от сетевого заземления
TN	Соединение с землей в одной или нескольких точках распределительной сети и в одной или более точках в сети потребителя	Соединение с «сетевой землей» с помощью РЕ-или PEN-проводника
TI	Соединение с землей в одной или нескольких точках распределительной сети за пределами сети потребителя	Отсутствуют соединения с землей и с сетевым заземлением

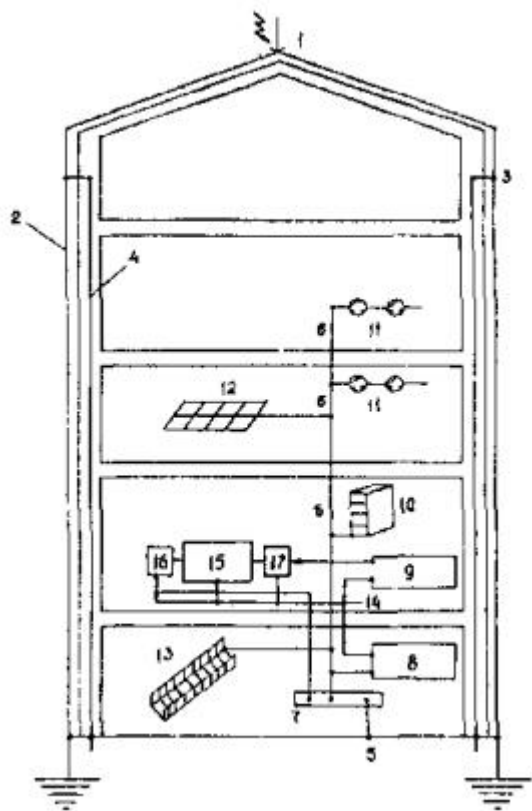
Особенности защиты устройств передачи информации.

В зданиях, использующих систему TN-C или систему TN-C-S, для защиты устройств передачи информации от электромагнитных влияний PEN-проводника могут быть применены следующие дополнительные меры:

- 1) использование оптоволоконных сигнальных кабелей;
- 2) использование электрооборудования класса II;
- 3) использование электрического разделения цепей (защитное разделение).

Защитные меры предназначены для предотвращения появления опасного потенциала на открытых проводящих частях устройств передачи информации в случае возникновения короткого замыкания в системе TN-C или в системе TN-C-S.





Заземляющее устройство здания:

- 1 - молниеприемник, 2 - молниезащитные спуски, 3 - уравнивающие проводники,  
 4 - стальной каркас или арматура железобетонного каркаса здания,  
 5 - фундаментный заземлитель или арматура железобетонных фундаментов здания,  
 6 - система электроснабжения, 7 - главный заземляющий зажим,  
 8 - главная распределительная шина, 9 - система непрерывного питания,  
 10 - распределительный щит, 11 - выключатель, 12 - уравнивающая сетка,  
 13 - металлические кабелепроводы, 14 - местная система уравнивания потенциалов,  
 15 - информационно - технологическое оборудование, 16 - телефон,  
 17 - электронные системы здания и квартир.

Применение УЗО-Д в качестве дополнительной защиты в электроустановках до 1 кВ.

В электроустановках напряжением до 1 кВ устройство защитного отключения с номинальным током срабатывания, не превышающим 30 мА, рекомендуется применять в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током при случайном непреднамеренном прямом прикосновении в нормальном режиме в случае недостаточности или отказа других мер защиты. Применение таких устройств не может быть единственной мерой защиты. Устройства защитного отключения могут применяться только в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме.

В системах TN-S и TN-C-S устройство защитного отключения с номинальным током срабатывания, не превышающим 30 мА, может быть применено в качестве

основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении.

*Молниезащита зданий и сооружений.*

Устройство системы молниезащиты регламентируется РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений», являющейся техническим документом прямого действия.

Помимо защиты от возгорания роль молниезащиты возрастает, особенно для зданий высшей категории, в связи с возможностью повреждения различных слаботочных электроустановок вследствие заноса высоких потенциалов в электрические сети здания. Для защиты от этих явлений применяются специальные ограничители перенапряжений, устанавливаемые в необходимых местах.

Назначение молниезащиты зданий и сооружений - обеспечение электромагнитной совместимости основной среды обитания человека и атмосферного электричества во всех его проявлениях, в том числе и в виде грозы.

Обеспечение электромагнитной совместимости включает:

- защиту зданий и сооружений при прямом ударе молнии (п.у.м.) от каких бы то ни было повреждений (механических, термических, электротехнических) их частей;
- исключение искрообразования, пожаров и взрывов во всех помещениях зданий и сооружений, включая помещения, содержащие взрывоопасные и пожароопасные зоны;
- обеспечение электробезопасности как внутри зданий и сооружений, так и снаружи;
- исключение выноса опасного потенциала;
- защиту электроустановок и информационно-технологического оборудования от электромагнитного влияния молнии.

Комплексный характер защиты от электромагнитного влияния (гальванического, магнитного, электрического) молнии требует устройства электрической цепи, обеспечивающей шунтирование всех возможных опасных путей протекания тока при п.у.м. в здании или сооружении (с предельно возможным наименьшим электрическим сопротивлением цепи от точки п.у.м. до зоны нулевого потенциала) и одновременно выполняющей функции уравнивания потенциалов между всеми проводящими частями (токоотводы, СПЧ, ОПЧ, РЕ- и PEN-проводники и т.д.) на всех уровнях здания и сооружения и экранирования, обеспечивающего защиту информационно-технологического оборудования от электромагнитного влияния молнии.

Такой электрической цепью является молниезащитная система здания (сооружения) - преднамеренно образованная совокупностью имеющих общий заземлитель и электрически соединенных между собой заземляющего устройства здания и устройств защиты от перенапряжений (УЗП), способная многократно перехватывать, распределять и рассеивать в земле ток п.у.м. в здание, с наперед заданной вероятностью отсутствия риска нанесения ущерба зданию, размещенным

в нем электроустановкам и информационно-технологическому оборудованию, а также причинения вреда здоровью находящихся в здании людей и домашних животных.

На основании РД 34.21.122-87 и в соответствии с назначением зданий и сооружений необходимость выполнения молниезащиты и ее категория, а при использовании стержневых и тросовых молниеотводов - тип зоны защиты определяются по табл. 1 РД 34.21.122-87 в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения здания или сооружения, а также от ожидаемого количества поражений его молнией в год. Устройство молниезащиты обязательно при одновременном выполнении условий, записанных в графах 3 и 4 табл. 1 РД 34.21.122-87.

Оценка среднегодовой продолжительности гроз и ожидаемого количества поражений молнией зданий или сооружений производится согласно приложению 2; построение зон защиты различных типов - согласно приложению 3 РД 34.21.122-87.

#### *Конструкции молниеотводов.*

Опоры стержневых молниеотводов должны быть рассчитаны на механическую прочность как свободно стоящие конструкции, а опоры тросовых молниеотводов - с учетом натяжения троса и действия на него ветровой и гололедной нагрузок.

Опоры отдельно стоящих молниеотводов могут выполняться из стали любой марки, железобетона или дерева.

Стержневые молниеприемники должны быть изготовлены из стали любой марки сечением не менее 100 мм<sup>2</sup> и длиной не менее 200 мм и защищены от коррозии оцинкованием, лужением или окраской.

Тросовые молниеприемники должны быть выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм<sup>2</sup>.

Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться, как правило, сваркой, а при недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

Токоотводы, соединяющие молниеприемники всех видов с заземлителями, следует выполнять из стали размерами не менее указанных в табл. 3 РД 34.21.122-87.

При установке молниеотводов на защищаемом объекте и невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания (см. п. 2.12 РД 34.21.122-87) токоотводы должны быть проложены к заземлителям по наружным стенам здания кратчайшими путями.

Допускается использование любых конструкций железобетонных фундаментов зданий и сооружений (свайных, ленточных и т.п.) в качестве естественных заземлителей молниезащиты (с учетом требований п. 1.8 РД 34.21.122-87). Допустимые размеры одиночных конструкций железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, приведены в табл. 2 РД 34.21.122-87.

Рекомендуемые конструкции и размеры сосредоточенных искусственных заземлителей приведены в табл. 2 РД 34.21.122-87. Минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей нормированы в табл. 3 РД 34.21.122-87.

От молниеприемников в системе молниезащиты к заземлителям спускаются токоотводы, число которых должно быть не менее двух. В качестве заземлителей системы молниезащиты могут использоваться заземлители электроустановок. Эффективность молниезащиты зависит от того, насколько правильно и качественно выполнено заземление.

Уравнивание потенциалов как элемент внутренней молниезащиты зданий. Электрооборудование зданий становится все более объемным и сложным. Для низковольтных потребителей все ощутимее становится ущерб от грозовых перенапряжений, который возникает вследствие влияния электромагнитных импульсов и несоблюдения безопасного разделительного расстояния между молниеприемником и электротехническими устройствами. Силовые, газовые и водопроводные коммуникации, системы центрального отопления, антенное оснащение и информационные устройства образуют разветвленную сеть электропроводящих систем. В случае удара молнии одна только внешняя молниезащита не в состоянии уберечь чувствительное оборудование внутри здания от повреждения, поэтому требуется система внутренней молниезащиты, и, прежде всего, система уравнивания потенциалов при грозовых явлениях.

Цель уравнивания потенциалов — обеспечить равные потенциалы во всех взаимосвязанных металлических элементах здания, то есть создать эквипотенциальную поверхность. Тогда даже при заносе высокого потенциала внутрь здания он одновременно повышается на всех металлических конструкциях, благодаря чему не возникает опасной разности потенциалов, исключается возможность протекания опасных токов и искрения.

Способы уравнивания потенциалов.

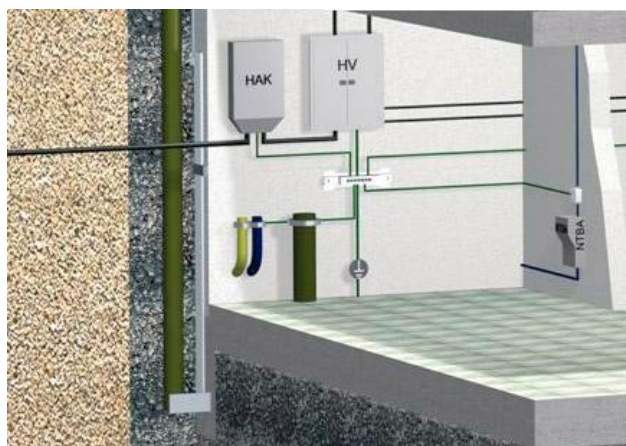
*Основная система уравнивания потенциалов.*

Главная заземляющая шина (ГЗШ)



Устройство основной системы уравнивания потенциалов - важнейшее защитное мероприятие. В соответствии с нормой DIN VDE 0100410 и требованиями

ПУЭ п. 1.7.82, система уравнивания потенциалов в здании должна соединять между собой главную защитную магистраль (нулевой защитный РЕ или PEN-проводник), главную магистраль заземления (заземляющий проводник), главную заземляющую шину (ГЗШ) и проводящие элементы, такие как:



Подключение коммуникаций к ГЗШ

- металлические трубопроводы питающих здание систем (вода, газ и т.д.);
- металлические детали конструкций здания, центрального отопления и климатических установок;
- арматуру железобетонных строительных конструкций и т.д.

Основная система уравнивания потенциалов в большинстве случаев имеет один вывод из здания. ГЗШ устанавливается в помещении распределительного устройства на вводе в здание или как можно ближе к точке ввода.

*Дополнительная система уравнивания потенциалов.*

Уравнивание потенциалов системы молниезащиты.

В связи с большей силой тока и крутизной его нарастания при ударе молнии, возникает гораздо большая разница потенциалов, чем вследствие утечки тока в трехфазной сети. Поэтому, для защиты от воздействий токов молнии требуется выполнить уравнивание потенциалов.

Чтобы избежать неконтролируемых замыканий при ударе молнии, необходимо напрямую или косвенно соединить электроустановки, металлическую оснастку, систему заземления и молниезащитную систему с устройствами защиты.

Проводники системы уравнивания потенциалов должны быть соединены с шиной уравнивания, доступной для испытательных целей. Шина уравнивания потенциалов соединяется с заземлением. Крупные здания могут иметь несколько шин уравнивания потенциалов при условии, что все они будут соединены между собой. Уравнивание потенциалов системы молниезащиты должно происходить на месте ввода проводников в здание (ВРУ), а также там, где не могут быть соблюдены безопасные расстояния, в подвале или на уровне грунта.



В здании, выполненном из железобетона или с металлическим каркасом, или с системой внешней молниезащиты, имеющей отдельное исполнение, уравнивание потенциалов молниезащиты должно быть выполнено только на уровне грунта.

В зданиях, высота которых превышает 30 м, на каждые последующие 20 м выполняется уравнивание потенциалов молниезащиты.

Молниепроводящие элементы необходимо размещать на безопасном расстоянии от системы уравнивания потенциалов, чтобы избежать возникновения импульсных перекрытий. Если безопасное расстояние соблюдения невозможно, то организуются дополнительные связи между молниеприемником, молниеотводом и системой уравнивания потенциалов. При этом нужно учитывать, что дополнительные связи способствуют заносу высокого потенциала внутрь здания.

*Уравнивание потенциалов молниезащиты и электротехнического оборудования.*

Соединения, необходимые для уравнивания потенциалов молниезащиты, следует выполнять в соответствии с положениями ПУЭ, соблюдая нормы сечения проводников.

Следует различать непосредственные соединения и такие, которые устанавливаются через разделительные искровые промежутки.

Допускается непосредственное соединение системы молниезащиты с такими элементами, как:

- защитные связи в сетях TN, TT и IT для защиты от поражения электрическим током при нештатных ситуациях (защита при непрямом контакте);
- заземляющие устройства силовых установок мощностью выше 1 кВт при условии, что не будет заноса высокого потенциала в заземлитель;
- подземные линии заземления приборов защиты от перенапряжений;
- заземление систем дальней коммуникации;
- антенные устройства;
- заземлители системы защиты от перенапряжений охранных сооружений (заборов).

Если силовые или информационные линии экранированы либо проложены в металлической трубе, то дополнительные мероприятия по уравниванию потенциалов не требуются.

Через разделительные искровые промежутки соединяются:

- заземляющие устройства силовых установок более 1 кВт, когда может возникать занос высокого потенциала в заземлитель;
- вспомогательный заземлитель от устройства защитного отключения, срабатывающего от опасного напряжения;
- рельс (или обратный провод) тяговой установки постоянного тока;
- рельс (или обратный провод) тяговой установки переменного тока, когда положения ПУЭ или сигнально технические соображения не позволяют выполнить непосредственное соединение;
- установки с катодной антикоррозионной защитой и с защитой от утечки тока;
- заземление измерительных систем, если они спроектированы отдельно от защитных линий.

Для проведения контрольных испытаний должен быть обеспечен доступ к разъединительным искровым промежуткам.

*Защита групповых сетей зданий.*

Ни строящиеся, ни реконструируемые здания не могут быть сданы в эксплуатацию без установки устройств защитного отключения (УЗО) и автоматических выключателей, обеспечивающих защиту от сверхтоков-токов перегрузки и короткого замыкания. В каталогах иностранных компаний УЗО нередко называют устройствами дифференциальной защиты, дифференциальными реле, дифференциальными модулями и т. п. Применение УЗО в комплексе с автоматическими выключателями сводит к минимуму риск поражения человека током и практически исключает возможность возгорания электроприборов и электропроводки в случаях перегрузки или короткого замыкания в сети. Функционально УЗО является быстродействующим выключателем нагрузки, реагирующим на разницу тока в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке. УЗО состоит из дифференциального трансформатора тока, определяющего разность токов в различных проводниках, порогового элемента, выполненного на чувствительном магнитоэлектрическом реле и исполнительного механизма, состоящего из пружинного привода с контактной группой. В нормальном режиме при отсутствии тока утечки рабочий ток нагрузки, протекая в прямом и обратном проводниках наводит в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но встречно направленные магнитные потоки, компенсирующие друг друга. В результате, ток во вторичной обмотке равен нулю и не вызывает срабатывания порогового.

При утечке тока на землю или прикосновении человека к токоведущим частям баланс токов в прямом и обратном проводниках, а следовательно и магнитных потоков, нарушается. Во вторичной обмотке появляется дифференциальный ток разбаланса, что вызывает срабатывание порогового элемента, воздействующего

на исполнительный механизм. Исполнительный механизм приводит в действие пружинный привод контактной группы и защищаемая цепь обесточивается. Существуют две основных категории УЗО: зависимые от напряжения питания (электронные) и независимые от напряжения питания (электрохимические). Электрохимические УЗО дороже электронных. В европейских странах - Германии, Франции, Бельгии, Италии и др. подавляющее большинство используемых УЗО электрохимические. По электротехническими нормам этих стран электронные устройства устанавливаются только в дополнение к уже имеющимся электрохимическим.

В электронных УЗО функции порогового элемента и частично исполнительного механизма выполняет электронная схема. Цепь тестирования, искусственно создающая дифференциальный ток, предназначена для периодического контроля исправности устройства путем нажатия специальной тестовой кнопки.

Преимущество электрохимических УЗО - их полная независимость от колебаний напряжения в сети. Это особенно важно, поскольку в электрических сетях часто случается обрыв нулевого провода, в результате чего возрастает опасность поражения электротоком, поскольку при прекращении работы электроприборов человек, не являющийся специалистом в области электротехники, чаще всего предполагает, что напряжения в сети нет, и спокойно прикасается к токоведущим частям.

При выборе УЗО наиболее важное значение имеют следующие факторы:

- место установки УЗО;
- параметры УЗО: номинальный ток нагрузки, номинальный дифференциальный отключающий ток (обычно 300 мА на вводе и 30 мА для защиты групповых сетей), термическая стойкость;
- тип системы заземления.

В связи с вводом в России системы заземления TN-C-S и переходом на трехпроводные и пятипроводные сети электроснабжения соответственно с третьим и пятым нулевым защитным проводом при модернизации старых двухпроводных сетей правильная установка УЗО требует, чтобы нулевой рабочий провод не был соединен с нулевым защитным, заземляющим элементы защищаемой электроустановки.

Ток утечки может явиться следствием повреждения изоляции как фазных, так и нулевого рабочего проводников. УЗО реагирует на утечку в обоих случаях. Однако при применении для защиты одно- и трёхфазных автоматических выключателей без демонтажа схемы соединения проводников невозможно найти утечку с нулевого провода методом последовательного отключения полюсов. Поэтому в схемах сетей с нулевым защитным проводником целесообразно применение двух- и четырёхполюсных автоматических выключателей, коммутирующих как фазные, так и нулевые провода.

Интеграция управления инженерным оборудованием зданий.



Интеграцию управления инженерным оборудованием зданий обычно связывают с созданием интеллектуального дома. Первые "интеллектуальные дома" появились у американцев в середине 50-х годов. Интеллектуальность дома обеспечивает техническая система, относящаяся к классу управляющих. Для простоты эту систему называют системой интеллектуального дома или сокращенно СИД.

В единую систему управления зданием положены требования к системам автоматизации и диспетчеризации жилых и общественных зданий, сформулированные в предыдущие годы в строительных нормах и правилах. Они создали заделы для интеграции локальных решений в системе управления зданием. В настоящее время во всех вновь строящихся и капитально ремонтируемых зданиях, от крупных общественных и жилых сооружений до коттеджей, устанавливаются средства контроля и управления, а многие из них оснащаются интегрированными системами управления.

Система интеллектуализации дома включает следующие подсистемы:

- локальные (встроенные или спроектированные для конкретного объекта) подсистемы управления (ЛСУ) инженерными системами здания: внутреннего и наружного освещения, теплоснабжения и горячего водоснабжения, приточно-вытяжной вентиляции, кондиционирования, холодоснабжения, пожарной сигнализации и пожаротушения, дымоудаления, водоснабжения и канализации, лифтового хозяйства, гаражных подъемников, безопасности (видеонаблюдения и контроля доступа), видео-акустики, бассейна, ванн, бань, обогрева полов и водостоков и ряд других;
- подсистему централизованного контроля и управления (СЦКУ) состоянием инженерных систем и домом в целом, включающую также технический и коммерческий учет электрической и тепловой энергии, потребления воды, газа;
- подсистему контроля качества технического обслуживания инженерных систем здания.

В идеальном варианте система автоматизации здания может быть построена в рамках единой идеологии и на единых технических и программных средствах. В этом случае отсутствовали бы трудности интеграции ЛСУ и СЦКУ, в полном объеме и наиболее рационально реализовывались функции автоматизации.

Однако инженерное оборудование здания обычно включает встроенные или спроектированные для конкретного объекта, оснащенные собственными щитами и панелями управления ЛСУ. Более того, из соображений безопасности и соблюдения гарантий съем сигналов из щитов ЛСУ возможен только силами или с участием фирм-поставщиков инженерного оборудования здания и обычно требует установки в этих щитах дополнительной аппаратуры.

Для большинства инженерных систем здания в зависимости от требуемого уровня их автоматизации сформировались технические решения собственно ЛСУ и интеграции их с СЦКУ. Это такие подсистемы:

Электрическое освещение. Здесь достаточно широкий спектр решений автоматизации - от централизованного контроля состояния электрических цепей

(ЛСУ отсутствует) до проектирования электрического освещения на базе стандартизированных распределенных систем, включающих установочные изделия, датчики, исполнительные механизмы, контроллеры, сенсорные панели и даже программное обеспечение конфигурирования и визуализации на ЭВМ. (SCADA-системы). Наиболее известные системы - IEB (шинная организация), x10 (передача данных по электропроводке), LonWorks (использование радиосвязи). Для небольших установок, которые располагаются в домах, деловых помещениях и изолированных офисах в больших зданиях хорошо адаптирована и крайне проста в применении слаботочная система с радиальной структурой Lexel ИС корпорации Schneider Electric, которая обеспечивает повышенную безопасность путем обесточивания не используемых в данный момент электрических цепей. Еще более проста конфигурируемая с помощью кнопок управления модульная система управления AMIGO этой же фирмы. Эти системы обеспечивают контроль и других параметров - протечек воды, несанкционированного присутствия, температурных режимов помещений, управления жалюзи. "Интеллектуальное здание" в значительной мере может быть построено с помощью этих программно-технических средств. Однако остается наиболее острая проблема - интеграция средств автоматизации всех инженерных систем здания: стыковка их контроллеров и программного обеспечения с другими системами.

Теплоснабжение и горячее водоснабжение, приточно-вытяжная вентиляция, кондиционирование, холодоснабжение.

Каждая из перечисленных инженерных систем может быть оснащена локальной системой автоматизации, в т.ч. на базе контроллеров. Наиболее развитые ЛСУ объединяют управление этими инженерными системами (например, системы "чиллер-центральный кондиционер-фэнкойлы"), позволяя добиться наиболее комфортной среды и экономичного функционирования инженерного оборудования. В этих ЛСУ наиболее часто используются средства автоматизации фирм Honeywell, Jonson Controls, Andover Controls.

Системы безопасности. Мультиплексоры современных систем безопасности (MPX и др.) имеют возможность связи с компьютером через интерфейсы RS-232C/485 и позволяют передавать информацию о состоянии видеокамер, появлении движущихся объектов, принимать команды на изменение угла поворота и включение камер.

Лифты и подъемники. Информация из ЛСУ лифтами, гаражными подъемниками, об их состоянии и местоположении из сообщений безопасности и соблюдения гарантий на оборудование может быть выведена на внешние выводы фирмами, осуществляющими поставку и монтаж этого оборудования. Фирмы-производители предлагают системы компьютерного мониторинга и диагностики лифтового оборудования, представляющие выделенный программно-технический комплекс, изолированный от возможности интеграции в единую систему контроля здания.

Централизованный контроль и управление объектами здания, не охваченными локальными системами управления, для зданий площадью менее 5000 кв.м.

(длина трасс от датчиков до диспетчерской - до 100 м.) обычно реализуется сгруппированными в диспетчерской техническими средствами обработки информации (компьютеры, контроллеры Simatic, Modicon, Omron, CONTINUUM и т.п.). Для крупных зданий, а также при наличии нескольких щитовых помещений целесообразно использование распределенных сетей контроллеров и средств сбора данных. Интегрированные системы управления зданием Infinity и Continuum американской корпорации Andover Controls Из отечественного оборудования здесь эффективно применение недорогих и надежных распределенных средств ДЕКОНТ. При невозможности прокладки трасс кабелей от датчиков применяется оборудование, позволяющее передавать информацию по электрическим сетям здания или по радиоканалам (X10, LonWorks, Crestron, AMX, ДЕКОНТ и др.).

Датчиковое хозяйство СЦКУ конкретного здания может быть представлено десятками типов устройств: счетчики расходов воды, газа, электроэнергии, датчики утечки газа, протечки и уровня воды, температуры воды и воздуха, влажности, освещенности и др. Исполнительные механизмы могут включать: приводы заслонок приточной вентиляции, термостатические регуляторы, реле управления различными устройствами и электрическими цепями и т. п. Устанавливаемое в здании инженерное оборудование должно позволять получать в СЦКУ информацию о его состоянии. Например, вспомогательные устройства для автоматических выключателей электрооборудования фирмы Merlin Gerin позволяют снимать сигналы состояния и повреждения автоматов, дистанционно их отключать. В здании может быть до 50 инженерных систем, все они абсолютно разнородны. Раньше строительные технологии существенно перевешивали инженерные системы по затратам. Сегодня они сравнялись. Оценки специалистов показывают, что вложения в создание интеллектуального здания на этапе строительства окупаются через 3-5 лет, после чего здание начинает приносить своему владельцу реальную прибыль, точнее, сокращать эксплуатационные издержки.

## Лекция 2

### 20. Устройство наружных электрических сетей и линий связи.

*Воздушная линия электропередачи (ВЛ)* - устройство, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикреплённым с помощью траверс (кронштейнов), изоляторов и арматуры к опорам или другим сооружениям (мостам, путепроводам). *Опора воздушной линии электропередачи* - сооружение для удержания проводов и, при наличии, грозозащитных тросов воздушной линии электропередачи и оптоволоконных линий связи на заданном расстоянии от поверхности земли и друг от друга.

Опоры ЛЭП предназначены для сооружений линий электропередач напряжением 35 кВ и выше при расчётной температуре наружного воздуха

до  $-65^{\circ}\text{C}$  и являются одним из главных конструктивных элементов ЛЭП, отвечающим за крепление и подвеску электрических проводов на определённом уровне.

В состав воздушных линий электропередачи входят: провода, траверсы, изоляторы, арматура, опоры. Кроме того, в состав воздушных линий входят устройства, необходимые для нормальной работы линии: грозозащитные тросы, разрядники, заземление, секционирующие устройства, а также:

- волоконно-оптические линии связи (в виде отдельных самонесущих кабелей, либо встроенные в грозозащитный трос, силовой провод)
- вспомогательное оборудование для нужд эксплуатации (аппаратура высокочастотной связи, ёмкостного отбора мощности и др.)
- элементы маркировки высоковольтных проводов и опор ЛЭП для обеспечения безопасности полётов воздушных судов. Опоры маркируются сочетанием красок определённых цветов, провода - авиационными шарами для обозначения в дневное время. Для обозначения в дневное и ночное время суток применяются огни светового ограждения.

*Классификация воздушных линий электропередачи.*

По роду тока: ВЛ переменного тока, ВЛ постоянного тока.

В основном, ВЛ служат для передачи переменного тока. И лишь в отдельных случаях (например, для связи энергосистем, питания контактной сети и др.) используют линии постоянного тока.

По назначению:

- сверхдальние ВЛ напряжением 500 кВ и выше (предназначены для связи отдельных энергосистем;
- магистральные ВЛ напряжением 220 и 330 кВ (предназначены для передачи энергии от мощных электростанций, а также для связи энергосистем и объединения электростанций внутри энергосистем к примеру, соединяют электростанции с распределительными пунктами);
- распределительные ВЛ напряжением 35, 110 и 150 кВ (предназначены для электроснабжения предприятий и населённых пунктов крупных районов
- соединяют распределительные пункты с потребителями);
- ВЛ 20 кВ и ниже, подводящие электроэнергию к потребителям.

По напряжению:

- ВЛ до 1000 В (ВЛ низшего класса напряжений)
- ВЛ выше 1000 В
- ВЛ 1–35 кВ (ВЛ среднего класса напряжений)
- ВЛ 110–220 кВ (ВЛ высокого класса напряжений)
- ВЛ 330–750 кВ (ВЛ сверхвысокого класса напряжений)
- ВЛ выше 750 кВ (ВЛ ультравысокого класса напряжений)

Эти группы существенно различаются, в основном, требованиями в части расчётных условий и конструкций.

## 20.1. Устройство сетей электроснабжения напряжением до 1 кВ включительно.

Воздушная линия (ВЛ) электропередачи напряжением до 1 кВ – это устройство для передачи и распределения электроэнергии по изолированным или неизолированным проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным линейной арматурой к опорам, изоляторам или кронштейнам, к стенам зданий и к инженерным сооружениям.

Магистраль ВЛ - участок линии от питающей трансформаторной подстанции до конечной опоры. К магистрали ВЛ могут быть присоединены линейные ответвления или ответвления к вводу. Линейное ответвление от ВЛ - участок линии, присоединенной к магистрали ВЛ, имеющий более двух пролетов.

Воздушные линии электропередачи должны размещаться так, чтобы опоры не загораживали входы в здания и въезды во дворы и не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта (у въездов во дворы, вблизи съездов с дорог, при пересечении дорог), опоры должны быть защищены от наезда (например, отбойными тумбами).

На опорах ВЛ на высоте не менее 2 м от земли через 250 м на магистрали ВЛ должны быть установлены (нанесены): порядковый номер опоры; плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи (на опорах, установленных на расстоянии менее 4 м до кабелей связи), ширина охранной зоны и телефон владельца ВЛ.

Расстояние от изолированных проводов до зеленых насаждений должно быть не менее 0,5 м. Конструкции опор ВЛ должны быть защищены от коррозии с учетом требований ПУЭ (2.5.25, 2.5.26) и строительных норм и правил.

Защиту ВЛ от электрических перегрузок следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 3.1(ПУЭ).

*Материалы для проводов воздушных линий.*

Основное требование, предъявляемое к материалу проводов воздушных линий – малое электрическое сопротивление. Кроме того, материал, применяемый для изготовления проводов, должен обладать:

- достаточной механической прочностью;
- быть устойчивым к действию влаги и находящихся в воздухе химических веществ.

Чаще всего используют провода из алюминия и стали. Это позволяет экономить цветные металлы (медь) и снижать стоимость проводов.

Медные провода применяют на специальных линиях.

Алюминий обладает малой механической прочностью, что приводит к увеличению стрелы провеса и, соответственно, к увеличению высоты опор или уменьшению длины пролета. Стальные провода применяют при передаче небольших мощностей электроэнергии на короткие расстояния.

Наименьшие допустимые сечения проводов воздушных ЛЭП напряжением более 1000 В выбираются по условиям механической прочности с учетом возможной

толщины их обледенения. Для воздушных ЛЭП напряжением до 1000В по условиям механической прочности применяются провода, имеющие сечения не менее:

- алюминиевые – 16мм<sup>2</sup>;
- сталеалюминиевые – 10мм<sup>2</sup>;
- стальные однопроволочные – 4мм<sup>2</sup>.

*Провода. Линейная арматура.*

На ВЛ должны, как правило, применяться самонесущие изолированные провода (СИП). СИП должен относиться к категории защищенных, иметь изоляцию из трудносгораемого светостабилизированного синтетического материала, стойкого к ультрафиолетовому излучению и воздействию озона.

Магистраль ВЛ, как правило, следует выполнять проводами неизменного сечения. Сечения фазных проводов магистрали ВЛ рекомендуется принимать не менее 50 мм<sup>2</sup>.

Длина пролета ответвления от ВЛ к вводу должна определяться расчетом в зависимости от прочности опоры, на которой выполняется ответвление, высоты подвески проводов ответвления на опоре и на вводе, количества и сечения жил проводов ответвления.

При расстояниях от магистрали ВЛ до здания, превышающих расчетные значения пролета ответвления, устанавливается необходимое число дополнительных опор.

Крепление, соединение СИП и присоединение к СИП следует производить следующим образом:

- 1) крепление провода магистрали ВЛИ на промежуточных и угловых промежуточных опорах - с помощью поддерживающих зажимов;
- 2) крепление провода магистрали ВЛИ на опорах анкерного типа, а также концевое крепление проводов ответвления на опоре ВЛИ и на вводе - с помощью натяжных зажимов;
- 3) соединение провода ВЛИ в пролете - с помощью специальных соединительных зажимов; в петлях опор анкерного типа допускается соединение неизолированного несущего провода с помощью плашечного зажима. Соединительные зажимы, предназначенные для соединения несущего провода в пролете, должны иметь механическую прочность не менее 90 % разрывного усилия провода;
- 4) соединение фазных проводов магистрали ВЛИ - с помощью соединительных зажимов, имеющих изолирующее покрытие или защитную изолирующую оболочку;
- 5) соединение проводов в пролете ответвления к вводу не допускается;
- 6) соединение заземляющих проводников - с помощью шашечных зажимов;
- 7) ответвительные зажимы следует применять в случаях: ответвления от фазных жил, за исключением СИП со всеми несущими проводниками жгута; ответвления от несущей жилы.

Крепление поддерживающих и натяжных зажимов к опорам ВЛИ, стенам зданий и сооружениям следует выполнять с помощью крюков и кронштейнов.

Соединения проводов в пролетах ВЛ следует производить при помощи соединительных зажимов, обеспечивающих механическую прочность не менее 90 % разрывного усилия провода. В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод.

В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями соединение проводов ВЛ не допускается.

Соединение проводов в петлях анкерных опор должно производиться при помощи зажимов или сваркой.

*Расположение проводов на опорах.*

На опорах допускается любое расположение изолированных и неизолированных проводов ВЛ независимо от района климатических условий. Нулевой провод ВЛ с не изолированными проводами, как правило, следует располагать ниже фазных проводов. Изолированные провода наружного освещения, прокладываемые на опорах ВЛИ, могут размещаться выше или ниже СИП, а также быть скрученными в жгут СИП.

Неизолированные и изолированные провода наружного освещения, прокладываемые на опорах ВЛ, должны располагаться, как правило, над PEN (PE) проводником ВЛ.

*Изоляция.*

Самонесущий изолированный провод крепится к опорам без применения изоляторов.

На ВЛ с неизолированными и изолированными проводами независимо от материала опор, степени загрязнения атмосферы и интенсивности грозовой деятельности следует применять изоляторы либо траверсы из изоляционных материалов.

Выбор и расчет изоляторов и арматуры выполняются в соответствии с ПУЭ (2.5.100).

На опорах ответвлений от ВЛ с неизолированными и изолированными проводами следует, как правило, применять многошейковые или дополнительные изоляторы.

*Заземление. Защита от перенапряжений.*

На опорах ВЛ должны быть выполнены заземляющие устройства, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозových перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом.

Металлические опоры, металлические конструкции и арматура железобетонных элементов опор должны быть присоединены к PEN-проводнику.

На железобетонных опорах PEN-проводник следует присоединять к арматуре железобетонных стоек и подкосов опор.

Крюки и штыри деревянных опор ВЛ, а также металлических и железобетонных опор при подвеске на них СИП с изолированным несущим проводником или со всеми несущими проводниками жгута заземлению не подлежат,

за исключением крюков и штырей на опорах, где выполнены повторные заземления и заземления для защиты от атмосферных перенапряжений.

Крюки, штыри и арматура опор ВЛ напряжением до 1 кВ, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, должны быть заземлены.

Защитные аппараты, устанавливаемые на опорах ВЛ для защиты от грозовых перенапряжений, должны быть при соединены к заземлителю отдельным спуском.

#### *Опоры.*

На ВЛ могут применяться опоры из различного материала. Для ВЛ следует применять следующие типы опор:

1) промежуточные, устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ;

2) анкерные, устанавливаемые для ограничения анкерного пролета, а также в местах изменения числа, марок и сечений проводов ВЛ. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности натяжения проводов, направленные вдоль ВЛ;

3) угловые, устанавливаемые в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать результирующую нагрузку от натяжения проводов смежных пролетов. Угловые опоры могут быть промежуточными и анкерного типа;

4) концевые, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее натяжение всех проводов.

Опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ, называются ответвительными; опоры, на которых выполняется пересечение ВЛ разных направлений или пересечение ВЛ с инженерными сооружениями, - перекрестными. Эти опоры могут быть всех указанных типов.

Конструкции опор должны обеспечивать возможность установки:

- светильников уличного освещения всех типов;
- концевых кабельных муфт;
- защитных аппаратов, секционирующих и коммутационных аппаратов;
- шкафов и щитков для подключения электроприемников.

Габариты, пересечения и сближения ВЛ с другими объектами перечислены в ПУЭ 2.4.55 - 2.4.89. Пересечения и сближения ВЛ с инженерными сооружениями: ПУЭ 2.4.90 - 2.4.95.

## 20.2. Устройство сетей электроснабжения напряжением до 35 кВ включительно.

Воздушная линия электропередачи выше 1 кВ - устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе



и прикрепленным при помощи изолирующих конструкций и арматуры к опорам, несущим конструкциям, кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

За начало и конец ВЛ (ВЛЗ) принимаются:

- у ЗРУ - место выхода провода из аппаратного зажима, присоединяемого к проходному изолятору;
- у ОРУ с линейными порталами - место выхода провода из зажима натяжной гирлянды изоляторов на линейном портале в сторону ВЛ;
- у КТП - место крепления провода к изолятору КТП или место выхода провода из аппаратного зажима;
- у ТП с выносным разъединителем - место выхода провода из аппаратного зажима, присоединяемого к разъединителю.

Пролет ВЛ - участок ВЛ между двумя опорами или конструкциями, заменяющими опоры.

Длина пролета - горизонтальная проекция этого участка ВЛ.

В качестве грозозащитных тросов следует, как правило, применять стальные канаты, изготовленные из оцинкованной проволоки для особо жестких агрессивных условий работы (ОЖ) и по способу свивки нераскручивающиеся (Н) сечением не менее:

- 35 на ВЛ 35 кВ без пересечений;
- 35 - на ВЛ 35 кВ в пролетах пересечений с железными дорогами общего пользования и электрифицированными в районах по гололеду I-II;

На ВЛ 35 кВ должны применяться подвесные или стержневые изоляторы. Допускается применение штыревых изоляторов.

На ВЛ 20 кВ и ниже должны применяться:

- 1) на промежуточных опорах - любые типы изоляторов;
- 2) на опорах анкерного типа - подвесные изоляторы, допускается применение штыревых изоляторов в районе по гололеду I и в ненаселенной местности.

Для ВЛ до 35 кВ применение грозозащитных тросов не требуется.

На ВЛЗ 6-20 кВ рекомендуется устанавливать устройства защиты изоляции проводов при грозовых перекрытиях.

На ВЛ 6-20 кВ на деревянных опорах по условиям молниезащиты применение металлических траверс не рекомендуется.

На ВЛ с деревянными опорами portalного типа расстояние между фазами по дереву должно быть не менее: 3 м - для ВЛ 35 кВ.

На одностоечных деревянных опорах допускаются следующие расстояния между фазами по дереву: 0,75 м - для ВЛ 3-20 кВ; 2,5 м - для ВЛ 35 кВ при условии соблюдения расстояний в пролете согласно 2.5.94 ПУЭ.

### 20.3. Устройство сетей электроснабжения напряжением до 330 кВ включительно.

На ВЛ 110 кВ и выше длиной более 100 км для ограничения не симметрии токов и напряжений должен выполняться один полный цикл транспозиции. Двухцепные ВЛ 110 кВ и выше рекомендуется выполнять с противоположным чередованием фаз цепей (смежные фазы разных цепей должны быть разноименными). Схемы транспозиции обеих цепей рекомендуется выполнять одинаковыми.

Применение опор с оттяжками на участках ВЛ до 330 кВ, проходящих по обрабатываемым землям, не допускается.

Установка деревянных опор ВЛ 110 кВ и выше в местностях, где возможны низовые или торфяные пожары, не рекомендуется.

На траверсах опор ВЛ 35-220 кВ, в том числе в местах крепления поддерживающих гирлянд изоляторов, а также на тросостойках для исключения возможности посадки или гнездования птиц предусматривать установку противоптичьих заградителей.

В качестве грозозащитных тросов следует, как правило, применять стальные канаты, изготовленные из оцинкованной проволоки для особо жестких агрессивных условий работы (ОЖ) и по способу свивки нераскручивающиеся (Н) сечением не менее:

- 50 - на ВЛ 110-150 кВ;
- 70 - на ВЛ 220 кВ и выше.

На ВЛ может применяться любое расположение проводов на опоре: горизонтальное, вертикальное, смешанное. На ВЛ 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов предпочтительной является схема со смещением проводов соседних ярусов по горизонтали; в районах по гололеду IV и более рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов.

На ВЛ 110 кВ и выше должны применяться подвесные изоляторы, допускается применение стержневых и опорно-стержневых изоляторов. на ВЛ 35 - 220 кВ - стеклянные, полимерные и фарфоровые, преимущество должно отдаваться стеклянным или полимерным изоляторам.

Поддерживающие гирлянды изоляторов для промежуточно-угловых опор ВЛ 330 кВ и выше должны выполняться двух цепными.

На ВЛ 110 кВ и выше в условиях труднодоступной местности рекомендуется применение двухцепных поддерживающих и натяжных гирлянд изоляторов с раздельным креплением к опоре.

Воздушные линии 110 кВ на деревянных опорах в районах с числом грозových часов до 40, как правило, не должны защищаться тросами, а в районах с числом грозových часов более 40 защита их тросами обязательна.

При выполнении защиты ВЛ от грозových перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

1) одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более  $30^\circ$ , а опоры с двумя тросами - не более  $20^\circ$ ;

2) на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам для ВЛ 110-330 кВ должен быть не более 20 градусов.

В районах по гололеду IV и более и в районах с частой и интенсивной пляской проводов для ВЛ 110-330 кВ допускается угол защиты до  $30^\circ$ .

На ВЛ с деревянными опорами portalного типа расстояние между фазами по дереву должно быть не менее: 4 м – для ВЛ 110 кВ; 4,8 м - для ВЛ 150 кВ; 5 м – для ВЛ 220 кВ.

#### 20.4. Устройство сетей электроснабжения напряжением более 330 кВ.

При отметках более 1 000 м над уровнем моря для ВЛ 500 кВ и выше рекомендуется рассматривать целесообразность изменения конструкции средней фазы по сравнению с крайними фазами.

На ВЛ 330 кВ и выше рекомендуется применять, как правило, стеклянные изоляторы.

Поддерживающие гирлянды изоляторов ВЛ 750 кВ должны выполняться двухцепными с отдельным креплением к опоре.

В двухцепных поддерживающих гирляндах изоляторов цепи следует располагать вдоль оси ВЛ.

Для защиты проводов шлейфов (петель) от повреждений при соударении с арматурой натяжных гирлянд изоляторов ВЛ с фазами, расщепленными на три провода и более, на них должны быть установлены предохранительные муфты в местах приближения проводов шлейфа к арматуре гирлянды.

Двух- и трех цепные натяжные гирлянды изоляторов следует предусматривать с отдельным креплением к опоре. Допускается натяжные гирлянды с количеством цепей более трех крепить к опоре не менее чем в двух точках.

Конструкции натяжных гирлянд изоляторов расщепленных фаз и их узел крепления к опоре должны обеспечивать отдельный монтаж и демонтаж каждого провода, входящего в расщепленную фазу.

На ВЛ 330 кВ и выше в натяжных гирляндах изоляторов с отдельным креплением цепей к опоре должна быть предусмотрена механическая связка между всеми цепями гирлянды, установленная со стороны проводов.

В натяжных гирляндах изоляторов ВЛ 330 кВ и выше со стороны пролета должна быть установлена экранная защитная арматура.

В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод и трос.

Воздушные линии 110-750 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине.

Сооружение ВЛ 110-500 кВ или их участков без тросов допускается:

- 1) в районах с числом грозových часов в году менее 20 и в горных районах с плотностью разрядов на землю менее 1,5 на 1 кв в год;
- 2) на участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами ( $\rho > 0,1 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ );
- 3) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 25 мм;
- 4) для ВЛ с усиленной изоляцией провода относительно заземленных частей опоры при обеспечении расчетного числа грозových отключений линии, соответствующего расчетному числу грозových отключений ВЛ такого же напряжения с тросовой защитой.

Число грозových отключений линии для случаев, определенное расчетом с учетом опыта эксплуатации, не должно превышать без усиления изоляции трех в год для ВЛ 110-330 кВ и одного в год - для ВЛ 500 кВ.

Воздушные линии 110-220 кВ, предназначенные для электроснабжения объектов добычи и транспорта нефти и газа, должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине (независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного эквивалентного сопротивления земли).

При выполнении защиты ВЛ от грозových перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

- 1) одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более  $30^\circ$ , а опоры с двумя тросами - не более  $20^\circ$ ;
- 2) на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам для ВЛ 500 кВ - не более  $25^\circ$ , для ВЛ 750 кВ - не более  $22^\circ$ .

Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220-750 кВ должно быть выполнено при помощи изоляторов, шунтированных ИП размером не менее 40 мм.

На ВЛ 500-750 кВ для улучшения условий самопогасания дуги сопровождающего тока промышленной частоты и снижения потерь электроэнергии рекомендуется применять скрещивание тросов.

#### 20.5. Монтаж и демонтаж опор для воздушных линий электропередачи напряжением до 35 кВ.

Монтажные работы осуществляются в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), введенными в действие в соответствии с Приказом Минэнерго России от 20.05.2003 года №187.

- глава 2.4 воздушные линии электропередачи напряжением до 1000В;
- глава 2.5 воздушные линии электропередачи напряжением свыше 1000В.

Для каждой группы установлены технические требования их устройства.

*Опоры воздушных линий электропередачи.*

Опоры ВЛ разделяются на два основных вида: анкерные опоры, полностью воспринимающие натяжение проводов и тросов в смежных с опорой пролетах, и промежуточные, которые не воспринимают натяжение проводов или воспринимают его частично. На базе анкерных опор могут выполняться концевые

и транспозиционные опоры. Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

#### Концевая анкерная опора



Концевая анкерная опора двух цепной ВЛ 110 кВ с высокочастотными заградителями и самонесущим волоконно-оптическим кабелем в междупазном пространстве.

В зависимости от количества подвешиваемых на них цепей опоры разделяются на одно цепные, двух цепные и много цепные. Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

Промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции; анкерные опоры должны быть жесткими. Допускается применение анкерных опор гибкой конструкции для ВЛ до 35 кВ.

К опорам жесткой конструкции относятся опоры, отклонение верха которых (без учета поворота фундаментов) при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не превышает  $1/100$  высоты опоры. При отклонении верха опоры более  $1/100$  высоты опоры относятся к опорам гибкой конструкции.

Опоры анкерного типа могут быть нормальной и облегченной конструкции.

Опоры воздушной линии электропередачи поддерживают провода на заданном расстоянии друг от друга и от поверхности земли. Промежуточные опоры устанавливают на прямых участках трассы и предназначены только для поддержания проводов. Они не воспринимают натяжение проводов или воспринимают его частично. Могут быть гибкой и жесткой конструкции, прямыми и угловыми.

Анкерные опоры устанавливают для перехода ВЛ через инженерные сооружения или естественные преграды, в начале, в конце и на поворотах ЛЭП. Они воспринимают продольную нагрузку от разности натяжения проводов и тросов в смежных анкерных пролетах. Могут быть прямыми и угловыми. Они должны быть жесткими. Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

В зависимости от количества подвешиваемых на них цепей опоры делятся на одно цепные, двух цепные и много цепные.

Устанавливают опоры на железобетонных фундаментах или непосредственно в грунте.

#### *Изоляторы.*

Для изоляции проводов и крепления их к опорам линий электропередач служат линейные изоляторы, которые наряду с электрической должны также обладать достаточной механической прочностью.

В зависимости от способа крепления на опоре различают:

- *Штыревые* изоляторы. Их крепят на стальных крюках или штырях. Крюки ввертывают непосредственно в деревянные опоры. Штыри устанавливают на металлических, железобетонных или деревянных траверсах. Для крепления изоляторов на штырях или крюках используют переходные полиэтиленовые колпачки. Разогретый колпачок плотно надвигают на штырь до упора, после этого на него навинчивают изолятор. Применяют на линиях напряжением до 35кВ для подвешивания сравнительно легких проводов. В зависимости от условий трассы используются различные типы крепления проводов. Провод на промежуточных опорах укрепляют обычно на головке штыревых изоляторов. На угловых и анкерных опорах – на шейке изоляторов. На угловых опорах провод располагают с наружной стороны изоляторов по отношению к углу поворота линии.

- *Подвесные* изоляторы. Применяют на воздушных линиях 35кВ и выше. Они состоят из фарфоровой или стеклянной тарелки (изолирующая деталь), шапки из ковкого чугуна и стержня. Конструкция гнезда шапки и головки стержня обеспечивает сферическое шарнирное соединение изоляторов при комплектовании гирлянд. Гирлянды собирают и подвешивают к опорам и тем самым обеспечивают необходимую изоляцию проводов. Вязку проводов выполняют вручную, используя монтерские пассатижи. Особое внимание обращают на плотность прилегания вязальной проволоки к проводу и на положение концов вязальной проволоки (они не должны торчать).

Наименьшая допустимая высота расположения нижнего крюка на опоре от уровня земли составляет:

- в ЛЭП напряжением до 1000В для промежуточных опор от 7м, для переходных опор – 8,5м;

- в ЛЭП напряжением более 1000В высота расположения нижнего крюка для промежуточных опор составляет 8,5м, для угловых (анкерных) опор – 8,35м.

### 20.6. Монтаж и демонтаж опор для воздушных линий электропередачи напряжением до 500 кВ.

#### *Устройство котлованов и фундаментов под опоры воздушных линий.*

Выполняют работы согласно правилам производства работ, изложенным в СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Котлованы

под стойки опор разрабатываются, как правило, буровыми машинами. Разработку котлованов необходимо производить до проектной отметки.

Строительные материалы, применяемые для опор линий электропередачи.

*Деревянные опоры.* Устанавливают на ЛЭП напряжением до 220кВ.

На изготовление идут преимущественно сосновые и лиственные столбы, пропитанные антисептиком. Качество пропитки должно соответствовать ГОСТ 20022.2-80.



Железобетонная опора ЛЭП 220/380В с фарфоровыми линейными изоляторами.

*Железобетонные опоры.* Их преимущество – простота конструкции и технологичность заводского изготовления. Обычно имеют кольцевое или прямоугольное сечение. Наиболее распространены промежуточные одностоечные ж/б опоры с металлическими траверсами, устанавливаемыми непосредственно в грунте. На линиях напряжением 110-500 кВ широко используются промежуточные и анкерно-угловые ж/б опоры с оттяжками.

*Металлические опоры.* Обладают меньшей, чем железобетонные, массой и высокой механической прочностью. Это позволяет создавать опоры значительной высоты и большой нагрузки. Применяются на линиях всех напряжений, часто в сочетании с ж/б промежуточными опорами. Они незаменимы на линиях с большими механическими нагрузками, например, на переходах. Изготавливают в основном из стали. Для защиты от коррозии их окрашивают или оцинковывают.

*Сборка и установка опор.*

Размер площадки для сборки и установки опоры должен приниматься в соответствии с технологической картой или схемой сборки опоры, указанной в ППР.

Тросовые оттяжки должны иметь антикоррозийное покрытие.

Перед установкой опор методом поворота с помощью шарнира необходимо предусматривать предохранение фундаментов от сдвигающих усилий.

В направлении, обратном подъему, следует применять тормозное устройство. Гайки, крепящие опоры, должны быть завернуты до отказа и закреплены от самоотвинчивания закернением резьбы болта не менее 3мм. При креплении опоры на фундаменте допускается устанавливать между пятой опоры и верхней плоскостью фундамента не более четырех стальных прокладок общей толщиной до 40мм. Прокладки должны быть соединены между собой и пятой опоры сваркой.

#### 20.7. Монтаж и демонтаж опор для воздушных линий электропередачи напряжением более 500 кВ.

##### Классификация опор.

По назначению:

- *Промежуточные опоры* устанавливаются на прямых участках трассы ВЛ, предназначены только для поддержания проводов и тросов и не рассчитаны на нагрузки от натяжения проводов вдоль линии. Обычно составляют 80—90% всех опор ВЛ.
- *Угловые опоры* устанавливаются на углах поворота трассы ВЛ, при нормальных условиях воспринимают равнодействующую сил натяжения проводов и тросов смежных пролётов, направленную по биссектрисе угла, дополняющего угол поворота линии на  $180^\circ$ . При небольших углах поворота (до  $15—30^\circ$ ), где нагрузки невелики, используют угловые промежуточные опоры. Если углы поворота больше, то применяют угловые анкерные опоры, имеющие более жёсткую конструкцию и анкерное крепление проводов.
- *Анкерные опоры* устанавливаются на прямых участках трассы для перехода через инженерные сооружения или естественные преграды, воспринимают продольную нагрузку от натяжения проводов и тросов. Их конструкция отличается жесткостью и прочностью.
- *Концевые опоры* - разновидность анкерных и устанавливаются в конце или начале линии. При нормальных условиях работы ВЛ они воспринимают нагрузку от одностороннего натяжения проводов и тросов.
- *Специальные опоры: транспозиционные* - для изменения порядка расположения проводов на опорах; *ответвительные* - для устройства ответвлений от магистральной линии; *перекрёстные* - при пересечении ВЛ двух направлений; *противоветровые* - для усиления механической прочности ВЛ; *переходные* - при переходах ВЛ через инженерные сооружения или естественные преграды.





Специальная концевая опора - переход от воздушной линии  
к подземной кабельной линии.

*Монтаж изоляторов и линейной аппаратуры.*

- изоляторы перед монтажом должны быть проверены на целостность фарфора;
- подкладки под фланцы изоляторов не должны выступать за пределы фланцев;
- оси всех стоящих в ряду опорных и проходных изоляторов не должны отклоняться в сторону более чем на 5мм;
- монтаж гирлянд подвесных изоляторов открытых распределительных устройств должен удовлетворять следующим требованиям:
- соединительные ушки, скобы, промежуточные звенья и др. должны быть зашплинтованы;
- арматура гирлянд должна соответствовать размерам изоляторов и проводов.

#### 20.8. Монтаж и демонтаж проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи напряжением до 35 кВ включительно.

Аллюминиевые, сталеаллюминиевые провода и провода из алюминийевого сплава при монтаже их в стальных поддерживающих и натяжных (болтовых, клиновых) зажимах должны быть защищены алюминийевыми прокладками, медные провода - медными прокладками.

Крепление проводов на штыревых изоляторах следует выполнять проволоочными вязками, специальными зажимами или хомутами.

Провода ответвлений от ВЛ напряжением до 1000В должны иметь анкерное крепление.

На ВЛ напряжением до 20 кВ грозозащитные тросы обычно не применяются.

## 20.9. Монтаж и демонтаж проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи напряжением свыше 35 кВ.

*Грозозащитный трос* - заземлённый протяжённый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи над проводами. В качестве грозозащитных тросов применяются стальные канаты или иногда сталеалюминиевые провода со стальным сердечником увеличенного сечения. Стальные канаты условно обозначают буквой С и цифрами, указывающими площадь их сечения (например, С-35). Как правило, в качестве грозозащитных тросов на ВЛ 35кВ применяются канаты 8,0-Н-120-1-СС ГОСТ 3062 (ТК 8.0), на ВЛ 110 и 150кВ - канаты 9,1-Г-1-СС-Н-140 ГОСТ 3063-80 (ТК 9.1), на ВЛ 220кВ и выше - канаты 11,0-Г-1-СС-Н-140 ГОСТ 3063-80 (ТК 11.0).



Опора ЛЭП.

Над каждой группой токоведущих проводов расположен грозозащитный трос. В зависимости от расположения, количества проводов на опорах ВЛ, сопротивления грунта, класса напряжения ВЛ, необходимой степени грозозащиты монтируют один или несколько тросов. Высота подвеса грозозащитных тросов определяется в зависимости от угла защиты, то есть угла между вертикалью, проходящей через трос, и линией, соединяющей трос с крайним проводом, который может изменяться в широких пределах и даже быть отрицательным.

ВЛ 110 - 220 кВ на деревянных опорах и ВЛ 35 кВ (независимо от материала опор) чаще всего защищают тросом только подходы к подстанциям.

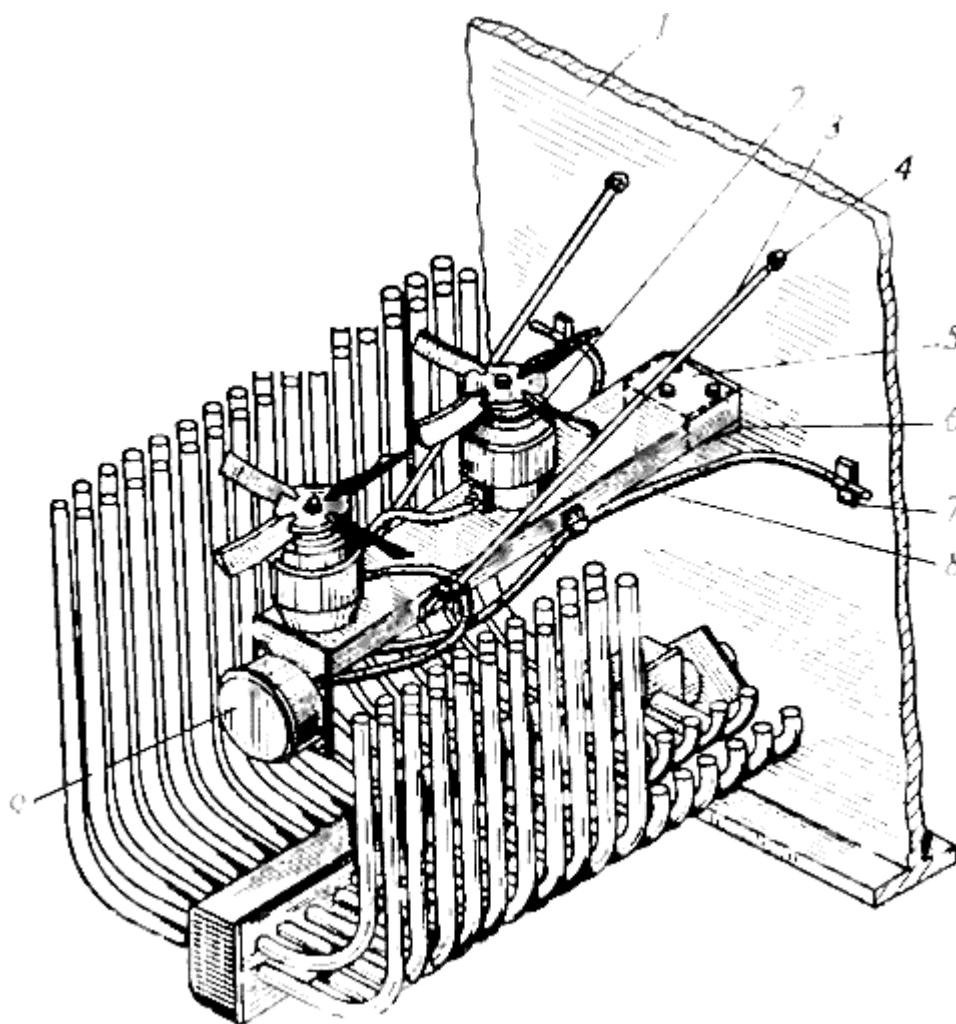
Линии 110 кВ и выше на металлических и железобетонных опорах защищают тросом на всём протяжении.

С 1 июля 2009 года при строительстве и реконструкции ВЛ предприятиям ОАО «ФСК ЕЭС» и МРСК в качестве защиты от прямых ударов молнии следует применять грозотросы (канаты стальные) марки МЗ-В-ОЖ-Н-Р, выполненные по СТО 71915393-ТУ 062-2008.

Грозозащитный трос может подвешиваться на изоляторах. В этом случае ток молнии проходит на заземлитель через специальный искровой промежуток. Изолированные грозотросы применяют на ВЛ с автоматической плавкой гололеда. На ВЛ 150 кВ и ниже, если не предусмотрена плавка гололеда или организация каналов высокочастотной связи на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах. Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220 - 750 кВ должно быть выполнено при помощи изоляторов, шунтированных ИП.

#### 20.10. Монтаж и демонтаж трансформаторных подстанций и линейного электрооборудования напряжением до 35 кВ включительно.

Монтаж составных частей трансформатора производится без ревизии активной части и без подъема съемной части («колокола»), если не были нарушены условия выгрузки, транспортирования, хранения и не было других нарушений, которые могли привести к повреждениям внутри бака трансформатора. При наличии таких повреждений перед установкой комплектующих изделий необходимо произвести ревизию трансформатора. Вскрытие трансформатора для установки составных частей (вводов, встроенных трансформаторов тока и т.д.) следует производить в ясную сухую погоду. После вскрытия трансформатора изоляция обмоток предохраняется от увлажнения за счет продувки бака сухим воздухом в течение всего времени разгерметизации.



Установка охладителей системы Д:

1 - стенки бака; 2 - двигатель; 3 - растяжка; 4 - бобышка; 5 - кронштейн; 6 - скоба; 7 - крепление кабеля; 8 - трехжильный кабель; 9- распределительная коробка.

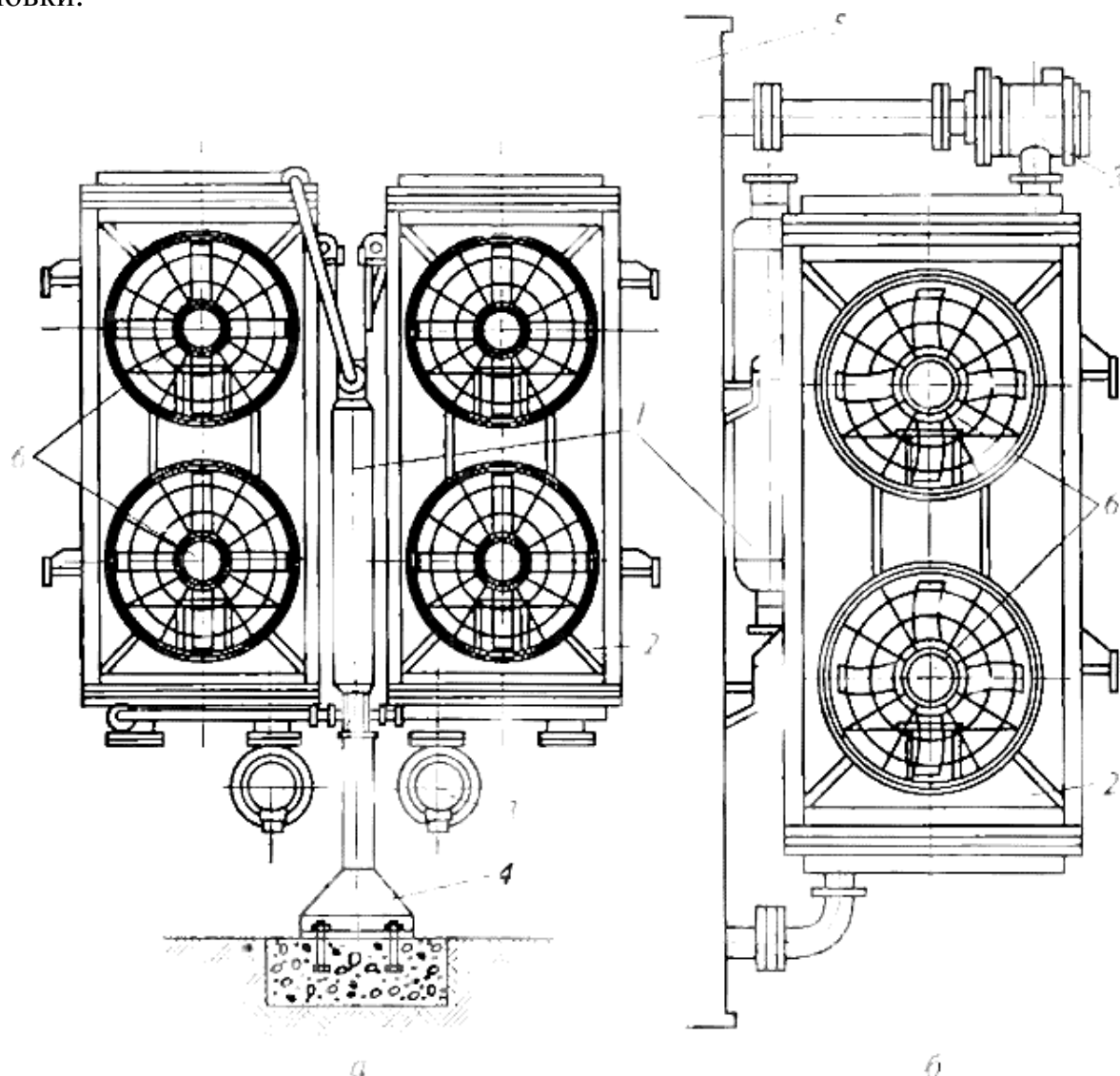
Допускается разгерметизировать трансформаторы напряжением 110...500 кВ и мощностью до 400 МВ А без подачи в бак сухого воздуха, если температура его активной части не менее 10 °С и превышает точку росы окружающего воздуха не менее чем на 10 °С, относительная влажность - не более 85%, а продолжительность разгерметизации не превышает 16 ч.

После монтажа составных частей остатки трансформаторного масла сливают (для трансформаторов, транспортируемых без масла) через донную пробку, бак герметизируют для создания вакуума и заливки или доливки масла. Для трансформаторов, имеющих азотную или пленочную защиту, заливка масла производится через дегазационную установку.

При монтаже охлаждающей системы типа Д (охлаждение масляное с дутьем) на баке устанавливают кронштейны, на которых размещают электродвигатели с вентиляторами, монтируют электрическую схему питания и после установки радиаторов открывают радиаторные краны.

Система охлаждения ДЦ поставляется в навесном или выносном исполнении. При навесном исполнении все детали и узлы трубопроводов свариваются

и полностью готовятся на заводе. На месте монтажа охладители навешивают на бак трансформатора и соединяют с баком трубами. При выносном исполнении охладители устанавливают на отдельных фундаментах и соединяют с трансформатором трубами, узлы которых подгоняются и свариваются на месте установки.

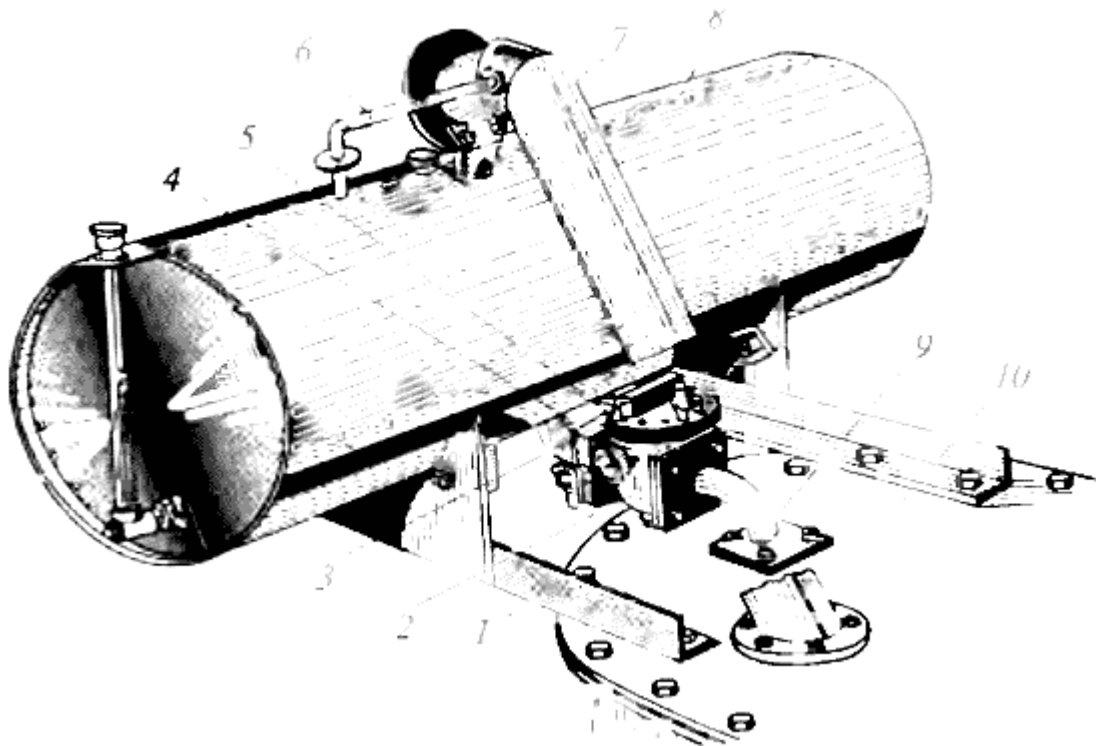


Установка охлаждающих устройств (ОУ) системы ДЦ:

а - выносные охлаждающие устройства; б - навесные охлаждающие устройства;

1 - термосифонный фильтр; 2 - охладитель; 3 - масляный насос;

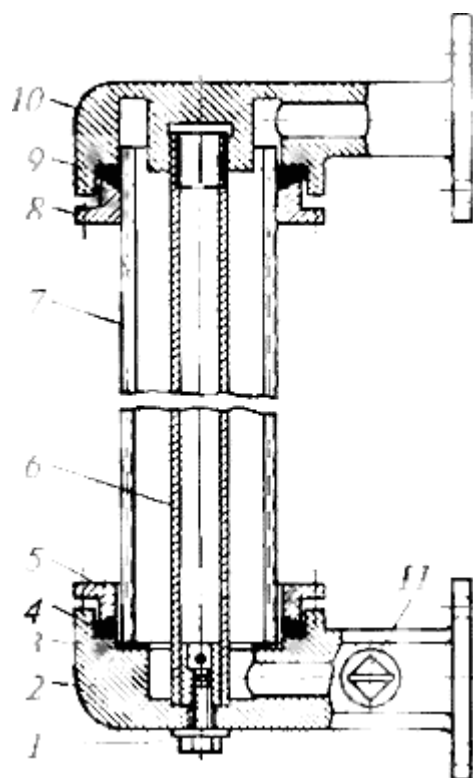
4 - стойка выносных ОУ; 5 - бак трансформатора; 6 - дутьевые вентиляторы.



Установка на трансформаторе расширителя,  
газового реле и предохранительной трубы:

1 - кронштейн; 2 — газовое реле; 3 и 9 - патрубки; 4 - кран; 5 - фланец газового реле;  
6 - трубка; 7 - предохранительная труба; 8 - расширитель; 10 - крышка бака.

Одновременно с монтажом системы охлаждения производится монтаж остальных деталей и частей трансформатора - устанавливаются термосифонные фильтры, расширители, выхлопная труба, воздухоосушитель присоединяется к расширителю, устанавливаются газовое реле и сигнальные манометрические термометры. Расширитель, транспортируемый отдельно от трансформатора, должен быть тщательно проверен и осмотрен. В случае выявления ржавчины на его внутренней поверхности необходимо принять меры по ее устранению или замене расширителя на новый.



Маслоуказатель трансформаторов III и IV габаритов:

- 1 - болт; 2 - нижнее колено; 3 - прокладка из электрокартона;
- 4 и 9 - резиновые прокладки; 5 и 8 - втулки; 6 - стальная трубка;
- 7 - стеклянная трубка; 10 - верхнее колено; 11 - пробковый кран.

Маслоуказатель расширителя, транспортируемый в разобранном виде, устанавливают при монтаже со стороны, указанной заводом-изготовителем. Для защиты трансформаторов от утечки масла из расширителя на фланце дна расширителя устанавливают реле уровня масла.

После установки маслоуказателя и реле уровня масла расширитель испытывают на герметичность, заполнив его сухим трансформаторным маслом, с выдержкой в течение 3 ч. После окончания монтажа охлаждающей системы и других частей трансформатора доливают масло в бак трансформатора и заливают маслом охлаждающую систему.

*Проверка состояния изоляции обмоток.*

После окончания монтажа трансформатора измеряют сопротивление изоляции обмоток и определяют коэффициент абсорбции,  $\tan \delta$  изоляции и т.д. Сопротивление изоляции необходимо сравнить со значением, измеренным в заводских условиях.

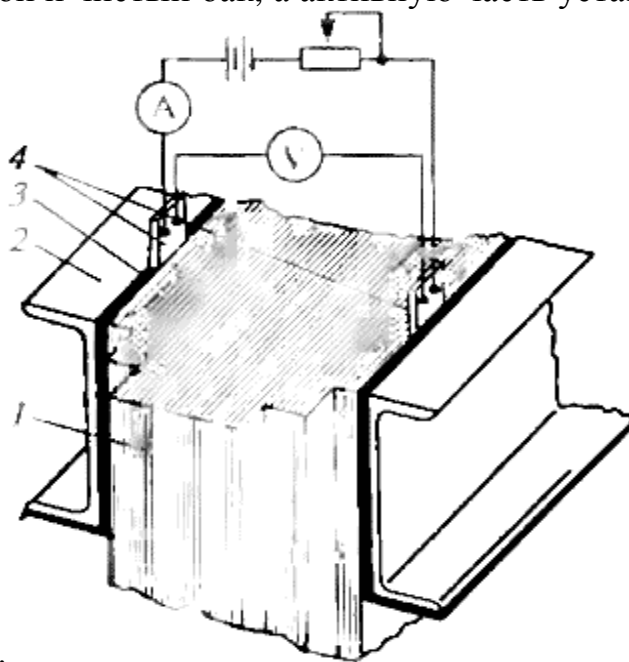
В тех случаях, когда выявлены нарушения инструкции по монтажу и введению трансформатора в работу, производится ревизия трансформатора с подъемом съемной части бака или активной части.

Ревизия трансформатора включает совокупность работ по вскрытию, осмотру, устранению неисправностей и герметизации активной части трансформатора. Чтобы избежать увлажнения изоляции, ограничивают продолжительность нахождения активной части вне бака: при температуре окружающего воздуха  $0^{\circ}\text{C}$

или относительной влажности выше 75 % - 12 ч; при влажности 65...75 % - 16 ч; при влажности до 65 % - 24 ч. Ревизия производится при температуре активной части, равной или превышающей температуру окружающей среды. При отрицательной температуре окружающего воздуха трансформатор с маслом подогревают до 20°C. Время ревизии может быть увеличено вдвое, если температура окружающего воздуха выше 0 С, влажность ниже 75 % и температура активной части превышает температуру окружающей среды не менее чем на 10°C. Ревизия трансформатора в зависимости от его мощности, класса напряжения, конструкции и условий монтажа может выполняться одним из следующих методов:

- подъемом активной части из бака трансформатора;
- осмотром активной части внутри бака;
- подъемом верхней съемной части бака трансформатора.

Осмотр трансформатора производят в закрытом помещении. Для этого масло сливают в сухой и чистый бак, а активную часть устанавливают



на настил из досок.

Измерение сопротивления изоляции магнитной системы:

1 - верхнее ярмо; 2 - ярмовая балка;

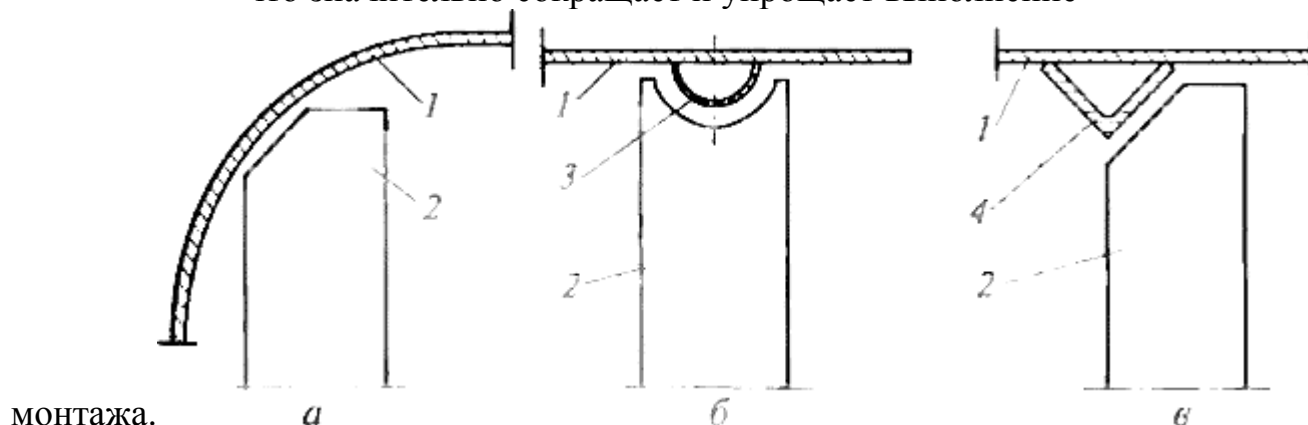
3 - электрокартонная изоляция ярма; 4 - медная контактная пластина

При ревизии проверяют затяжку доступных стяжных шпилек ярма, креплений отводов, барьеров, переключающих устройств, осевую прессовку обмоток. При необходимости равномерно по всей окружности производят подпрессовку обмоток клиньями или подтягиванием винтов и домкратов. После этого устраняют замеченные неисправности в изоляции доступных частей обмоток, отводов и других изоляционных элементов, проверяют сопротивление изоляции обмоток между собой и относительно магнитопровода, сопротивление изоляции доступных стяжных шпилек, бандажей и полубандажей ярма относительно активной части и ярмовых балок и схему заземления.

При отсутствии подъемных приспособлений для трансформаторов мощностью 10 МВ А и выше классов напряжения 110...330 кВ разрешается производить

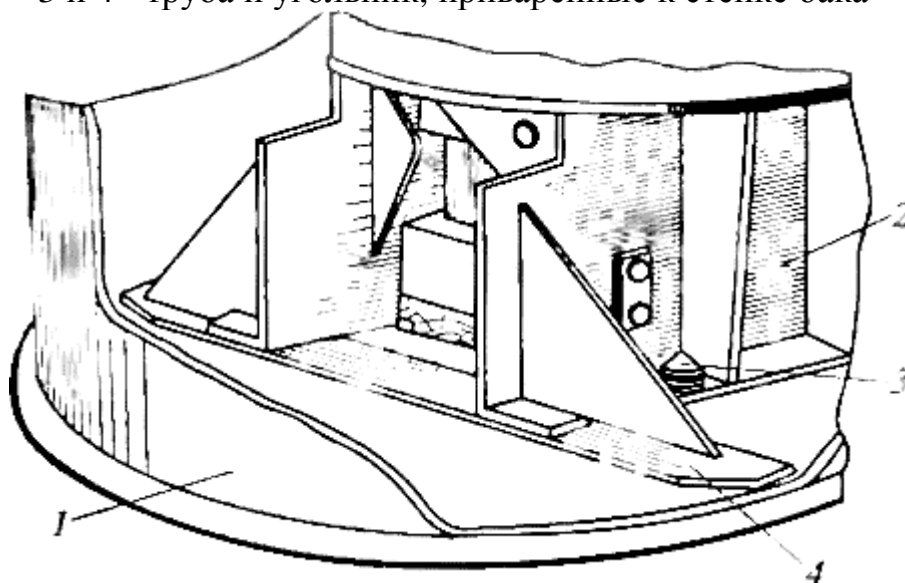


ревизию активной части без подъема из бака при снятой крышке, а в отдельных случаях через люки бака трансформатора без подъема крышки. Ревизия активной части трансформатора с нижним разъемом бака возможна без ее подъема, что значительно сокращает и упрощает выполнение



Расположение направляющих деталей,  
фиксирующих положение активной части в баке:

а - без приварных деталей; б - с приварной трубой; в - с приварным угольником;  
1 - стенка бака; 2 - направляющая планка, закрепленная на ярмовых балках;  
3 и 4 - труба и угольник, приваренные к стенке бака-



Установка активной части на конусные шипы:

1 - бак; 2 - активная часть; 3 - конусный шип; 4 - нижний раскос.

После измерений и проверок активную часть промывают сухим трансформаторным маслом и опускают в бак или устанавливают на место съемную часть бака, после чего уплотняют места соединений. При установке активной части в бак проверяют правильность расположения направляющих деталей относительно стенок бака, производя небольшие перемещения ее до посадки на конусные шипы, приваренные к дну бака. Шипы входят в отверстия горизонтальных полок нижних ярмовых балок.

*Монтаж герметичных и сухих трансформаторов и трансформаторов с литой изоляцией.*

Ревизия сухих трансформаторов, имеющих защитный кожух простой формы, и трансформаторов с литой (компаундной) изоляцией сводится к внешнему осмотру. Проверяют надежность контактных соединений, отсутствие повреждения обмоток, изоляторов и изоляционных прокладок. Обмотки и магнитопровод сухих трансформаторов продувают сжатым воздухом и выполняют необходимые измерения. Если сопротивление изоляции ниже нормы, проводят ее сушку. Герметичные трансформаторы, заполненные автолом, на месте установки разборке не подлежат.

20.11. Монтаж и демонтаж трансформаторных подстанций и линейного электрооборудования напряжением свыше 35 кВ.

Технология монтажа комплектных трансформаторных подстанций. Приступая к монтажу КТП внутренней установки, проверяют оси подстанции, выверяют отметки основания под опорные швеллеры РУ и салазки трансформаторов, а также необходимые размеры строительной части.

Блоки РУ поднимают инвентарными стропами, которые крепят за скобы, установленные в отверстиях на концах опорных швеллеров. Если краны отсутствуют, то блоки РУ устанавливают на фундаменты с помощью катков, выполненных из отрезков металлических труб.

Если блоки РУ не имеют опорных швеллеров, для их перемещения увеличивают количество катков (не менее четырех на блок).

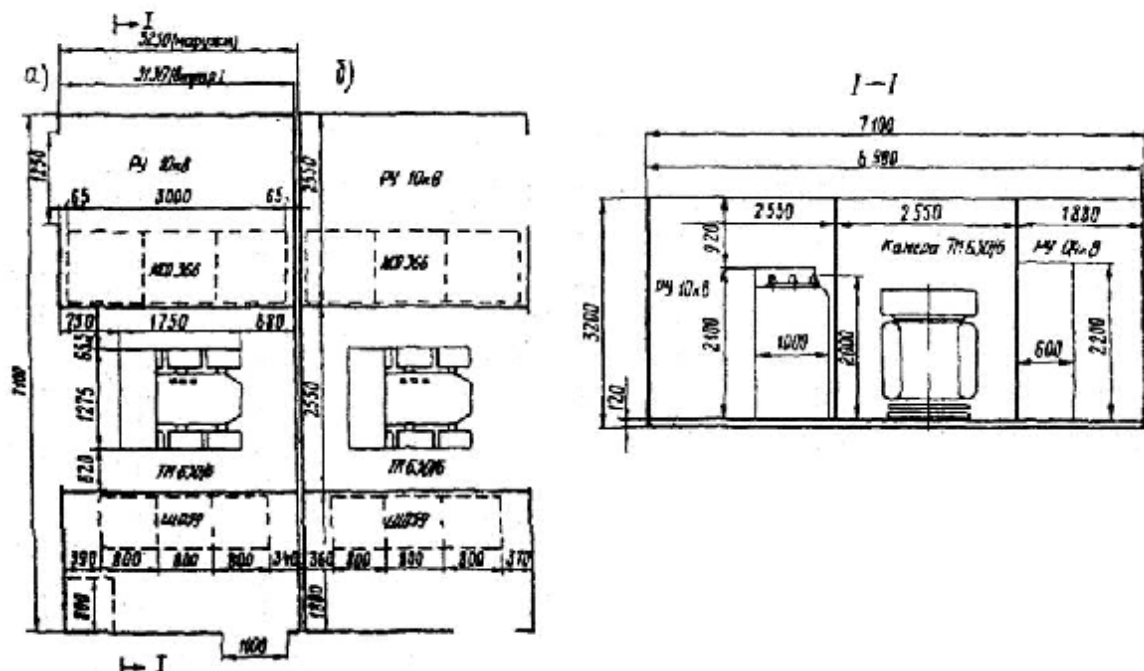
Не допускается крепить тяговый трос от лебедки к поперечным связям основания шкафов. Его закрепляют на шкафах в обхват, стремясь не повредить их окраску.

Для этого между металлической поверхностью шкафа и тросом прокладывают доски, брусья, толь или рубероид. Многоблочное РУ монтируют поэтапно. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и подъемные скобы с опорных швеллеров. Установочные швеллеры отдельных шкафов соединяют сваркой с помощью перемычек из полосовой стали сечением 40 x 4 мм<sup>2</sup>. Борозды в фундаментах после установки блоков РУ и приварки шины заземления к опорным швеллерам заливают цементом и устанавливают по проекту трансформатор.

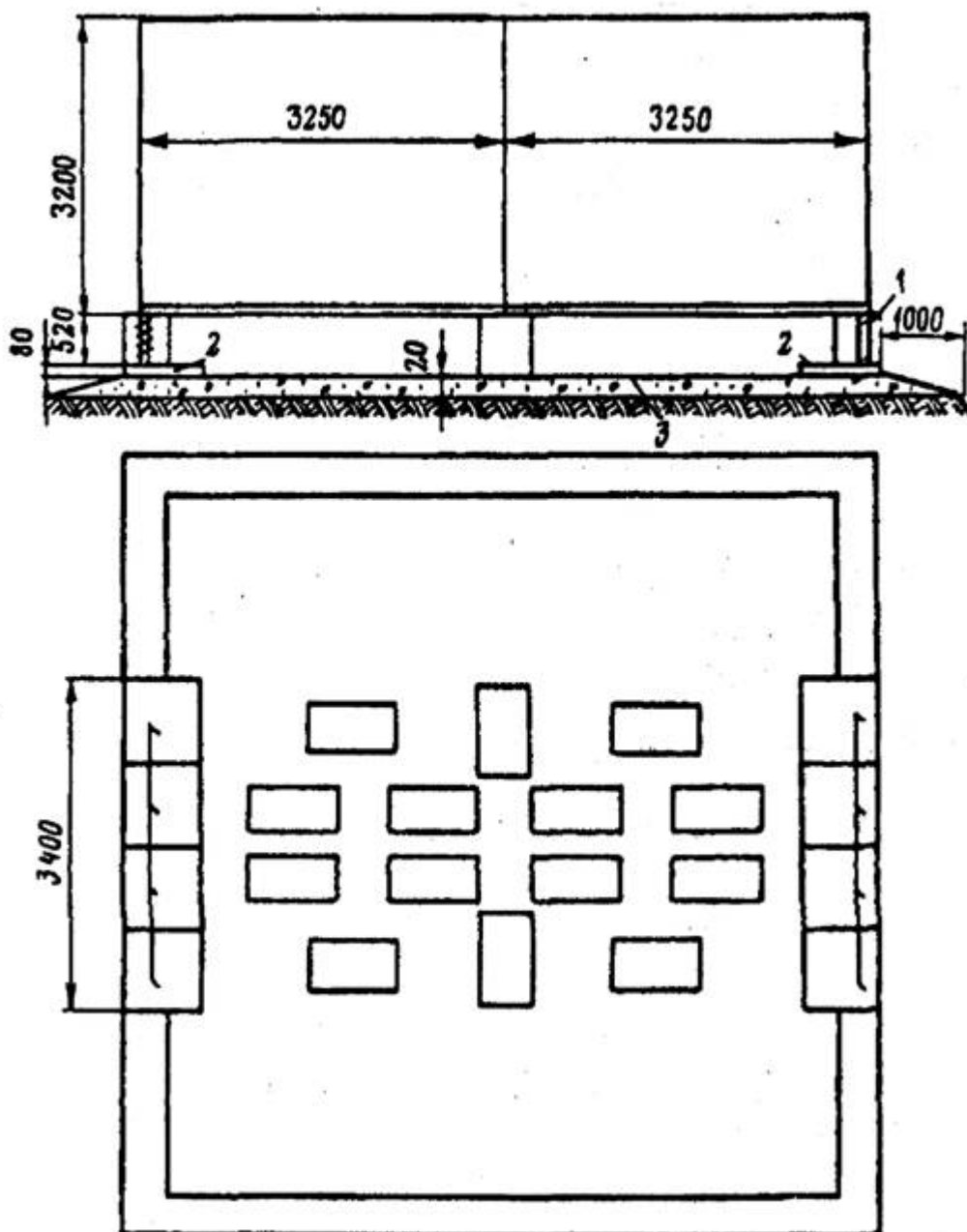
Распределительное устройство соединяют с трансформатором гибкой перемычкой, закрываемой коробом из листовой стали, который поставляется в комплекте с КТП. При выполнении присоединения к выводам трансформатора необходимо помнить, что чрезмерные изгибающие усилия на вводы при затяжке болтов могут вызвать течь масла. Короб к трансформатору и вводному шкафу РУ крепят болтами. Соединения шин выполняют с помощью шинных сжимов или болтов.

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). После этого подсоединяют кабели высокого и низкого напряжений. На отходящих кабельных линиях напряжением 0,4 кВ выполняют эпоксидные (с помощью комплекта резиновых перчаток) или сухие (лентой ПХВ) разделки. Для заземления КТП швеллеры приваривают к контуру заземления в двух местах (каждый шов - 70 мм).

Комплектные ТУН монтируют с помощью крана на автомобильном шасси. На месте монтажа выполняют основание в виде гравийной подушки, при этом объем гравия должен быть не менее объема масла в трансформаторе.



Объемная трансформаторная подстанция: а - левый блок; б - правый блок



План фундаментов объемной трансформаторной подстанции:

1 - решетка; 2 - плита; 3 - щебеночная подготовка

*Монтаж объемных трансформаторных подстанций.*

Трансформаторные подстанции из объемных элементов готовят на заводах. Монтаж объемных трансформаторных подстанций выполняют в такой последовательности: электрооборудование концентрируют в блок-коробки или отдельные блоки.

Эти объемные элементы вместе с электрооборудованием транспортируют на стройплощадку. Здесь собирают блоки, формируя трансформаторную подстанцию. До начала сборки подстанции на строительной площадке завершают сооружение подъездных путей к месту ее установки. Разбивку и привязку подстанции выполняют на местности. Растительный грунт снимают и вынимают

для фундамента в соответствии с принятым конструктивным вариантом подстанции (из бетонных блоков марки СБ или кирпича). Фундаменты закладывают на твердый материковый грунт и засыпают их снаружи землей до уровня красных вертикальных отметок. Затем устанавливают вентиляционные жалюзи с сетчатыми решетками, а также закладывают асбестоцементные трубы диаметром 100 мм и длиной, выходящей за пределы отмостки на 0,5 м. После проверки и приемки фундаментов приступают к установке блоков подстанции. Особое внимание обращают на тщательную нивелировку опорной плоскости фундаментов под блоки. Блоки устанавливают подъемным краном грузоподъемностью 20 т в такой последовательности: на фундаменты ставят блоки БТП-1 и БТП-2, затем их основания соединяют с фундаментами цементным раствором. Технология сборки строительной части подстанции включает выполнение следующих электромонтажных работ: установку проходных изоляторов; соединение шинами секционных разъединителей с проходными изоляторами в РУ 6-10 кВ; установку соединительных шин между контакторными станциями разных блоков, установку и подключение силовых трансформаторов; прокладку кабельной перемычки между щитами № 1 и 2 блоков БТГЫ и БТП-2; ввод в здание подстанции кабельных концов (высокого и низкого напряжения) и выполнение заземляющего устройства. Внедрение блочных трансформаторных подстанций позволяет сократить сроки их строительства примерно в пять раз и продолжительность электромонтажных работ в монтажной зоне вдвое.

В связи с сокращением объема строительных работ, применением экономичных материалов и прогрессивной технологии заготовки и сборки подстанции себестоимость работ уменьшается на 18 %.

Использование объемных трансформаторных подстанций дает возможность передать значительный объем работ на заводы-изготовители.

## 20.12. Установка распределительных устройств, коммутационной аппаратуры, устройств защиты.

*Распределительное устройство (РУ) - электроустановка, служащая для приёма и распределения электрической энергии.*



ОРУ Северо-западной ТЭЦ.

*Открытые распределительные устройства (ОРУ) - это такие распределительные устройства, оборудование которых располагается на открытом воздухе. Все элементы ОРУ размещаются на бетонных или металлических основаниях. Расстояния между элементами выбираются согласно ПУЭ. На напряжении 110 кВ и выше под устройствами, которые используют для работы масло (масляные трансформаторы, выключатели, реакторы создаются маслоприемники — заполненные гравием углубления. Эта мера направлена на снижение вероятности возникновения пожара и уменьшение повреждений при аварии на таких устройствах.*



Масляный выключатель в ОРУ.

Сборные шины ОРУ могут выполняться как в виде жёстких труб, так и в виде гибких проводов. Жёсткие трубы крепятся на стойках с помощью опорных изоляторов, а гибкие подвешиваются на порталы с помощью подвесных изоляторов.

Территория, на которой располагается ОРУ, в обязательном порядке огораживается.

Обычно в виде ОРУ выполняются распределительные устройства на напряжение от 27,5 кВ.

*Закрытые распределительные устройства (ЗРУ)* - распределительные устройства, оборудование которых устанавливается в закрытых помещениях, либо защищено от контакта с окружающей средой специальными кожухами (в т. ч. в шкафах наружного исполнения КРУН). Обычно такие распределительные устройства применяют на напряжения до 35 кВ. В ряде случаев необходимо применение ЗРУ и на более высоких напряжениях (серийно выпускается оборудование на напряжение до 800 кВ). Применение ЗРУ высоких напряжений обоснованно: в местности с агрессивной средой (морской воздух, повышенное запыление), холодным климатом, при строительстве в стесненных условиях, в городских условиях для снижения уровня шума и для архитектурной эстетичности.

Распределительное устройство содержит набор коммутационных аппаратов, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства РЗА и средства учёта и измерения.

*Коммутационный аппарат* - аппарат, предназначенный для включения или отключения тока в одной или более электрических цепях.

*Механический коммутационный аппарат* - коммутационный аппарат, предназначенный для замыкания и размыкания одной или более электрических цепей с помощью разъединяемых контактов.

В общем случае можно разделить все коммутационные аппараты на два типа:

1. Контактный коммутационный аппарат, осуществляющий коммутационную операцию путем перемещения его контакт деталей относительно друг друга;
2. Бесконтактный коммутационный аппарат, осуществляющий коммутационную операцию без перемещения и разрушения его деталей.

### Лекция 3.

#### 21. Устройство наружных линий связи, в том числе телефонных, радио и телевидения.

В соответствии с «Отраслевыми строительно-технологическими нормами (ОСТН 600-93) монтаж сооружений и устройств связи, радио и телевидения строительство линейных сооружений необходимо вести поточным методом, обеспечивающим непрерывность производства всего комплекса работ в установленной технологической последовательности. При этом строительные подразделения должны быть оснащены необходимыми механизмами, приборами,

комплектами инструмента, средствами малой механизации, средствами транспорта, передвижными складами, мастерскими и фургонами для жилья и бытовых нужд.

*Прокладка кабельных линий связи.*

*Земляные работы.*

Производство земляных работ в непосредственной близости от действующих подземных сооружений (кабели, трубопроводы и т.п.) допускается только при наличии письменного разрешения организаций, эксплуатирующих эти сооружения, и в присутствии их представителя. В населенных пунктах участки производства земляных работ должны быть ограждены.

При рытье траншей и котлованов необходимо следовать правилу, чтобы размеры разрываемого участка, особенно в городах и населенных пунктах, позволяли закончить работу в течение дня с засыпкой траншей, котлованов.

Траншеи на городских участках необходимо засыпать с послойным трамбованием грунта. Оставшаяся после засыпки земля должна вывозиться в специально отведенные места.

После прокладки кабеля (трубопровода) на загородных участках трассы над траншеей должен быть образован валик из грунта для компенсации последующей усадки.

*Кабельная канализация.*

Планировка траншеи должна быть сделана с таким расчетом, чтобы трубопровод имел уклон в сторону одного из двух смотровых устройств и исключалась возможность скопления воды в каналах. Минимальный уклон трубопровода в сторону колодца должен составлять 3-4мм на метр длины пролета.

Трасса трубопровода между смежными колодцами в горизонтальной плоскости должна быть прямолинейной.

Минимально допустимое заглубление трубопроводов для кабелей должно соответствовать следующим величинам:

Минимальное расстояние от поверхности грунта до верха трубы (м):

Типы труб	Под пешеходной частью улицы	Под проезжей частью улицы	Под рельсовыми путями трамвая	Под рельсовыми путями ж/д	Под автомобильными дорогами
Асбестоцементные, полиэтиленовые, винилпластовые и т.п.	0,4	0,6	1,0	Методом продавливания, горизонтальное бурение - 2,0	1,4
Бетонные, керамические	0,5	0,7	1,0	При проколе – 2,5	-
Стальные (применяются в особых случаях)	0,2	0,4	3/4	1,0	0,4

Все каналы трубопровода должны быть закрыты бетонными, деревянными или пластмассовыми пробками после окончания прокладки каждого пролета канализации.



Расстояние между асбоцементными трубами в ряду, а также расстояние между рядами (по вертикали) должно составлять 20-25мм. Расстояние между рядами полиэтиленовых и винилпластовых труб 50мм. Промежутки между трубами, а также между трубами и стенками траншей должны быть плотно заполнены мягким грунтом или песком.

Стыкование асбоцементных труб должно производиться:

- стальными манжетами с обмазкой цементно-песчаной массой;
- то же, но с применением смоляной ленты вместо цементно-песчаной массы;
- полиэтиленовыми муфтами;
- асбоцементными муфтами, заливаемыми компаундом;
- специальными асбоцементными муфтами и резиновыми кольцами.

Подготовка и группировка кабеля перед прокладкой.

Поступающие на строительство барабаны с кабелем, оборудование, конструкции и арматура должны размещаться на предварительно подготовленных приобъектных площадках.

Строительные длины кабеля, пупиновские ящики, удлинители, оборудование для содержания кабеля под избыточным давлением, контейнеры, оконечные кабельные устройства и т.д. по мере получения от поставщиков, а в необходимых случаях перед прокладкой или установкой, должны быть подвергнуты входному контролю. Результаты фиксируются в протоколе.

Строительные длины междугородных кабелей в пределах элементарного кабельного участка (ЭКУ) перед прокладкой подлежат группированию по следующим параметрам и характеристикам:

- все типы кабелей  $\frac{3}{4}$  по конструктивным данным и размерам строительных длин;

- симметричные высокочастотные кабели  $\frac{3}{4}$  по величинам переходного затухания на ближнем конце и средним значениям рабочей емкости;

- коаксиальные кабели  $\frac{3}{4}$  по волновому сопротивлению пар.

Многопарные кабели ГТС группируются по конструктивным данным и размерам строительных длин.

Кабели оптические всех типов группируются по конструктивным данным и размерам строительных длин.

*Прокладка кабелей в кабельной канализации, коллекторах и тоннелях.*

Работы в кабельной канализации при прокладке кабелей должны выполняться при строгом соблюдении требований действующих «Правил техники безопасности при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания». Основными из них являются:

- ограждение открываемых колодцев и зон работ;
- проверка колодцев на наличие опасных газов;
- вентилирование колодцев;
- принятие мер предосторожности при наличии в колодцах кабелей с напряжением дистанционного питания и кабелей проводного вещания.

В кабельной канализации, коллекторах должны прокладываться небронированные кабели связи, в тоннелях  $\frac{3}{4}$  бронированные без джутового покрытия.

Для прокладки оптического кабеля, как правило, используют каналы, расположенные в середине блока кабельной канализации по вертикали и у края канализации по горизонтали.

Прокладка оптического кабеля ГТС по занятым каналам должна производиться только в полиэтиленовых трубах.

Каналы, занятые кабелями, должны быть заделаны паклей или ветошью, пропитанной машинным маслом и технической замазкой, а свободные каналы закрыты деревянными, бетонными или пластмассовыми пробками.

#### *Монтаж кабелей.*

Монтаж кабельных муфт (соединение строительных длин, шагов, секций, магистральных и распределительных участков абонентских линий ГТС) должен производиться сразу же после прокладки, протягивания, подвески кабеля.

При приемке кабеля в монтаж должно быть проверено:

- соответствие проекту длин усилительных и регенерационных участков, шагов, полушагов, пупинизации;
- правильность группировки строительных длин;
- наличие замеренных столбиков или временных знаков на стыках длин, поворотах, пересечениях с другими сооружениями, а также надписей на столбиках;
- герметичность оболочки, если кабель должен содержаться под повышенным давлением;
- электрическая прочность и сопротивление изоляции коаксиальных пар, цельность жил проводов и экранов;
- электрическая прочность и сопротивление изоляции высокочастотного симметричного кабеля, проложенного в скальном грунте или занятом канале кабельной канализации;
- сопротивление изоляции шланговых изолирующих покровов кабеля;
- затухание и целостность волокон оптических кабелей.

#### *Воздушные линии связи.*

Работы по строительству воздушных линий связи должны выполняться в соответствии с требованиями действующих «Правил техники безопасности при работе на воздушных линиях связи и проводного вещания».

Габаритные размеры воздушных линий связи и проводного вещания (ПВ) в метрах:

Расстояние от земли до нижнего провода:	МТС, СТС и ГТС	ПВ класса 1	ПВ класса 2
- для линий, идущих вдоль ж/д вне населенных пунктов	2,5	4,5	2,5
- для линий, идущих вдоль автомобильных или грунтовых дорог вне населенных пунктов	3	5	3

- линий связи и ПВ, проходящих в черте населенного пункта	4,5	6	4,5
- при пересечении автомобильных дорог	5,5	6	5,5
- абонентского ввода над тротуаром, огородом, садом	3	3/4	3

#### *Изготовление и оснастка опор.*

Для воздушных линий применяются опоры деревянные, железобетонные в железобетонных приставках и железобетонные.

Деревянные опоры должны быть пропитаны антисептиком.

После изготовления сложных опор (анкерных, полуанкерных, кабельных и т.п.) на полигоне должна быть произведена их контрольная сборка, после чего они в собранном виде по частям вывозятся на трассу.

Опоры должны быть оснащены крюками или траверсами до их установки.

Перед креплением траверс и крюков к столбу они должны быть оснащены штырями и изоляторами.

#### *Установка опор.*

Установленные опоры должны стоять в створе линии. Траверсы опор должны быть параллельны друг другу и перпендикулярны осям опор.

Опоры удлиненного пролета необходимо укреплять подпорками и оттяжками.

#### *Подвеска проводов.*

При раскатке проводов следует следить за тем, чтобы не было закручивания, спутывания проволоки и появления на ней «барашков».

Стальная проволока перед подвеской должна быть вытянута. Усилие при вытягивании необходимо контролировать динамометром.

#### *Оборудование кабельных опор.*

В местах соединения воздушной линии связи с кабельной вставкой или кабельным вводом при подходах к усилительным пунктам должны быть установлены кабельные опоры.

Для соединения проводов стальных цепей или цепей из цветного металла с жилами вводных кабелей или кабельных вставок на междугородной цепи кабельные опоры оборудуются кабельным шкафом ШКМ, а на линиях ГТС  $\frac{3}{4}$  кабельным ящиком УКП.

Кабельные опоры должны быть оборудованы кабельной площадкой, траверсами, ступенями молниеотводом и заземлением.

#### *Стоечные линии (ГТС и ПВ).*

К стоечным линиям при разбивке трассы предъявляются следующие требования:

- максимальное соблюдение прямолинейности трассы;
- минимальное число пересечений и сближений с другими проводами и особенно с проводами линий электропередачи;
- возможность дальнейшего развития;
- удобство обслуживания, возможность устройства чердачных люков

и подвески предохранительных тросов.

Место установки стоечной опоры определяется с учетом следующих условий:

- возможности надежного крепления стойки;
- возможности установки на чердаке кабельного ящика в непосредственной близости от стойки;
- трасса подвески проводов и кабеля должна быть выбрана так, чтобы расстояние между ними и выступающими устройствами крыши было не менее 0,8м, а расстояние от проводов (кабеля) до телевизионных антенн  $\frac{3}{4}$  не менее 3м.

Стойки следует располагать возможно ближе к коньку крыши.

Длина пролета стоечной линии ГТС, как правило, не должна превышать 80м.

#### *Подвеска волоконно-оптических линий связи на ВЛ*

Волоконно-оптической линией связи на воздушных линиях электропередачи (ВОЛС-ВЛ) называется линия связи, для передачи информации по которой служит оптический кабель (ОК), размещаемый на элементах ВЛ.

Требования ПУЭ 2.5.180-2.5.200 распространяются на размещение на ВЛ оптических кабелей следующих типов:

- 1) ОКГТ - оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос;
- 2) ОКФП - оптический кабель, встроенный в фазный провод;
- 3) ОКСН - оптический кабель самонесущий неметаллический;
- 4) ОКНН - оптический кабель неметаллический, прикрепляемый

или навиваемый на грозозащитный трос или фазный провод.

Все элементы ВОЛС-ВЛ должны соответствовать условиям работы ВЛ.

Для сооружения конкретной линии связи допускается использование нескольких ВЛ различного напряжения, совпадающих по направлению с ее трассой.

При сооружении вводов ОК на регенерационные пункты и узлы связи энергообъектов на отдельных самостоятельных опорах конструктивное выполнение и требования к параметрам и характеристикам вводов определяются в проекте.

Оптические кабели, размещаемые на элементах ВЛ, должны удовлетворять требованиям:

- 1) механической прочности;
- 2) термической стойкости;
- 3) стойкости к воздействию грозовых перенапряжений;
- 4) обеспечения нагрузок на оптические волокна, не превышающих

допускаемые;

- 5) стойкости к воздействию электрического поля.

Оптические кабели должны быть защищены от вибрации в соответствии с условиями их подвески и требованиями изготовителя ОК.

При подвеске на ВЛ ОКГТ и ОКФП их расположение должно удовлетворять требованиям ПУЭ 2.5.86 - 2.5.96 и 2.5.121.

Независимо от напряжения ВЛ ОКГТ должен, как правило, быть заземлен на каждой опоре. Сопротивление заземляющих устройств опор, на которых подвешен ОКГТ, должно соответствовать ПУЭ табл. 2.5.19. Допускается увеличение этих сопротивлений при обеспечении термической стойкости ОК.

Необходимость заземления (или возможность изолированной подвески) троса, на котором подвешен ОКНН, обосновывается в проекте.

Оптические кабели ОКФП и ОКНН (при подвеске его на фазном проводе) следует проверять на работоспособность по температурному режиму при температурах провода, возникающих при его нагреве наибольшим рабочим током линии.

Оптический кабель типа ОКНН следует проверять:

- 1) при подвеске его на фазном проводе - на стойкость при воздействии электрического поля проводов;
- 2) при подвеске его на грозозащитном тросе - на стойкость к воздействию электрического напряжения, наведенного на тросе, и прямых ударов молнии в трос.

Место крепления ОКСН на опоре с учетом его вытяжки в процессе эксплуатации определяется, исходя из условий:

- 1) стойкости оболочки к воздействию электрического поля;
- 2) обеспечения наименьшего расстояния до поверхности земли не менее 5 м независимо от напряжения ВЛ и вида местности;
- 3) обеспечения расстояний от ОКСН до фазных проводов на опоре не менее 0,6 м для ВЛ до 35 кВ; 1 м - 110 кВ; 1,5 м - 150 кВ; 2 м - 220 кВ; 2,5 м - 330 кВ; 3,5 м - 500 кВ; 5 м - 750 кВ при отсутствии гололеда и ветра.

С учетом указанных условий ОКСН может размещаться как выше фазных проводов, так и между фазами или ниже фазных проводов.

При креплении ОКНН к фазному проводу должны быть обеспечены следующие наименьшие расстояния от провода с прикрепленным или навитым ОК:

- 1) до конструкции опоры при отклонении от воздействия ветра в соответствии с ПУЭ табл. 2.5.17;
- 2) до земли и инженерных сооружений и естественных препятствий в соответствии с ПУЭ табл. 2.5.20-2.5.25, 2.5.30, 2.5.31, 2.5.34-2.5.40.

При подвеске на ВЛ ОК любого типа должна быть выполнена проверка опор и их креплений в грунте с учетом дополнительных нагрузок, возникающих при этом.

Соединение строительных длин ОК выполняется в специальных соединительных муфтах, которые рекомендуется размещать на анкерных опорах. Высота расположения соединительных муфт на опорах ВЛ должна быть не менее 5 м от основания опоры.

К опорам ВЛ, на которых размещаются соединительные муфты ОК, должен быть обеспечен в любое время года подъезд транспортных средств со сварочным и измерительным оборудованием.

На опорах ВЛ при размещении на них муфт ОК дополнительно к 2.5.23 должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

- условное обозначение ВОЛС;
- номер соединительной муфты.

По ЛЭП также передают информацию при помощи высокочастотных сигналов. В России используется порядка 60 тыс. ВЧ-каналов по ЛЭП и ВОЛС.

Используются они для диспетчерского управления, передачи телеметрических данных, сигналов релейной защиты и противоаварийной автоматики.