

Конструктивные элементы кабельных линий

Помощь

Содержани

е

Помощь

Для перехода между слайдами служат следующие кнопки:



переход на следующий слайд;



переход на предыдущий слайд;

Помощь – эта вкладка отображает данный слайд;

Содержание – отображает перечень разделов учебного пособия;

Видео – отображает перечень видеофильмов;

Выход – завершение показа презентации.

Литература – содержит ссылки на литературу
использовавшуюся при разработке
данного учебного пособия.

Многие фотографии содержат гиперссылки.

При наведении на изображение с гиперссылкой указатель мыши изменит свою форму.

Щёлкнув мышью вы сможете просмотреть изображение в более крупном масштабе.

Литература

1. *Зуев Э.Н. Основы техники подземной передачи электроэнергии: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 256 с.: ил.*
2. *Москаленко В.В. Справочник электромонтера: Справочник / Владимир Валентинович Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с.*
3. *Ларина Э.Т. Силовые кабели и кабельные линии: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984, 368 с., ил.*
4. *Шварцман Л.Г. Муфты силовых кабелей высокого напряжения. М.: Энергия, 1977.*
5. *Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: Учеб. для нач. проф. образования: Учеб. пособие для сред. проф. образования / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 432с.*
6. *Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: Справочник электромонтажника / Под ред. А.Д. Смирнова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990.*
7. *Короткевич М.А. Основы эксплуатации электрических сетей: - Учеб. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1999. – 267 с.: ил.*

Содержание

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей
 2. Конструкции силовых кабелей
 3. Маслонаполненные кабели
 4. Газонаполненные кабели
 5. Арматура для кабельных линий: кабельные муфты и концевые разделки
 6. Прокладка кабельных линий
 7. Способы обнаружения мест повреждения кабельных линий
- Видеофильм «Монтаж кабельных муфт»

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

Кабель

*это одна или несколько
изолированных жил,
заключённых в
металлическую или
неметаллическую
оболочку, поверх
которой может
находиться
защитный покров*



1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

Классификация кабелей

- 1. По роду тока различают силовые кабели:
 - а) переменного тока промышленной частоты;*
 - б) постоянного тока.**
- 2. По материалу токоведущих элементов различают кабели с жилами:
 - а) медными;*
 - б) алюминиевыми;*
 - в) из сверхпроводящего материала.**



1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

3. По электроизоляционному материалу различают конструкции с изоляцией:

- а) вакуумной;*
- б) воздушной;*
- в) сжатым газом;*
- г) бумажно-масляной;*
- д) синтетической (полимерной) монолитной (экструдированной) или слоистой (ленточной) пропитанной;*
- е) с изоляцией хладагентом.*

4. По характеру пропитки и способу увеличения электрической прочности бумажной изоляции различают кабели:

- а) с вязкой пропиткой, пропитанные нормально, обедненно или нестекающим составом;*
- б) с заполнением маслом под давлением (маслонаполненные): низким (с центральным маслопроводящим каналом в жиле); высоким (в стальных трубах);*
- в) с заполнением газом под давлением (газонаполненные): с внутренним давлением газа; с внешним давлением газа.*

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

5. По материалу оболочек фаз различаются

конструкции с оболочками из:

- а) свинца;*
- б) алюминия;*
- в) стали;*
- г) пластмассы.*

6. По числу токоведущих элементов различают кабели:

- а) одножильные (однофазные);*
- б) двухжильные (двухполюсные - для линий постоянного тока);*
- в) трехжильные (трехфазные): в общем экране (оболочке);*
с отдельно экранированными жилами;
- г) четырехжильные (для четырехпроводных сетей до 1 кВ).*

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

7. По степени жесткости конструкции кабели делятся на:

- а) гибкие (транспортируемые на барабане);*
- б) полугибкие (с гибкими токоведущими элементами в жесткой трубчатой оболочке);*
- в) жесткие.*

8. По виду и характеру охлаждения различают кабели:

- а) с естественным охлаждением;*
- б) с искусственным охлаждением:*
 - косвенным (охлаждение окружающей среды);*
 - непосредственным внешним;*
 - внутренним;*
 - комбинированным.*

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

9. По типу основного хладагента различают конструкции с охлаждением:

- а) водяным;*
- б) масляным;*
- в) легко испаряющимися жидкостями;*
- г) криогенными жидкостями.*

10. По способу прокладки различают кабели:

- а) подводные;*
- б) прокладываемые в грунте (в траншеях);*
- в) прокладываемые в воздушной среде:*
 - способом открытой прокладки (над землей);*
 - в кабельных сооружениях (туннелях, каналах, блоках и т.п.).*

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

Маркировка кабелей

Каждая конструкция кабеля имеет своё обозначение и марку.

Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля.

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

A – алюминиевая жила;

АС – алюминиевая жила и свинцовая оболочка;

АА – алюминиевая жила и алюминиевая оболочка;

Б – броня из двух стальных лент с антикоррозионным защитным покровом;

Бн – то же, но с негорючим защитным покровом (не поддерживающим горение);

Г – отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки;

Л(2Л) – в подушке под броней имеется слой (два слоя) из пластмассовых лент;

В(Н) – в подушке под броней имеется выпрессованный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена);

К – броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный покров;

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

Н – не поддерживающий горение защитный покров;

М – маслонаполненный;

П – броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров;

С – свинцовая оболочка;

О – отдельные оболочки поверх каждой фазы;

В (в конце обозначения через черточку) – обедненно-пропитанная бумажная изоляция;

Ц – бумажная изоляция, пропитанная нестекающим составом, содержащим церезин;

Шв(Шн) – защитный покров в виде выпрессованного шланга (оболочки) из поливинилхлорида (полиэтилена);

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

НР – резиновая изоляция и оболочка из резины, не поддерживающей горение;

В – изоляция или оболочка из поливинилхлорида;

П – изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена;

НР – резиновая изоляция и оболочка из резины, не поддерживающей горение;

В – изоляция или оболочка из поливинилхлорида;

П – изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена;

Нс – изоляция или оболочка из самозатухающего полиэтилена (не поддерживающего горение);

Бб – броня из профилированной стальной ленты.

1. Классификация кабельных линий, маркировка кабелей

! Наличие медных жил в маркировке не выделяется

Примеры обозначения кабелей

ААБвГ – кабель с алюминиевыми жилами, в алюминиевой оболочке, защитный покров БвГ (Б – броня из стальных лент, в – подушка, Г – без наружного покрова)

СБ – кабель с бумажной пропитанной изоляцией с медными жилами, в свинцовой оболочке (С), с броней из стальных лент (Б)



2. Конструкции силовых кабелей

По количеству жил различают кабели одножильные, двухжильные, трехжильные, четырехжильные и многожильные с круглыми и сегментными жилами с различной изоляцией.

Силовые кабели

*применяются для
подземной и подводной
передачи и
распределения энергии
на высоком и низком
напряжении, но могут
быть проложены и
открытым способом*

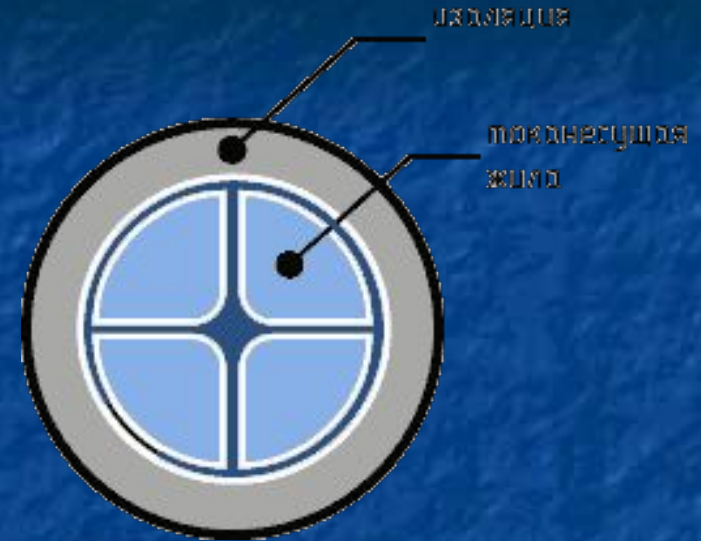


2. Конструкции силовых кабелей

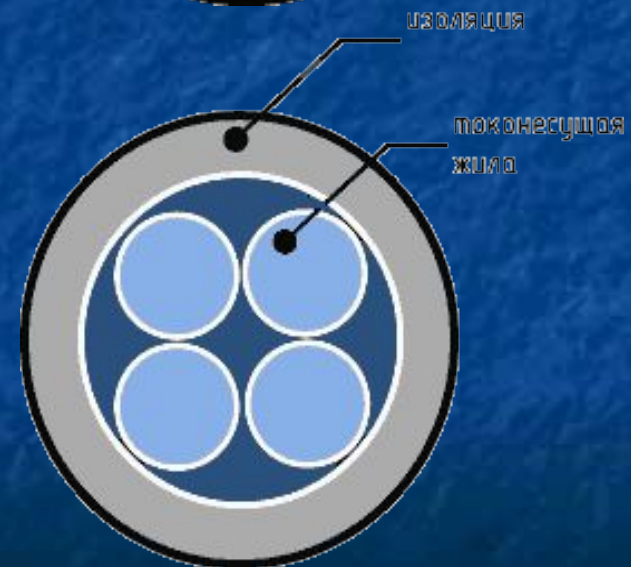
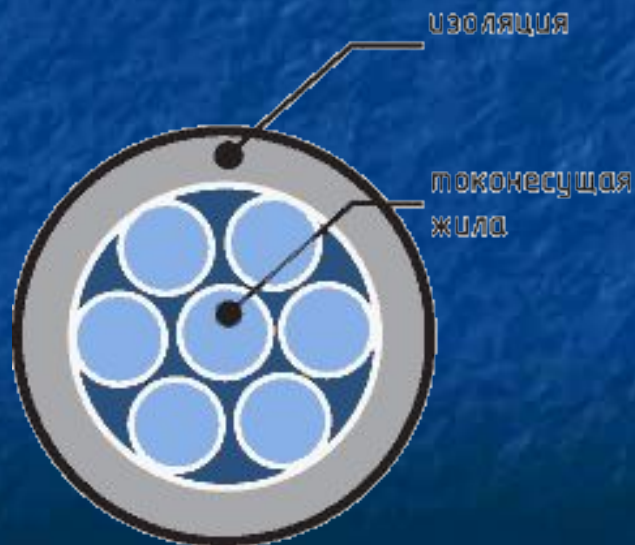
Одножильный кабель



Четырёхжильные кабели



Многожильный кабель



2. Конструкции силовых кабелей

Силовой кабель с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 6-10кВ



Токонесущие жилы

Изоляция жил

Поясная изоляция

Защитная оболочка

Бумага, пропитанная компаудом

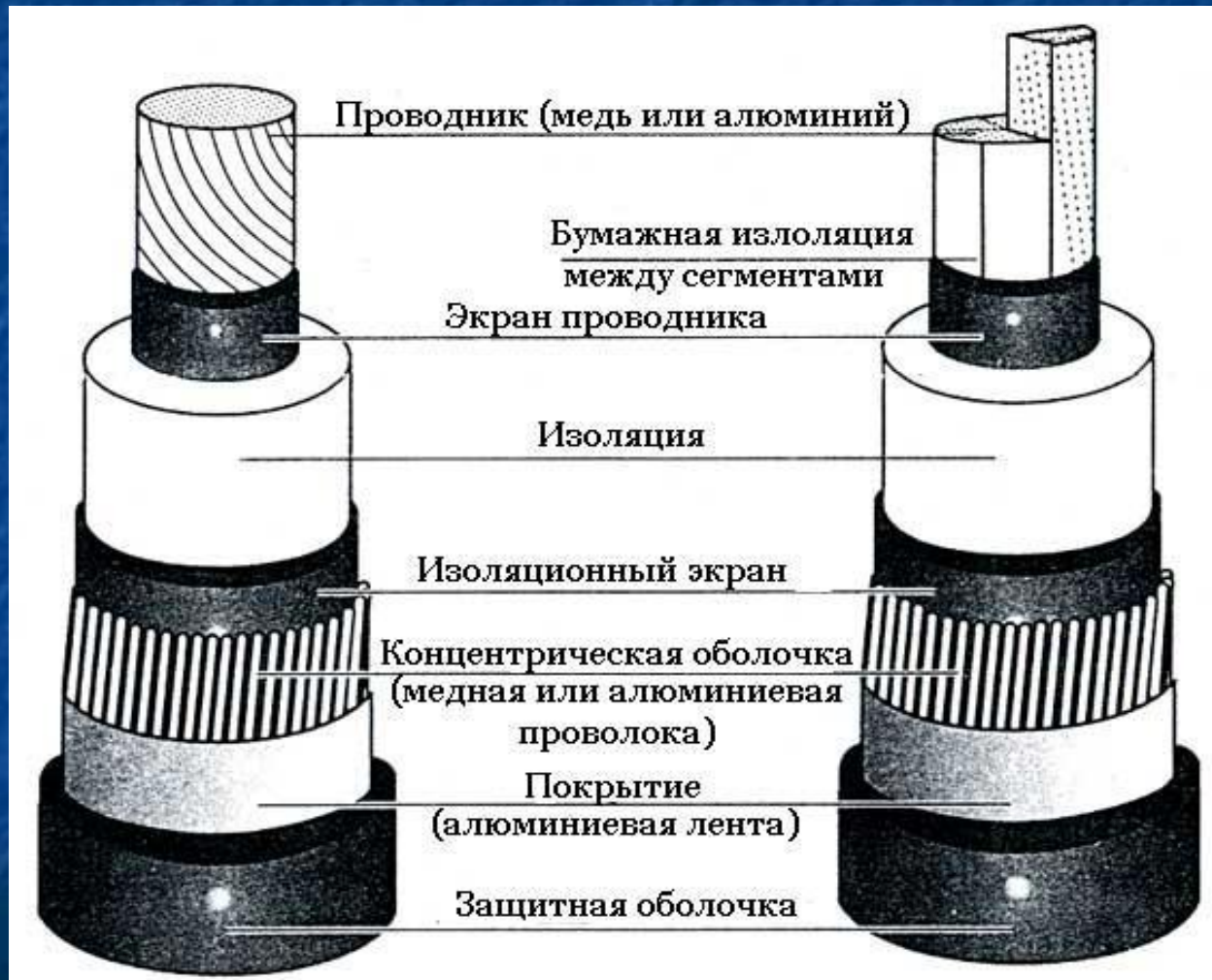
Поясная изоляция

Ленточная броня

Пропитанная кабельная пряжа

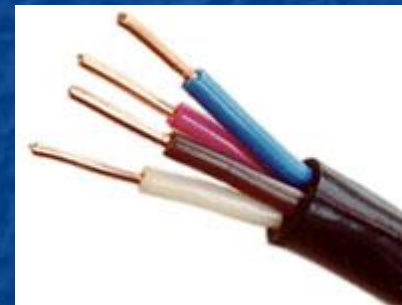
2. Конструкции силовых кабелей

Кабели напряжением 10...35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена



2. Конструкции силовых кабелей

Примеры конструкций кабельных линий



2. Конструкции силовых кабелей

Кабель силовой с медными жилами с изоляцией из ПВХ



2. Конструкции силовых кабелей

Кабель силовой с алюминиевыми жилами и ПВХ оболочкой АВВГ



2. Конструкции силовых кабелей

Кабель силовой с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой оболочке бронированный ААБл



2. Конструкции силовых кабелей

Бронированный кабель



Кабель АВВГ

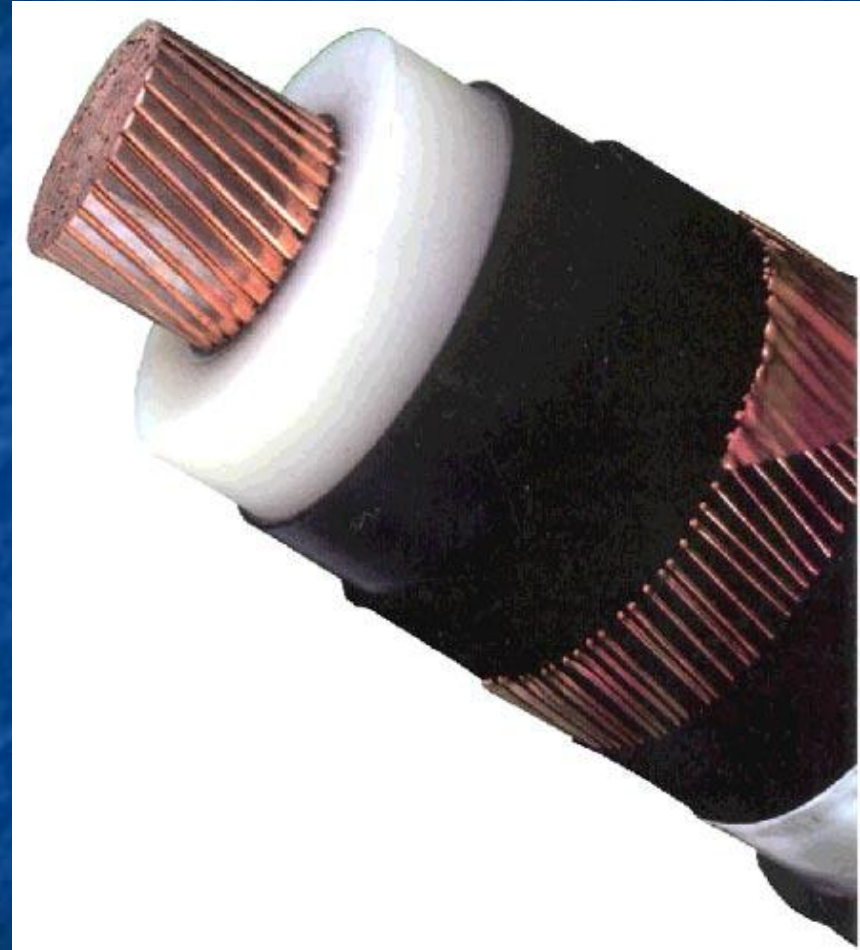


2. Конструкции силовых кабелей

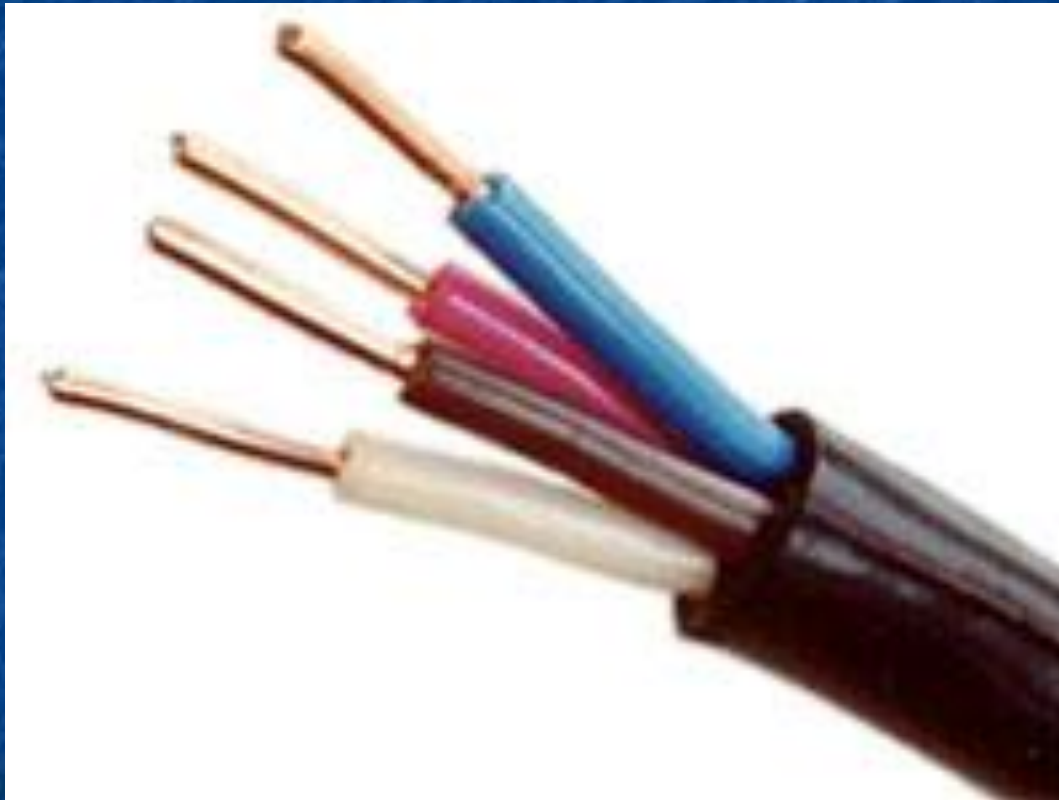
Кабель высоковольтный в изоляции из сшитого сухого полиэтилена



Кабель высокого напряжения в шланге из ПВХ с продольным уплотнением



Кабель силовой ВВГ



*Кабель с
алюминиевой
жилой с
изоляцией из
сшитого
полиэтилена*



3. Маслонаполненные кабели

При напряжении свыше 35 кВ в бумажно-масляной изоляции появляются воздушные и газовые включения.

Под действием электрического поля в этих включениях возникает ионизация, которая сопровождается повышением температуры. В результате этих процессов происходит ускоренное местное старение изоляции и снижение ее электрической прочности.

Поэтому при напряжении 35 кВ и выше применяют маслонаполненные кабели. В маслонаполненных кабелях образование газовых включений не происходит, поскольку пропитка бумажной изоляции осуществляется маловязким маслом. Масло в маслопроводящем канале кабеля при монтаже и эксплуатации постоянно находится под давлением.

Маркировка маслонаполненных кабелей

М (на первом месте) – маслонаполненный.

Затем характеристика давления:

Н – низкое давление;

ВД – высокое давление.

Далее идут буквы, обозначающие материал оболочки и ее форму:

С, А — соответственно свинцовая и алюминиевая гладкая,

Аг - алюминиевая гофрированная. На четвертом месте стоят буквы, характеризующие тип брони и наружного защитного покрова:

А — без брони, с защитным покровом из слоев битумного состава, полиэтилентерефталатных (или резиновых) лент и пропитанной кабельной пряжи (или стеклопряжи);

3. Маслонаполненные кабели

К - то же, но с броней из круглых стальных оцинкованных проволок;

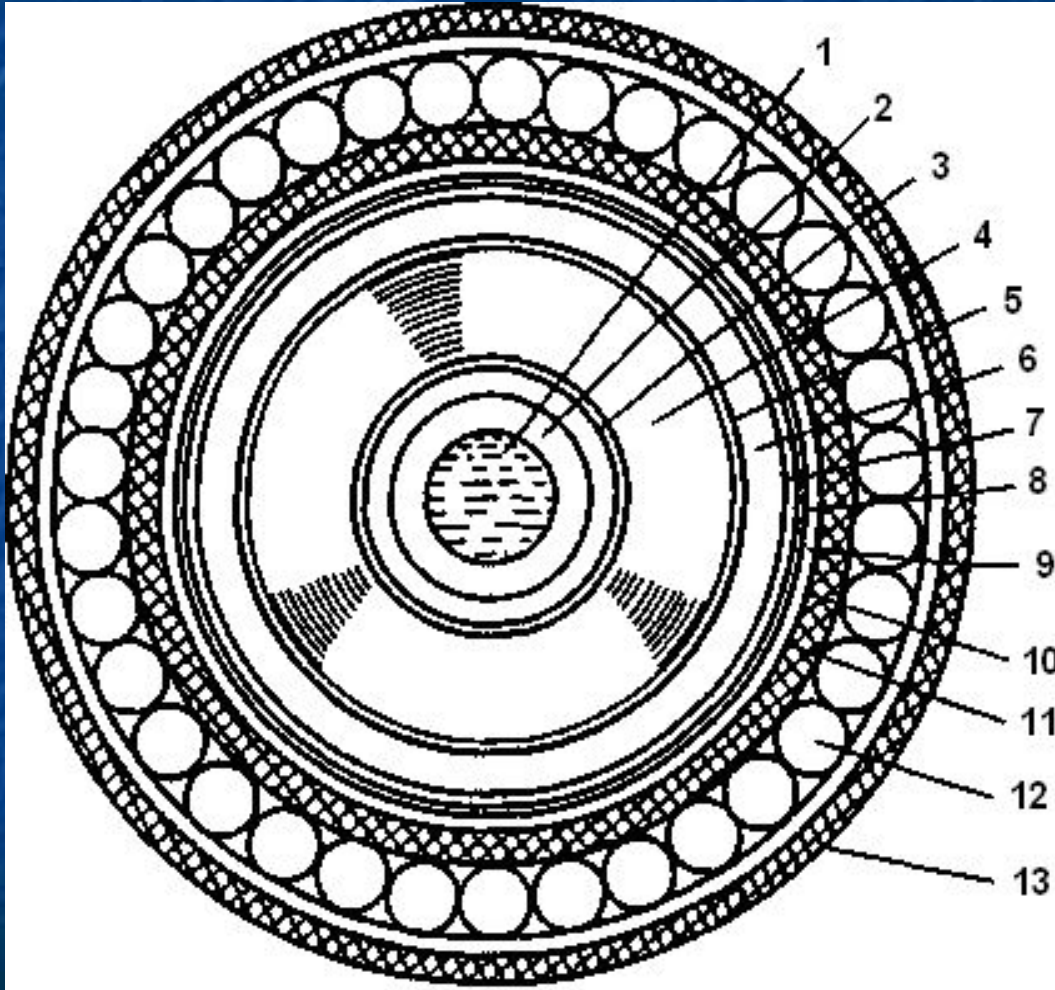
Шв - в шланге из поливинилхлоридного пластика;

Шву — то же, но с усиленным защитным слоем под шлангом.

Наконец, на последнем месте может находиться буква **Т**, означающая, что кабель имеет свинцовую оболочку, снимаемую на месте прокладки при его протягивании в трубопровод, либо сочетание **Тк**, которое означает, что кабель без свинцовой оболочки доставляется на трассу в контейнере с маслом, из которого он затягивается в трубопровод.

3. Маслонаполненные кабели

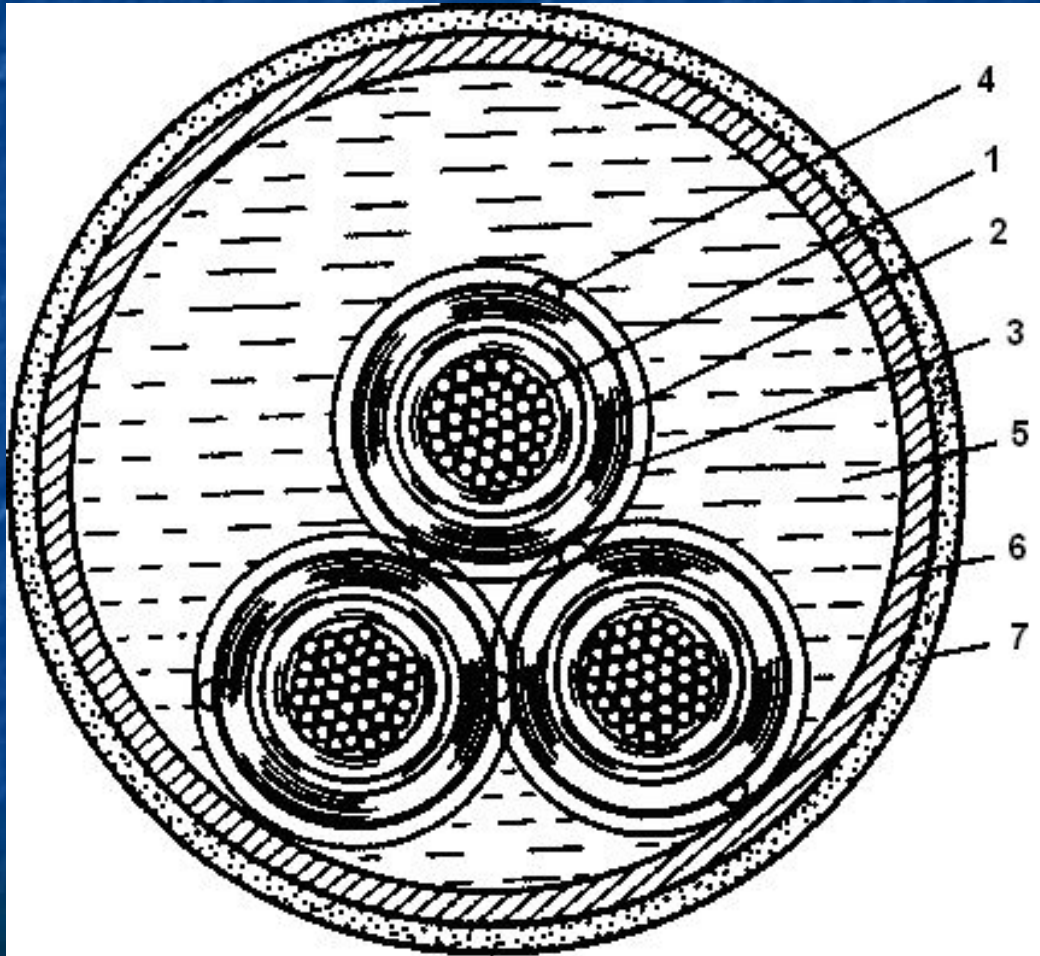
Поперечное сечение маслонаполненного кабеля 110 кВ низкого давления:



- 1 — маслопроводящий канал;
- 2 — токоведущая жила;
- 3 — экран по жиле;
- 4 — бумажная изоляция;
- 5 — экран по изоляции;
- 6 — свинцовая оболочка;
- 7 — битумный состав;
- 8 — поливинилхлоридные ленты;
- 9 — упрочняющие оболочку медные ленты;
- 10 — поливинилхлоридные ленты;
- 11 — подушка под броню;
- 12 — броневой покров из проволок;
- 13 — наружный антикоррозионный покров.

3. Маслонаполненные кабели

Поперечное сечение маслонаполненного кабеля высокого давления:



- 1 — токопроводящая экранированная жила;
- 2 — бумажная изоляция;
- 3 — экран по изоляции из медных перфорированных лент;
- 4 — полукруглая проволока скольжения;
- 5 — масло;
- 6 — стальная труба;
- 7 — наружный антикоррозионный покров.

4. Газонаполненные кабели

Способ увеличения электрической прочности бумажно-масляной изоляции путем увеличения давления в газовых включениях нашел свою вторую реализацию в газонаполненных кабелях (ГНК).

Аналогично маслonaполненным кабелям они делятся на кабели низкого давления (0,15-0,6 МПа) и высокого давления (1,2-1,6 МПа).

Первые используются при напряжениях до 110 кВ, а вторые при напряжениях 110 кВ и выше.

5. Арматура для кабельных линий

Надежность работы всей кабельной линии во многом определяется надежностью ее арматуры, т.е. муфт различного типа и назначения.

По назначению муфты делятся на три основные группы: концевые, соединительные и стопорные.

По виду электрической изоляции муфты делятся на две группы: со слоистой изоляцией и с монолитной изоляцией. Слоистая изоляция выполняется путем намотки лент из кабельной бумаги или синтетической пленки или их композиции и заполняется той или иной изолирующей средой (маслом, газом) под избыточным давлением или без него.

Монолитная изоляция образуется экструдированием на прессах или спеканием в подогреваемых пресс-формах.

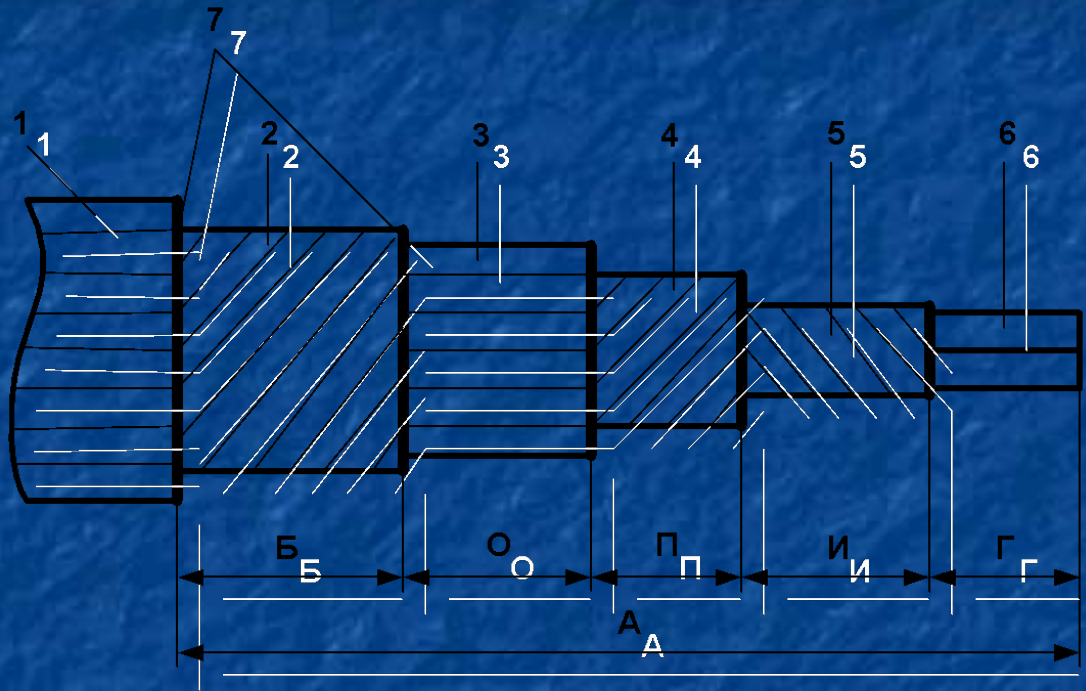
По роду тока различают муфты для кабелей переменного, постоянного и импульсного тока.

Типы муфт:

- *свинцовые соединительные муфты;*
- *муфты соединительные и концевые термоусаживаемые (для внутренней и наружной установки);*
- *муфты соединительные и концевые эпоксидные (для внутренней и наружной установки).*

Соединение жил кабелей 1-35 кВ производится после предварительного снятия защитного покрова, оболочки, экрана по изоляции и части самой изоляции на определенной длине, определяемой из электрического расчета соединительной муфты.

Концевая разделка кабеля



- 1 – наружный покров; 2 – броня;
- 3 – оболочка; 4 – поясная изоляция;
- 5 – изоляция жилы; 6 – жилы кабеля;
- 7 – бандаж.

5. Арматура для кабельных линий

Приступая к разделке конца кабеля проверяют отсутствие влаги в бумажной изоляции и жилах. При необходимости удаляют имеющуюся влажную изоляцию, лишнюю длину концов, участки под герметизирующими колпачками и концевыми кабельными захватами. Дефектные места кабеля отрезают секторными ножницами.

Разделку кабеля начинают с определения мест установки бандажей, которые рассчитывают по следующей формуле:

$$A = B + O + П + И + Г$$

На конце кабеля отмеряют расстояние A и распрямляют этот участок. Далее подматывают смоляную ленту и накладывают бандаж из стальной оцинкованной проволоки. Концы проволоки захватывают плоскогубцами, скручивают и пригибают вдоль кабеля.

5. Арматура для кабельных линий

Наружный кабельный покров разматывают до установленного бандажа и не срезают, а оставляют его для защиты ступени брони от коррозии после монтажа муфты.

На броню кабеля на расстоянии Б (50 – 70 мм) от первого проволочного бандажа накладывают второй бандаж. По внешней кромке второго бандажа бронерезкой или ножовкой надрезают верхнюю и нижнюю ленты брони (не более половины их толщины), затем броню разматывают, обламывают и снимают.

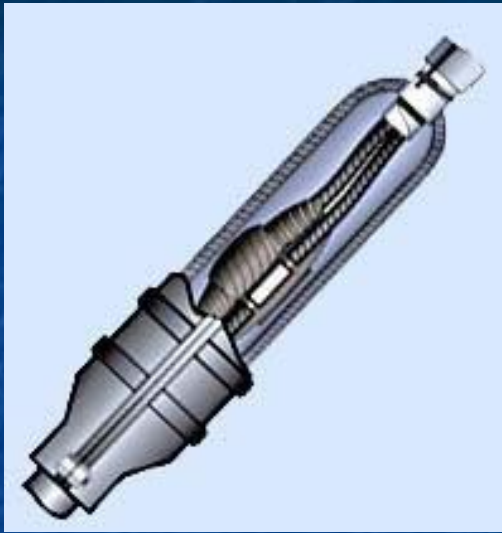
Далее удаляют подушку. Для этого кабельную бумагу и битумный состав подогревают огнем пропановой горелки или паяльной лампы. Оболочку кабеля очищают салфеткой, смоченной в подогретом до 35 - 40°С трансформаторном масле.

5. Арматура для кабельных линий

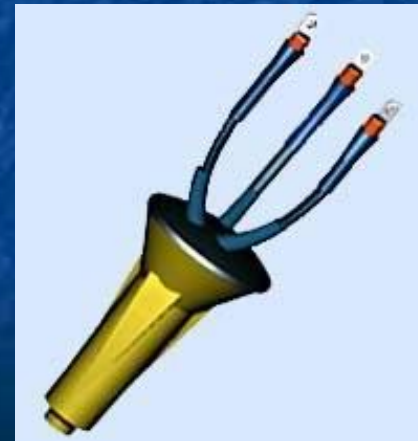
Для удаления оболочки на расстоянии 50 – 70 мм от среза брони делают кольцевые надрезы. При разметке свинцовых оболочек кольцевые надрезы на половину глубины выполняют специальным ножом с ограничителем глубины резания. От второго кольцевого надреза на расстоянии 10 мм один от другого полосу оболочки между двумя надрезами захватывают плоскогубцами и удаляют. Оставшуюся часть оболочки раздвигают и отламывают у второго кольцевого надреза. Между первым и вторым кольцевыми надрезами оболочка временно остается. Она предохраняет изоляцию от повреждения при изгибе жил. Далее жилы кабеля освобождают от поясной изоляции и постепенно выгибают по шаблону. Затем подготавливают место для присоединения заземления. С жилы кабеля удаляется один повив проволок, после чего на этот участок надевается гильза. Медные жилы соединяются опрессовкой или пайкой в гильзах, алюминиевые – термитной сваркой, пайкой в формочках и т.п.

5. Арматура для кабельных линий

Соединительные муфты

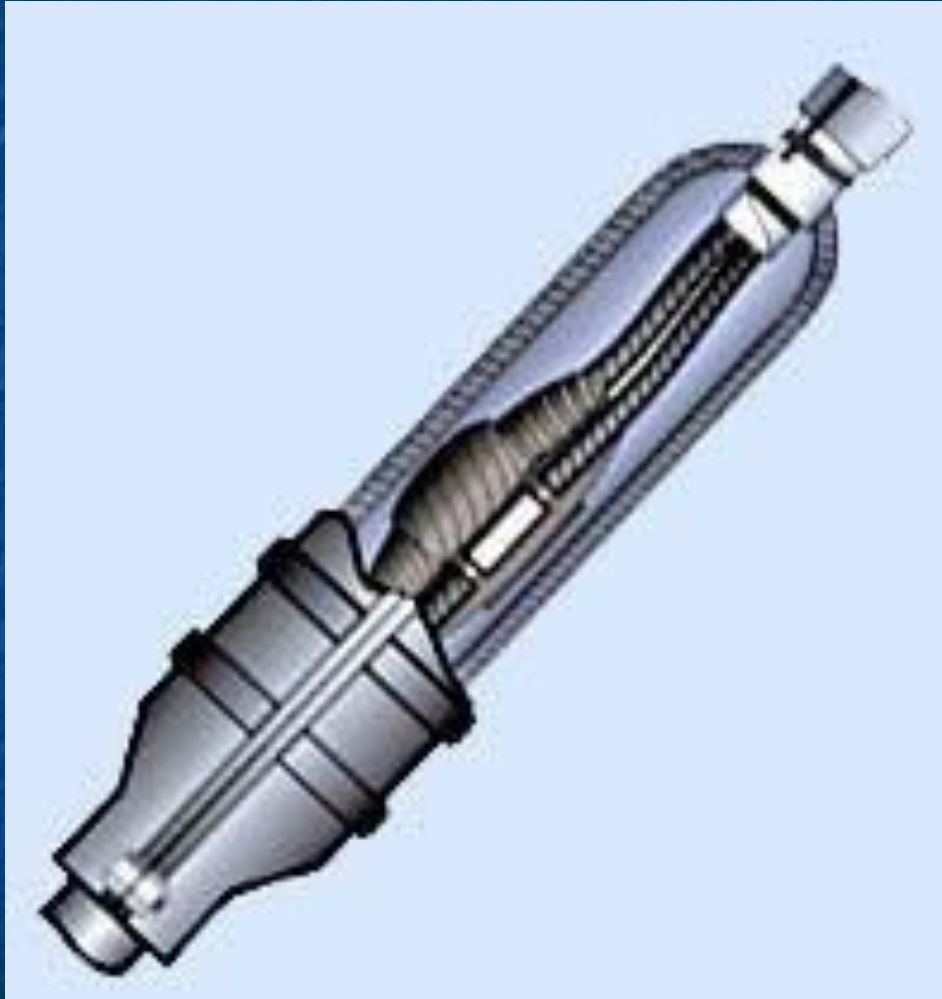


Концевые муфты



5. Арматура для кабельных линий

Свинцовые соединительные муфты марки СС



Предназначены для соединения кабелей с сечением жил от 10 до 240 кв. мм с пропитанной бумажной изоляцией и с изоляцией, пропитанной нестекающим составом, в алюминиевой или свинцовой оболочке, с защитными покровами или без них на напряжение 6 и 10 кВ при частоте 50 Гц, проложенных в земле, туннелях, каналах и других кабельных сооружениях при любых климатических условиях, а также при относительной влажности не более 98% при температуре 35°C. Могут применяться в воде при условии их защиты специальными кожухами.

5. Арматура для кабельных линий

Кабельные муфты соединительные термоусаживаемые СТп



Предназначены для соединения 3-х и 4-х жильных силовых кабелей с бумажной пропитанной и пластмассовой изоляцией на напряжение до 10 кВ. Данные муфты устанавливаются как в земле, так и на воздухе на вертикальных и других кабельных трассах без ограничения разности уровней.

5. Арматура для кабельных линий

Кабельные муфты соединительные эпоксидные СЭФ



*Предназначены для
соединения силовых
трехжильных кабелей с
бумажной или
полимерной изоляцией на
напряжение 6 и 10 кВ.
Муфты стойки к
воздействию
температуры
окружающей среды от
–50 до +50 градусов. Срок
службы не менее 30 лет.*

5. Арматура для кабельных линий

Муфты концевые термоусаживаемые для внутренней установки КВТп

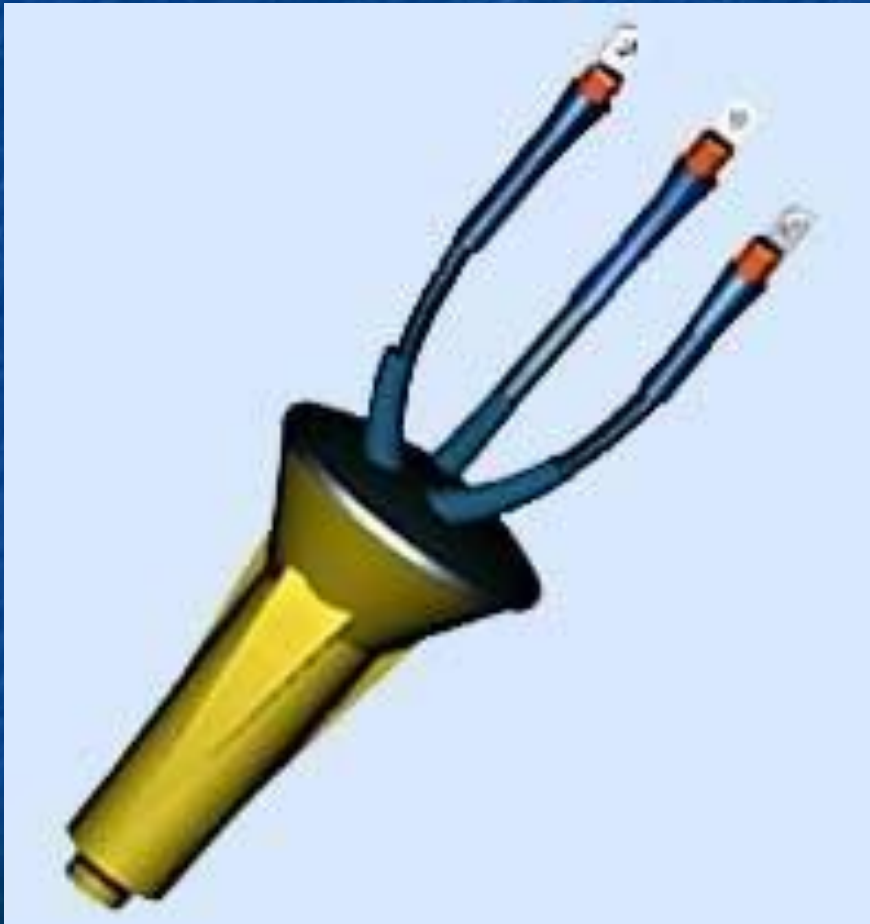


Предназначены для изолирования мест разделки силовых кабелей с алюминиевыми или медными жилами, с пластмассовой или бумажно-пропитанной изоляцией, в алюминиевой или пластмассовой оболочке, с защитным покровом или без него на переменное напряжение до 1 кВ для сетей с изолированной или заземленной нейтралью.

Муфты концевые термоусаживаемые предназначены для оконцевания трехжильных и четырехжильных силовых кабелей на напряжение 6 и 10 кВ.

5. Арматура для кабельных линий

Муфта концевая эпоксидная внутренней установки КВЭл



*Предназначена для
оконцевания силовых
трехжильных кабелей на
напряжение 6 и 10 кВ с
бумажной изоляцией.
Муфты стойки к
воздействию
температуры
окружающей среды от
+50 до -50°С.
Срок службы не менее 30
лет.*

5. Арматура для кабельных линий

Муфты кабельные концевые термоусаживаемые наружной установки КНТп



Предназначены для оконцевания многожильных силовых кабелей с бумажной пропитанной или пластмассовой изоляцией на напряжение до 10 кВ.

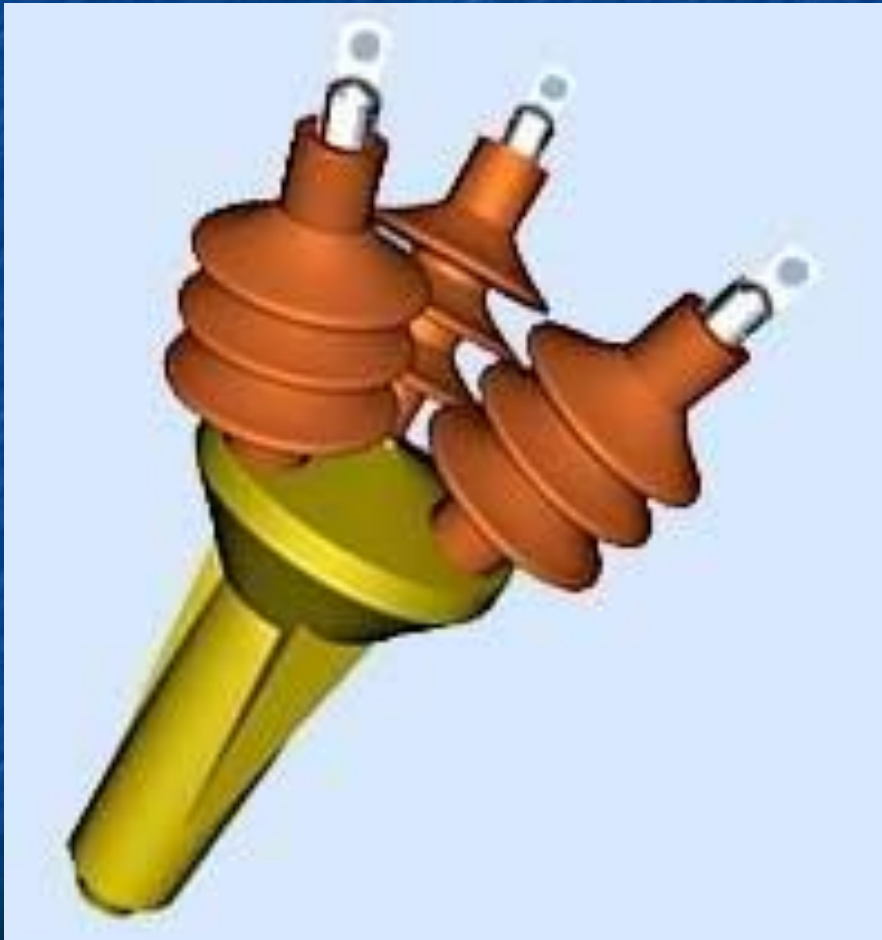
Муфты КНТп предназначены для установки на открытом воздухе, в том числе в качестве мачтовых.

Термоусаживаемый материал, составляющий основу термоусаживаемой муфты, изготавливается по специальной технологии из термопластов.

В результате радиационной обработки материал приобретает новые эксплуатационные и технологические свойства, главное из которых - способность уменьшаться в объеме при нагревании при сохранении изначальной формы.

5. Арматура для кабельных линий

Муфты концевые наружной установки эпоксидные марки КНЭ



*Предназначены для
оконцевания кабелей с
бумажной изоляцией, с
алюминиевыми или
медными жилами
сечением до 240 мм² на
напряжение 1, 6, 10 кВ.
Муфты стойки к
воздействию
температуры
окружающей среды от
–50 до +50 °.*

5. Арматура для кабельных линий

Наконечники кабельные алюминиевые, закрепляемые опрессовкой



*Предназначены для
оконцевания проводов и
кабелей с
алюминиевыми
жилами сечением от 16
до 240 кв.мм на
напряжение до 35кВ.*

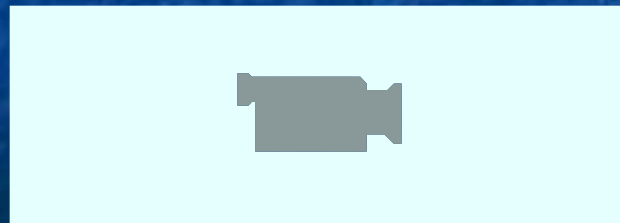
5. Арматура для кабельных линий

Болтовой наконечник со срывными головками



5. Арматура для кабельных линий

*В главу «Арматура для кабельных линий» входят два фильма: «Монтаж соединительной муфты на кабеле 10 кВ с бумажной изоляцией» и «Монтаж концевой муфты на кабеле 10 кВ с бумажной изоляцией», которые Вы можете просмотреть скопировав фильм на свой компьютер в папку **C:\ Films** и установив с диска **bsplayer** и **klcodec220f**.*



6. Прокладка кабельных линий

Способы прокладки

Вся совокупность возможных способов прокладки кабельных линий может быть разделена на две категории:

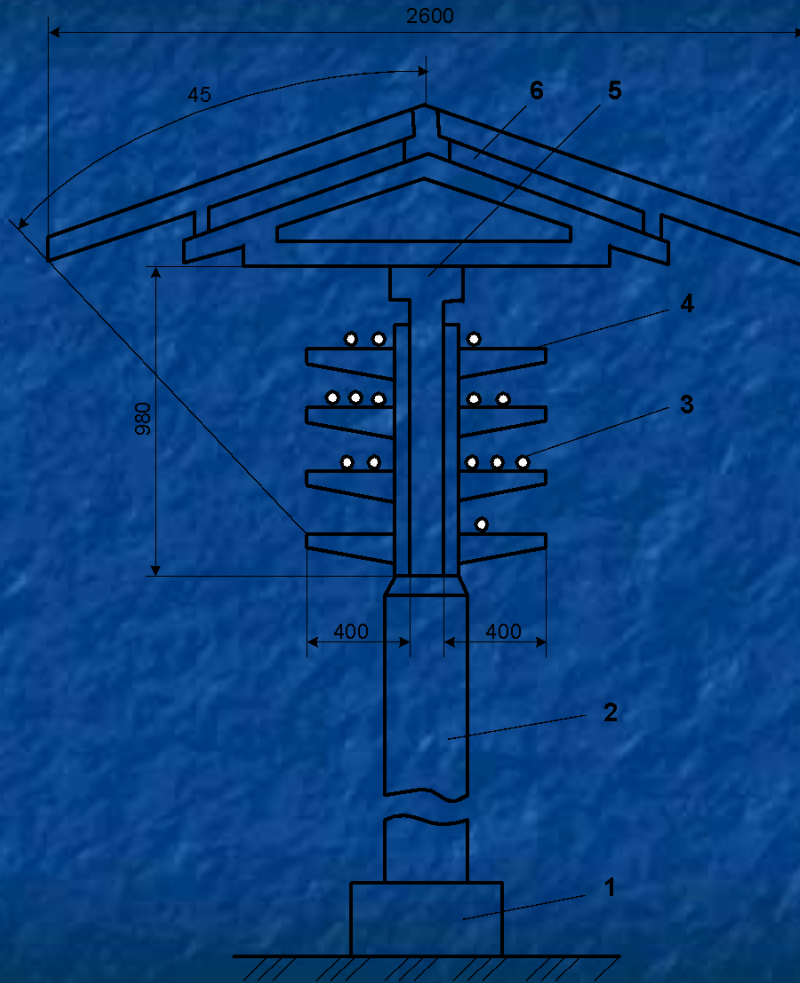
- закрытая прокладка, при которой отсутствует возможность непосредственного доступа к кабелям (в земляных траншеях и непроходных кабельных сооружениях);*
- открытая прокладка (по стенам, конструкциям и в проходных кабельных сооружениях).*

Кабельные сооружения



6. Прокладка кабельных линий

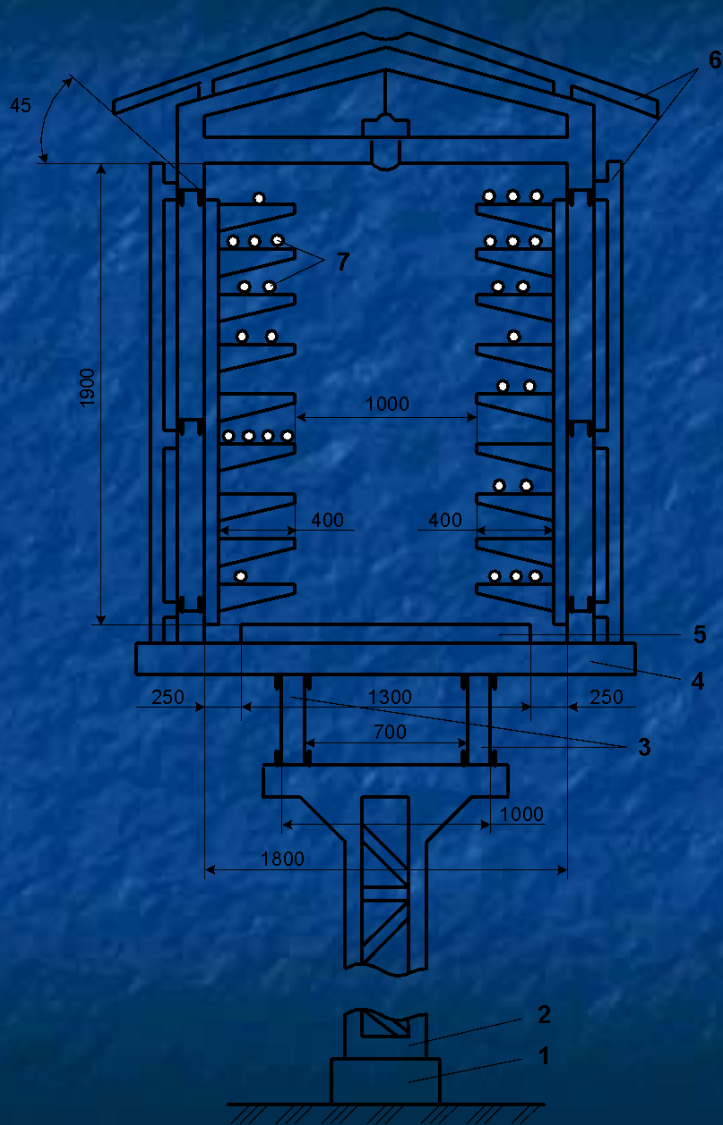
Кабельная эстакада



— это надземное протяженное кабельное сооружение открытого типа, расположенное горизонтально или наклонно. Она может быть проходной или непроходной, с солнцезащитными козырьками или без них. В качестве примера на рисунке показана непроходная железобетонная эстакада. На железобетонном основании **1** установлена железобетонная колонна **2**. Кабели **3** укладываются на металлические полки **4**, закрепленные на стойках, которые крепятся к железобетонной балке **5**. На эту балку сверху устанавливается опорная конструкция солнцезащитного козырька **6**.

6. Прокладка кабельных линий

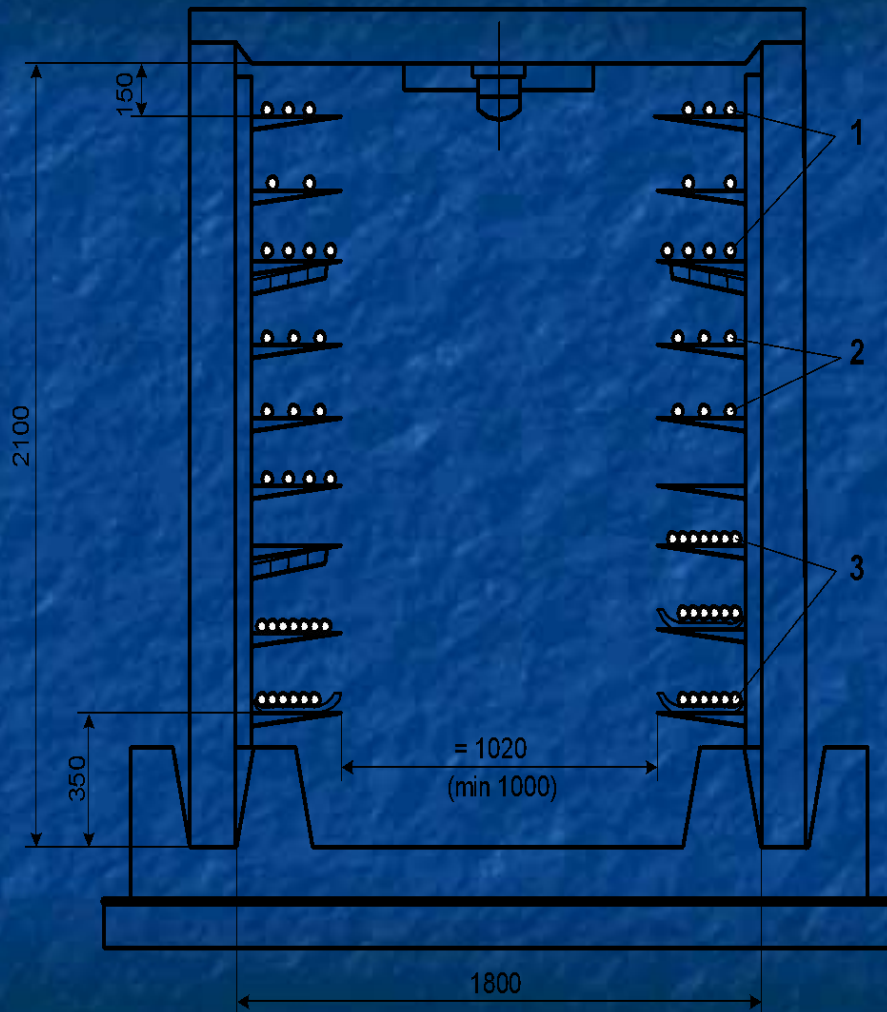
Кабельная галерея



отличается от эстакады лишь тем, что это закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) **проходное кабельное сооружение**. На рисунке показана двухсторонняя металлическая галерея. Ее опорная металлическая конструкция состоит из оснований **1**, колонн **2**, несущих балок **3** и траверс **4**, на которые укладывается металлический настил **5**. В качестве стен и крыши используются стационарные солнцезащитные панели **6**. Достоинствами этих кабельных сооружений является доступность кабелей для внешнего осмотра, удобство производства работ по замене и ремонту, хорошие условия охлаждения и вентиляции и надежность защиты от механических повреждений. Вместе с тем эстакады и галереи являются довольно дорогостоящими сооружениями.

6. Прокладка кабельных линий

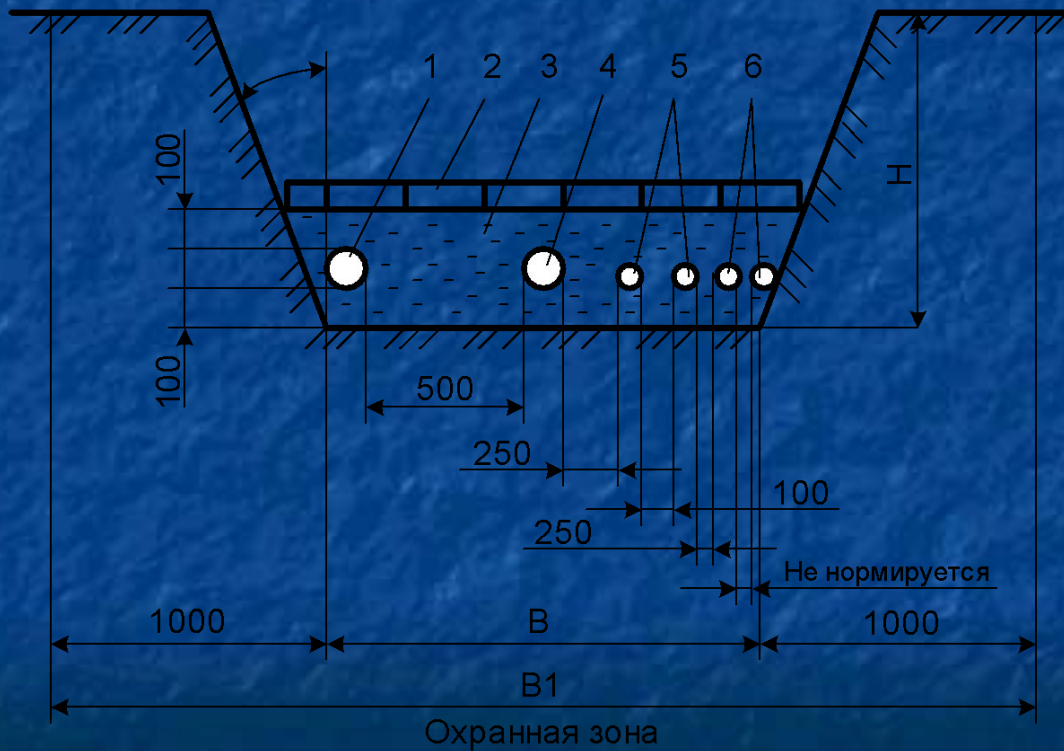
Кабельный туннель



Поперечное сечение проходного туннеля прямоугольной формы показано на рисунке. Здесь размещаются кабели 6-10 кВ (1), кабели 0,38 кВ (2), а также кабели связи и контрольные (3). Высота внутренней части туннеля 2,1 м. В местах, где подземные коммуникации не позволяют разместить туннель проходного типа, допускается применение полупроходных туннелей. От проходных они отличаются только уменьшенной высотой (1,65 м). Длина таких сооружений ограничивается 15 м. Они используются для прокладки кабелей напряжением не более 10 кВ.

6. Прокладка кабельных линий

В городах и поселках одиночные кабельные линии, как правило, прокладываются в траншеях по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.



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

7. Способы обнаружения мест повреждения

Чаще всего встречаются следующие виды повреждений в кабельных линиях:

- однофазное замыкание на «Землю»;*
- межфазное КЗ;*
- двухфазное КЗ на «Землю»;*
- обрыв жилы кабеля.*

Работы по ликвидации повреждений в кабелях начинают с определения вида повреждений, так как в зависимости от этого выбирают метод выявления места повреждения. Виды повреждений во многих случаях удается установить с помощью мегомметра. Для этой цели с обоих концов кабельной линии проверяют состояние изоляции каждой фазы по отношению к земле, исправность изоляции между отдельными фазами, а также отсутствие обрывов в жилах.

7. Способы обнаружения мест повреждения

Для обнаружения зоны повреждения кабельной линии вначале могут быть использованы так называемые относительные методы, а именно:

- импульсный метод,*
- метод колебательного разряда,*
- петлевой метод,*
- емкостный метод.*

Точное место повреждения, знание которого служит исходной информацией для проведения раскопок, находится так называемыми абсолютными методами — индукционным или акустическим.

7. Способы обнаружения мест повреждения

Импульсным методом определяют устойчивые однофазные и междуфазные короткие замыкания при переходных сопротивлениях не более 100 Ом, обрыв одной, двух или трех жил кабеля.

Метод основан на посылке в поврежденную линию эталонного электрического импульса со скоростью 160 м/мкс и измерении интервала времени t_x между моментами его подачи и прихода отраженного импульса. От места обрыва или от конца линии импульсы отражаются с тем же знаком, от места короткого замыкания — с обратным. Расстояние до места повреждения l_x определяется как:

$$l_x = 80 t_x$$

7. Способы обнаружения мест повреждения

Метод колебательного разряда основан на измерении периода собственных электрических колебаний в кабеле, возникающих в момент пробоя.

Поврежденная жила кабеля заряжается от выпрямительной установки до напряжения пробоя. После пробоя возникает колебательный разряд, при этом расстояние до места повреждения на кабеле пропорционально периоду собственного колебания.

7. Способы обнаружения мест повреждения

Петлевой метод применяют при замыкании одной или двух жил на оболочку кабеля без обрыва при переходном сопротивлении не более 500 Ом. Метод широко используется в лабораторной практике в учебных заведениях. Он основан на измерении соотношения активных сопротивлений участков поврежденной жилы от места измерения до места повреждения (первый участок) и от места повреждения до конца кабеля плюс неповрежденная жила кабеля (другой участок), соединенная на другом конце кабеля с поврежденной жилой перемычкой. Метод трудоемок, так как требует проведения измерений с обоих концов кабельной линии.

7. Способы обнаружения мест повреждения

Емкостный метод базируется на измерении емкости частей оборванной жилы (между каждой частью жилы и оболочкой) с помощью моста переменного тока на частоте 1 кГц.

Индукционный метод основан на улавливании магнитного поля над кабелем, по которому пропускается ток звуковой частоты (800—1000 Гц), и позволяет определять место повреждения при устойчивых двухфазных и трехфазных коротких замыканиях и переходном сопротивлении 20—250 Ом. Генератор звуковой частоты подключают к петле короткого замыкания. При этом вокруг кабеля образуется магнитное поле. Электромонтер, следуя по трассе кабельной линии с приемной рамкой, усилителем и телефонными наушниками, прослушивает звуковые сигналы от генератора, которые будут слышны там, где по кабелю проходит ток, т. е. до места повреждения. За местом повреждения громкость звука в телефоне резко снижается.

7. Способы обнаружения мест повреждения

Акустический метод основан на прослушивании с поверхности земли звуковых колебаний, вызываемых искровым разрядом в месте повреждения. В поврежденную жилу кабеля подаются периодические импульсы постоянного тока через разрядник от накопительного конденсатора. В месте повреждения возникает разряд, что вызывает акустический шум, который прослушивается с поверхности земли с помощью стетоскопа или приборов, преобразующих механические колебания в электрические.

При металлическом соединении жилы с оболочкой в месте повреждения искровые разряды будут отсутствовать, и данным методом установить место повреждения кабеля не представляется возможным.