Линии электропередачи. Кабели для питания электрооборудования

Передача электрической энергии к потребителям производится по проводникам. Основными проводниками являются медь (Cu) и алюминий (Al) и, иногда, железо (Fe)(сталь) из-за их относительно невысокой стоимости , прочностных характеристик и низкого удельного сопротивления электрическому току.

Линии электропередачи

- Другие металлы получили меньшее распространение из-за дороговизны (серебро, золото и т.д.) или намного худших электропроводящих характеристик (хром, никель и т.д.).
- Основными типами устройств для передачи электроэнергии являются **провода, кабели и шинопроводы** (устройства для передачи сигналов в лекции не рассматриваются).
- Существует так же беспроводная форма передачи электроэнергии – индукционная, но она применяется только для питания маломощных потребителей (мобильные электронные устройства – беспроводная зарядка аккумуляторов) или, имея крайне низкий КПД, применяется только в экспериментальных, более мощных устройствах, на ограниченном расстоянии.

Линии электропередачи. Провода

- **Проводом** называют одну или несколько токопроводящих жил, служащих для передачи электрического тока. Условно, принято считать, что провод или не имеет изоляции или имеет только один слой покрытия (изоляции или оболочки).
- Провода разделяют на **голые (незащищенные), изолированные** (слои лаковой, полимерной, керамической …. изоляции) и **защищенные изолированные** (в усиленной оболочке). Так же провода бывают **одножильными** и **многожильными** (многопроволочные). Многожильные защищенные изолированные провода называются **шнурами** (питание бытовых приборов и ручного электроинструмента).

Линии электропередачи. Провода

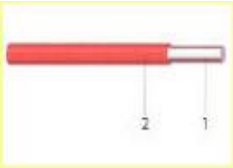
- Изолированные провода бывают **установочными** (для прокладки в (по) строительных конструкциях зданий и сооружений), **монтажными** (для прокладки в электрических шкафах и электроаппаратах) и **обмоточные** (для изготовления обмоток ЭД, катушек индуктивности, трансформаторов и пр.).
- Голые провода имеют маркировку: М - медный (или отсутствие буквы), А – алюминиевый, АС – сталеалюминевый, ПС – стальной, У – усиленный, О – однопроволочный, Н – нетермообработанный, Ф – фасонный, С – самонесущий, И -изолированный, П – провод, Ж – жаростойкий, Н – нетермообработанный, Г- гибкий.

Линии электропередачи. Провода

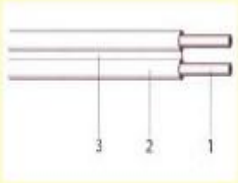
- Вторая и далее буквы в названии: П – плоский, Р-резиновая изоляция, В – виниловая изоляция (из поливинилхлора), Н – изоляция не поддерживает горение, Ф – фальцовочная оплетка, Л – лаковая изоляция, Э – эмалевая изоляция, О – один слой лаковой или эмалевой изоляции; Д - два слоя лаковой или эмалевой изоляции; Ш – шёлковая изоляция.
- Импортные провода имеют маркировку стран – изготовителей.
- Провода, чаще всего, имеют круглую, прямоугольную, овальную форму. По специальным заказам изготавливаются провода любых форм и видов (треугольные, шестигранные, переменного сечения и т.д.).

Линии электропередачи. Провода

- Сердечник провода (однопроволочный или многопроволочный) называется **жилой провода**. Провода бывают одножильными и многожильными. По форме они бывают плоскими, круглыми и т.д. (форма может быть любой).
- Провода применяются для прокладки по **воздушным линиям электропередачи (ВЛ)**, внутри (по) строительных конструкций, электрических аппаратов и шкафов, обмоток электрических машин,; в качестве питающих потребителей проводников (шнуры), т.е. там где риск повреждения изоляции или риск прикосновения к неизолированным проводникам сведен к минимуму.



провод АПВ
Жила(1) - однопроволочная из мягкой алюминиевой проволоки. При сечении от 25 мм2 выполняется многопроволочной 2 класса гибкости. Изоляция(2) - изоляционный ПВХ пластикат. Расцветка - белая, серая.



провод АППВ
Жила(1) - из двух или трех параллельно уложенных мягких алюминиевых проволок Изоляция(2) - изоляционный ПВХ пластикат. Расцветка - белая, серая.

провод ПВ-1
Жила - однопроволочная из мягкой медной проволоки. При сечении от 16 мм2 выполняется многопроволочной 2 класса гибкости. Изоляция - изоляционный ПВХ пластикат. Расцветка: белая, серая, желтая, оранжевая, красная, розовая, голубая, зеленая, коричневая, черная, фиолетовая и желто-зеленая.

провод ПВ-3
Жила(1) - одиночная или две-три параллельно уложенные медные многопроволочные 3 класса гибкости. Изоляция(2) - изоляционный ПВХ пластикат. Расцветка: белая, серая, желтая, оранжевая, красная, розовая, голубая, зеленая, коричневая, черная, фиолетовая и желто-зеленая.

провод ППВ
Жила - из двух или трех параллельно уложенных мягких медных проволок. Изоляция - изоляционный ПВХ пластикат. Расцветка: белая, серая.

Виды проводов

Линии электропередачи. Кабели

- **Кабель** – одножильные и многожильные провода, имеющие два и более слоёв изоляции и объединенные в одной защитной или изолирующей **оболочке**. Кабели разделяются **по назначению** на: силовые (проводящие электрический ток к потребителю), контрольные (проводящие электрический ток к устройствам управления, защиты, сигнализации, КИП, мониторинга), телефонные, оптические (передающие световой поток), передающие частоты связи (антенные, радиоизлучающие, в/ч связи и т.д.) и другие специальные виды.
- Силовые кабели, **по уровню напряжения** делятся на низковольтные (до 1000 В) и высоковольтные (выше 1000 В - до 330 кВ включительно).

Линии электропередачи. Кабели

- Силовые кабели также классифицируются по конструкции, по материалу жил (Cu, Al и др.), по форме сечения жил (круглые, плоские, секторные и др.), по количеству проволок в жиле (одно- и многопроволочные), по материалу изоляции жил (голые, лакированные, резиновая или бумажная изоляция и т.д.), по виду, наличию и материалу оболочки (алюминиевая, свинцовая и т.д.), по типу **брони** (конструктив, применяющийся для защиты оболочки и жил от повреждений (проволочная, ленточная и т.д.)), по типу защитного покрова (из пряжи, пластиковый, резиновый и т. д.), по наличию и типу экрана, по количеству жил(одно-,двух-, трех-,четырех-,пятижильные и многожильные).

Линии электропередачи. Кабели

- Силовые кабели могут быть **гибкие** и **негибкие**, для **внутренней** или **наружной** прокладки.
- Маркировка кабелей на слайде ниже.
- **Конструкция кабеля.** Кабель может быть различных конструкций, которые определяют область их применения.
- **Кабели состоят** из: изолированной жилы (жил), оболочки, брони, поясной изоляции, защитного покрова и экрана.
- **Оболочка кабеля** защитный покров жилы (жил) для усиления изоляции, исключения небольших механических повреждений и неблагоприятных условий эксплуатации и объединения жил в общий конструктив.

Обозначение кабелей

№ позиции и параметр	Буквенное обозначение	Расшифровка
1. Материал жил	А	алюминиевые. Если этой буквы нет в коде, значит, жилы медные, а буква, оказавшаяся на первой позиции, автоматически считается второй.
2. Материал изоляции и его тип	В К Р Н или НР П Пс Пв С О Ф Э Г (КГ)	поливинилхлорид (ПВХ) капрон резина негорючая резина (найрит) полиэтилен полиэтилен самозатухающий полиэтилен сшитый стекловолокно шёлк полиамидный металл или фторопласт эмаль гибкая жила
3. Материал защитной оболочки	В А Р П (Пу) С Г	ПВХ алюминий резина полиэтилен (у – усиленный) свинец кабель без защитной оболочки
4. Материал брони	Бб Бн БС Ббг Бп Д К	двойная броня наружная обмотка из негорючих лент броня свинцовая двойная броня из стальной профилированной ленты двойная броня из пластиковых и стальных лент оплётка из двойного стального провода броня из проволоки и стальной ленты
5. Особенности конструкции	Г Б О К Т Э	кабель с гидроизоляцией броня из лент кабель в оплётке обмотка круглой проволокой кабель для прокладки в трубе кабель с экраном из медной ленты

Силовые кабели с ПВХ и резиновой изоляцией	
Маркировка	Расшифровка
АА	Алюминиевая жила и алюминиевая оболочка
Б	Броня из двух стальных лент с антикоррозийным покрытием
БН	Бн - то же, но с негорючим защитным слоем.
В - первая (при отсутствии А) буква	ПВХ изоляция
В - вторая (при отсутствии А) буква	ПВХ оболочка
Г	В конце обозначения - нет защитного слоя поверх брони или
ШВ	Защитный слой в виде выпрессованного шланга (оболочки) из ПВХ
ШП	Защитный слой в виде выпрессованного шланга (оболочки) из
К	Броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный слой, если К стоит в начале обозначения,
С	Свинцовая оболочка
О	Отдельные оболочки поверх каждой Фазы
Р	Резиновая изоляция
ИР	Резиновая изоляция и оболочка из резины, не поддерживающей
П	Изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена
ПС	Изоляция или оболочка из самозатухающего, не поддерживающего горение полиэтилена
ПВ	Изоляция из вулканизированного полиэтилена
НГ	Не поддерживающий горение
LS	Low Smoke - пониженое дымовыделение
НГ-LS	Не поддерживающий горение, с пониженым дымовыделением
FR	С повышенной огнестойкостью (в качестве огнестойкого материала обычно применяется
FRLS	С пониженым дымовыделением, с повышенной огнестойкостью
Э	Экран из медных проволок и спирально наложенной медной ленты
КГ	Кабель гибкий.

Линии электропередачи. Кабели

- Оболочки, чаще всего, обладают изолирующими свойствами и изготавливаются из резины, полимеров, тканей. Оболочки, изготовленные из пропитанной маслом бумаги (бумажная изоляция) требуют еще одной (защитной) оболочки. Металлические оболочки (в основном из алюминия , свинцово-сурьмяного сплава и стали) имеют двойное назначение – не дать стечь (или выветриться газу в случае газовой изоляции) или высохнуть пропитке и механически защитить жилы от неблагоприятных условий среды (химические среды, морская и грунтовая вода, радиация и т. д.) где кабели эксплуатируются.

Линии электропередачи. Кабели

- **Для защиты от солнечной радиации** в состав неметаллической оболочки вводят нетокопроводящую сажу, которая не дают разлагаться молекулярным связям материала оболочки. Такие кабели, чаще всего, имеют черный цвет (или бывают цветными, но не белыми) и подходят для наружной прокладки.
- Иногда, для определения повреждения изоляции кабелей или для опережающего контроля изоляции, в некоторые оболочки или в верхние слои изоляции жил добавляют графитный порошок, который пропускает электрический ток. Такие конструкции кабелей имеют экран, который может подключатся к реле утечки или к «земляной» защите.

Линии электропередачи. Кабели

- **Поясная изоляция** – дополнительная изоляция поверх токопроводящих жил, снижающая вероятность электрического пробоя жил кабеля. Имеет три функции: для защиты изоляции жил при производстве самого кабеля (покрытие жил оболочкой, экраном и последующей термической обработке (вулканизации, варке) всего кабеля, компенсации напряженности электромагнитного поля самого кабеля и служащая в качестве «амортизатора» для изоляции жил при механических ударах по броне или оболочке кабеля.
- Поясная изоляция выполненная между оболочкой и броней кабеля называется **подушкой**.

Линии электропередачи. Кабели

- **Броня кабеля** – защитный покров оболочки для защиты от механических повреждений. Чаще всего она изготавливается из стали, реже из пластика или других металлов (например кабели для прокладки в химически агрессивных средах могут иметь броню из металлов или пластика, способных противостоять этим средам (не вступать в химический контакт)).Броня бывает ленточной (жесть или пластик в виде лены) и проволочной (механически более стойкой). Проволочная броня также повышает механическую прочность на растяжение самого кабеля и широко применяется при вертикальной прокладке.

Линии электропередачи. Кабели

- **Защитный покров кабеля** может предназначен для защиты брони (оболочки) от коррозии и выполнен из пластмассы, или из волокнистых материалов (тканей, пряжи), пропитанных специальным противогнилостным или негорючим составом. Кабели с защитным покровом применяются при прокладке в земле, подводной прокладке.
- **Экран кабеля** - служит для его защиты от внешних помех электромагнитных помех, создаваемых другими источниками (кабелями, трансформаторами, высокочастотными устройствами), а также не позволяет внутреннему электромагнитному полю оказывать воздействие на соседние кабели и устройства, проложенные (находящиеся) рядом.

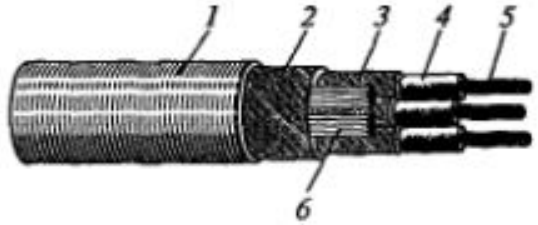


Рис. 3.10. Силовой кабель с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке, небронированный (марка СРГ):

1 – свинцовая оболочка; *2* – поясная изоляция; *3* – покрытие (обмотка) из прорезиненной ленты; *4* – изоляция из вулканизированной резины; *5* – медная многопроволочная жила; *6* – междуфазное заполнение

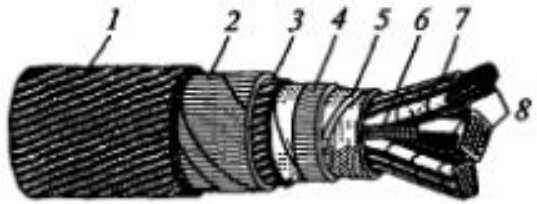


Рис. 3.11. Силовой кабель с резиновой изоляцией жил в оболочке из полихлорвинилового пластиката:

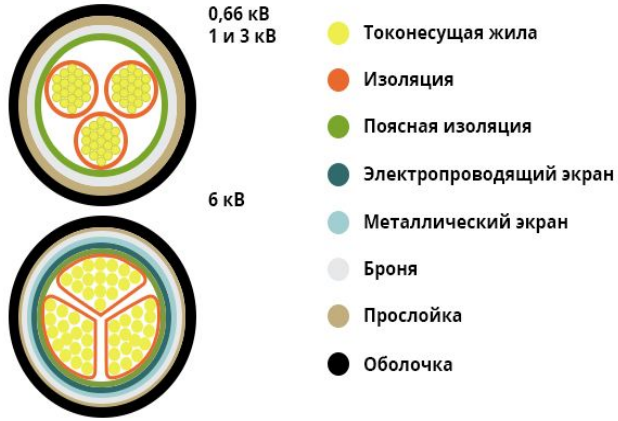
1 – однопроволочные жилы; *2* – изоляция жил из вулканизированной резины; *3* – оболочка из полихлорвинилового пластиката

Рис. 3.12. Силовой кабель с бумажной изоляцией жил в свинцовой оболочке, бронированный (марка СБ):

1 – верхний защитный покров из грубой пропитанной пряжи; *2* – броневой покров из стальных лент; *3* – защитный покров (нижняя подушка); *4* – свинцовая оболочка; *5* – поясная изоляция; *6* – междуфазное заполнение; *7* – бумажная пропитанная изоляция; *8* – медные многопроволочные жилы

ГОСТ 18410-73

число жил	Сечение, мм2
3	50 - 240



Линии электропередачи. Кабели

- Кроме того, экран дает возможность выполнить заземление кабеля, а при соединении отрезков кабеля с помощью **кабельных муфт** – исключить возникновение разности потенциалов на его оболочке. Наличие экрана для кабелей напряжением выше 6 кВ – обязательно из-за сильных электромагнитных полей, создаваемым кабелем.
- Существует множество видов кабелей, потому выбор конструкции кабеля под конкретные условия эксплуатации на составляет труда.

Линии электропередачи. Шинопроводы

- **Шинопровод (ШП)**– система проводников (шин), изоляторов и других технических устройств для передачи и распределения электроэнергии внутри помещения, РУ или территории предприятия. Шинопроводы применяются для повышения надежности электроснабжения, экономии места и позволяют передавать практически любые токи. Другой областью применения ШП служат подвижные технологические приемники электроэнергии внутри производственных помещений, где применение проводов и кабелей затруднено. Например троллеи грузоподъемных механизмов, троллейвозов или питания специальных станков (установки раскроя тканей, парусов или листов пластика).

Линии электропередачи. Шинопроводы

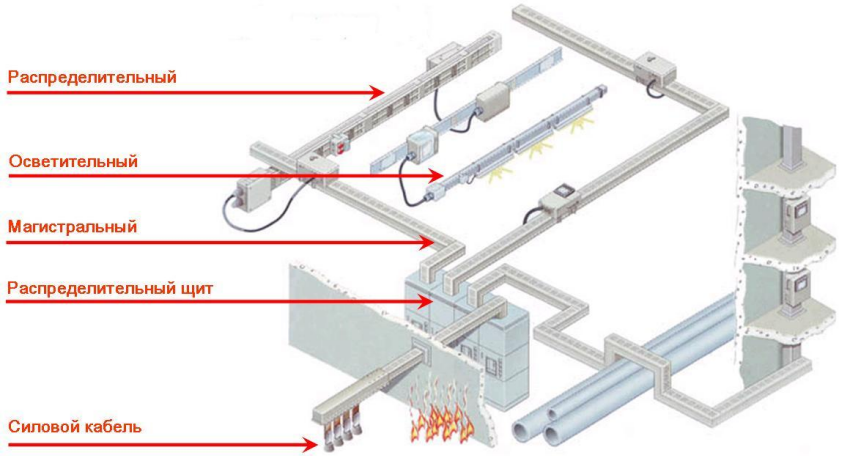
- Шинопроводы подразделяют на **магистральные, распределительные, осветительные и троллейные**. Магистральными называются шинопроводы, предназначенные для сооружения магистральных линий, связи подстанций, для питания распределительных шинопроводов, РП, отдельных крупны хэлектроприёмников напряжением до 1 кВ.
- **Распределительные шинопроводы** – это шинопроводы с меньшими номинальными токами (обычно 250, 400, 630 А) и большим числом ответвлений. Служат для непосредственного присоединения к ним электроаппаратов.

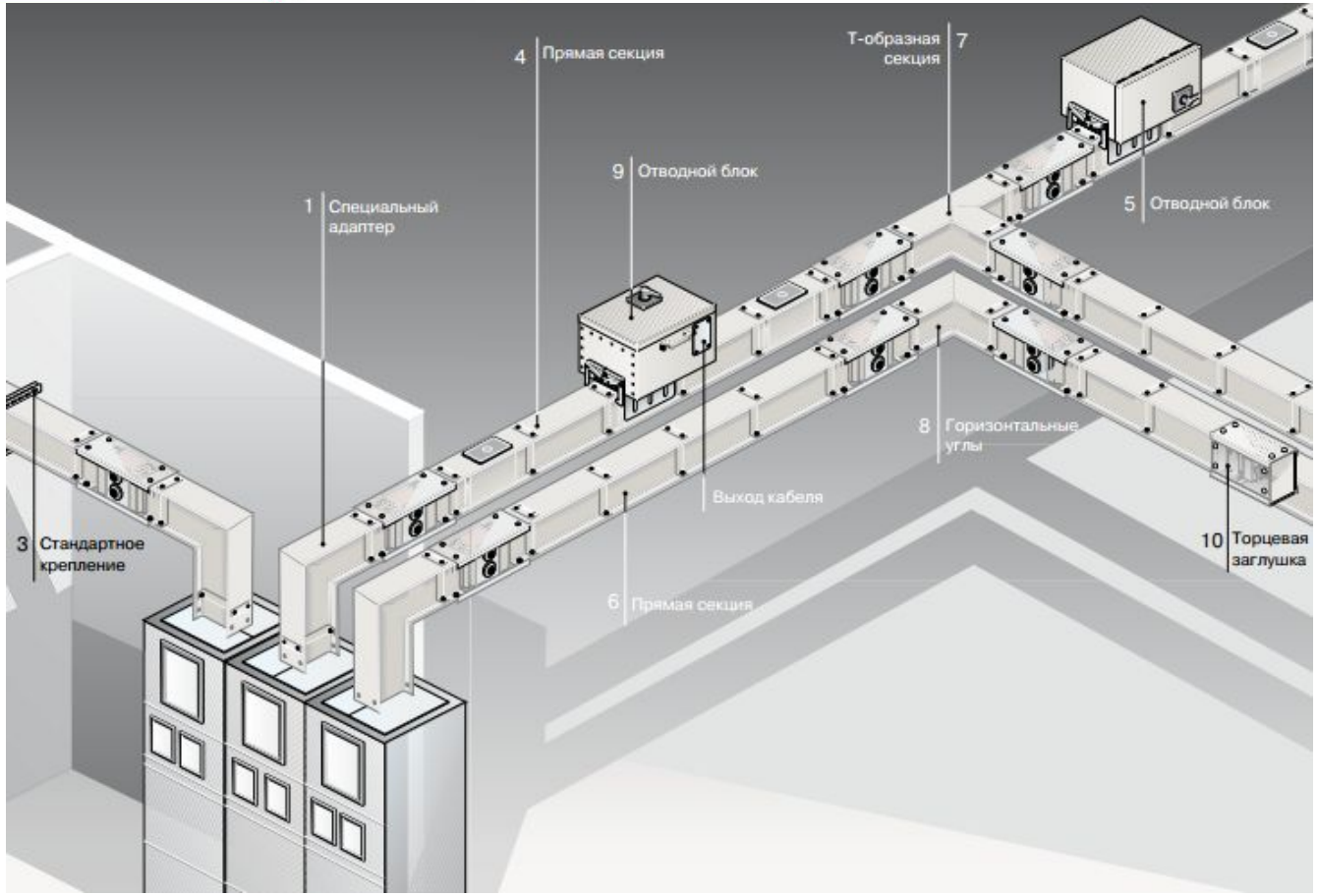
Линии электропередачи. Шинопроводы

- **Осветительные шинопроводы** - применяют для подключения осветительных приборов или потребителей мощностью до 40 А.
- **Троллейные шинопроводы** - применяют для питания цеховых электроприёмников подвижного состава до 1000 А.
- **По способу защиты от механических воздействий** шинопроводы разделяются на **открытые** (неизолированные шины на опорных изоляторах) и **закрытые** (с изоляционным или металлическим корпусом).
- **Шинопроводы состоят**: из Cu или AL шин (прямых, угловых, ответвлительных, гибких), изоляторов (опорных, подвесных,

Линии электропередачи. Шинопроводы

- проходных), элементов крепления, экранов или защитных кожухов.
- Шины могут быть любого сечения, но чаще всего применяются прямоугольные, трубчатые и коробчатые. Между собой шины соединяются на болты, сварку и спайку (не путать пайку паяльником, в спайке применяются установки с ВЧ-токами и материалы при нагреве и сжатии – диффузируют впаиваются друг в друга).
- **Маркировка шинопроводов**. М -магистральные, Р – распределительные, О – осветительные, Т – троллейные, Д – постоянного тока, Ш – шинопровод, В – вертикальной установки, Х – для химически активных сред.


Распределительный
Осветительный
Магистральный
Распределительный щит
Силовой кабель


4 Прямая секция
Т-образная секция 7
9 Отводной блок
1 Специальный адаптер
5 Отводной блок
8 Горизонтальные углы
Выход кабеля
3 Стандартное крепление
10 Торцевая заглушка
6 Прямая секция

Воздушные линии электропередачи

- Для сохранения целостности шинопроводов при динамическом воздействии токов к.з. в них может монтироваться гибкая вставка или изогнутый элемент.
- **Воздушные линии электропередачи (ВЛ)** – устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и закрепленных на **опорах** или конструкциях зданий и сооружений с помощью изоляторов и **арматуры**.
- ВЛ разделяются: **по напряжению** - до 1000 В и выше 1000В; **по роду тока** – постоянного, переменного, ВЧ-тока; **по времени эксплуатации** –постоянные (стационарные), временные, передвижные.

Воздушные линии электропередачи

- **Основные элементы ВЛ** – провода, **опоры** (конструкции крепления), изоляторы, **линейная арматура**, **грозозащитные тросы или молниеотводы**, заземляющие устройства, системы защиты от перенапряжений, измерительные устройства, **демпферы** и (в настоящее время редко) **устройства ВЧ-связи** по проводам.
- **Опоры** – элемент ВЛ предназначенный для крепления и поддержания проводов и остальных элементов ВЛ. Изготавливаются из дерева, композита, стали или других металлов, железобетона. Опоры разделяют **по конструкции**: одностоечные, А- образные и П- образные (портальные).

Воздушные линии электропередачи

- **По назначению**: **промежуточные** (для прямых участков ВЛ), **анкерные** (особонадежные - при пересечении дорог, трубопроводов, другими ЛЭП или устанавливаются через несколько промежуточных опор для восприятия нагрузки от **тяжения проводов)**, **концевые** (анкерная опора в конце (начале) ВЛ с **оттяжкой** (тросовое или проволочное тяжительное устройство) **или подкосом** (угловая подставка опоры)), **угловые** (при повороте ВЛ с оттяжкой или подкосом), **транспозиционные** (для изменения расположения проводов (фаз), **ответвлительные** (анкерная опора с оттяжкой или подкосом для ответвления ВЛ).

Воздушные линии электропередачи

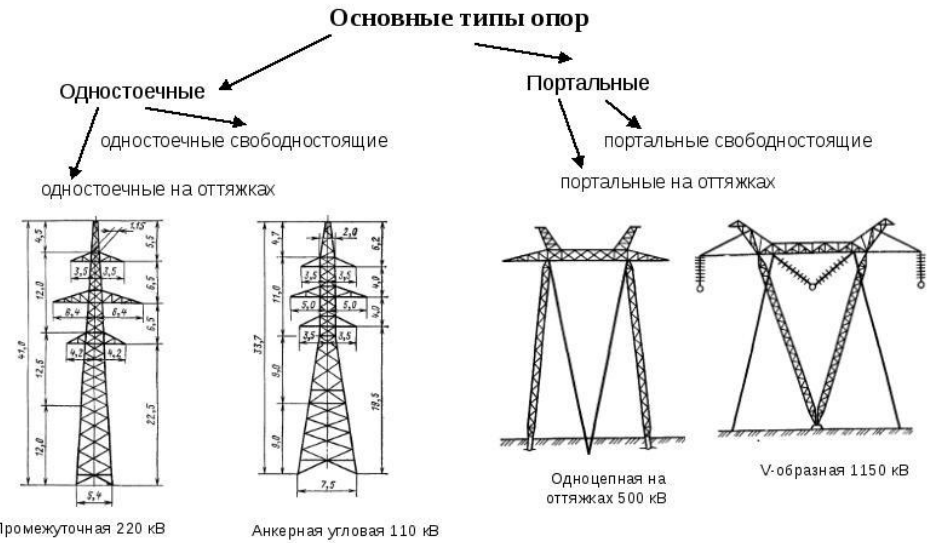
- **Устройство опор.** Сами опоры либо заглубляются частично в грунт (деревянные, ж/б (железобетонные) или композитные опоры или через вставки, не подверженные гниению – **пасынки** из ж/б , стали(другого металла),композита или устанавливаются на фундаменты (ж/б или металлические опоры). Опоры временных ЛЭП устанавливаются на ж/б, деревянные или металлические основания. Сама опора имеет основание (опору), траверс (траверсы) (горизонтальную(ные) часть(и) опоры с элементами удержания изоляторов, проводов и других частей ВЛ, изоляторы на траверсах или самой опоре, систему грозозащиты (молниеотвод, разрядники, грозозащитный трос), заземляющий контур (у самой опоры или через раскатанный по земле трос).

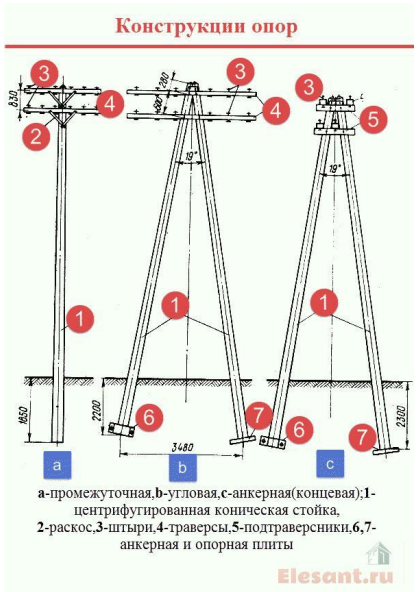
Воздушные линии электропередачи

- **Изоляторы.** Делятся на подвесные, штыревые и стержневые. Изоляторы (подвесные и стержневые) могут соединяться между собой образуя **гирлянды изоляторов**. На применяются изоляторы из фарфора, стекла и полимера.
- **Линейная арматура** – устройства для подвески проводов, изоляторов и др. элементов ВЛ к опорам и соединения проводов между собой слайд ниже).
- **Грозозащитные тросы или молниеотводы** предназначены для защиты ВЛ от ударов молний. Монтируются в верхних точках опор или выше верхнего провода. Троса периодически заземляются. Молниеотводы у каждого места установки. Обычно применяют стальные тросы (С), реже АС. Может иметь внутри оптико-волоконный кабель связи или использоваться для

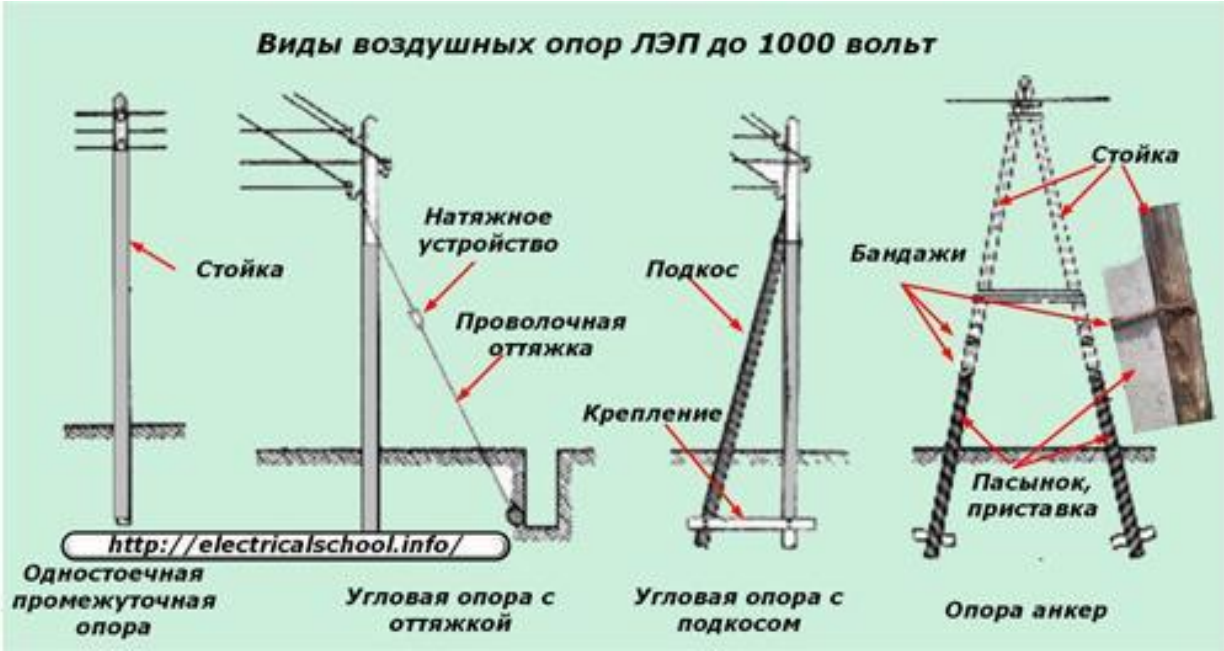
3 ОПОРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП

3.4 МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОПОРЫ





a-промежуточная,**b**-угловая,**c**-анкерная(концевая);**1**-центрифугированная коническая стойка, **2**-раскос,**3**-штыри,**4**-траверсы,**5**-подтраверсники,**6,7**-анкерная и опорная плиты



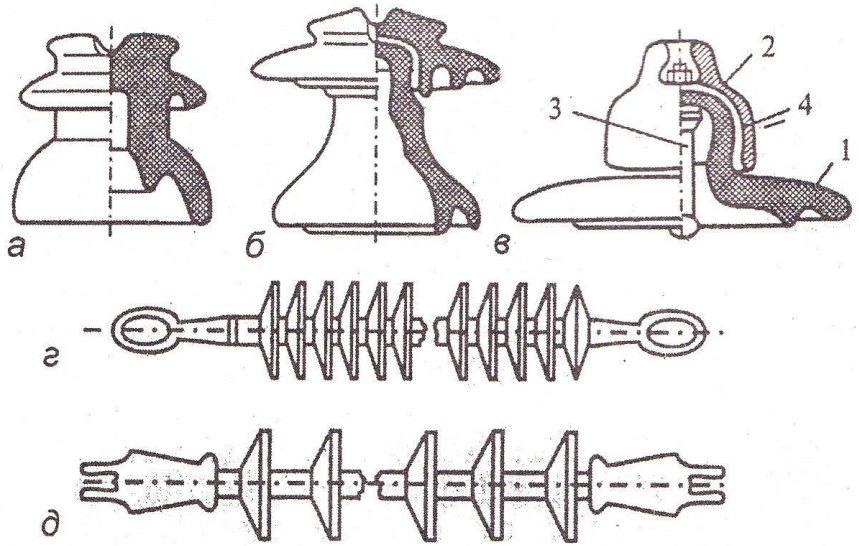
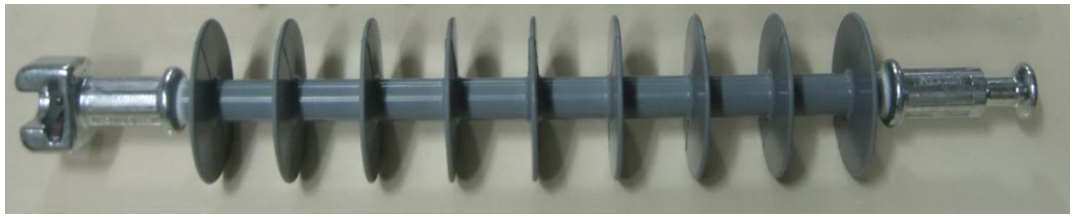


Рисунок №9 Изоляторы воздушных линий: *а* — штыревой 6—10 кВ; *б* — штыревой 35 кВ; *в* — подвесной; *г*, *д* — стержневые полимерные

Гирлянда стеклянных изоляторов



Стержневой изолятор из полимерного материала

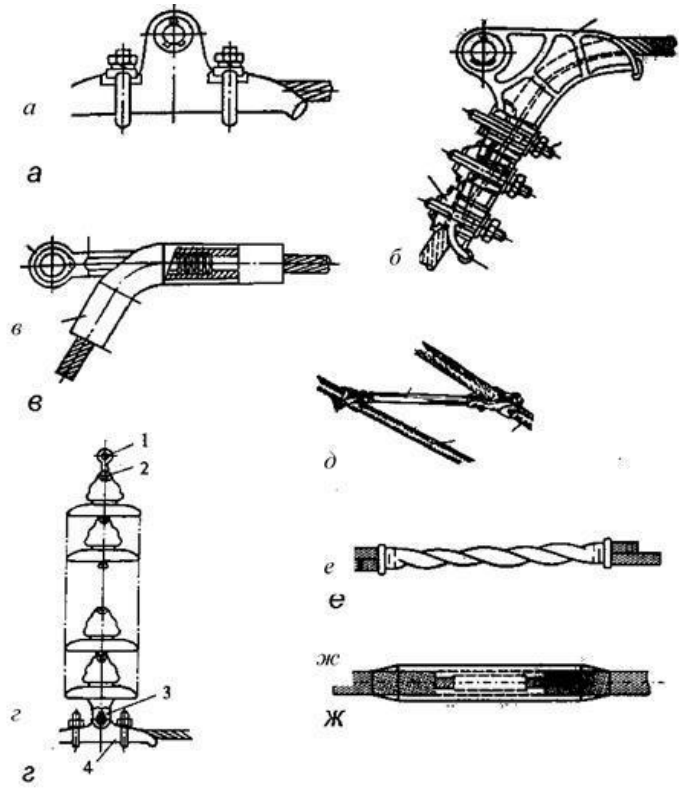
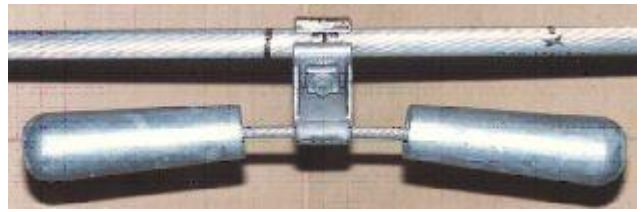


Рис. 3.10. Линейная арматура воздушных линий: *а* – поддерживающий зажим; *б* – болтовой натяжной зажим; *в* – прессуемый (клиновой) болтовой зажим; *г* – поддерживающая гирлянда изоляторов; *д* – дистанционная распорка; *е* – овальный соединитель; *ж* – прессуемый соединитель

Воздушные линии электропередачи

- ВЧ-связи.
- **Демпферы (успокоители)** – гасители колебаний провода ВЛ. Имеет балансир, который поворачивается в противоположную сторону от движения провода при его «**пляске**» (**Пляска проводов** – колебательные движения проводов при ветровой нагрузке) и компенсирует импульс колебания.
- **Разрядники**(слайд ниже) **-** электрические устройства, предназначенные для ограничения перенапряжений в электротехнических установках и электрических сетях. Представляет устройство, состоящее из двух электродов разведенных на определенное расстояние (зависит от класса напряжения ВЛ) (**искровой промежуток**) и устройств дугогашения.

Грозозащитный трос



Демпфер – гаситель колебаний провода

Воздушный искровой разрядник

Разрядник мультикамерный

Разрядник вентильный

Воздушные линии электропередачи

- Один электрод подключается к фазе ВЛ, другой к заземления ВЛ. Делятся на **трубчатые (воздушные**), **газовые** (заполненные инертным газом), **вентильные** (разновидность – **магнитовентильные**) (несколько искровых промежутков с высокоомным резистором) и ОПН.
- **ВЛ** могут быть на любое количество фаз и с нулевым проводником (всегда нижний провод). Бывают одноцепные и двухцепные ВЛ (отдельные ЛЭП). Для особых условий (пересечения рек, каналов, озер, морских заливов) разработаны специальные опоры (при переезде через Экостровский пролив оз. Имандра посмотрите). Металлические опоры ВЛ должны быть из оцинкованных элементов.

Воздушные линии электропередачи

- **ВЛ с системой изолированных проводов (СИП).** Представляют собой скрученные изолированные провода с несущим тросом высокой прочности. Могут быть в оболочке и без.
- **СИП** имеют следующие достоинства – провода не схлестываются; лед на проводах - не образуется; могут применятся как на ВЛ, так и по зданиям и сооружениям; нет необходимости вырубки просек; уменьшаются требования по безопасному расстоянию до ВЛ.

СИП 2

Изоляция фазного проводника
Токоведущая жила фазного проводника
Стальной сердечник
Изоляция несущего изолированного нейтрального проводника