

## 5 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ВЫШЕ 1 КВ

### 5.1 Конструктивное исполнение сетей

Электрические сети выше 1 кВ выполняются кабельными и воздушными линиями.

Воздушные линии выполняются неизолированными проводами применяются для схем внутреннего и внешнего электроснабжения.

Линии 6-10 кВ выполняют на деревянных, железобетонных и комбинированных опорах. У комбинированных опор основная часть деревянная, а приставка железобетонная.

Линии 35-220 кВ монтируются на железобетонных и металлических опорах, 500 кВ на металлических.

Опоры воздушных линий по конструкции и назначению бывают промежуточные не несущие механическую нагрузку от проводов и натяжения. Анкерные усиленные опоры, рассчитанные на механические нагрузки, концевые, угловые, ответвительные. Линии, прокладываемые на опорах делятся на одноцепные и двухцепные.

Кабельные линии обычно прокладываются в местах, где строительство ВЛ затруднено. По сравнению с ВЛ кабели защищены от атмосферного воздействия среды, надежны и удобны в эксплуатации. Но прокладка КЛ дороже, особенно если необходимы кабельные сооружения. Способы прокладки кабелей разделяются на надземные и подземные – в кабельных траншеях, кабельных каналах, туннелях, блоках, коллекторах, по стенам сооружений, по кабельным конструкциям – в коробах, лотках, тросах, на эстакадах, кабельных полуэтажах.

Из подземных способов самый распространенный и недорогой способ прокладки в траншеях. Рассмотрим условия прокладки. Нормальная глубина заложения кабеля 0,7 метра, расстояние между кабелями напряжением до 10 кВ не менее 100 мм (100-200 мм).

Кабельные траншеи выполняют на безопасных расстояниях от фундаментов не менее 0,6 метров, трубопроводов 0,5 метра, от теплопроводов 2 метра. При насыщенном подземном генплане предприятия применяются надземные способы прокладки.

Прокладка в каналах применяется в электротехнических ТП и РУ, электромашинных помещениях - насосных, компрессорных, машинных залах, в цехах.

При выборе способов прокладки силовых кабельных линий до 35 кВ необходимо руководствоваться следующим:

1) При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве

кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

2) Прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях рекомендуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении более 20.

3) Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т.п.

4) При выборе способов прокладки кабелей по территориям городов должны учитываться первоначальные капитальные затраты и затраты, связанные с производством эксплуатационно-ремонтных работ, а также удобство и экономичность обслуживания сооружений.

## 5.2 Выбор напряжений линий

Напряжение выбирается на сравнении технико-экономических показателей разных вариантов. Намечаются варианты и предполагаемых напряжений и сравниваются если:

- от источника можно получить энергию при двух и более напряжениях;
- при необходимости расширять производство и увеличивать мощность заводских электростанций;
- необходимо заводские электростанции связать с сетями энергосистемы.

В любом случае следует выбирать варианты с более высоким напряжением, например из 6 и 10 кВ, выбрать 10 кВ, даже если есть небольшие экономические преимущества.

Для крупных и особо крупных предприятий следует выбирать напряжения 110, 220, 330, 500 кВ.

Напряжение 35 кВ рекомендуется для средних предприятий, при отсутствии большого числа в/в двигателей, а также как промежуточное напряжение, на крупных предприятиях. Например применяется для внутризаводского распределения при наличии:

- мощных приемников на 35 кВ (сталеплавильные печи, мощные выпрямительные установки)
- электроприемников значительно удаленных от источников питания,
- подстанций малой и средней мощности 35/0,4 кВ, включенных по схеме глубокого ввода.

Напряжение 20 кВ применять:

- для предприятий средней мощности, удаленных и не имеющих своих электростанций;

- для электроприемников удаленных от крупных подстанций (карьеры, рудники).

Необходимо обосновывать применение 20 кВ ТЭР по сравнению с 10 и 35 кВ.

Напряжение 10 кВ для внутривозовского снабжения:

- на предприятиях с мощными двигателями, допускающими подключение к сети 10 кВ;

- на предприятиях небольшой и средней мощности при малом числе двигателей 6 кВ.

Предпочтение следует отдавать напряжению 10 кВ. В настоящее время большей частью выпускаются мощные приводы напряжением 10 кВ.

Применение 6 кВ в основном зависит от наличия двигателей 6 кВ.

Выбор напряжений выполняется аналитическими способами, которые дают возможность приближенно определить величину необходимого напряжения [4].

### 5.3 Выбор сечений кабелей

Выбор сечений выполняется по условиям:

1) По максимальному току расчетного режима

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{р}}}{K_* K_{\text{ПОПР}}} \quad (5.1)$$

для двухтрансформаторной ТП – расчетный ток  $I_{\text{р}} = \frac{I_{\text{р.А}}}{2}$

где  $I_{\text{р.А}}$  - расчетный послеаварийный ток,

$I_{\text{р}}$  - расчетный ток линии, А

$K_{\text{ПОПР}} = K_t \cdot K_{\text{П}}$ ,

$K_{\text{П}}$  - учитывает количество одновременно проложенных кабелей

ПУЭ таблица 1.3.26 или таблица 5.1.

$K_* = 1,25 - 1,3$  - коэффициент допустимой перегрузки кабелей [1]

Для крупных ЭП и высоковольтных приемников за расчетный ток принимается номинальный.

Таблица 5.1 - Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

2) Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение  $q$ , мм<sup>2</sup>, определяется из соотношения:

$$q = \frac{I_p}{j_{ЭК}} \quad (5.2)$$

где  $I_p$  - расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;

$j_{ЭК}$  - нормированное значение экономической плотности тока, А/мм<sup>2</sup>, для заданных условий работы, выбираемое по таблице 1.3.36 из ПУЭ или таблице 5.2.

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, то есть увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

3) Выбор кабеля по термической стойкости, минимальное сечение по условию протекания тока КЗ

$$q \geq q_{МИН} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T} \quad (5.3)$$

где  $B_K$  – тепловой импульс тока КЗ, кА<sup>2</sup> с

$$B_K = I_{ПО}^2 (t_{ОТК} + T_a) \quad (5.4)$$

где  $t_{ОТК} = t_{PЗ} + t_{СВ}$  - действительное время отключения кабельной линии, с

$t_{PЗ}$  - время действия максимальной токовой защиты, с

$t_{СВ}$  - собственное время отключения выключателя, с

$T_a$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, с

Значение функции  $C_T$  приведено в таблице 5.3.

Значение постоянной времени затухания апериодической составляющей тока -  $T_a$  определяется по «Руководящим указаниям к расчету токов короткого замыкания».

Расчет и выбор сечений ВЛ рассмотрен при изучении дисциплины «Электроэнергетика».

Таблица 5.2 - Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм <sup>2</sup> , при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляциями с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляциями с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

Таблица 5.3 - Значения функции  $C_T$

Проводник	Значения функции $C_T$ А с <sup>1/2</sup> /мм <sup>2</sup>	
Шины		
алюминиевые	91	
медные	167	
Кабель	при $U_N$ , кВ	
	6	10
с алюминиевыми сплошными жилами и бумажной изоляцией	92	94
с алюминиевыми многопроволочными жилами и бумажной изоляциями	98	100
с медными сплошными жилами и бумажной изоляцией	140	143

с медными многопроволочными жилами и бумажной изоляции.	147	150
с алюминиевыми жилами и поливинилхлоридной изоляцией	75	78
с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией	114	118
с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	62	65
с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	94	98