Лекция № 3

Основные сведения о конструкциях линий электропередач

План.

1. Воздушные линии электропередач.
2. Кабельные линии электропередач.

***Воздушные линии электропередач (ВЛЭП)***

Электрической *воздушной линией электропередачи* называется устройство для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам инженерных сооружений. Главные элементы воздушной ЛЭП:

* провода, которые служат для передачи электроэнергии;
* грозозащитные тросы для защиты от атмосферных перенапряжений (грозовых разрядов). Они монтируются в вехрней части опор;
* опоры, поддерживающие провода и тросы на определенной высоте над поверхностью;
* изоляторы, изолирующие провода от тела опоры;
* арматура, при помощи которой провода закрепляются на изоляторах, а изоляторы на опоре.

По конструктивному исполнению различают одноцепные и двухцепные ЛЭП. Под цепью понимают три провода (трехфазная цепь) одной ЛЭП.

Конструктивная часть ВЛЭП характеризуется типами опор, длинами проле-тов, габаритными размерами, конструкцией фазы и типами гирлянд изоляторов.

По типу опоры ВЛЭП делятся на промежуточные и анкерные. Промежуточ-ные и анкерные различаются способом подвески проводов. На промежуточной опоре провод подвешивается с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов. На анкерных опорах провода закреплены жестко и натянуты до заданного тяже-ния при помощи натяжной гирлянды изоляторов (см. рис. 3.1).

а)

1

2

3

4

1

2

3

4

б)

# Рисунок 3.1 – Крепление провода в фазе на промежуточной (а) и

анкерной (б) опорах:

1 – траверса; 2 – гирлянда изоляторов; 3 – зажим;

4 – провод

По назначению различают опоры угловые, концевые, специального назна-чения.

По материалу опор различают деревянные (до 220 кВ), железобетонные (35 – 330 кВ) и металлические (35 кВ и выше).

На ВЛЭП применяют голые провода и тросы. Находясь на открытом воздухе, они подвергаются атмосферным воздействиям. Поэтому материал проводов, кро-ме хорошей проводимости, должен быть устойчивым к коррозии, обладать меха-нической прочностью. Для проводов применяют следующие материалы:

* медь;
* алюминий;
* сталь;
* сплавы алюминия и меди с другими металлами (железом, магнием, кремнием).

Медь имеет удельную проводимость  См·км/мм2. Отличается механической прочностью. Пленка окиси защищает ее от коррозии и химических воздействий. Обладает устойчивостью контакта.

Алюминий имеет удельную проводимость  См·км/мм2. Механическая прочность хуже, чем у меди. Следовательно, чаще следует ставить опоры. Пленка окиси защищает ее от коррозии. Плохо противостоит химическим воздействиям. Не обладает устойчивостью контакта.

Стальные провода имеют плохую проводимость. Отличаются большой механической прочностью. Не обладают устойчивостью к коррозии. Активное сопротивление зависит от протекающего тока.

Выполняют провода и из двух металлов – стали и алюминия. Сталь находится внутри провода и служит для увеличения механической прочности. Алюминий находится снаружи и является токопроводящей частью.

В маркировке проводов сначала указывается материал, а затем сечение в мм2. Медные провода маркируют буквой **М**, алюминиевые провода – буквой **А**, стальные провода – буквами **ПС** и **ПСО** и сталеалюминиевые – буквами **АС**. В маркировке сталеалюминиевых проводов сначала указывают сечение алюминия, а затем стали. Например, АС-120/19. Провода марки **АС** выпускаются с различным отношением сечений алюминия и стали при одном и том же сечении алюминия. В зависимости от этого отношения различают провода облегченной конструкции, средней, усиленной и особо усиленной прочности.

Для защиты проводов марки АС от коррозии и химических воздействий используют специальные защитные средства. Тип защиты отражается в маркировке провода:

* марки **АСКС**, **АСКП** – провод сталеалюминиевый коррозионностойкий с заполнением стального сердечника (**С**) или всего провода (**П**) смазкой;
* марка **АСК** – как и **АСКС,** стальной сердечник изолирован полиэтиленовой пленкой.

За рубежом применяются изолирующие самонесущие провода. Представляют собой систему изолированных жил, скрученных вокруг несущего троса. Скрутка выполняется таким образом, что вся механическая нагрузка воспринимается только несущим тросом. Такие провода прокладываются без изоляторов. На опоре могут быть смонтированы несколько ЛЭП различных напряжений.

По конструкции проводов различают:

* однопроволочные, состоящие из одной проволоки сплошного сечения;
* многопроволочные из одного металла, состоящие в зависимости от сечения провода из нечетного количества проволок (от 7 до 61);
* многопроволочные из двух металлов. Количество проводов стального сердечника – нечетное (1, 7 или 19). Количество проволок токопроводящей части – четное.

Провода ВЛЭП располагают на опоре различными способами:

* на одноцепных опорах – треугольником или горизонтально (рис. 3.2, а, б);
* на двухцепных опорах – обратной елкой или шестиугольником в виде “бочки” (рис. 3.2, в, г).

а) б) в) г)

Рисунок 3.2 – расположение проводов на опорах:

а) – треугольником; б) – горизонтально;

в) – обратной елкой; г) – бочкой.

Горизонтальное расположение провода – наилучшее по условиям эксплуатации, т.к. позволяет применять более низкие опоры и исключает схлестывание проводов при сбрасывании гололеда или пляске проводов. Пляска проводов – это колебания проводов с малой частотой и большой амплитудой).

Так как во всех вариантах несимметричное расположение проводов по отношению к друг другу, то для выравнивания реактивного сопротивления и емкостной проводимости по фазам применяют транспозицию, т.е. меняют расположение проводов на опорах (рис. 3.3).

фаза **А**

фаза **В**

фаза **С**

фаза **С**

фаза **А**

фаза **В**

фаза **А**

фаза **В**

фаза **С**

фаза **В**

фаза **С**

фаза **А**

Рисунок 3.3 – Транспозиция на ВЛЭП

***Кабельные линии электропередач (КЛЭП)***

*Кабельная линия электропередачи* – это линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких кабелей.

*Кабель* – это изолированная по всей длине металлическая жила (или несколько жил), поверх которой наложены защитные покровы.

Преимущества КЛЭП по отношению к ВЛЭП:

* неподверженность атмосферным воздействиям;
* скрытность трассы и недоступность для посторонних лиц.

Недостатки:

* дороже ВЛЭП того класса напряжения;
* более трудоемки в сооружении;
* требуют большего срока для ремонта и более квалифицированного обслуживающего персонала;
* передача одной и той же мощности требует провода большего сечения.

Кабельные ЛЭП широко используются в городских сетях, на территориях предприятий, при пересечении больших водоемов, в загрязненной атмосфере.

Главными элементами КЛЭП являются:

* кабель для передачи электроэнергии;
* соединительные муфты;
* концевые муфты (заделки);
* стопорные муфты. Применяются на крутых участках трассы для предупреждения стекания кабельной массы;
* подпитывающие аппараты и система сигнализации давления масла для линий выполненных маслонаполненными кабелями;
* кабельные сооружения (кабельные коллекторы, туннели, каналы, шахты, колодцы), которые применяют на отдельных участках трассы.

К основным частям кабеля любого напряжения относятся:

* токопроводящие жилы;
* изоляция или изолирующие оболочки, отделяющие токопроводящие жилы друг от друга и от земли;
* защитная оболочка, предохраняющая изоляцию от вредного действия влаги, кислот, механических повреждений.

Конструкция кабеля напряжением 10 кВ приведена на рис. 3.4.

*Токопроводящая жила* выполняется из меди или алюминия из одной (до 16 мм2) или нескольких проволок. По количеству жил различают кабели:

* одножильные. Применяют на постоянном токе и на переменном токе при напряжении 110 кВ и выше;
* двухжильные. Применяют на постоянном токе;
* трехжильные. Применяют на переменном токе при напряжениях до 35 кВ;
* четырехжильные (три жилы и нулевой провод). Применяют на переменном токе при напряжении до 1000В.

1

2

3

4

5

6

# Рисунок 3.4 – Конструкция кабеля 10 кВ:

1 – токопроводящая жила;

2 – фазная изоляция;

3 – поясная изоляция;

4 – оболочка;

5 – броня;

6 – защитный покров.

*Фазная изоляция* предназначена для изоляции жил друг от друга. Выполняют из специальной технической бумаги с вязкой пропиткой, которая увеличивает электрическую прочность.

*Поясная изоляция* обеспечивает одинаковую электрическую прочность между жилами и между любой фазой и землей. Это важно, так как в сети с изолированной нейтралью при замыкании одной из фаз на землю две другие фазы по отношению к земле оказываются под линейным напряжением.

Разделение изоляции на фазную и поясную позволяет уменьшить диаметр кабеля. Но при наличии поясной изоляции электрическое поле отличается от радиального (рис. 3.5). В этом случае силовые линии имеют различные углы наклона по отношению к слоям бумаги, что обусловливает наличие в них тангенциальной составляющей поля. Электрическая прочность вдоль слоев бумаги в 8 – 10 раз меньше, чем поперек.

а) б)

## Рисунок 3.5 – Электрическое поле в кабеле:

а) – с экранированными жилами;

б) – с поясной изоляцией.

Свободное пространство кабеля заполняется бумажными жгутами. Они затрудняют перемещение пропиточного состава, удлиняя срок службы кабеля. Они также придают округлую форму кабелю.

*Оболочка* служит для герметезации изоляции и защиты ее от проникновения влаги, воздуха, химических продуктов, исключает старение изоляции под действием тепла и света. Выполняют из алюминия, свинца, полиэтиленовых материалов.

*Броня* служит для защиты оболочки от механических повреждений при раскопках, сползании грунта. Выполняют из стальных лент или проволок.

### Наружный покров защищает броню от коррозии. Представляет собой джутовое покрытие, пропитанное битумной массой.

При повышении напряжения слой изоляции нужно увеличивать. Это не выгодно. Поэтому при напряжении 35 кВ и выше кабели выполняются с отдельно освинцованными или экранированными жилами. И электрическое, и тепловое поля – радиальные (рис. 3.5 б).

Кабели с вязкой пропиткой имеют существенный недостаток: после снятия токовой нагрузки, т.е. при остывании в кабеле появляются газовые включения. Это связано с тем, что коэффициент линейного расширения кабельной массы значительно больше коэффициента линейного расширения изолирующей бумаги. Диэлектрическая прочность газовых включений меньше в несколько раз, чем у бумаги. При повышении напряженности электрического поля это может привести к пробою изоляции.

Чтобы избежать этого при напряжениях 10 – 110 кВ применяют газонаполненные кабели. Это освинцованные кабели. Фазная изоляция выполняется из обедненно-пропитанной бумаги. Кабель находится под небольшим избыточным давлением (0,1 – 0,3 МПа) инертного газа (азота). Это повышает изолирующие свойства бумаги. Постоянство давления обеспечивается непрерывной подпиткой газа.

При напряжении 110 – 500 кВ используются маслонаполненные кабели. Жилые выполняют полыми и заполняют их маловязким очищенным маслом под давлением до 1,6 МПа. Избыточное давление исключает возможность образования пустот в изоляции кабеля, что увеличивает его электрическую прочность. В зависимости от величины давления различают маслонаполненные кабели высокого и низкого давления. Маслопроводящий канал через специальные муфты на трассе соединяется с баками давления.

Маркируются кабели по начальным буквам элементов, которые характеризуют их конструкцию:

* жила – буква **А** для алюминия, без обозначения для меди;
* оболочка – буква **А** для алюминия, **С** – для свинца, **В** – для поливинилхлорида, **Н** – для резины, **П** – для полиэтилена;
* броня – буква **Б** для стальных лент, **П** – для плоских освинцованных проволок, **К** – для круглых освинцованных проволок, **Г** – для кабелей без брони и защитного слоя.

Если кабели выполняются с отдельно освинцованными жилами, то в маркировке указывается буква **О**.

Для маслонаполненных кабелей низкого давления перед основной аббревиатурой указывают буквы **МН**, а для кабелей высокого давления – **МВД.**

После аббревиатуры указывают количество жил и сечение жил в мм2.

Например, ААБ-3х 120 – трехжильный алюминиевый кабель с алюминиевой оболочкой и броней из свинца с сечением жил 120 мм2; СБ-3х 95 трехжильный медный кабель со свинцовыми оболочкой и броней сечением жил 95 мм2.