

УДК 629.735

Опоры воздушных линий электропередач: назначение, виды, материалы

Жмуренков Ю.С., Шаменок В. П., Кулик А. Ю.

Научный руководитель – м.т.н., ст. преп. ПЕТРАШЕВИЧ Н. С.

Опоры ЛЭП предназначены для сооружений линий электропередач при расчётной температуре наружного воздуха до -65 С и являются одним из главных конструктивных элементов ЛЭП, отвечающим за крепление и подвеску электрических проводов на определённом уровне.

В зависимости от способа подвески проводов опоры делятся на две основные группы:

- опоры промежуточные, на которых провода закрепляются в поддерживающих зажимах;
- опоры анкерного типа, служащие для тяжения проводов; на этих опорах провода закрепляются в натяжных зажимах.

Эти виды опор делятся на типы, имеющие специальное назначение.

- **ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ПРЯМЫЕ ОПОРЫ** устанавливаются на прямых участках линии. На промежуточных опорах с подвесными изоляторами провода закрепляются в поддерживающих гирляндах, висящих вертикально; на опорах со штыревыми изоляторами крепление проводов производится проволочной вязкой. В обоих случаях промежуточные опоры воспринимают горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода и на опору и вертикальные — от веса проводов, изоляторов и собственного веса опоры.

- **ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ УГЛОВЫЕ ОПОРЫ** устанавливаются на углах поворота линии с подвеской проводов в поддерживающих гирляндах. Помимо нагрузок, действующих на промежуточные прямые опоры, промежуточные и анкерно-угловые опоры воспринимают также нагрузки от поперечных составляющих тяжения проводов и тросов. При углах поворота линии электропередачи более 20° вес промежуточных угловых опор значительно возрастает. При больших углах поворота устанавливаются анкерно угловые опоры.

В случае необходимости провода с одной и с другой стороны от опоры можно натягивать с различным тяжением проводов. В этом случае, кроме горизонтальных поперечных и вертикальных нагрузок, на опору будет воздействовать горизонтальная продольная нагрузка.

При установке анкерных опор на углах анкерно-угловые опоры воспринимают нагрузку также от поперечных составляющих натяжения проводов и тросов.

Концевые опоры устанавливаются на концах линии. От этих опор отходят провода, подвешиваемые на порталах подстанций.

Помимо перечисленных типов опор, на линиях применяются также специальные опоры: транспозиционные, служащие для изменения порядка расположения проводов на опорах; ответвительные — для выполнения ответвлений от основной линии; опоры больших переходов через реки и водные пространства и т.д.

На линиях электропередач применяются деревянные, стальные и железобетонные опоры. Разработаны также опытные конструкции из алюминиевых сплавов и композитных материалов.

Сталь является основным материалом, из которого изготавливаются металлические опоры и различные детали (траверсы, тросостойки, оттяжки) опор. Достоинством стальных опор по сравнению с железобетонными является их высокая прочность при малой массе. Возможность повторного использования в течение всего периода эксплуатации.

По конструктивному решению ствола стальные опоры могут быть отнесены к трем основным схемам — башенным (одно- или многостоечным), порталным или вантовым, по способу крепления на фундаментах — к свободно стоящим опорам и опорам на оттяжках,

по способу соединения элементов разделяются на сварные и болтовые. Также стальные опоры делятся на опоры гибкой конструкции и опоры жёсткой конструкции.

В СНГ насчитывается несколько основных центров производства стальных конструкций опор ЛЭП — центральный, уральский и сибирский.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОПОР:

1. По назначению

- **ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ОПОРЫ** имеют менее прочную конструкцию, чем анкерные; они обычно служат для поддержания проводов и тросов на прямых участках трассы ЛЭП. Большинство опор на трассах – промежуточные. Как правило, промежуточную опору, можно отличить от анкерной по такому признаку: если гирлянды изоляторов свисают перпендикулярно к земной поверхности, значит опора промежуточная. А на анкерных опорах провода закрепляются в зажимах натяжных гирлянд, эти гирлянды являются как бы продолжением линии и находятся к поверхности земли под острым углом, а иногда почти параллельно.

- **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° . При небольших углах поворота (до $15\text{--}30^\circ$), где нагрузки невелики, используют угловые промежуточные опоры. Если углы поворота больше, то применяют угловые анкерные опоры, имеющие более жёсткую конструкцию и анкерное крепление проводов.

- Прочная конструкция **АНКЕРНЫХ ОПОР** выдерживает значительные усилия от натяжения проводов; анкерные опоры линий электропередачи устанавливают в начале и в конце ЛЭП, на поворотах, при пересечении ЛЭП через небольшие реки, железные дороги, автодороги и мосты. Разновидность анкерных опор - переходные опоры применяют при пересечении ЛЭП рек и прочих крупных преград. Именно переходные опоры несут самые большие нагрузки и сами могут достигать высоты 300 метров. Эти опоры являются самыми тяжёлыми и высокими из всех опор ЛЭП, нередко их окрашивают в яркие цвета, например, часто встречаются красно-белые опоры, применяют и оранжевый, серый и другие цвета.

- **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:

1. **транспозиционные** — для изменения порядка расположения проводов на опорах;
2. **ответвительные** — для устройства ответвлений от магистральной линии;
3. **перекрёстные** — при пересечении ВЛ двух направлений;
4. **противоветровые** — для усиления механической прочности ВЛ;
5. **переходные** — при переходах ВЛ через инженерные сооружения или естественные преграды.

2. По способу закрепления в грунте:

- Опоры, устанавливаемые непосредственно в грунт
- Опоры, устанавливаемые на фундаменты
 - классические (с широкой базой более 4 м^2), как правило, рамные (каркасные) с заливкой бетоном или пригрузом, засыпанным песчано-гравийной смесью
 - узкобазовые (менее 4 м^2) (например: с креплением на стальную трубу, стальную винтовую или железобетонную сваю)

3. По конструкции:

- **Свободностоящие опоры**

- одностоечные
- многостоечные

- Опоры с оттяжками
- Вантовые опоры аварийного резерва

4. По количеству цепей :

- Одноцепные
- Двухцепные
- Многоцепные

5. По напряжению:

Опоры подразделяются на опоры для линий 0,4, 6, 10, 35, 110, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ. Отличаются эти группы опор размерами и весом. Чем больше напряжение, тем выше опора, длиннее её траверсы и больше её вес. Увеличение размеров опоры вызвано необходимостью получения нужных расстояний от провода до тела опоры и до земли, соответствующих ПУЭ для различных напряжений линий.

6. По материалу изготовления:

- **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ**— выполняют из бетона, армированного металлом. Для линий 35—110 кВ и выше обычно применяют опоры из центрифугированного бетона. Достоинством железобетонных опор является их стойкость в отношении коррозии и воздействия химических реагентов, находящихся в воздухе. Основной недостаток — значительный вес, относительно высокий процент возникновения дефектов при транспортировке (сколы, трещины) и выкрашивание бетона в приповерхностном слое грунта за счет воздействия влаги и циклического изменения температуры (замерзание-оттаивание).

- **МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОПОРЫ** линий электропередачи обладают меньшей, чем железобетонные, массой и высокой механической прочностью. Это позволяет создавать опоры значительной высоты, рассчитанные на большие нагрузки. Их применяют на ЛЭП всех напряжений, часто в сочетании с железобетонными промежуточными опорами. Металлические опоры линий электропередачи незаменимы на линиях с большими нагрузками (например, на переходах).

Металлические опоры линий электропередачи изготавливают в основном из стали, в отдельных случаях из алюминиевых сплавов. По способу изготовления металлические опоры линий электропередачи делят на сварные, поступающие с заводов в виде готовых секций, и болтовые, которые собирают на трассе из отдельных элементов (раскосов, стержней, поясов) на болтах. Опоры из металла делятся на две обширные группы – решётчатые и МГС (многогранные гнутые стойки).

- **ДЕРЕВЯННЫЕ**— выполняют из круглых брёвен. Наиболее распространены сосновые опоры и несколько меньше опоры из лиственницы. Деревянные опоры применяют для линий напряжением до 220/380 В включительно в СНГ и до 345 В в США, однако кое-где до сих пор можно увидеть применение деревянных опор в линиях 6, 10 и 35 кВ. Основные достоинства этих опор— малая стоимость (при наличии местной древесины) и простота изготовления. Основной недостаток— гниение древесины, особенно интенсивное в месте соприкосновения опоры с почвой. Пропитка древесины специальными антисептиками (в странах СНГ повсеместно применяют Креозот) увеличивает срок её службы с 4—6 до 15—25 лет. Для увеличения срока службы деревянную опору обычно выполняют не из целого бревна, а составной: из более длинной основной стойки и короткого стула, пасынка, или железобетонной стойки. Стул крепляют с основной стойкой при помощи проволочного бандажа. Широко применяют составные деревянные опоры с железобетонными стульями. Деревянные опоры выполняют А-образными или П-образными. П-образная конструкция является более устойчивой, но требует больших капиталовложений из-за повышенного расхода материала по сравнению с А-образной.

- **КОМПОЗИТНЫЕ**— сравнительно новый тип опор. Получают распространение в США, Канаде, Норвегии, Китае. В России введено в экспериментальную

эксплуатацию несколько участков ЛЭП различных классов напряжений с композитными опорами. Преимущества композитных опор обусловлены их диэлектрическими свойствами, хорошей устойчивостью к сложным климатическим условиям (ветер, гололед, циклы замораживание-оттаивание), а также малой массой, позволяющей вести их монтаж в труднодоступных местах.

Срок службы железобетонных и металлических оцинкованных или периодически окрашиваемых опор достигает 50 лет и более. Стоимость металлических и железобетонных опор значительно превышает стоимость деревянных опор. Выбор того или иного материала для опор обуславливается экономическими соображениями, а также наличием соответствующего материала в районе сооружения линии.

Литература

1. Технологическая карта на сборку и монтаж опор при сооружении воздушных линий электропередач.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Опора_линии_электропередачи Дата доступа: 19.09.2017