

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Лектор: д.т.н., проф.
Абросимов Леонид Иванович

Лекция 6.2

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

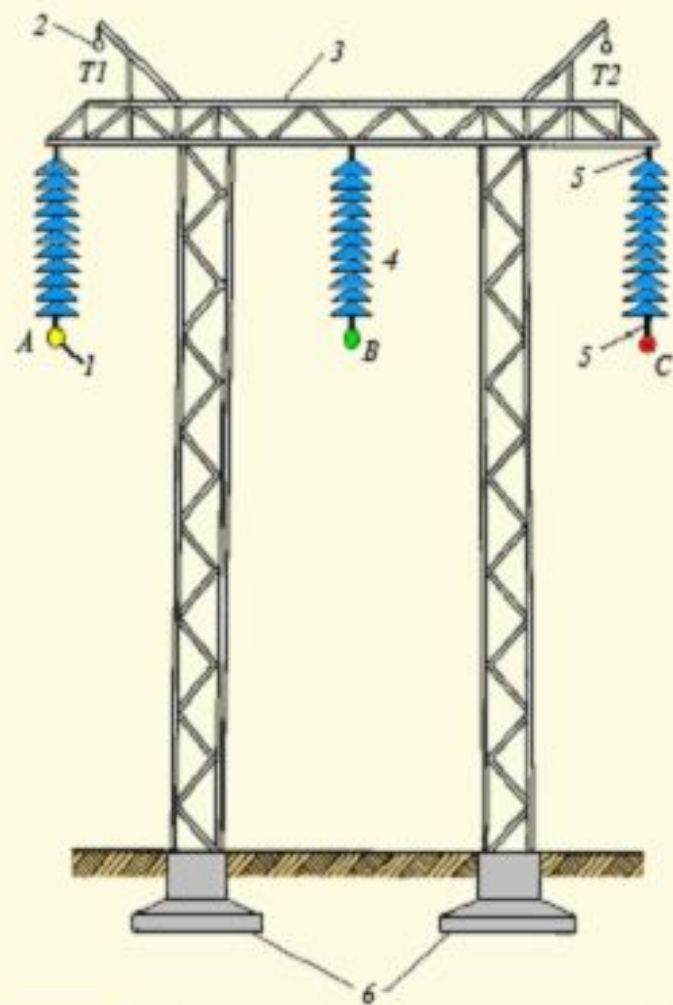
- В 1991 г. электротехники и электроэнергетики всего мира отметили столетие *начала эры передачи электроэнергии на дальние расстояния*. Оно было положено созданием в Германии воздушной линии (ВЛ) трехфазного переменного тока 28,3 кВ от ГЭС Лауфен до г. Франкфурт-на-Майне протяженностью 170 км, что по тем временам было действительно выдающимся достижением .
- В том же году в Лондоне была сооружена первая силовая однофазная кабельная линия (КЛ) 10 кВ длиной 12 км, рассчитанная на передачу мощности 3,2 МВт, с понижающей подстанцией 10/2,4 кВ, от которой питалась распределительная сеть
- Таким образом, практически одновременно возникли и затем продолжали развиваться в течение вот уже более 110 лет два направления в развитии техники передачи больших количеств электроэнергии (ЭЭ) на расстояние:
- линии *открытого типа* (воздушные);
- линии *закрытого типа* (кабельные).

- Основные понятия и определения
- *Линия электропередачи* (ЛЭП) определяется как «электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние»
- определение ЛЭП обычно конкретизируется:
ЛЭП – это электроустановка, состоящая из проводов, кабелей, изолирующих элементов и несущих конструкций, предназначенная для передачи электрической энергии между двумя пунктами энергосистемы с возможным промежуточным отбором.

Классификация линий электропередачи

Признак	Тип линии	Разновидности
Род тока	Постоянного тока	—
	Трёхфазного переменного тока	—
	Многофазного переменного тока	Шестифазная Двенадцатифазная
Номинальное напряжение	Низковольтная (до 1 кВ)	—
	Высоковольтная (свыше 1 кВ)	СН (3—35 кВ)
		ВН(110—220 кВ)
		СВН (330—750 кВ) УВН (свыше 1000 кВ)
Конструктивное выполнение	Воздушная	—
	Кабельная	—
Число цепей	Одноцепная	—
	Двухцепная	—
	Многоцепная	—
Топологические характеристики	Радиальная	—
	Магистральная	—
	Ответвление	—

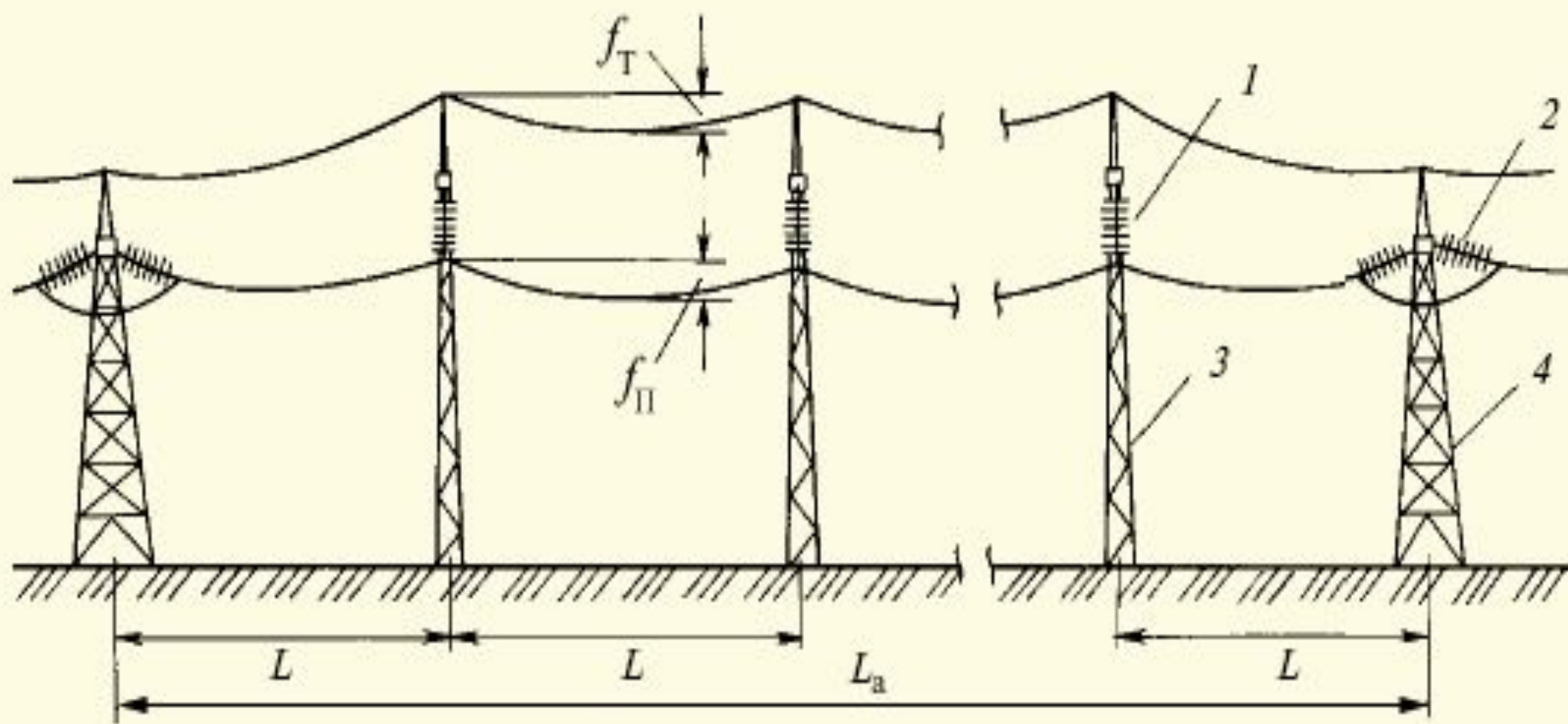
- Процесс электрификации, создания и объединения энергосистем в Единую энергосистему сопровождался постепенным увеличением номинального напряжения ЛЭП с целью повышения их пропускной способности. В этом процессе на территории бывшего СССР исторически сложились две системы номинальных напряжений. Первая, наиболее распространенная, включает в себя следующий ряд значений $U_{\text{НОМ}}$: 35—110—220—500—1150 кВ, а вторая — 35—150—330—750 кВ. К моменту распада СССР на территории России находилось в эксплуатации более 600 тыс. км ВЛ 35—1150 кВ. В последующий период рост протяженности продолжался, хотя и менее интенсивно.



Конструктивные элементы ВЛ:

- 1 — провода фаз линии (А, В, С); 2 — защитные тросы (Т1, Т2); 3 — опоры;
 4 — гирлянда изоляторов; 5 — элементы арматуры; 6 — фундаменты

В соответствии с ГОСТ «воздушная линия — это устройство для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам инженерных сооружений». главными элементами ВЛ являются *провода* фаз линии А, В, С, осуществляющие передачу электроэнергии.. Для защиты проводов от прямых ударов молнии служат *тросы*, *Опоры* предназначены для надежного поддержания проводов и тросов на определенной высоте над поверхностью земли. *Изоляторы* должны обеспечить необходимый промежуток между находящимся под напряжением проводом и заземленным телом опоры. *Линейная арматура* — это комплекс устройств, с помощью которых провода соединяются, закрепляются на изоляторах, а изоляторы — на опорах. *Фундаменты* служат для обеспечения устойчивого положения опор в пространстве.



Эскиз анкерного пролета ВЛ:

1 — поддерживающая гирлянда; 2 — натяжная гирлянда; 3 — промежуточная опора; 4 — анкерная опора

- На рисунке показан участок одноцепной воздушной линии между опорами, которые называются *анкерными*, а расстояние L_a между ними по трассе — *анкерным пролетом*. Такие опоры, в отличие от расположенных между ними *промежуточных опор*, рассчитаны на противодействие значительным силам одностороннего тяжения по проводам, возникающим при их обрыве в примыкающем к анкерной опоре промежуточном пролете длиной L , а также при монтаже проводов и тросов. Провода на анкерных опорах жестко закрепляются на *натяжных гирляндах* изоляторов, а на промежуточных опорах — на *поддерживающих гирляндах*, имеющих длину l_r . Длина гирлянды тем больше, чем выше номинальное напряжение линии.
- В промежуточном пролете провода и тросы провисают. Расстояние по вертикали между точкой подвеса на опоре и низшей точкой в пролете называется *стрелой провеса*. Стрела провеса провода обозначена $f_{\text{п}}$, а троса — $f_{\text{т}}$. Расстояние от низшей точки провода до земли, воды или пересекаемых объектов h_r называется *габаритом* линии, которое определяется в ПУЭ в зависимости от $U_{\text{ном}}$, характера местности и типа пересекаемого линией сооружения и для ВЛ с $U_{\text{ном}} \leq 500$ кВ, сооружаемых в ненаселенной местности, составляет 6—8 м.

- Элементы ВЛ работают в сложных и разнообразных географических и климатических условиях, различающихся сезонными изменениями температуры и влажности воздуха, наличием в нем природных и индустриальных загрязнений. Кроме того, они должны противостоять воздействию сил, основными из которых являются противостоять воздействию сил, основными из которых являются :
- вес всех элементов линии;
- вес гололедоизморозевых отложений на проводах, тросах и опорах;
- давление ветра на провода, тросы и опоры;
- тяжения по проводам и тросам.
- Обусловленные массой конструктивных элементов линии силы, действующие на одну опору, могут достигать сотен тысяч ньютонов ($1 \text{ Н} = 0,102 \text{ кгс}$), и провода, тросы и опоры должны быть рассчитаны на такие нагрузки

Классификация опор воздушных линий

Признак	Тип опоры	Примечание
Количество трехфазных цепей	Одноцепная	Всех напряжений
	Двухцепная	35—330 кВ
	Многоцепная	—
Способ крепления проводов	Промежуточная	Зажимы поддерживающие
	Анкерная	Зажимы натяжные
Положение на трассе	Угловая	В точках поворота трассы
Конструктивное выполнение	Свободностоящая	—
	На оттяжках	—
Материал	Деревянная	До 220 кВ включительно
	Железобетонная	До 500 кВ включительно
	Металлическая	Всех напряжений
Специальное назначение	Транспозиционная	По концам участков цикла
	Ответвительная	Ответвления от магистрали
	Переходная	Переходы через реки и т. п.

Итак, по **количеству трехфазных цепей** различают опоры:

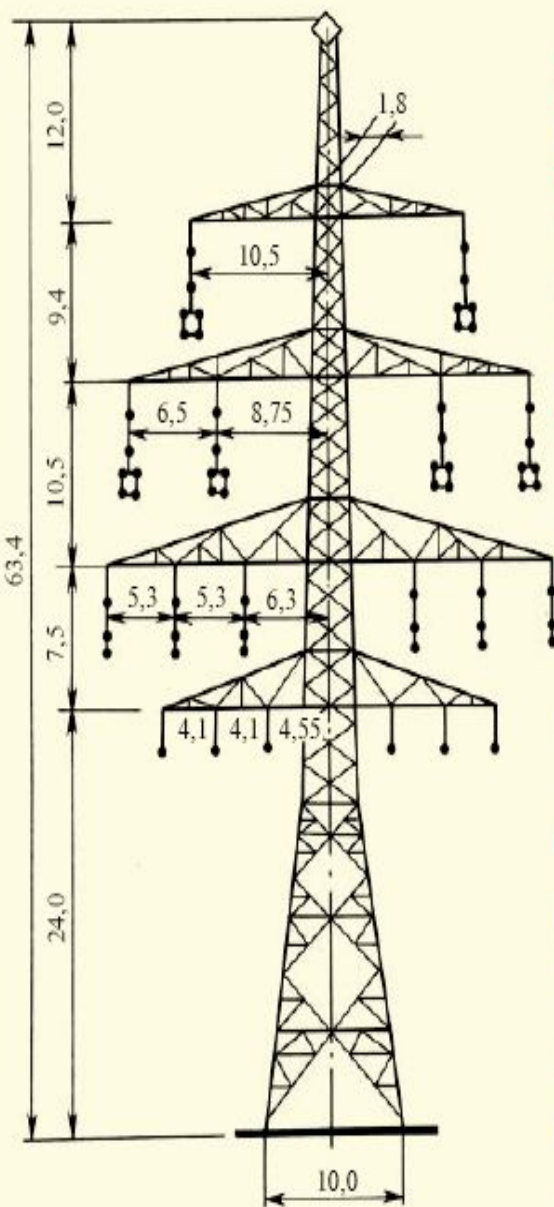
одноцепные, которые применяются при сооружении ВЛ любых номинальных напряжений;

двухцепные, которые в России применяются для ВЛ 35—330 кВ, а за рубежом и на линиях 380—500 кВ;

многоцепные, которые применяются за рубежом в густонаселенных районах с высокой стоимостью земли для экономии территории, отчуждаемой под трассу ВЛ. В качестве примера такой конструкции на рис. показана металлическая **шестицепная** опора **комбинированной** ВЛ, где на верхних двух ярусах расположены фазы двух цепей 380 кВ, под ними размещены две цепи 220 кВ, а на нижней траверсе подвешены две цепи 110 кВ. Вертикальный размер этой опоры составляет 63,4 м, зато горизонтальный габарит — только 34 м.

Основанием второго признака служит **способ крепления проводов**. Здесь в первую очередь выделяются **промежуточные опоры**, на которых провода закрепляются в **поддерживающих зажимах**. Это основной тип опор, составляющий около 90 % их общего числа. Кроме них выделяются **анкерные опоры**, на которых провода закрепляются в **натяжных зажимах**. Эти опоры расположены по концам анкерного пролета (анкерowanego участка),

По **положению на трассе** различают опоры, расположенные на прямых ее участках, и **угловые** (или анкерные угловые), расположенные в точках изменения направления (поворота) трассы линии. В этих точках на опору действует сила тяжения проводов и тросов, направленная по биссектрисе внутреннего угла. Поэтому в отличие от обычной промежуточной опоры угловая должна иметь раскосы, противодействующие опрокидывающему моменту в направлении действия этой силы.



Опора многоцепной комбинированной ВЛ 380—220—110 кВ