

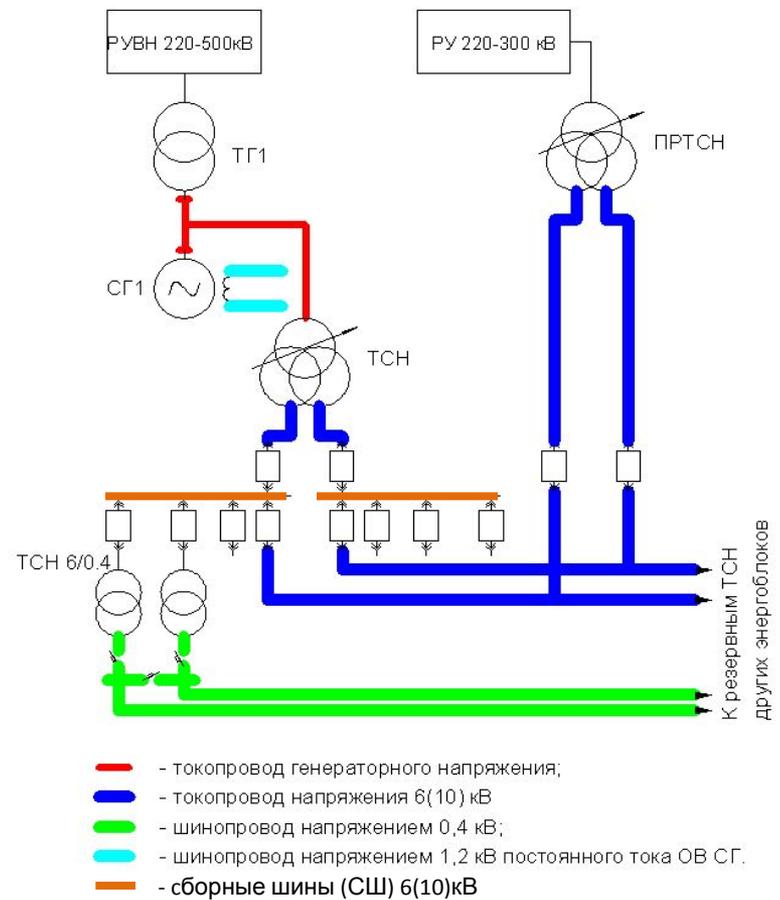
Токопроводы электростанций и подстанций

Токопроводы

Предназначены для выполнения электрических соединений на электростанциях и подстанциях в цепях трехфазного переменного тока частотой 50Гц, напряжением 0,4.. 500 кВ

Типы токопроводов:

1. Закрытые
 1. Комплектные изолированные
 2. Комплектные закрытые
2. Открытые
 1. Жесткие
 2. Гибкие

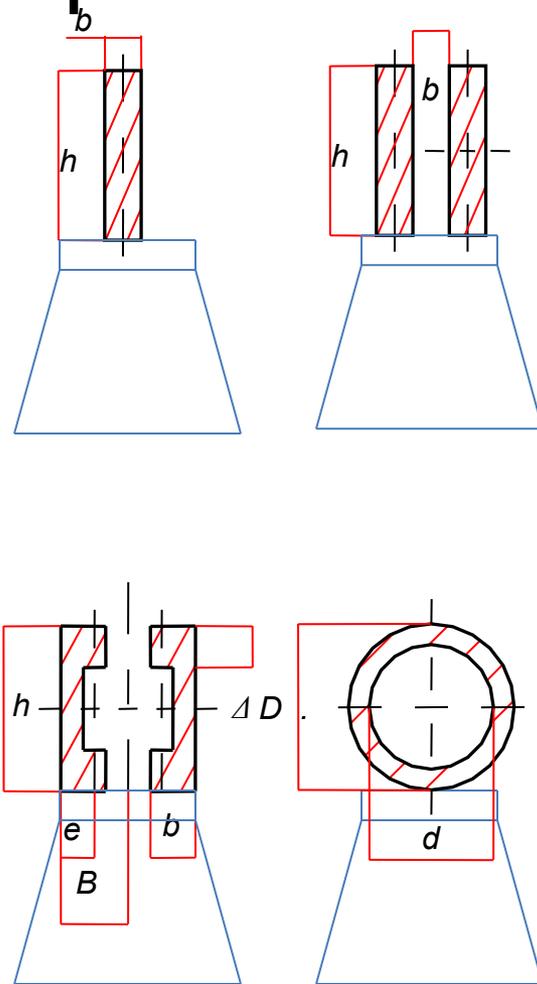


Шинные конструкции

В электроустановках до 35 кВ сборные шины и ответвления от них к электрическим аппаратам и трансформаторам (ошиновка) выполняются жесткими алюминиевыми шинами.

При токах до 3 кА применяются одно- и двухполюсные шины.

При больших токах рекомендуется выбирать шины коробчатого сечения.



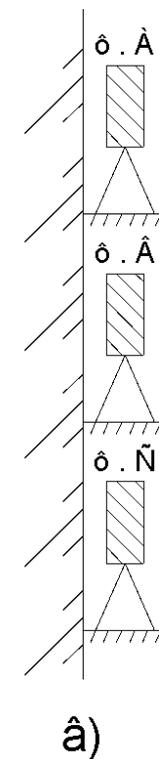
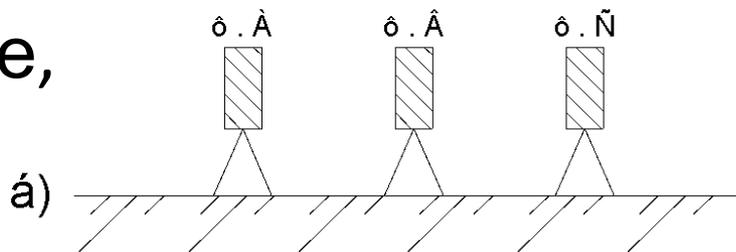
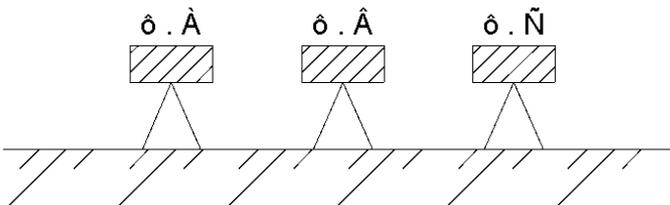
Шинные конструкции

- Исполнение сборных шин

а) горизонтальное крепление;

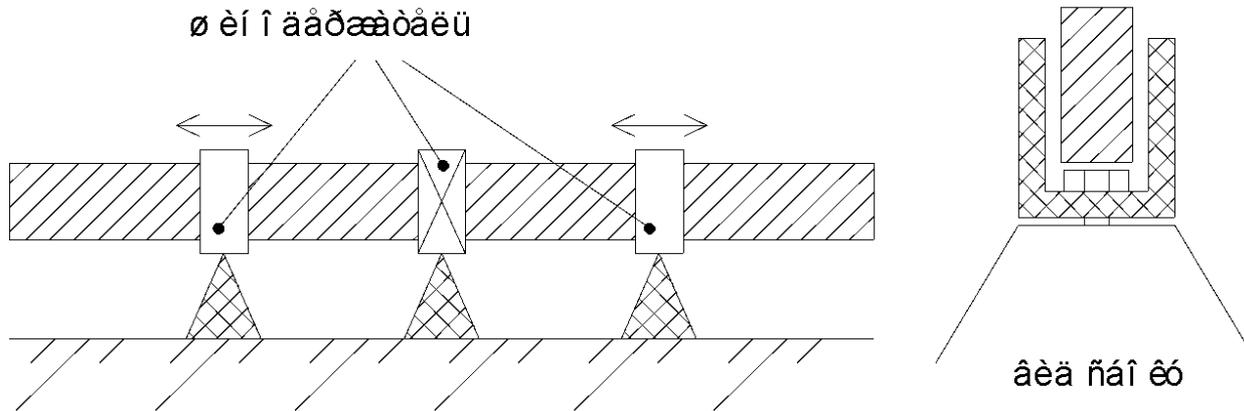
б) горизонтальное, «на ребро»;

в) вертикальное, «на ребро»;



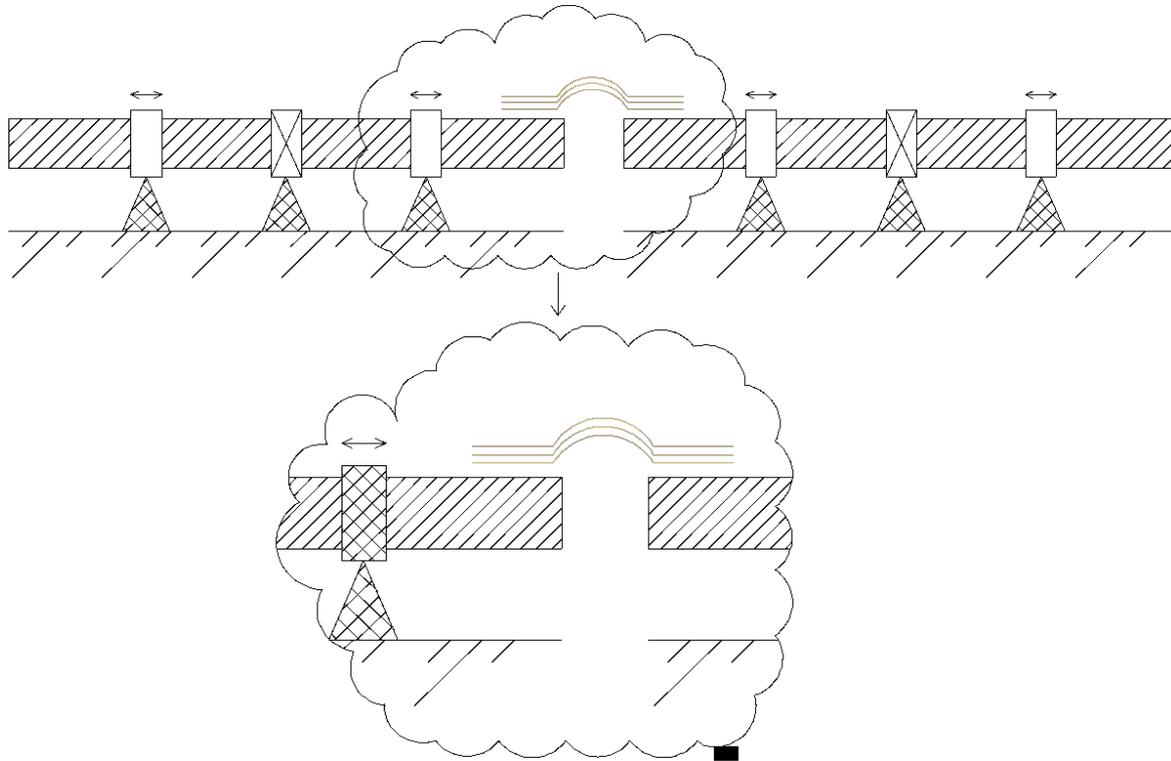
Шинные конструкции

- Крепление шины

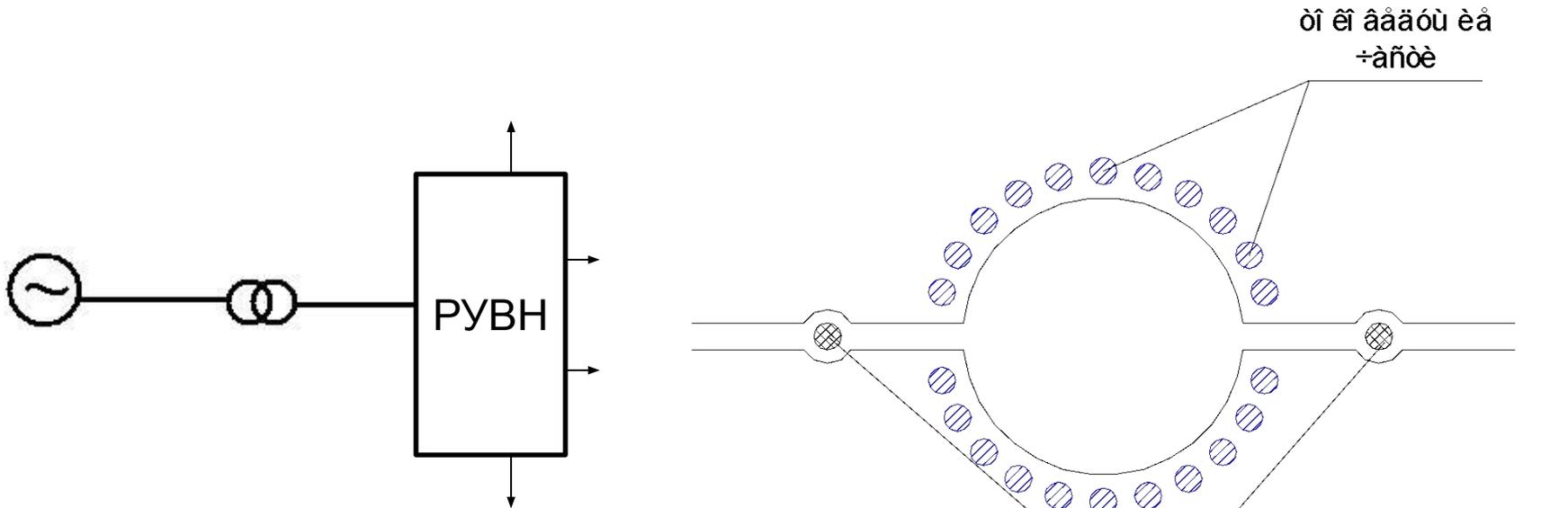


Шинные конструкции

- Соединение шин



Проблема мощных токопроводов генераторного напряжения



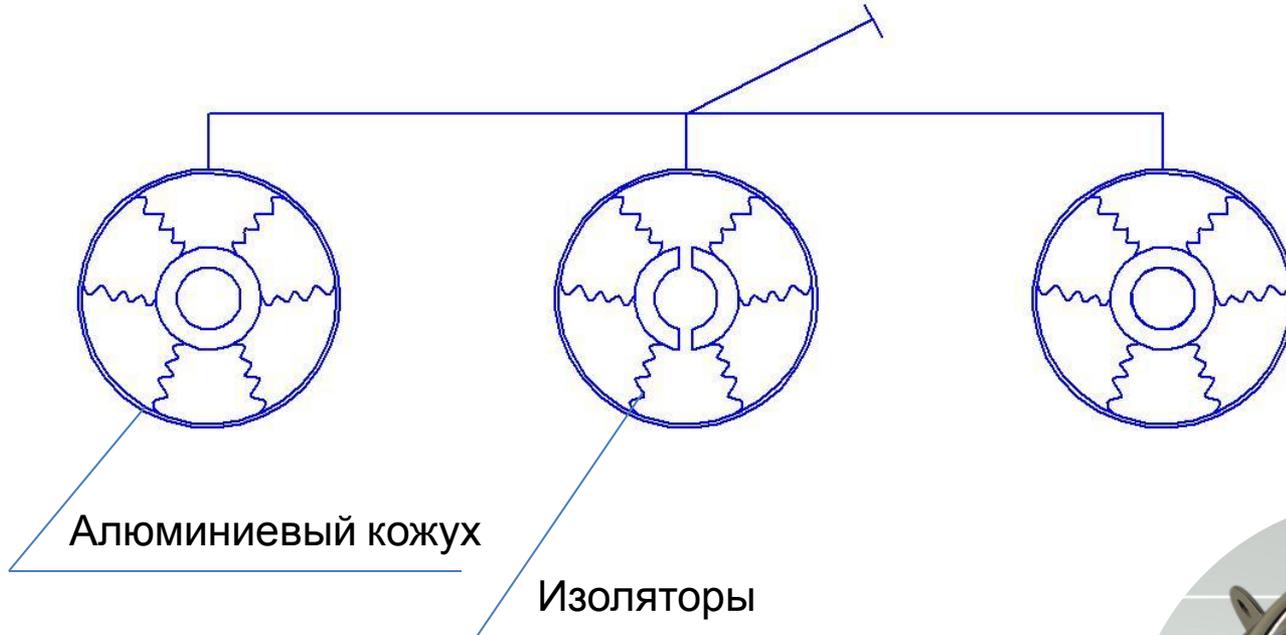
- невысокая надежность
- подверженность атмосферным явлениям
- сильное взаимное влияние фаз, электродинамические усилия настолько сильные, что существует опасность схлестывания
- большие габариты
- длительный монтаж и ремонт

Требования к токопроводам

- Надежность
- Не подвергается атмосферным явлениям
- Исключить взаимное влияние фаз
- Снизить габариты
- Небольшие сроки монтажа и ремонта

Сегодня токопровод выполняется с помощью комплектных экранированных токопроводов (КЭТ).

Комплектные токопроводы



Алюминиевый кожух:

- защищает токопровод от атмосферных явлений;
- электромагнитное поле, которое создается током фазы, не выходит за пределы кожуха. Поэтому электромагнитное взаимодействие исключается.



Токопроводы генераторного напряжения

Предназначен для выполнения электрических соединений на электростанциях и подстанциях в цепях трехфазного переменного тока частотой 50Гц, напряжением 6,10,11, 20, 24,27 и 35кВ

- Номинальный ток до 33000А
- Ток электродинамической стойкости до 900кА

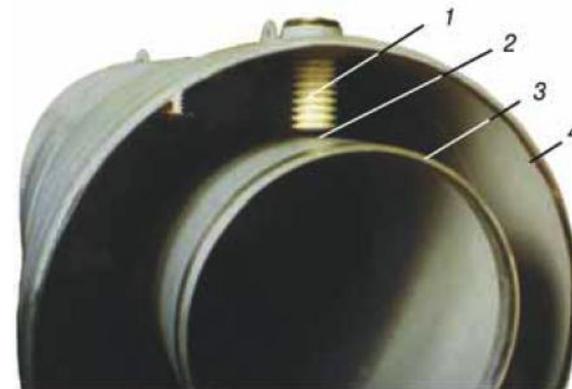


Рис Внешний вид фазы главного токопровода ТЭНЕ-24-24000-560 (вид с торца по сечению). Диаметр экрана – 1362 мм; диаметр шины – 800 мм. 1 – изолятор верхний; 2 – контакт пружинный; 3 – шина токоведущая; 4 – кожух-экран.

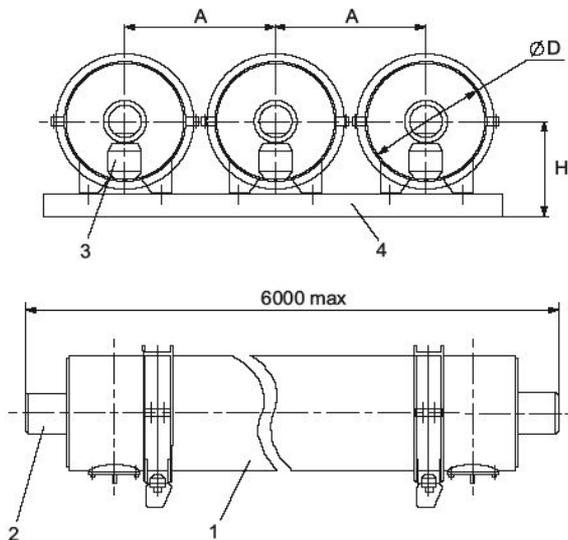


Рис Токопроводы ТЭНЕ напряжением 10 кВ. Блок прямолинейный. 1 – кожух-экран; 2 – шина токоведущая; 3 – изолятор; 4 – балка блока.

Токопроводы **ТЭНЕ-6,10 кВ** имеют пофазно-экранированное исполнение. Каждая фаза токопровода состоит из токоведущей шины 2 соответствующего сечения, кожуха-экрана 1 и изоляторов 3 (рис).

Шина закрепляется на изоляторе специальным шинодержателем. Изоляторы крепятся к крышкам, которые, в свою очередь, закрепляются на кожухах-экранах болтами.

Шаг между изоляторами – не более 3 м.

$A = 500..1000$ мм

Токопроводы генераторного напряжения

Предназначен для выполнения электрических соединений на электростанциях и подстанциях в цепях трехфазного переменного тока частотой 50Гц, напряжением 6,10,11, 20, 24,27 и 35кВ

- Номинальный ток до 33000А
- Ток электродинамической стойкости до 900кА



Рис. . Внешний вид фасонной секции (фазы) токопровода ТЭНЕ-20 напряжением 20 кВ для турбогенератора мощностью 50, 55 МВт.

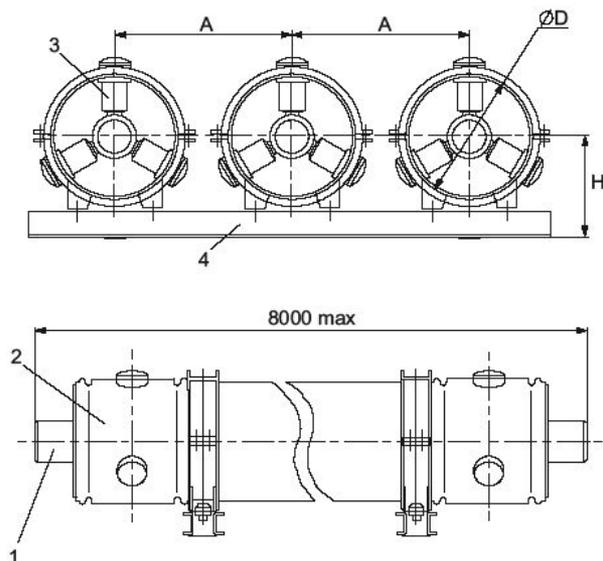


Рис Токопроводы ТЭНЕ и ТЭНП напряжением 20, 24, 35 кВ.
Блок прямолинейный*.
1 – шина токоведущая; 2 – кожух-экран; 3 – изолятор; 4 – балка блока.

Токопроводы **ТЭНЕ** и **ТЭНП** напряжением **20, 24, 35 кВ**

Каждая фаза токопровода состоит из алюминиевой шины 1 и алюминиевого цилиндрического кожуха-экрана 2.

Шина центрируется и закрепляется в кожухе-экране по сечению тремя изоляторами 3, расположенными под углом 120° (рис).

Центровка шины в экранах осуществляется поворотом изоляторов в резьбовых гнездах экранов.
A=1000..3000 мм

Токопроводы собственных нужд

Предназначены для выполнения электрического соединения главной цепи повышающего генератора и блочного трансформатора для ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС или в цепях возбуждения генератора.

- Номинальное напряжение **6, 10 кВ**
- Номинальный ток **до 4000А**
- Ток электродинамической стойкости **до 170кА**

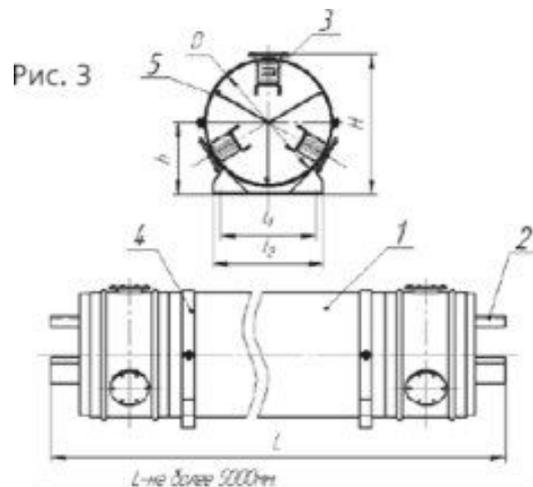
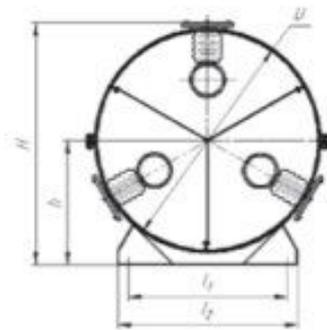


Рис. 3



- 1 - Общая оболочка;
- 2 - Токонесущие шины;
- 3 - Изоляторы;
- 4 - Опора разъёмная кольцевая;

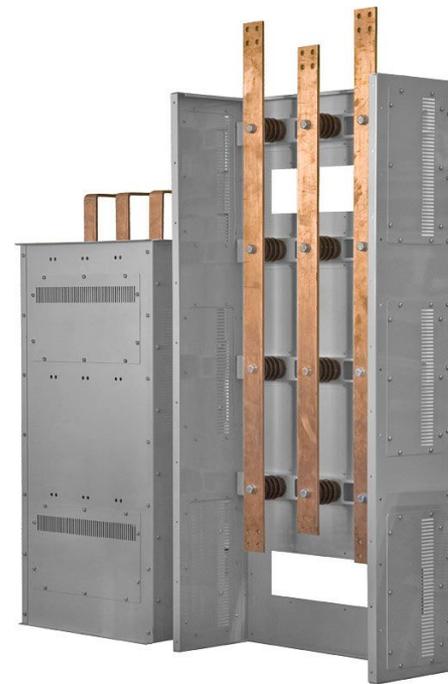


Рис. 4

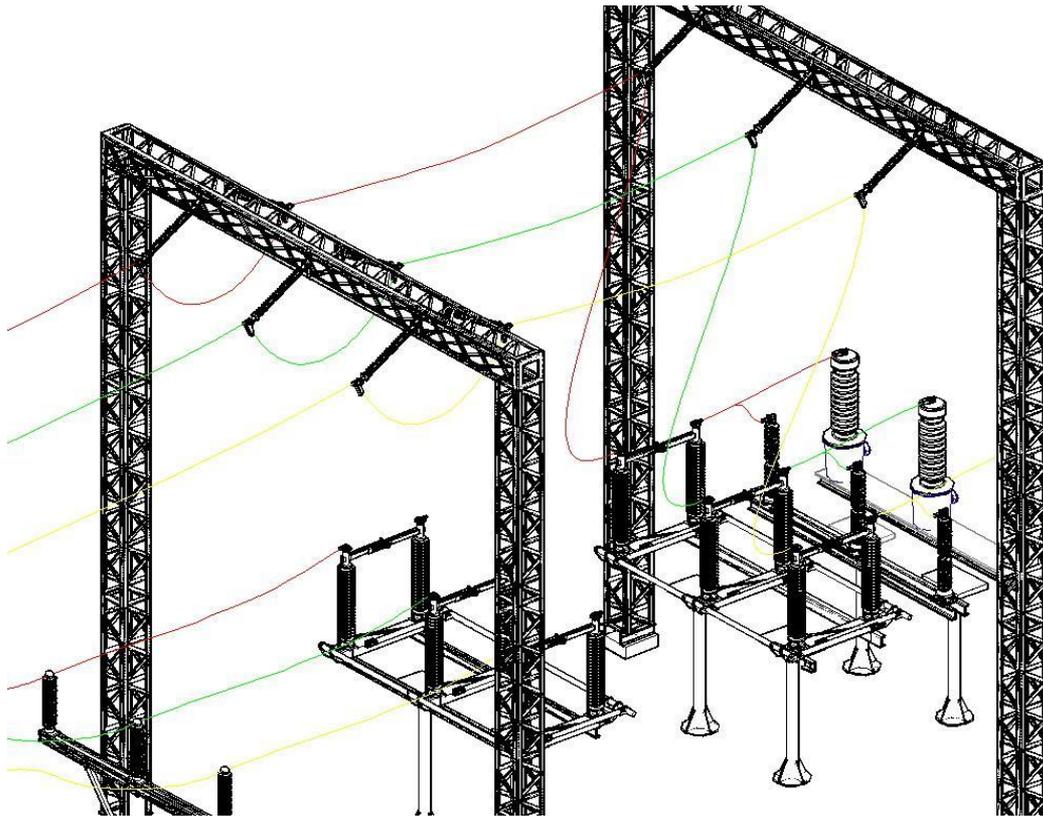
Закрытые прямоугольные токопроводы

Предназначен для выполнения электрических соединений на электростанциях и подстанциях в цепях трехфазного переменного тока частотой 50Гц, напряжением **6,10кВ**

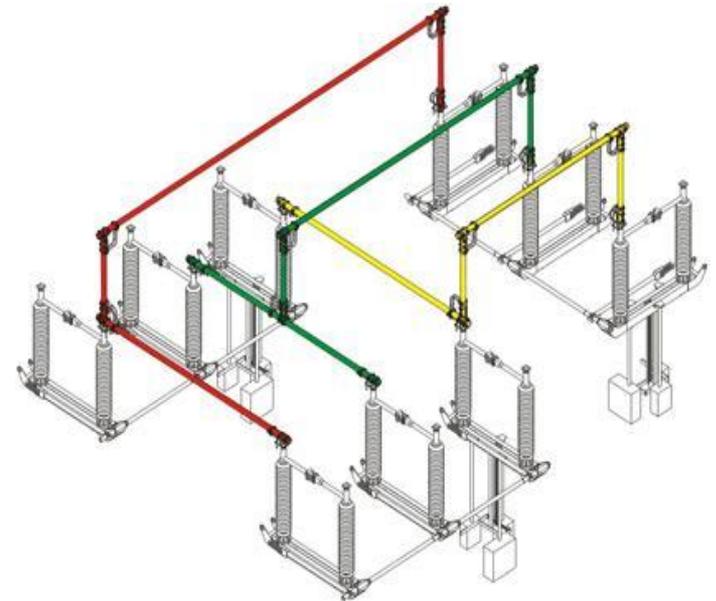
- Номинальный ток до **630..3150А**
- Ток электродинамической стойкости до **80кА**



Токоведущие части РУ 110 кВ и выше

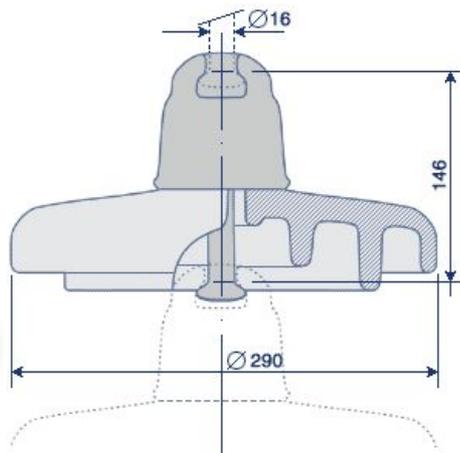


Гибкая ошиновка

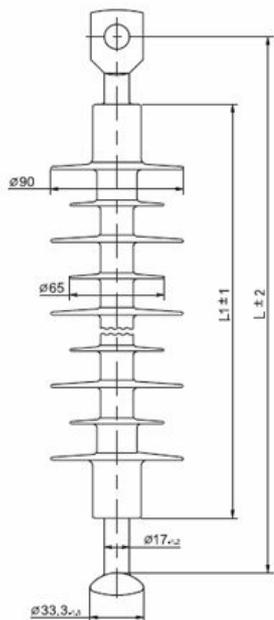


Жесткая ошиновка

Подвесные изоляторы

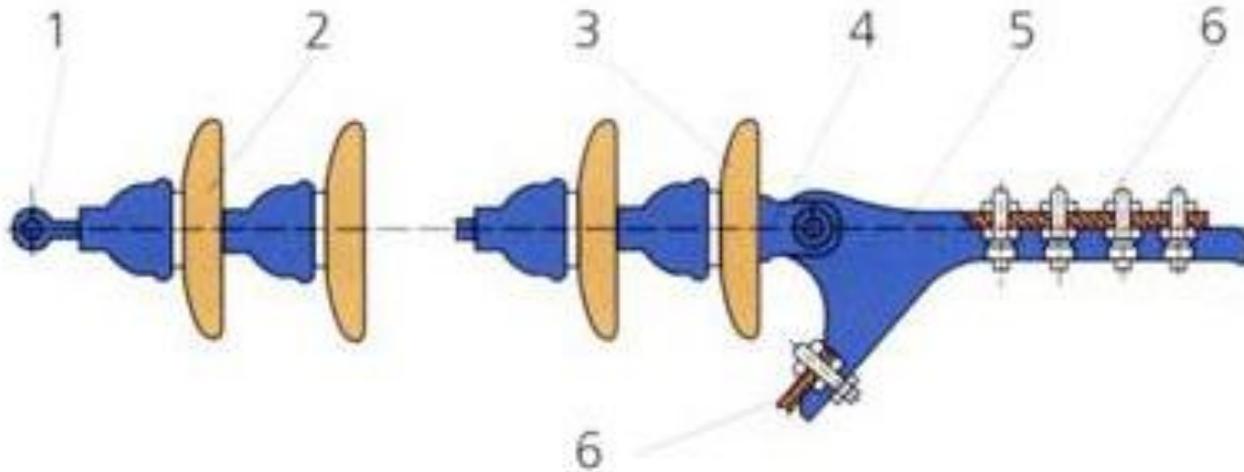


Стекланные изоляторы ПС,
ПСВ, ПСД
Фарфоровые изоляторы серии
ПФ
на 6/10/35/110/220/330/500 кВ



Полимерные изоляторы
Полимерные изоляторы состоят из
стеклопластикового стержня,
защитной оболочки из
кремнийорганической резины и
металлических оконцевателей
Серия ЛК на 10/20/35/110/220/330/500 кВ

Гирлянды изоляторов



Натяжная гирлянда

1 - серьга;

2-первый изолятор;

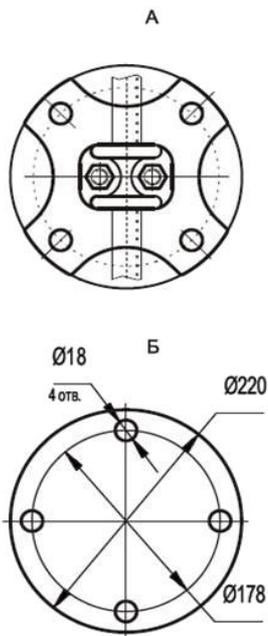
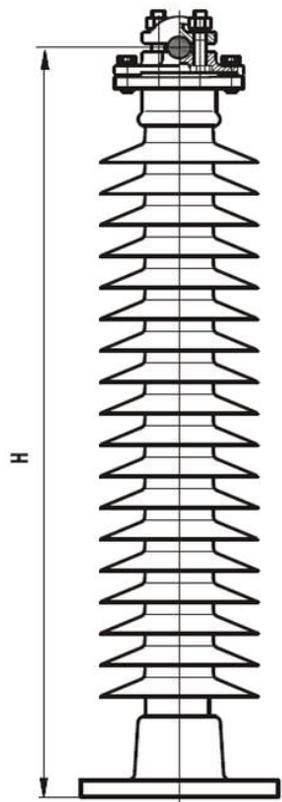
3 - последний изолятор;

4 - ушко двулапчатое;

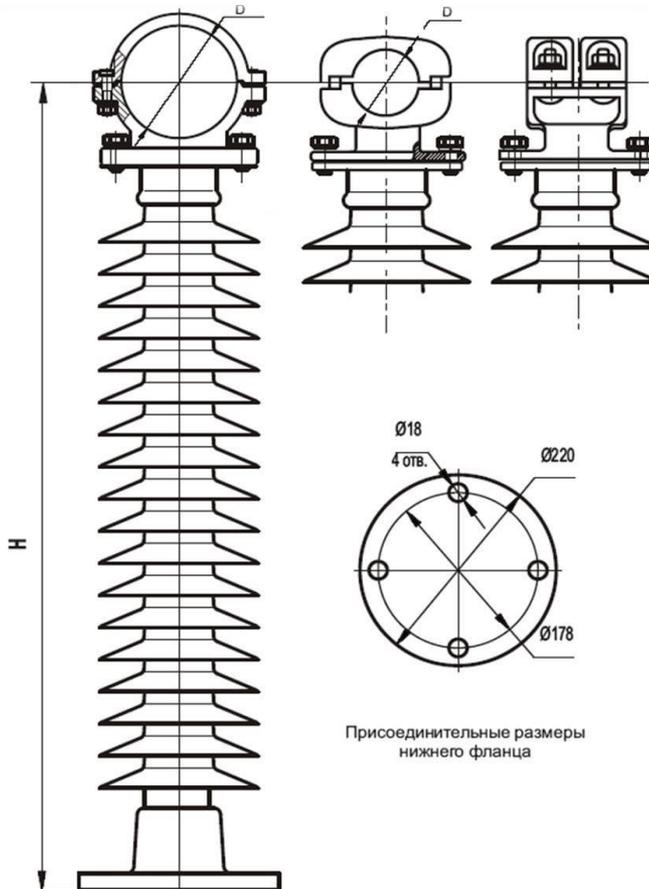
5 - седло (натяжной зажим);

6 - провод

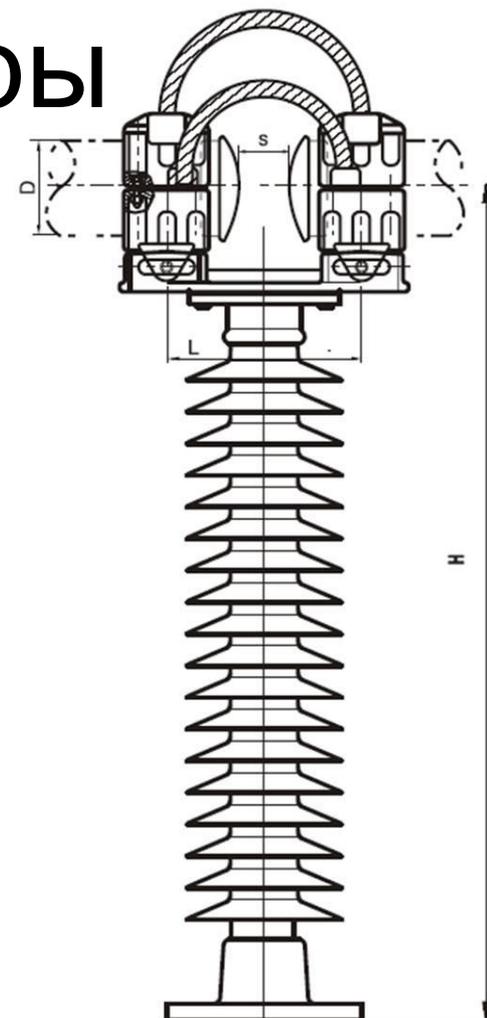
Опорные изоляторы



Жесткие опоры наружной установки типа ШОП предназначены для поддержания проводов (шин), в сетях переменного тока частотой до 60 Гц, а также для изоляции токоведущих частей в электрических аппаратах и ОРУ электрических станций и подстанций

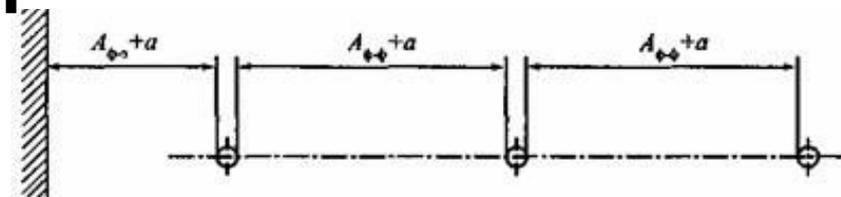
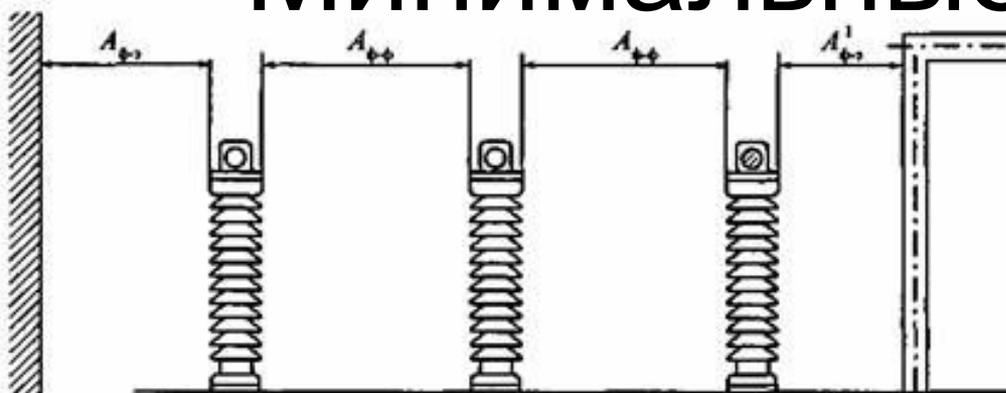


Жесткие опоры наружной установки ШОП-110-Ж предназначены для поддержания алюминиевой трубы жесткой ошиновки 110 кВ в ОРУ электрических станций и подстанций

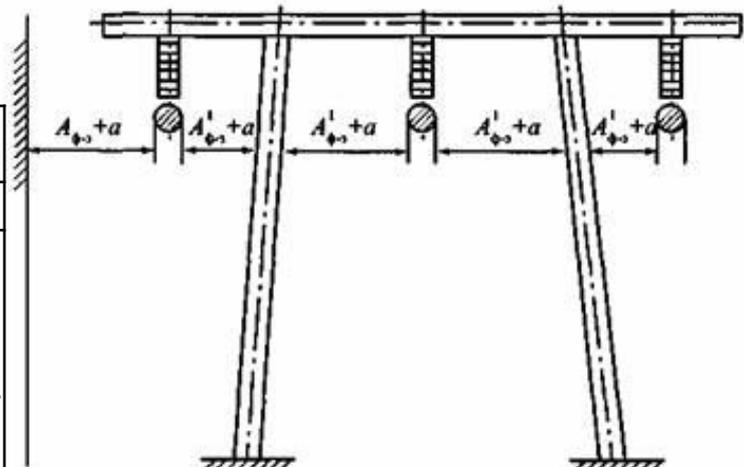


Жесткие опоры наружной установки предназначены для осуществления гибкой связи

Минимальные расстояния



| Наименование расстояния | Обозначение | Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--|-----|-----|------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| | | до 10 | 20 | 35 | 110 | 150 | 220 | 330 | 500 | 750 | |
| От токоведущих частей, находящихся под напряжением, до протяженных заземленных конструкций и до постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м | $A_{\phi-3}$ | 200 | 300 | 400 | 900 | 1300 | <u>1800</u> 1200 | <u>2500</u> 2000 | <u>3750</u> 3300 | <u>5500</u> 5000 | |
| От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций | $A'_{\phi-3}$ | 200 | 300 | 400 | 1000 | 1300 | <u>1600</u> 1200 | <u>2200</u> 1800 | <u>3300</u> 2700 | <u>5000</u> 4500 | |
| Между токоведущими частями разных фаз | $A_{\phi-\phi}$ | 220 | 330 | 440 | 1000 | 1400 | <u>2000</u> 1600 | <u>1800</u> 2200 | <u>4200</u> 3400 | <u>8000</u> 6500 | |



$$A_{\phi-3.г} = A_{\phi-3} + a \quad A'_{\phi-3} = A'_{\phi-3.г} + a$$

$$A_{\phi-\phi.г} = A_{\phi-\phi} + a$$

где $a = fs \sin \alpha$; f - стрела провеса проводов при температуре $+15^\circ\text{C}$, м; $\alpha = \arctg P/Q$; Q - расчетная нагрузка от веса провода на 1 м длины провода, даН/м; P - расчетная линейная ветровая нагрузка на провод, даН/м; при этом скорость ветра принимается равной 60 % значения, выбранного при расчете строительных конструкций.

Выбор токоведущих частей

- по экономической плотности тока

$$q_{э} = \frac{I_{\text{раб}}}{j_{\text{эк}}},$$

- по допустимому току из условия нагрева в рабочих утяжеленных режимах

$$I_{\text{раб.утяж}} \leq I_{\text{доп}},$$

- по термической стойкости при $k=2$

$$\theta_{\text{к}} \leq \theta_{\text{к,доп}}, \quad q_{\text{min терм}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C},$$

- проверка на динамическую стойкость

$$\sigma_{\text{расч}} \leq \sigma_{\text{доп}},$$

- проверка гибких токоведущих частей по условию коронирования

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0.$$

Выбор по экономической плотности тока

$$q_z = \frac{I_{\text{раб}}}{j_{\text{эк}}},$$

| Проводник | Число часов использования максимума | | |
|---|-------------------------------------|-----------|------------|
| | до 3000 | 3000-5000 | Свыше 5000 |
| Неизолированные провода и шины: | | | |
| из меди | 2,5 | 2,1 | 1,8 |
| алюминия | 1,3 | 1,1 | 1,0 |
| Кабели с бумажной, провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами: | | | |
| из меди | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| алюминия | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией и жилами: | | | |
| из меди | 3,5 | 3,1 | 2,7 |
| алюминия | 1,9 | 1,7 | 1,0 |

Выбор по экономической плотности тока

*По экономической плотности тока **не выбирают**:

- сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств всех напряжений, так как нагрузка по их длине неравномерна и на многих участках меньше рабочего тока;
- проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам и т. п.;
- сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3-5 лет;
- сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1 кВ при числе часов использования максимума нагрузки, поскольку потери при этом невелики;
- ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1 кВ, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий.

Выбор по допустимому току из условий нагрева

$$I_{\text{раб.утяж}} \leq I_{\text{доп}},$$

допустимый ток выбранного сечения с учетом поправки при расположении плоских шин плашмя (см. ПУЭ п. 1.3.23) или температуре охлаждающей среды, отличной от номинальной (25 °С). В последнем случае

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\text{дл.доп}} - \theta_{\text{охл}}}{\theta_{\text{дл.доп}} - \theta_{\text{охл.ном}}}},$$

где $I_{\text{доп.ном}}$ – допустимый ток при температуре охлаждающей среды $\theta_{\text{охл.ном}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{дл.доп}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – допустимая температура нагрева (для шин); $\theta_{\text{охл}}$ – действующая температура охлаждающей среды.

Выбор по термической стойкости при к.з.

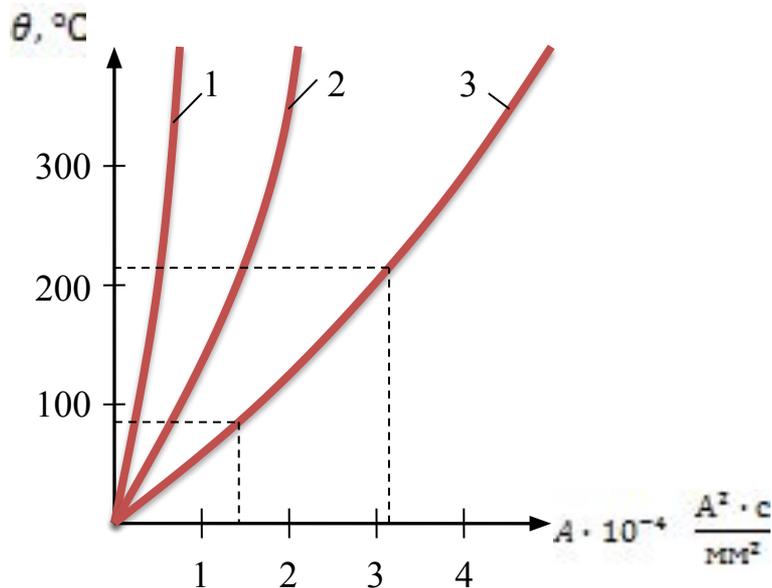


Рисунок – Кривые для определения температуры нагрева токами к.з. проводников из стали (1), алюминия (2), меди (3)

$$\theta_k \leq \theta_{k, \text{доп}}$$

$\theta_{k, \text{з.}}$ – температура токоведущих частей при нагреве т.к.
 $\theta_{k, \text{доп}}$ – допустимая температура нагрева шин при к.з.

$$A_k - A_n = B_k / q^2$$

$$A_k = A_n + B_k / q^2$$

$$q_{\text{min терм}} = \sqrt{\frac{B_k}{A_{k, \text{доп}} - A_n}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}$$

$$q = \max(q_{\text{эк}} + q_{\text{доп}} + q_{\text{min терм}})$$

Проверка по электродинамической стойкости

$$f_{max} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-7}}{a} i_{уд}^2 \cdot K_{\phi} \cdot K_{расп},$$

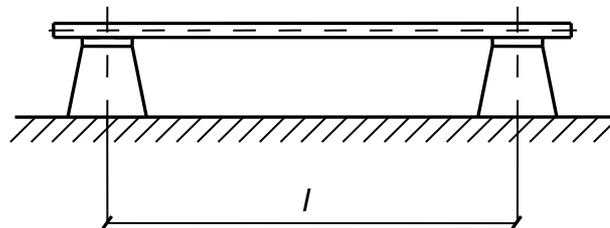
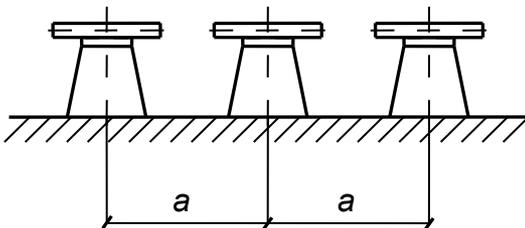
$$v_0 = \frac{173,2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}},$$

Особенно большие напряжения возникают в условиях резонанса, когда собственные частоты системы шины-изоляторы оказываются близкими к 50 и 100 Гц.

Если собственные частоты системы меньше 30 и больше 200 Гц, то механического резонанса не возникает.

Необходимо исключить резонанс

$$v_0 > 200 \text{ Гц}$$



Жесткие шины

Проверка по электродинамической стойкости

- Равномерно распределенная сила f , возникающая в шинах при протекании т.к.з., создает изгибающий момент M

$$M = \frac{f \cdot l^2}{\lambda},$$

где λ – коэффициент, учитывающий используемый тип шинной конструкции.

- Напряжение (в МПа), возникающее в материале шин, определяется из выр

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W} = \frac{f \cdot l^2}{\lambda \cdot W},$$

где M – момент инерции, W – момент сопротивления

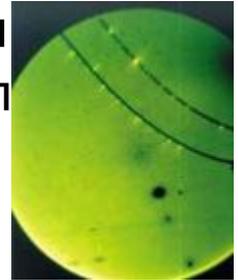
Шины механически прочны, если выполняется условие:

$$\underline{\sigma_{\text{расч}} \leq \sigma_{\text{доп}}}$$

Проверка по условию коронирования

- Разряд в виде короны возникает при максимальном значении начальной критической напряженности электрического поля

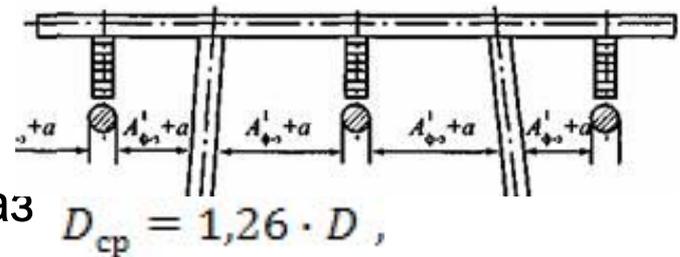
$$E_0 = 30,3m \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right),$$



- Напряженность электрического поля около нерасщепленного провода определяется по выражению

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_0}},$$

- При горизонтальном расположении фаз



- Провода не будут коронировать, если

$$\underline{1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0.}$$

Технико-экономические показатели ОРУ 110 кВ с жесткой и гибкой ошиновкой

| Технико-экономические показатели | Вариант с гибкой ошиновкой | Вариант с жесткой ошиновкой |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Занимаемая площадь, м ² | 4000 | 3280 (82) |
| Масса металлоконструкций, т | 62 | 28,1 (45) |
| Объем, м ³ : | | |
| Сборного железобетона | 125 | 112,5 (90) |
| Земляных работ | 820 | 672,4 (80) |
| Количество: | | |
| Изоляторов опорных | 20 | 80 (400) |
| Гирлянд | 70 | 14 (20) |
| Масса, т: | | |
| Провода АС | 1,6 | 0,9 (55) |
| Жестких шин | - | 1,8 |
| Трудозатраты, чел-дней | 800 | 680 (85) |