ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

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

Лекция 6.2

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

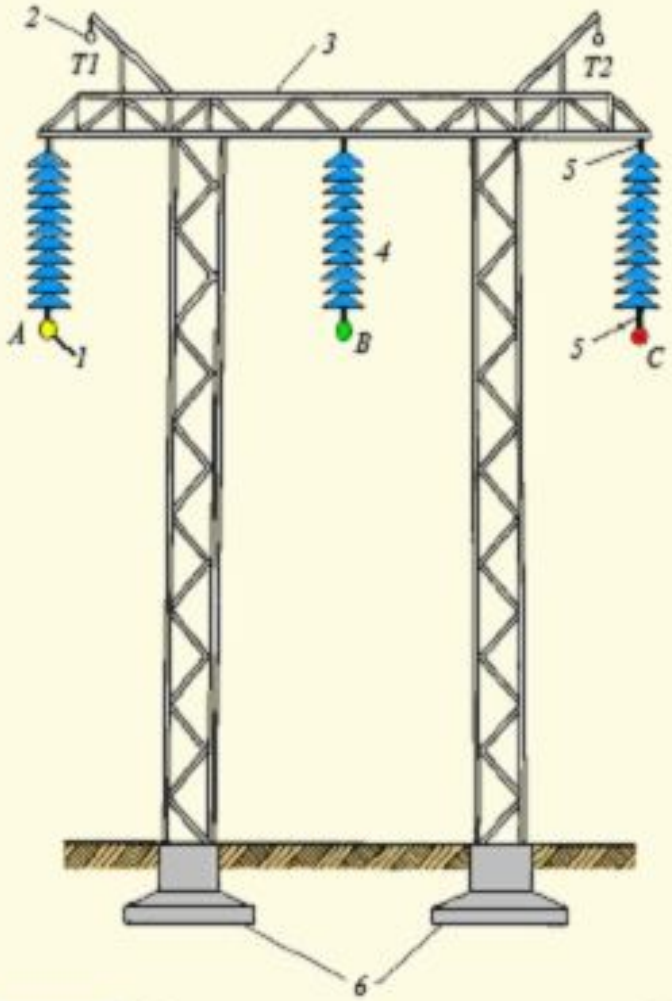
- В 1991 г. электротехники и электроэнергетики всего мира отметили столетие *начала эры передачи электроэнергии на дальние расстояния*. Оно было положено созданием в Германии воздушной линии (ВЛ) трехфазного переменного тока 28,3 кВ от ГЭС Лауфен до г. Франкфурт-на-Майне протяженностью 170 км, что по 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

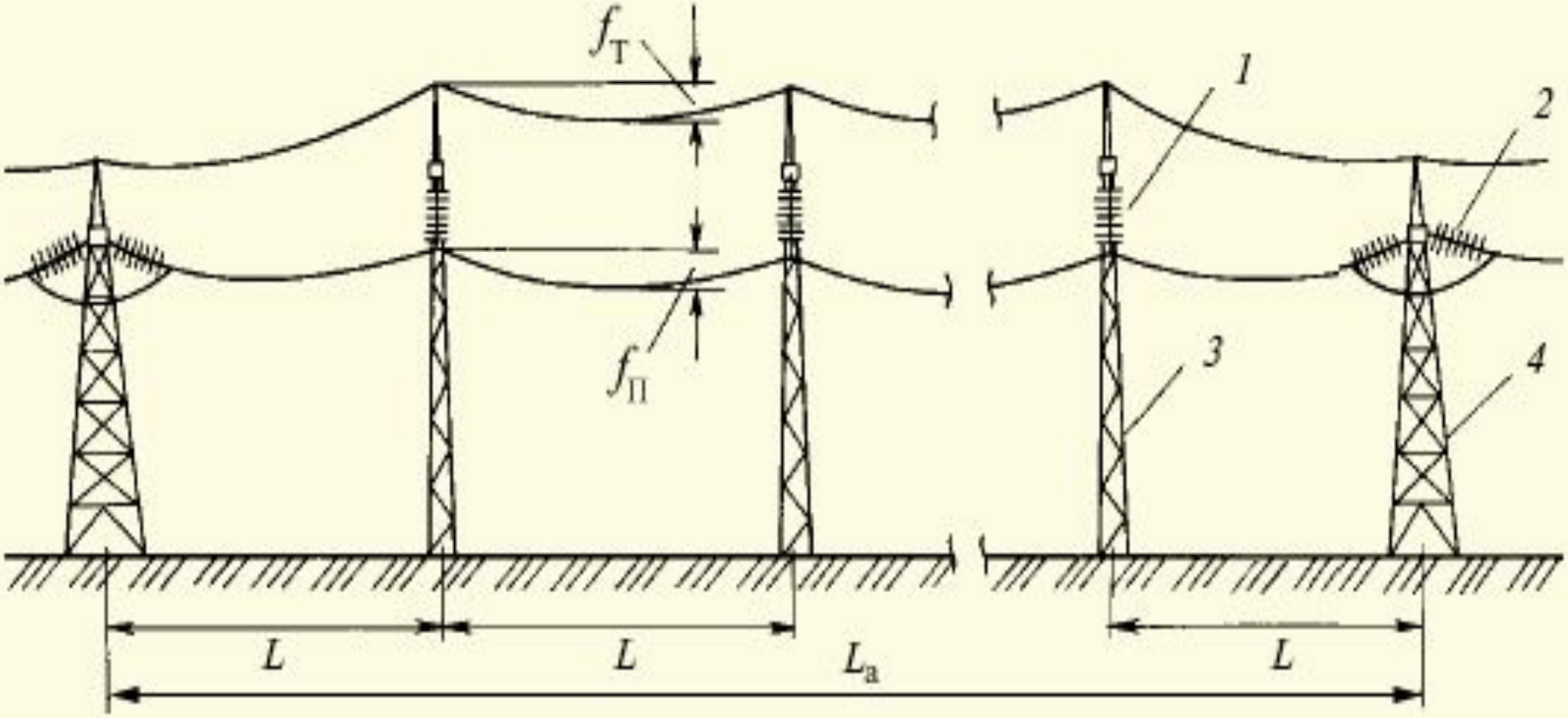
Признак	Тип линии	Разновидности
Род тока	Постоянного тока	—
	Трехфазного переменного тока	—
	Многофазного переменного тока	Шестифазная
		Двенадцатифазная
Номинальное напряжение	Низковольтная (до 1 кВ)	—
	Высоковольтная (свыше 1 кВ)	СН (3—35 кВ)
		ВН(110—220 кВ)
		СВН (330—750 кВ)
		УВН (свыше 1000 кВ)
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 $U_{ном}$: 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 (A, B, C); 2 — защитные тросы (T1, T2); 3 — опора; 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 *A*, *B*, *C*, 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:

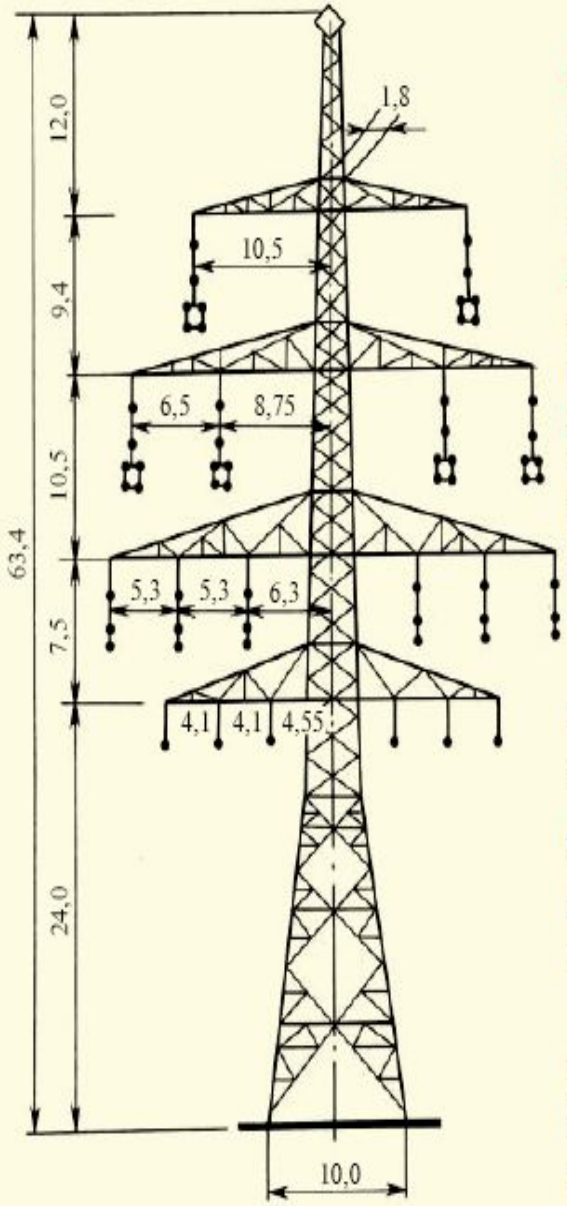
1 — поддерживающая гирлянда; 2 — натяжная гирлянда; 3 — промежуточная опора; 4 — анкерная опора

- На рисунке показан участок одноцепной воздушной линии между опорами, которые называются *анкерными*, а расстояние $L_а$ 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 $l_г$. 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 $f_п$, а троса — $f_т$. Расстояние от низшей точки провода до земли, воды или пересекаемых объектов $h_г$ называется *габаритом* линии,которое определяется в ПУЭ в зависимости от $U_{ном}$, характера местности и типа пересекаемого линией сооружения и для ВЛ с $U_{ном}$ £ 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 Н = 0,102 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.



Опора многоцепной комбинированной ВЛ 380—220—110 кВ

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 (анкерованного 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.