



Кафедра электроснабжения ЮЗГУ



Программа повышения квалификации
«ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
0,4-6-10 КВ»

Основное электротехническое
оборудование распределительных
сетей 0,4-10 кВ и его выбор

Курск 2018

Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

По числу трансформаторов КТП могут быть одно-, двух- и трехтрансформаторными, а по роду установки:

- внутренней установки с масляными, сухими или заполненными негорючей жидкостью трансформаторами;
- наружной установки (только с масляными трансформаторами);
- смешанной установки с расположением распределительного устройства (РУ) высшего напряжения и трансформатора снаружи, а РУ низшего напряжения внутри помещения.

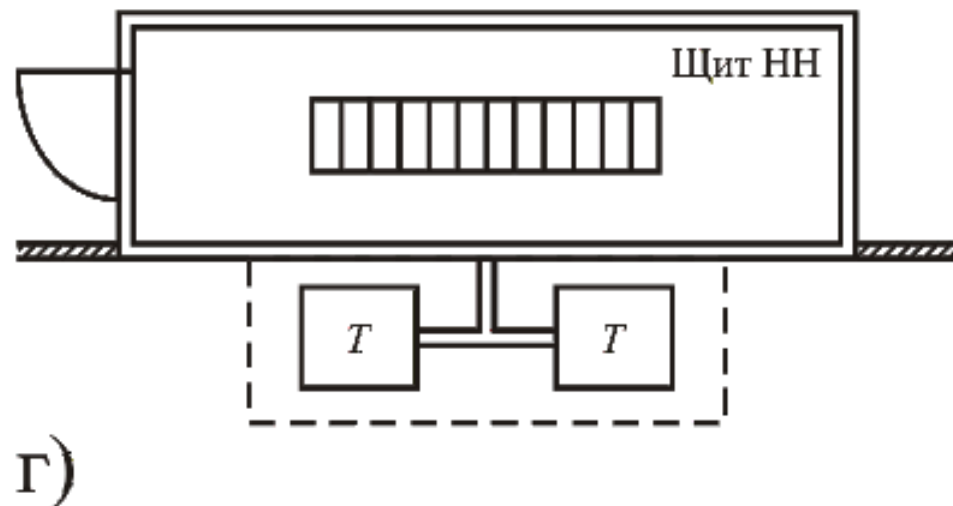
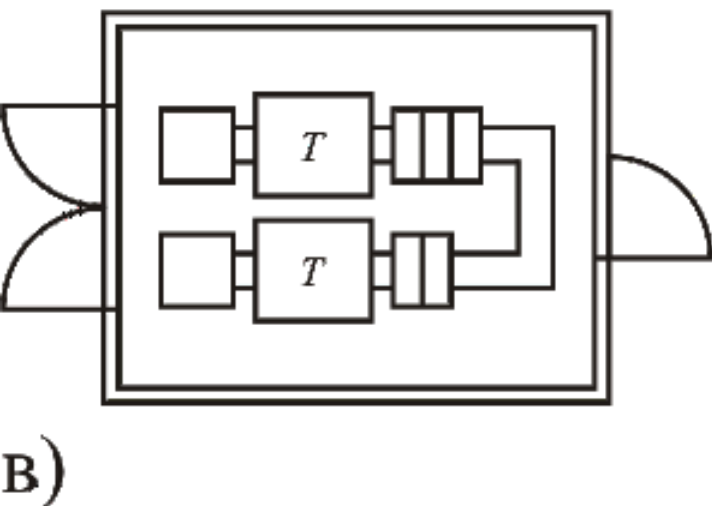
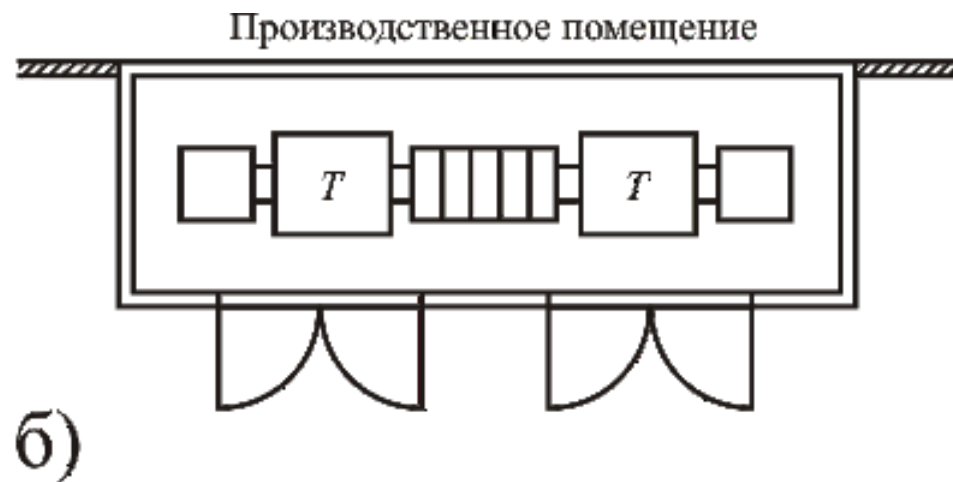
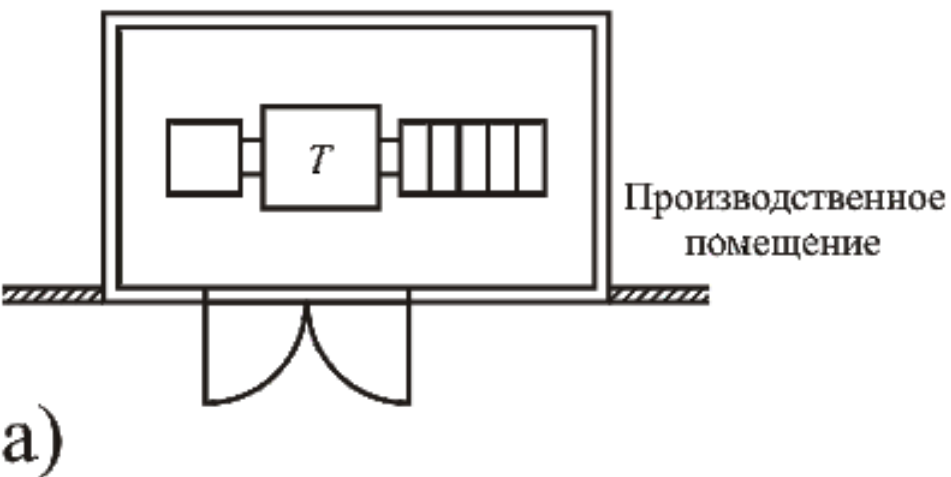


Рис. Варианты размещения цеховых КТП и их компоновки: а – однострансформаторная КТП встроенного типа; б – двухтрансформаторная КТП пристроенного типа однорядного исполнения; в – двухтрансформаторная КТП отдельно стоящая двухрядного исполнения; г – КТП с наружной установкой трансформаторов

Однотрансформаторные цеховые ТП применяются при ЭП, допускающих перерыв в электроснабжении на время доставки «складского» резерва, или при резервировании, осуществляемом по переключкам на вторичном напряжении.

Двухтрансформаторные цеховые ТП применяются при преобладании потребителей I и II категорий, а также при наличии неравномерного суточного или годового графика нагрузок.

Цеховые ТП с числом трансформаторов более двух применяются при обосновании необходимости их применения, а также в случаях установки отдельных трансформаторов для питания силовых и осветительных нагрузок.

Выбранная подстанция должна занимать минимум полезной площади цеха, удовлетворять требованиям пожарной и электрической безопасности и не создавать помех производственным процессам. Встроенные и пристроенные подстанции располагаются вдоль одной из длинных сторон цеха или в шахматном порядке вдоль двух его сторон при небольшой ширине цеха. Допускается минимальное расстояние 10 м между соседними камерами разных внутрицеховых подстанций, а также между КТП.

Минимальные габариты размещения КТП в длину:

однотрансформаторные до 1000 кВА	7–8м
1600–2500 кВА	8–9м
двухтрансформаторные до 1000 кВА	12–13м
1600 кВА	16,5 м

Ширина для всех КТП не менее 4,3 м.

Внутрицеховые подстанции могут размещаться только в зданиях со степенью огнестойкости 1 и 11 и с производствами, отнесенными к категориям Г и Д согласно противопожарным нормам. Следует учитывать, что при установке в одном помещении нескольких трансформаторов, их предельная суммарная мощность не должна превышать **6500 кВА**, а число КТП должно быть не более **трех**.

$$S_m = \frac{S_{расч}}{k_z N} = \frac{\sqrt{P_{расч}^2 + Q_{расч}^2}}{k_z N},$$

где S_m – расчетная мощность трансформатора; $S_{расч}$ – расчетная мощность нагрузки предприятия; $P_{расч}$ – расчетная максимальная активная нагрузка предприятия; $Q_{расч}$ – расчетная реактивная мощность, потребляемая предприятием в период максимума нагрузки с учетом или без учета компенсации реактивной мощности; k_z – коэффициент загрузки трансформатора; N – количество трансформаторов на подстанции.

Величину коэффициента загрузки трансформаторов можно принимать:

- при преобладании потребителей 1 категории – $k_z = 0,6 - 0,7$;
- при преобладании потребителей 2 категории – $k_z = 0,7 - 0,8$;
- для потребителей 3 категории – $k_z = 0,9 - 0,95$.

В цехе промышленного предприятия ориентировочно можно определить количество трансформаторов по удельной плотности нагрузки

$$\sigma_H = S_{расч} / F$$

где $S_{расч}$ – расчетная нагрузка цеха; F – площадь цеха.

При удельной плотности более 0,2... 0,3 кВ·А/м² и суммарной нагрузке более 3000... 4000кВ·А целесообразно применять цеховые трансформаторы мощностью соответственно 1600...2500 кВ·А. При удельной плотности и суммарной нагрузке ниже указанных значений наиболее экономичны трансформаторы мощностью 400... 1000 кВ·А.

Удельная плотность нагрузки σ , кВА/м ²	Рекомендуемая номинальная мощность трансформаторов, кВА
0,05÷0,1	630
0,15	1000
0,2	1600
≥0,3÷0,35	2500

Количество трансформаторов цеховых ТП может быть определено по формуле

$$N = \frac{S_{\text{рсч}}}{K_3 S_{\text{ном}}}$$

где $S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность трансформатора, выбранная в зависимости от удельной плотности расчетной нагрузки; $S_{\text{рсч}}$ – расчетная мощность нагрузки; K_3 – коэффициент загрузки трансформатора.

Потери активной мощности в линии электропередачи ($\Delta P_{\text{л}}$), идущие на нагревание проводников, рассчитываются по выражению

$$\Delta P_{\text{л}} = 3 \cdot I^2 \cdot R$$

где I — ток линии; R — активное сопротивление провода или жилы кабеля, определяемое как

$$R = r_0 \cdot l$$

где r_0 — удельное (погонное) активное сопротивление проводника, Ом/км;
 l — длина линии, км.

Выбор электрооборудования в сетях напряжением 10 кВ

1. Выбор коммутационных аппаратов

Выбор высоковольтных выключателей производится:

- по напряжению электроустановки (сети); $\underline{U}_{уст} \leq \underline{U}_{ном}$;
- по длительному току;

$$I_{раб.мах} \leq I_n,$$

где: I_n - номинальный ток выключателя; $I_{раб.мах} = I_{расч}$, кА

- по электродинамической стойкости при токах КЗ.

$$I_{н.о.} \leq I_{дин}; i_y \leq i_{дин},$$

где: $I_{н.о.}$ - действующее значение периодической составляющей тока КЗ (при $r = 0$), кА;

$I_{дин}, i_{дин}$ - действующее значение периодической составляющей тока КЗ и амплитудное значение полного тока, кА;

i_y - ударный ток КЗ, кА

- Выключатель, выбранный по указанным параметрам, также проверяется на отключающую способность:

$$I_{н.т.} \leq I_{откл.н.},$$

где: $I_{н.т.}$ - действующее значение периодической составляющей тока КЗ к моменту размыкания выключателя

- На термическую стойкость выключателя проверяются по расчетному импульсу квадратичного тока КЗ $B_k, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ и найденным в каталоге значениям I_T и

$$B_k \leq I_T^2 t_T,$$

Выбор трансформаторов тока

Осуществляем выбор по следующим условиям:

- По напряжению установки: $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;
- По длительному току: $I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}$; $I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$;
- По электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{\text{дин}}$;
- По термической стойкости: $V_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$;
- По вторичной нагрузке:

$$Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}}; r_2 = Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}}$$

Где: Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока;
 $Z_{2 \text{ ном}}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Выбор трансформаторов напряжения

Осуществляем выбор трансформаторов напряжения по следующим условиям:

- По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- По конструкции и схеме соединения обмоток;
- По классу точности;
- По вторичной нагрузке: $S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$,

где $S_{ном}$ – номинальная мощность в выбранном классе точности; $S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов.

Условия выбора и проверки ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ

Питающие линии выполняются проводом АС.

Выбор сечения провода производится по экономической плотности тока в нормальном и аварийном режимах и проверяется:

- по 30%-ой перегрузке;
- по допустимой потере напряжения (5% - в нормальном, 10% - в послеаварийном режимах);
- по механической прочности;
- на корону (для напряжения 110 кВ и выше).

Проверке по экономической плотности не подлежат:

- 1) сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1 кВ при использовании максимума нагрузки до 4000—5000 ч;
- 2) ответвления к отдельным электроприемникам до 1 кВ, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;
- 3) сборные шины и ошиновка в пределах распределительных устройств всех напряжений;
- 4) сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3—5 лет;
- 5) проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам и т.п.

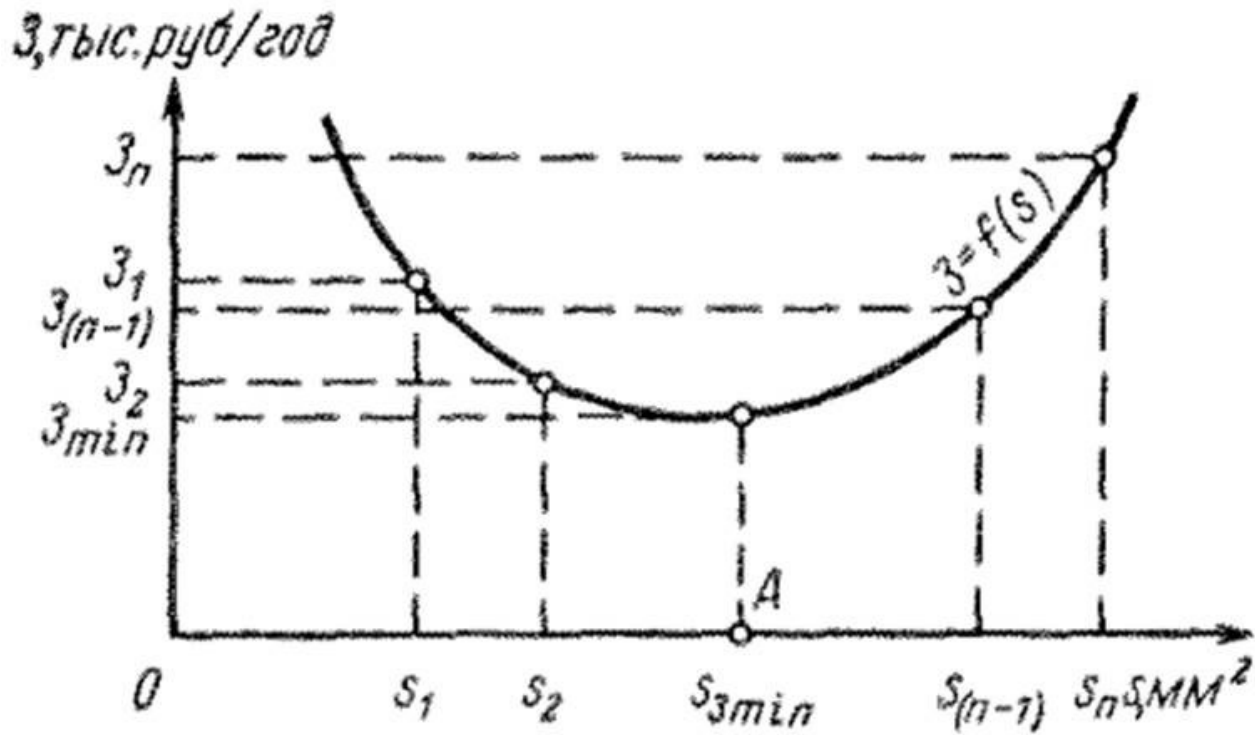


Рис. 3 Зависимость затрат от сечения провода (или жилы кабеля) для определения экономически целесообразного сечения

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}; \quad \text{Экономически целесообразное сечение:}$$

где: $j_{\text{эк}}$ — нормированное значение экономической плотности тока.

а) Проверка выбранного сечения по послеаварийному Току при отключении одной линии, так как линия допускает перегрузку 30%, то выбранное сечение должно удовлетворять условию:

$$1,3I_{доп} > I_{ав.р}$$

В аварийном режиме: $I_{р.макс} = \frac{S_{ГПП}}{\sqrt{3}U_n} =$

б) По условию механической прочности:

Для сталеалюминиевых проводов минимальное сечение по условиям механической прочности 25 мм²

в) По допустимой потере напряжения: - допустимая длина питающей линии:

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \% \cdot K_3 \geq l_{\text{факт}},$$

где: $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке, на которой потеря напряжения равна 1%.

$\Delta U_{\text{доп}} \% = 5\%$ - допустимая потеря напряжения в нормальном режиме.

$K_3 = \frac{I_{\text{доп}}}{I_p}$ - коэффициент загрузки линии;

$l_{\text{доп}}$ - допустимая длина линии, км;

l - фактическая длина линии, км;

г) Проверка на корону:

Проверяется выполнение условия:

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

, где

E - напряженность электрического поля около поверхности нерасщепленного провода,

E_0 - начальная напряженность возникновения коронного разряда.

$$E_0 = 24,5 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \frac{0,65}{(\delta \cdot r)^{0,38}} \right], \text{ кВ / см}$$

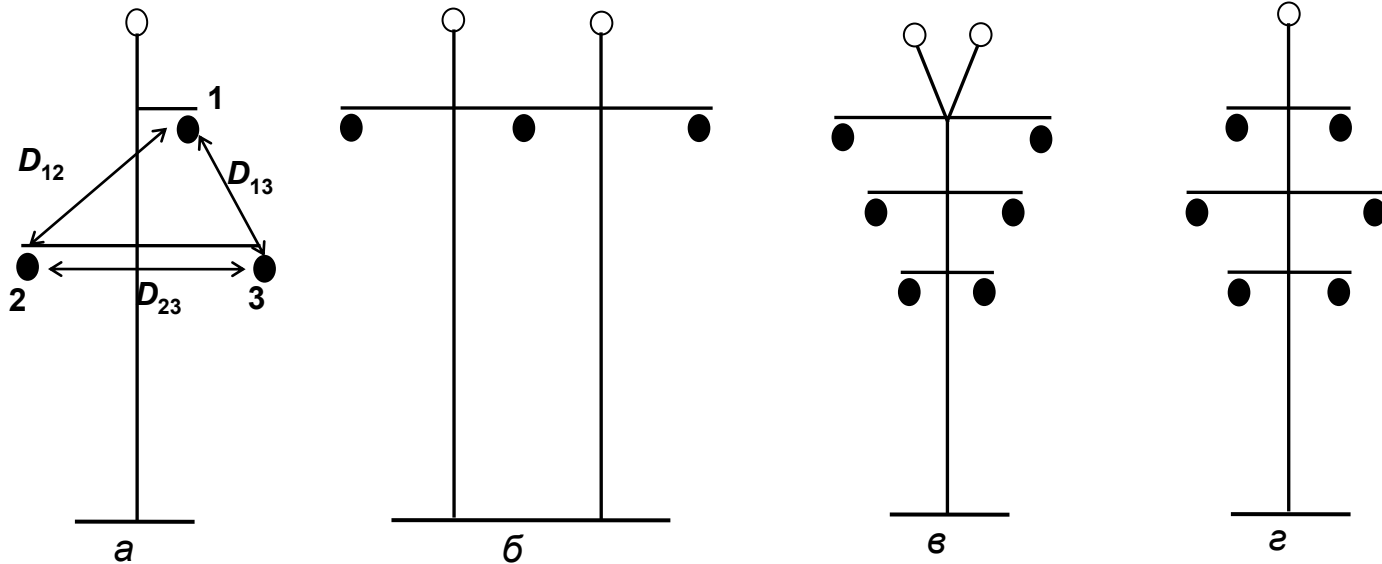
m - коэффициент гладкости провода;

δ - относительная плотность воздуха, определяемая атмосферным давлением и температурой воздуха;

r - радиус провода марки АС -

$$E = \frac{0,345 \cdot U}{r \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r}}$$

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}}$$



Расположение проводов и тросов на опорах:

а – треугольником; *б* – горизонтальное; *в* – обратной елкой;

з – шестиугольником

При радиусе провода $r < 1$ см можно использовать формулу

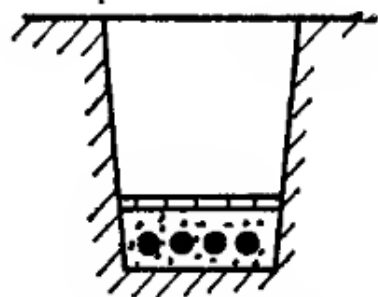
$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right]$$

где $m = 0,82 - 0,94$ – коэффициент гладкости провода;

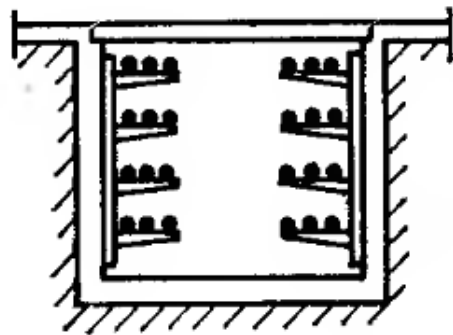
$\delta = 1,04 - 1,05$ (для районов с умеренным климатом) – относительная плотность воздуха, определяемая атмосферным давлением и температурой воздуха;

Можно использовать также приведенные в ПУЭ минимально допустимые по условиям короны сечения проводов воздушных линий электропередач для напряжения 110 кВ минимальное сечение – АС 70/11.

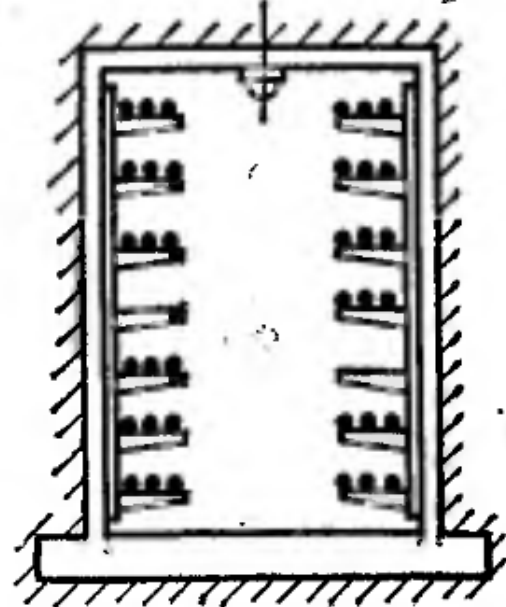




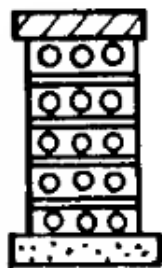
a)



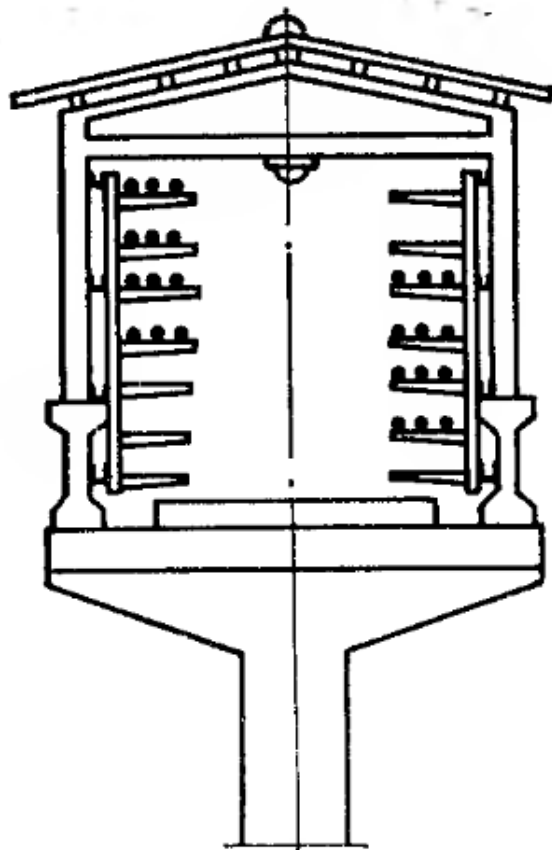
b)



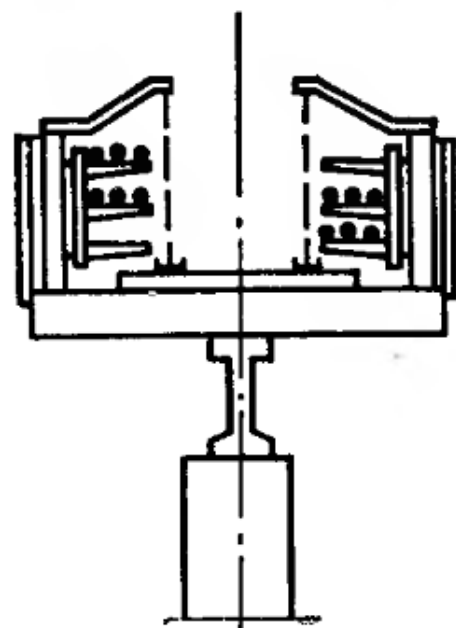
b)



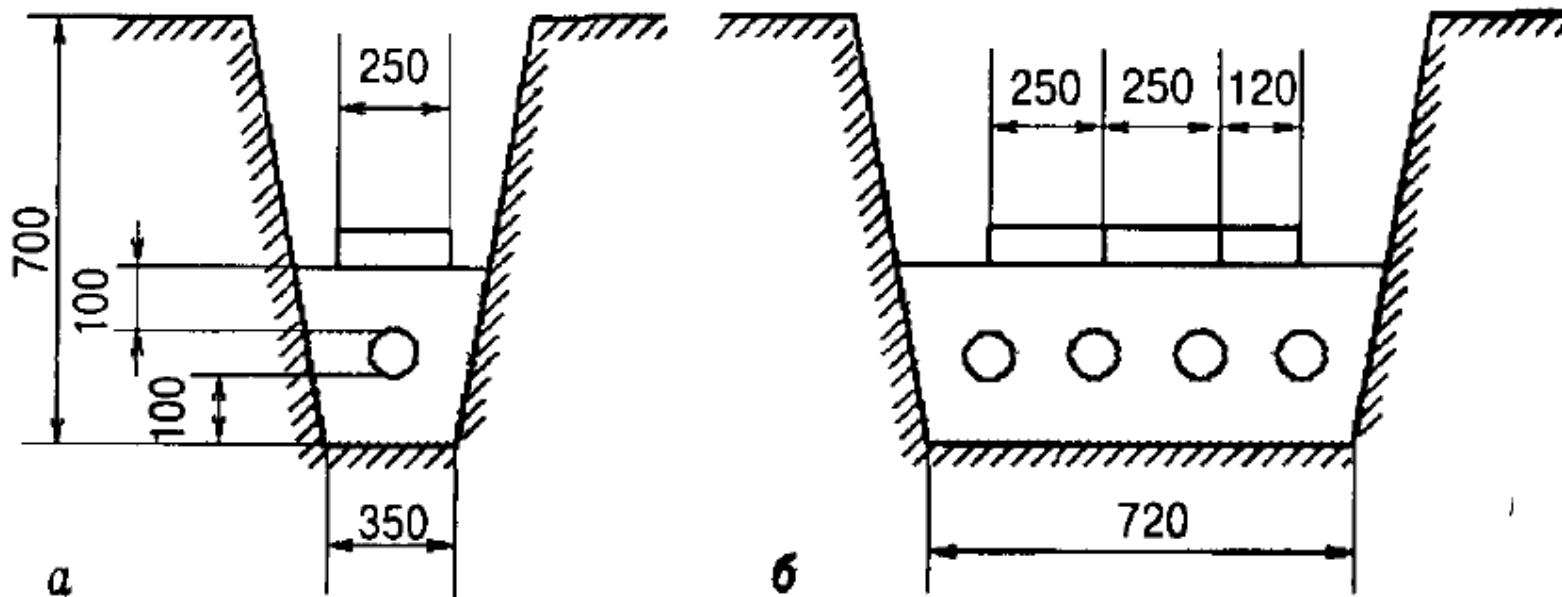
2)



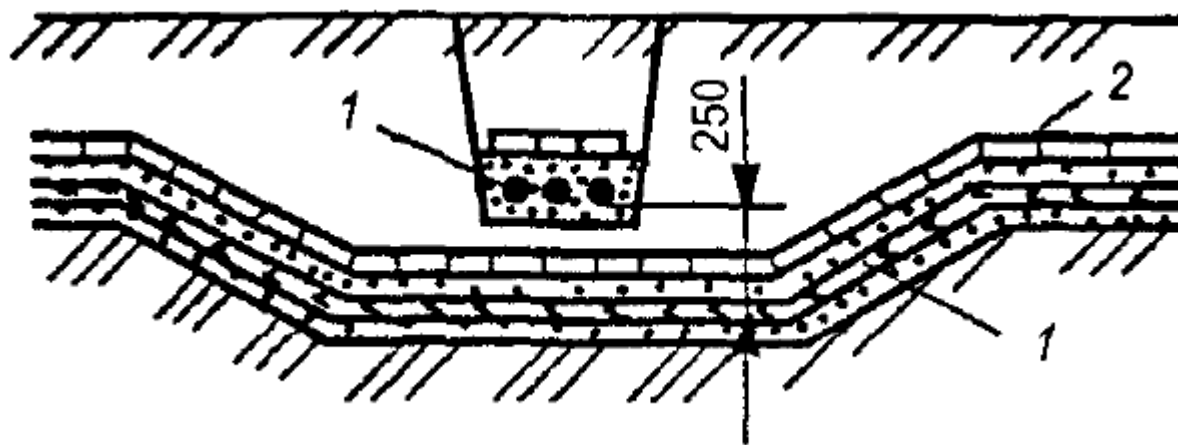
d)



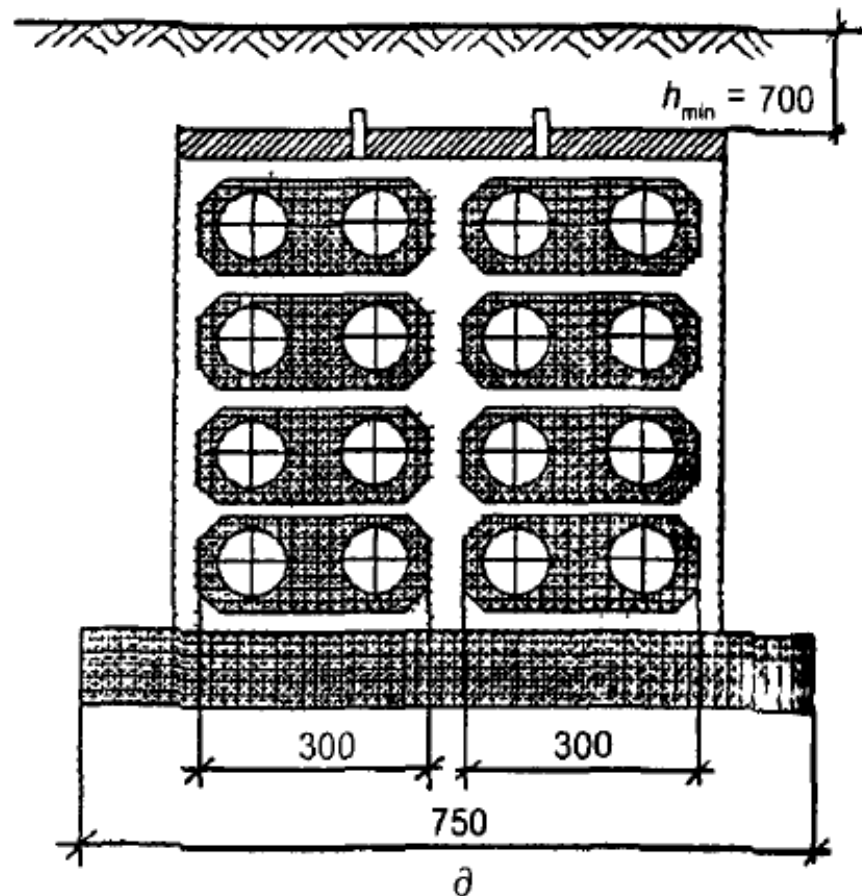
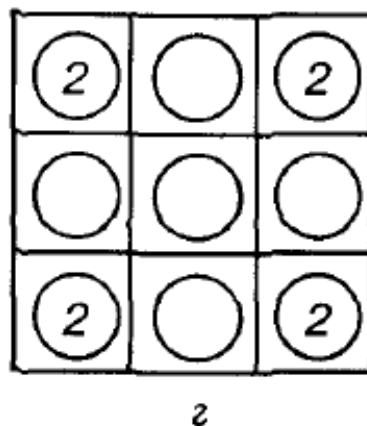
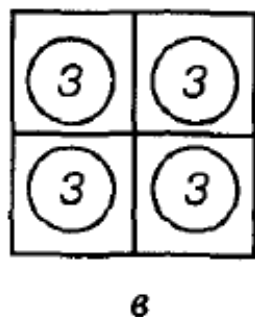
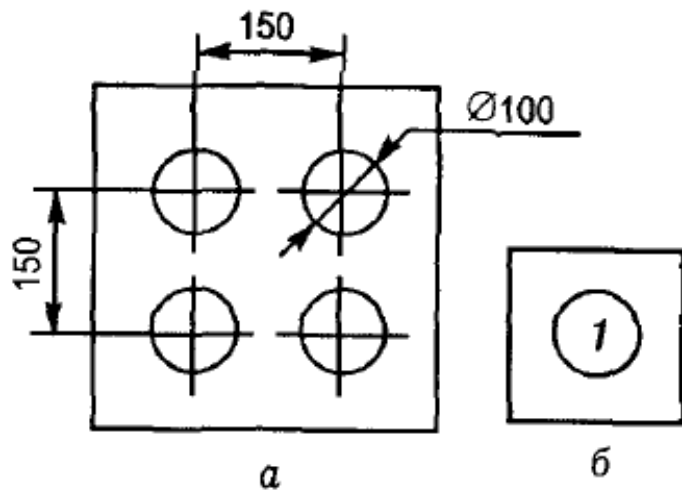
e)



Расположение кабелей в кабельных траншеях: а — одиночный кабель; б — четыре основных кабеля одного напряжения и назначения



Пересечение кабельных трасс напряжением до 10 кВ 1 — кабель до 10 кВ, 2 — кирпичи



Группы и номера каналов блоков
a - расчетная конфигурация *б* - I группа, канал № 1, *в* - II группа, канал № 3; *г* - III группа, канал № 2, (/ - рабочая конструкция блока

Таблица 1.3.27. Допустимый длительный ток для кабелей 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами сечением 95 мм², прокладываемых в блоках

Группа	Конфигурация блоков	№ канала	Ток I_0 , А для кабелей	
			медных	алюминевых
I	①	1	191	147
II		2	173	133
		3	167	129
III		2	154	119
IV		2	147	113
		3	138	106
V		2	143	110
		3	135	104
		4	131	101

Таблицы 1.3.28. Поправочный коэффициент a на сечение кабеля

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Коэффициент для номера канала в блоке			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,31	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

1.3.21. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации, должны уменьшаться путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

Расстояние между блоками, мм	500	1000	1500	2000	2500	3000
Коэффициент	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

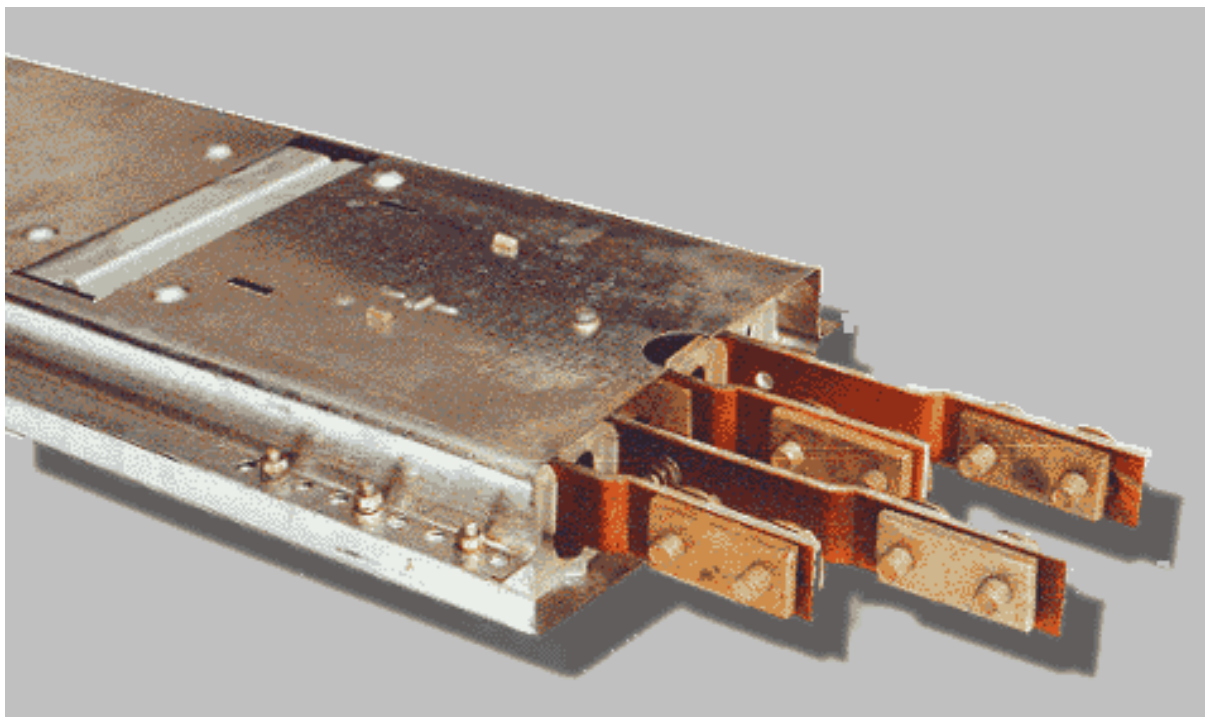
Электрооборудование внутрицеховых сетей

Шинопровод - комплектное электротехническое устройство для внутрицеховой электрической сети.

Открытые шинные магистрали из неизолированных шин, которые прокладываются на высоте 10-12 м по нижнему поясу ферм на изоляторах в цехах небольшой протяженности.

Применяются в цехах, где по условиям влажности и пыльности среды невозможно применение комплектных шинопроводов, предназначенных только для помещений с нормальной средой. Достоинства: надежность, низкая стоимость. Недостатки: увеличение стоимости за счет подъемов и спусков, большая индуктивность (потери напряжения).

Комплектные шинопроводы состоят из отдельных секций (рис.13), соединяемых между собой сваркой, болтовыми соединениями или штепсельными разъемами.



Секция магистрального шинопровода

Комплектные шинопроводы имеют высокую монтажную готовность, выпускаются на заводах электротехнической промышленности следующих типов (рис.14):

- ШМА - для магистральных сетей;
- ШРА - для распределительных сетей;
- ШОС - для осветительных сетей.

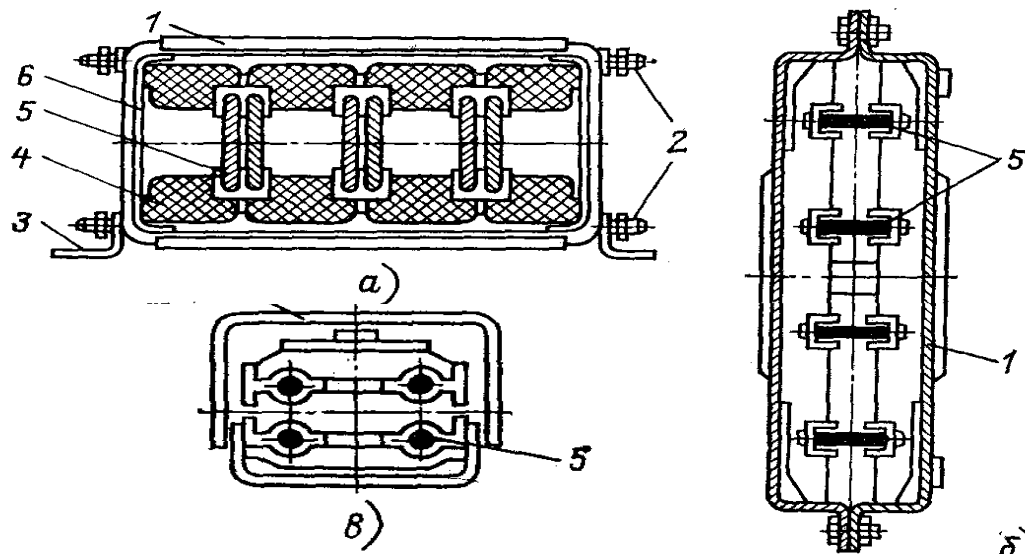


Рис.13 Конструктивное выполнение шинопроводов

а) магистральный шинопровод ШМА;

б) радиальный шинопровод ШРА;

в) осветительный шинопровод ШОС

1 –защитный кожух; 2,3 – крепежные детали; 4 - диэлектрик; 5 – токопроводящая жила; 6 - уплотнитель

Номинальные токи ШМА - 630,1000,1600,2500,4000,6300 А;
ШРА - 100,160,250,400,630 А

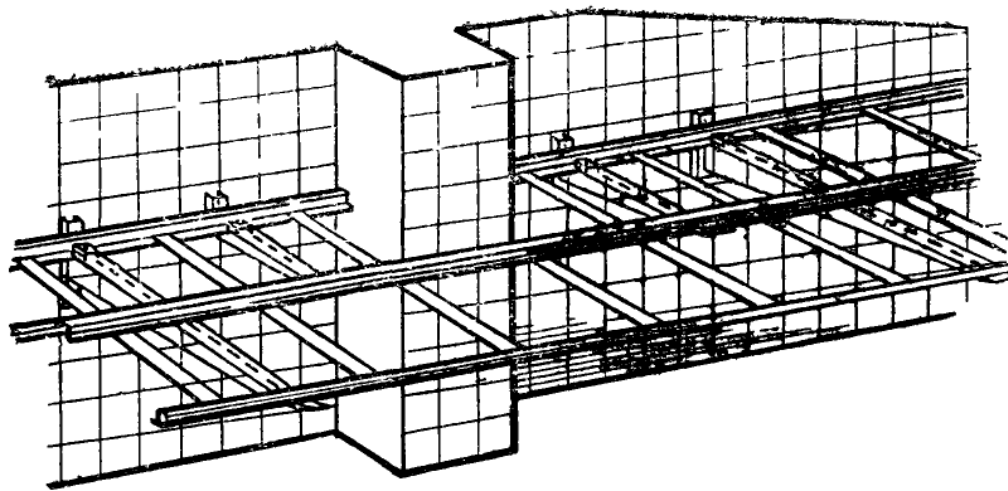
Быстрое подключение ЭП без снятия напряжения с шинпровода выполняется через ответвительные коробки штепсельного выполнения. Ответвительные коробки выпускаются с предохранителями и установленными автоматами.

Комплектные шинпровода выпускаются только для внутренней электропроводки. При необходимости выхода за пределы помещения, а также в условиях стесненности, сложных изгибов, в случаях пересечения трубопроводов, строительных конструкций и т.д. удобнее заменять секции магистрального шинпровода кабельными вставками марки АВВ на большие токи.

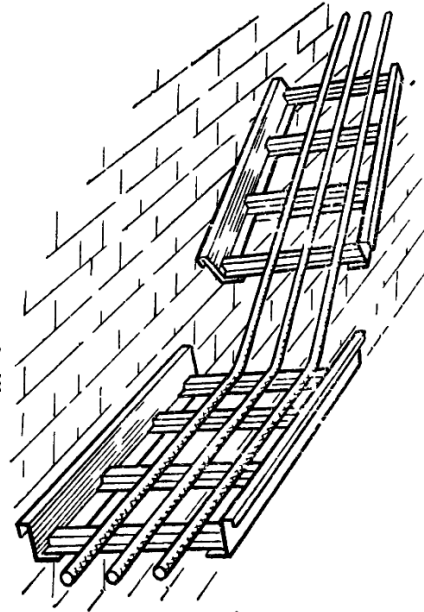
Кабельные линии в сетях напряжением до 1 кВ

- Кабель состоит из токоведущих медных или Al жил, имеющих изоляцию жил и поясную изоляцию. Поясная изоляция служит для усиления изоляции жил. Для защиты от механических повреждений в конструкцию кабеля входит броня, защитная оболочка и т.д (рис.15).

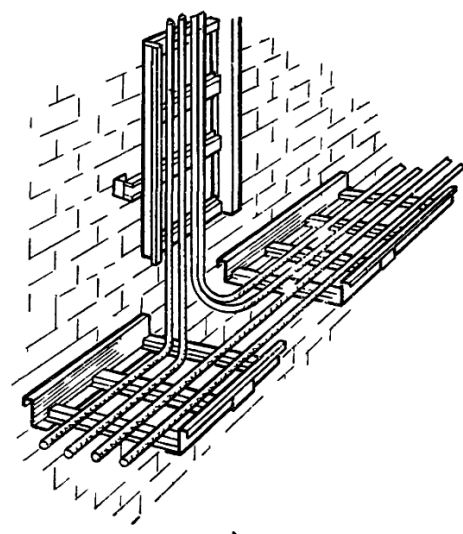




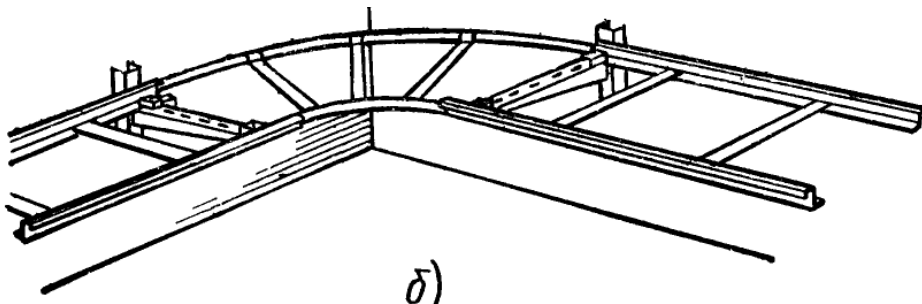
a)



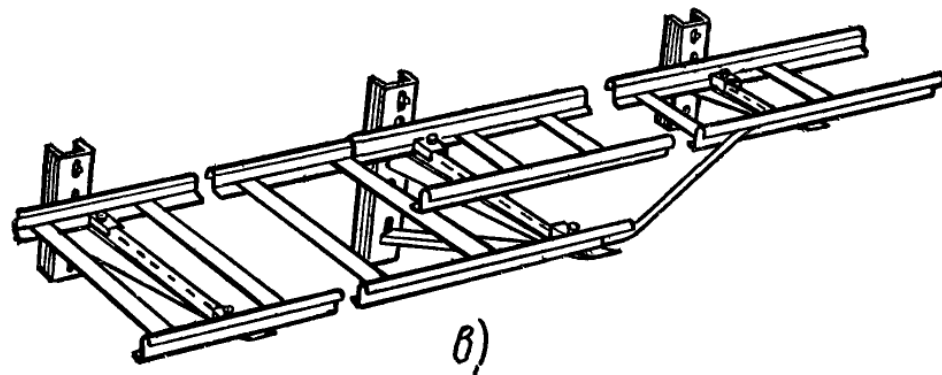
z)



a)



d)



b)



2006/06/14







a)



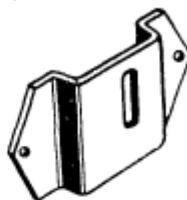
b)



d)



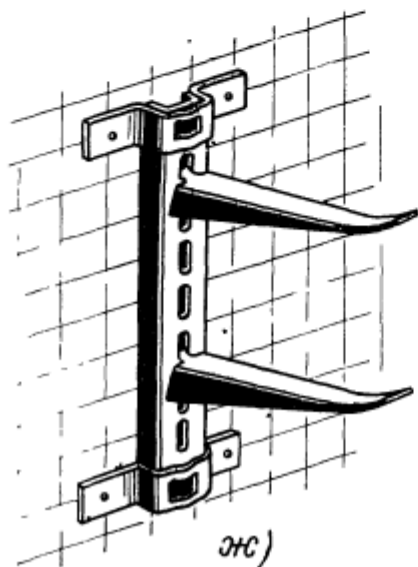
в)



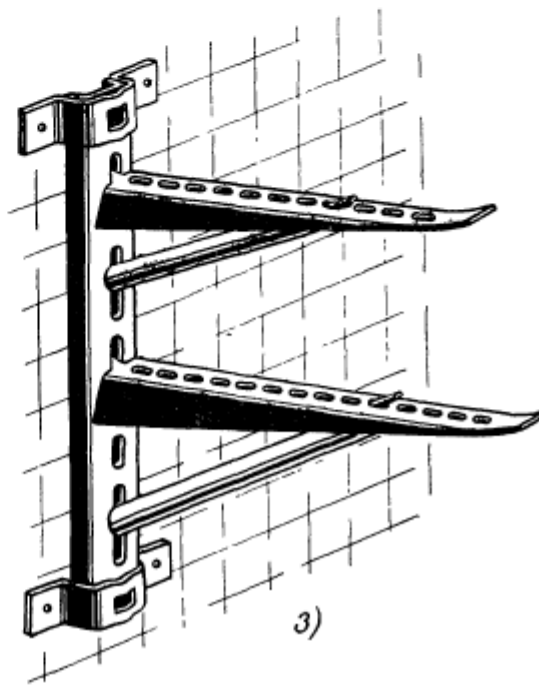
г)



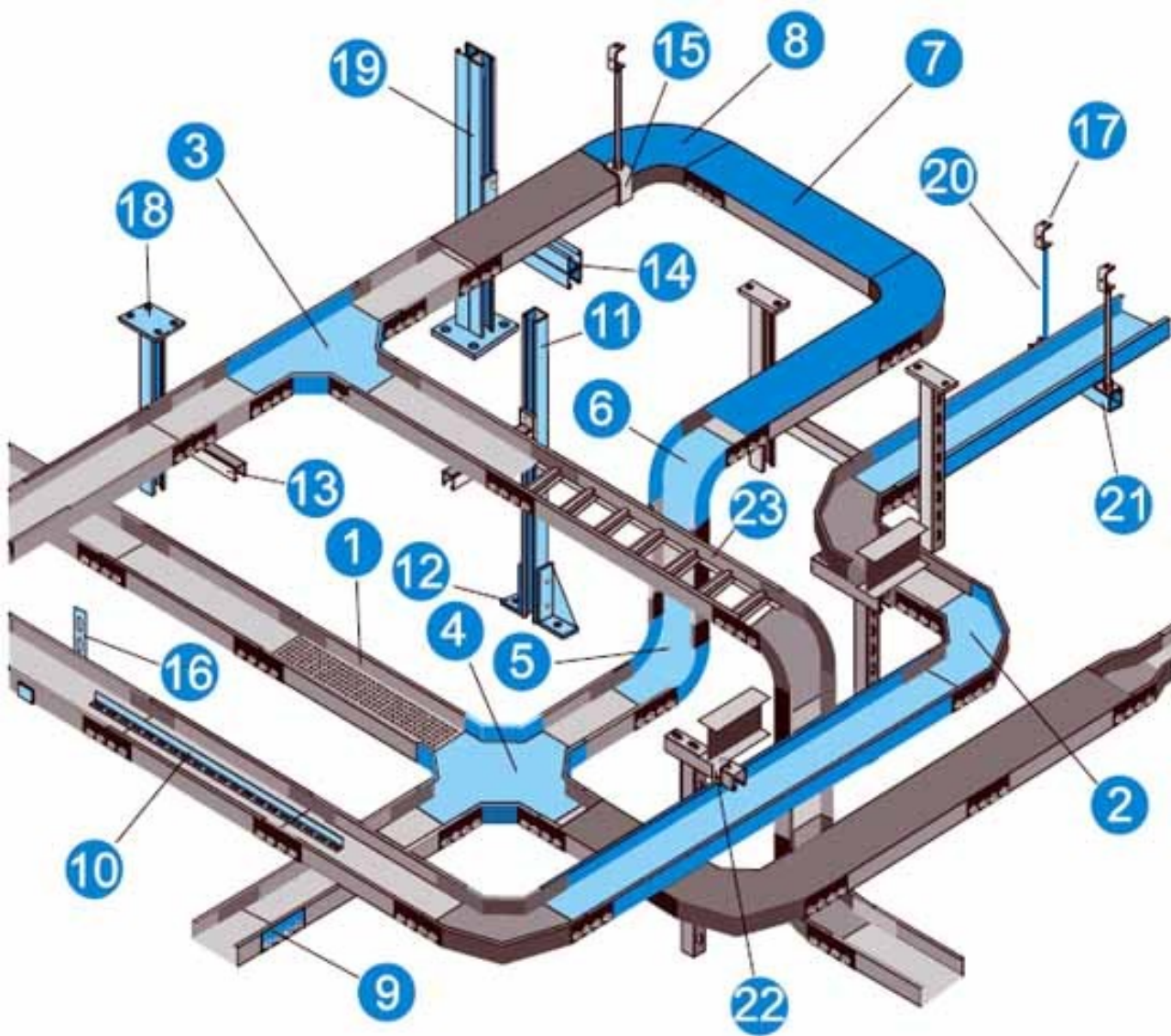
е)



ж)

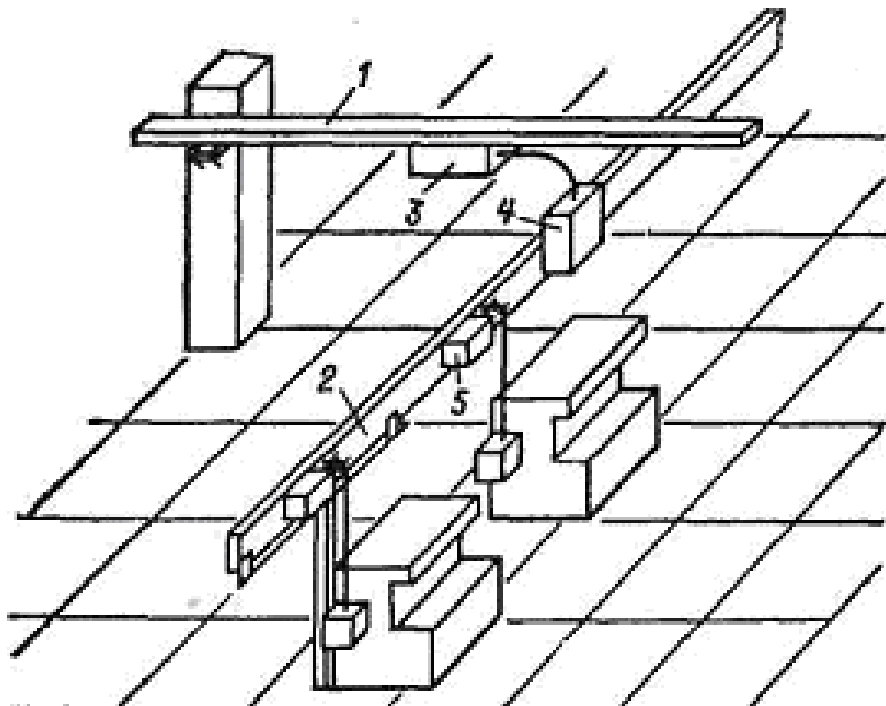


з)



1	Лоток кабельный перфорированный прямой ЛКП
2	Секция угловая
3	Секция Т-образная
4	Секция Х-образная
5	Угол вертикальный внутренний
6	Угол вертикальный внешний
7	Крышка лотка КЛК
8	Крышка секции угловая
9	Соединитель лотка кабельного СЛК
10	Разделитель лотка кабельного РЛК
11	Профиль монтажный
12	Одноканальная дельтообразная плита
13	Кронштейн консольный для высоких нагрузок MSA
14	Кронштейн консольный для сверх высоких нагрузок MSE
15	Кронштейн потолочный MSP
16	Кронштейн настенный MSN
17	Потолочная скоба PS
18	Стойка потолочная
19	Стойка напольная
20	Шпилька резьбовая
21	Траверса
22	Балочный зажим
23	Лоток лестничного типа





1 — магистральный шниопровод, 2 — распределительный шниопровод, 3 — ответвительная секция магистрального шниопровода, 4 — вводная коробка, 5 — ответвительная коробка



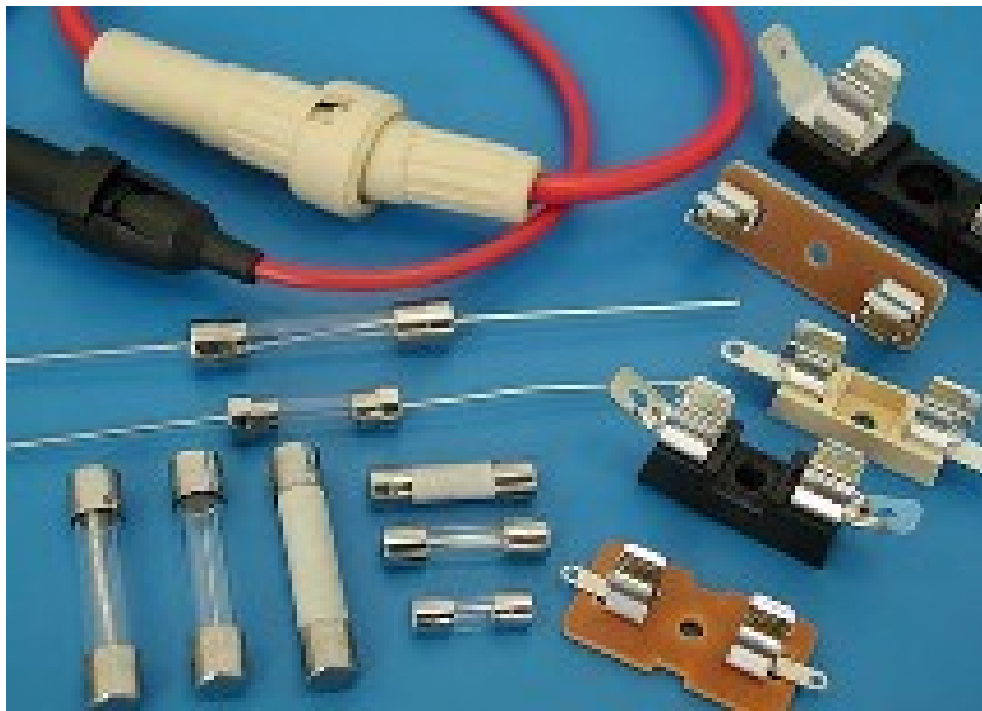
Предохранители

Предохранитель состоит из корпуса, в котором находится металлическая пластинка или нить, являющаяся искусственным ослабленным звеном в цепи тока. Они являются простейшими аппаратами токовой защиты, действие которых основано на перегорании плавкой вставки.

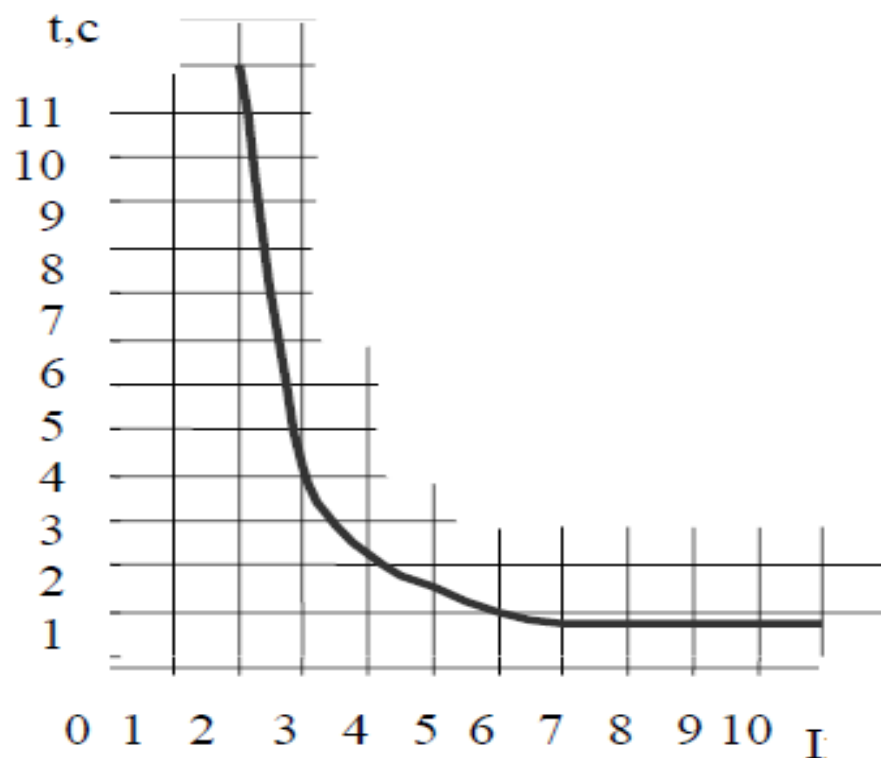


Предохранитель включают последовательно в фазу защищаемой цепи.

Наименьший ток, при котором плавкая вставка предохранителя еще не перегорает при длительной работе, называется током неплавления $I_{\text{нп}}$. Этот ток по значению должен быть возможно ближе к номинальному току $I_{\text{ном.вст}}$, на который маркируется плавкая вставка. Отношение $I_{\text{нп}}/I_{\text{ном.вст}}$ должно быть несколько больше единицы.



Зависимость времени перегорания плавкой вставки (времени срабатывания предохранителя) от тока цепи называется защитной или время-токовой характеристикой предохранителя. Она имеет крутопадающий характер.



Ток, превышающий нормальный, нагревает плавкую вставку, вызывая ее расплавление. Чем больше ток, тем быстрее повышается температура вставки и тем меньше требуется времени, чтобы вставка расплавилась.

Номинальным током плавкой вставки называют ток, который может длительно проходить через нее, не вызывая расплавления металла плавкой вставки или сильного нагрева. Время перегорания плавкой вставки при заданных значениях тока определяется по защитным характеристикам.

Предохранители обладают по сравнению с другими аппаратами защиты (автоматическими выключателями) рядом преимуществ, а именно:

- простота и надежность в эксплуатации,
- большая отключающая способность,
- быстродействие,
- токоограничивающая способность,
- меньшая стоимость.

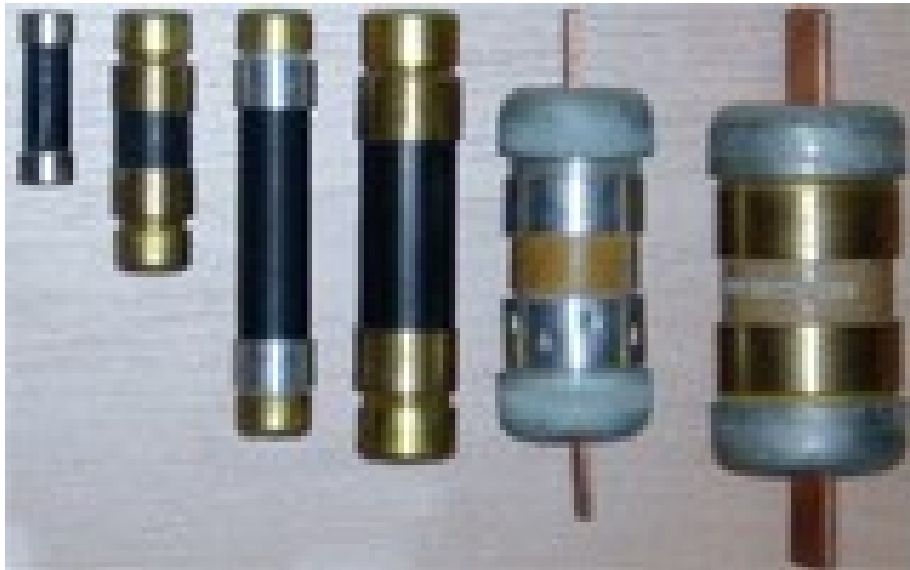
Плавкие предохранители наряду с простотой их устройства и малой стоимостью имеют ряд **существенных недостатков:**

- невозможность защиты цепи от перегрузки;
- разброс защитных характеристик, вызываемый увеличением контактных сопротивлений в результате ослабления нажатия контактов и старения материала вставки в условиях эксплуатации;
- неточность калибровки номинальных токов вставки при изготовлении;
- при КЗ в трехфазной линии возможно перегорание только одного предохранителя, что особенно опасно для АД с КЗ ротором;
- после срабатывания требуется замена плавкой вставки.

По конструктивным признакам предохранители на напряжение до 1 кВ разделяются на две группы:

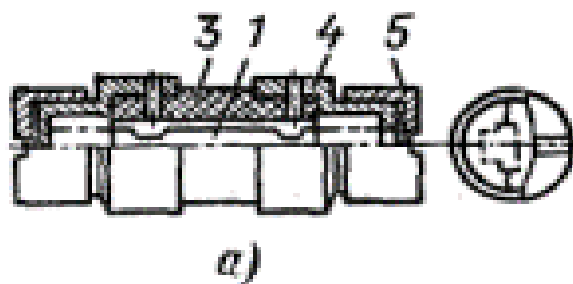
- без наполнителя разборные (ПР-1, ПР-2):
- с наполнителем (насыпные) не разборные и разборные (НПН-2, ПН-2).

Плавкие предохранители с гашением дуги в закрытом объеме ПР-2

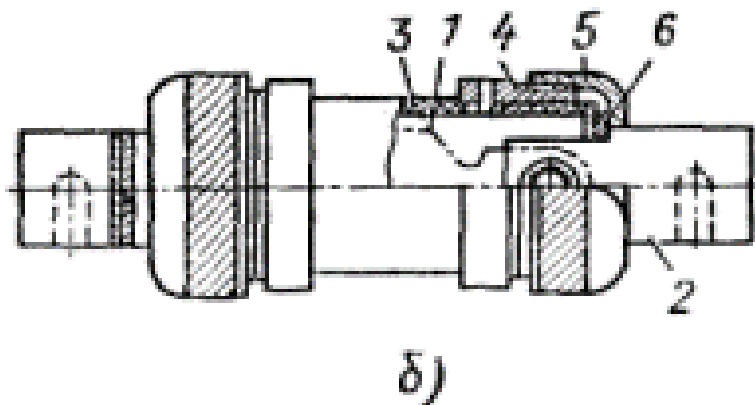


Устройство предохранителей ПР-2

Предохранители ПР-2 на токи от 15 до 60 А имеют упрощенную конструкцию. Плавкая вставка 1 прижимается к латунной обойме 4 колпачком 5, который является выходным контактом. Плавкая вставка 1 штампуется из цинка, являющегося легкоплавким и стойким к коррозии материалом.



Устройство
предохранителей
ПР-2



д)

б)

Большое количество газа при высоком давлении способствует деионизации дуговых промежутков, вследствие чего дуга быстро гаснет.

Плавкая вставка предохранителя ПР-2 может иметь от одного до четырех сужений в зависимости от номинального напряжения. Суженные участки вставки способствуют быстрому ее плавлению при коротком замыкании и создают эффект токоограничения.

Фибровый цилиндр должен обладать высокой механической прочностью, для чего на его концах установлены латунные обоймы 4. Диски 6, жестко связанные с контактными ножами 2, крепятся к обойме патрона 4 с помощью колпачков 5.

Указанная форма вставки позволяет получить благоприятную времятоковую (защитную) характеристику. В предохранителях на токи более 60 А плавкая вставка 1 присоединяется к контактными ножам 2 с помощью болтов.

Вставка предохранителя ПР-2 располагается в герметичном трубчатом патроне, который состоит из фибрового цилиндра 3, латунной обоймы 4 и латунного колпачка 5.

Принцип действия предохранителей ПР-2

При расплавлении вставки в местах меньшего сечения возникает несколько электрических дуг. Под действием высокой температуры дуги фибровые стенки патрона выделяют газ, в результате чего давление в патроне за доли полупериода поднимается до 4—8 МПа.

Технические характеристики предохранителей ПР-2

В зависимости от номинального тока выпускается шесть габаритов патронов различных диаметров. В патроне каждого габарита могут устанавливаться вставки на различные номинальные токи. Так, в патроне на номинальный ток 15 А могут быть установлены вставки на ток 6, 10 и 15 А.

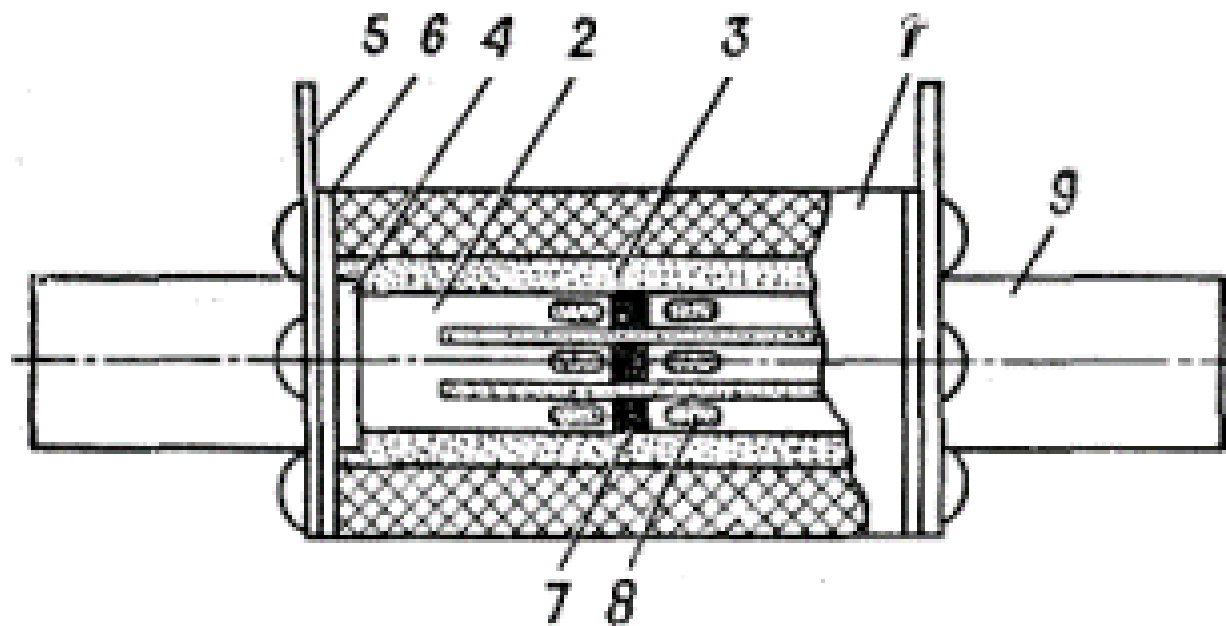
Тип предохранителя	Номинальный ток $I_{НОМ}$, А	Номинальный ток плавкой вставки $I_{НОМ.ВСТ}$, А
ПР-2	15	6,10,15
	60	15,20,25,35,45,60
	100	60,80,100
	200	100,125,160,200
	350	200,225,260,300,350
	600	350,450,500,600

Плавкие предохранители с мелкозернистым наполнителем ПН-2

Устройство предохранителей ПН-2

Эти предохранители более совершенны, чем предохранители ПР-2. Корпус квадратного сечения 1 предохранителя типа ПН-2 изготавливается из прочного фарфора или стеатита.

Внутри корпуса расположены ленточные плавкие вставки 2 и наполнитель — кварцевый песок 3. Плавкие вставки привариваются к диску 4, который крепится к пластинам 5, связанным с ножевыми контактами 9. Пластины 5 крепятся к корпусу винтами.



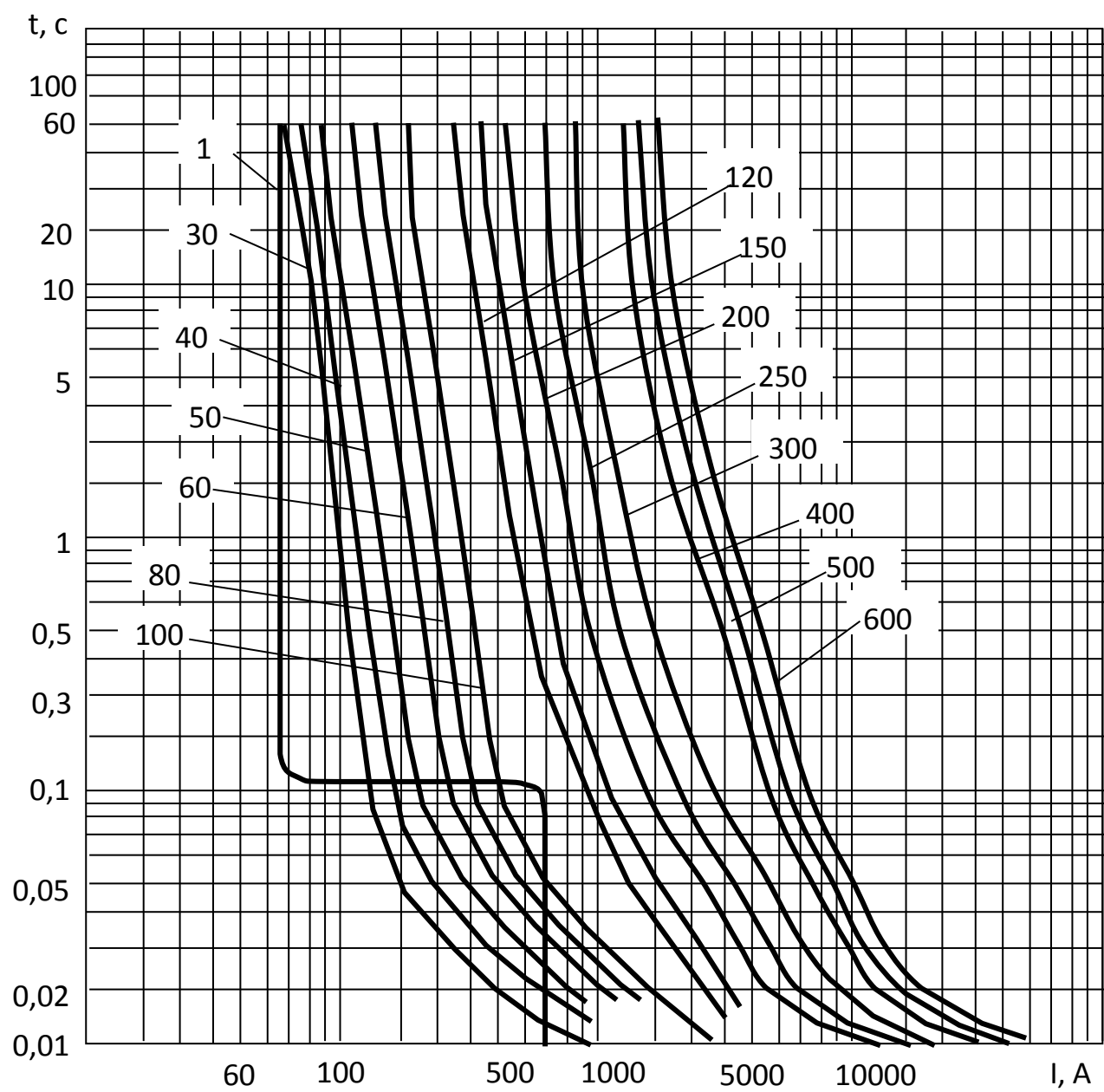
В качестве наполнителя в предохранителях ПН-2 используется мелкодисперсный кварцевый песок. Зерна кварцевого песка имеют высокую теплопроводность и хорошо развитую охлаждающую поверхность.

После срабатывания предохранителя плавкие вставки вместе с диском 4 заменяются, после чего патрон засыпается песком. Для герметизации патрона под пластины 5 кладется асбестовая прокладка 6 что предохраняет песок от увлажнения. При номинальном токе 40 А и ниже предохранитель имеет более простую конструкцию.

Малые габариты, незначительная
затрата дефицитных материалов,
высокая токоограничивающая
способность являются достоинствами
плавкого предохранителя ПН-2.

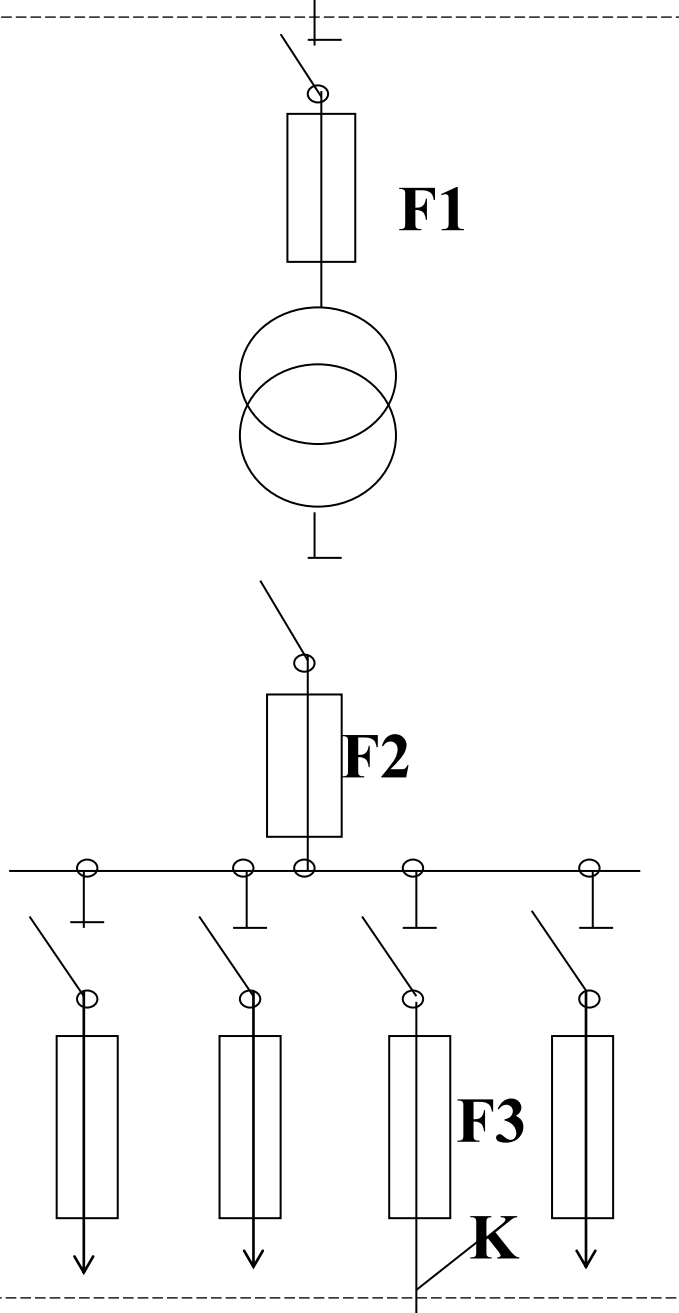


Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	
		Предохранителя	плавкой вставки
ПН2-60	500	60	6,10,15,20,25,30,40,50,60
ПН2-100	380	100	30,40,50,60,80,100
ПН2-250	380	250	80,100,120,150,200,250
ПН2-400	380	400	200,250,300,400
ПН2-600	380	600	300,400,500,600



Зависимость времени плавления от тока для предохранителя ПН-2
 (кривая 1-пусковая характеристика асинхронного двигателя)

При размещении предохранителей в электрической сети обязательным условием является обеспечение **селективности (избирательности)** их действия. Избирательность (селективность) защиты плавкими предохранителями обеспечивается подбором плавких вставок таким образом, чтобы при возникновении короткого замыкания, например, на ответвлении к электроприемнику, срабатывал ближайший плавкий предохранитель, защищающий этот электроприемник, но не срабатывал предохранитель, защищающий головной участок сети. Это значит, что при КЗ на каком-либо участке сети должна перегореть плавкая вставка только этого участка. Поэтому каждый предохранитель на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь плавкую вставку на одну-две ступени выше, чем предыдущий.



На рис. изображена схема защиты электрической сети предохранителями.

При КЗ в точке **К** раньше других должна расплавиться плавкая вставка предохранителя **F3**, имеющая меньший номинальный ток. По условию селективности защитная характеристика ближайшего к ИП предохранителя (**F1**) должна располагаться над характеристикой более удаленного по схеме предохранителя.

Защита электродвигателей (ЭД) плавкими предохранителями

Они должны защищать ЭД от токов КЗ, но не должны отключать цепь при пуске ЭД. Эти требования выполняются при соблюдении следующих условий (для плавких вставок с малой тепловой инерцией):

$$I_{нвст} \geq I_{ндв},$$

$$I_{нвст} \geq \frac{I_{пуск\ дв}}{K_n},$$

Для легкого пуска (время разгона не более 10 с) $K_n = 2,5$, для *тяжелого* - частые и длительные пуски (время разгона более 10 с) $K_n = 1,6-2,0$, для сварочных аппаратов $K_n = 1,6$; $I_{нвст}$ выбирается по шкале *наибольшим* значением

Если известна пусковая характеристика ЭД $I_{\text{пуск}} \Delta v = f(t)$ то, нанеся ее на семейство кривых $I_{\text{н вст}} = f(t)$, выбирается плавкая вставка с такой характеристикой, все точки которой лежат выше кривой $I_{\text{пуск}} \Delta v = f(t)$.

Для проводов и кабелей, питающих группу ЭД от магистрали или силового распределительного шкафа вместо $I_{\text{пуск}} \Delta v$ подставляют значение пикового тока линии.

Номинальный ток вставки для защиты ответвления, идущего к *сварочному аппарату*, выбирается из соотношения

$$I_{\text{н вст}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{н св}} \cdot \sqrt{ПВ},$$

Плавкие вставки для защиты трехфазных конденсаторных установок выбираются из соотношения

$$I_{н вст} \geq \frac{n \cdot Q_k}{\sqrt{3} \cdot U_n} \geq \frac{Q_{нбк}}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

$$I_{н вст} \leq \frac{1,6 \cdot n \cdot Q_k}{\sqrt{3} \cdot U_n} \leq \frac{1,6 \cdot Q_{нбк}}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

где Q_k - номинальная мощность одного конденсатора, кВАр; U_n - номинальное напряжение сети; n - общее количество конденсаторов в батарее (во всех фазах), штук.

Защита автоматическими выключателями

Они предназначены для замены рубильников и предохранителей и являются более совершенными аппаратами защиты в сетях напряжением до 1 кВ, так как после отключения они готовы к быстрому повторному включению. Это аппараты многократного действия, снабженные устройствами выдержки времени, обеспечивающие избирательное действие защиты. Все автоматы имеют в каждой фазе максимальное токовое реле прямого действия, называемое расцепителем.

В отличие от предохранителей в АВ не применяется какой-либо специальной среды для гашения дуги. Дуга гасится в воздухе, поэтому АВ называются воздушными.

По числу полюсов АВ бывают одно-двух и трехполюсные, изготавливаются на токи до 6000 А при напряжении переменного тока до 660 В и постоянного до 1 кВ.



Автоматические воздушные выключатели а) однополюсные А63М и АЕ2044; б) двухполюсный ВА61; в) трехполюсный ВА51-35

По времени срабатывания $t_{ср}$ различают:

- нормальные АВ с $t_{ср}=0,02-0,1$ с;
- селективные с регулируемой выдержкой времени до 1 с;
- быстродействующие с $t_{ср} \leq 0,05$ с.

Наименьший ток, вызывающий отключение АВ, называют **током трогания** или **током срабатывания**, а настройку расцепителя АВ на заданный ток срабатывания - *уставкой тока срабатывания*.

АВ имеет следующие основные элементы: контакты с дугогасительной камерой, привод, механизм свободного расцепления, расцепители, вспомогательные контакты. Основными элементами АВ являются *расцепители*, которых может быть один или несколько.

Расцепитель состоит из двух элементов: **нагревательного** на **основе биметаллической пластины**, осуществляющего *защиту от перегрузки* с выдержкой времени, называемого **тепловым**, и **электромагнитного** элемента, осуществляющего максимальную токовую защиту с выдержкой или без выдержки времени - отсечку *при токах КЗ*. Некоторые типы автоматов, например серии ВА-50, АЕ-2000 и др., кроме указанных расцепителей, имеют еще независимые и минимальные. Независимые - для дистанционного отключения автомата. Расцепитель минимального напряжения работает аналогично реле минимального напряжения и отключает выключатель при снижении напряжения в сети ($U_{сети} \leq 0,7 \cdot U_n$).

Автоматические выключатели обеспечивают защиту от перегрузок:

- с помощью тепловых расцепителей, действующих с выдержкой времени, обратно зависимой от тока перегрузки;
- расцепителями с часовым механизмом (с обратно зависимой от тока характеристикой);
- с помощью полупроводниковых расцепителей (с обратно зависимой от тока характеристикой);
- комбинированными расцепителями, обеспечивающими защиту от перегрузок (с обратно зависимой от тока характеристикой) и токов КЗ мгновенного действия и с выдержкой времени, обеспечивающей селективность действия.

КЛАССИФИКАЦИЯ АВ

Автоматические выключатели можно классифицировать по следующим признакам:

- по виду коммутирующего тока – постоянный или переменный;
- по количеству полюсов – 1,2,3 или 4 полюса;
- токоограничивающие и нетокоограничивающие;
- по виду расцепителя;
- неселективные или селективные – без выдержки времени или с выдержкой времени в зоне токов короткого замыкания.

Конструкцией выключателя может предусматриваться наличие или теплового (полупроводникового), или электромагнитного расцепителя, либо наличие теплового и электромагнитного расцепителя одновременно – так называемый комбинированный расцепитель.

С помощью неселективных автоматических выключателей выполнить защиту, селективную с нижестоящими автоматическими выключателями, затруднительно, и они, как правило, применяются для защиты конечного элемента электрической цепи, наиболее удалённого от источника питания.

Для расчёта защиты, выполненной с помощью автоматических выключателей, имеющих комбинированные расцепители, необходимо знать следующие нормированные технические характеристики:

Номинальное напряжение $U_n, В.$ – напряжение переменного или постоянного тока, протекающего через автоматический выключатель, при котором нормируются его технические характеристики;

Номинальный ток выключателя $I_n, А.$ – нормируемое значение тока, протекающего в длительном режиме через автоматический выключатель при нормальных условиях эксплуатации. Определяется его контактами и другими проводящими частями;

Номинальный ток теплового расцепителя $I_{н.т}$, А – калиброванное значение рабочего тока, при длительном протекании которого не происходит отключения автоматического выключателя. Калиброванные значения номинального рабочего тока теплового расцепителя выбираются из стандартного ряда, но не могут превышать номинального тока выключателя;

Уставка по току срабатывания в зоне токов короткого замыкания (*ток срабатывания отсечки*) $I_{с.о}$, А. – такое значение тока, при котором происходит практически мгновенное срабатывание автоматического выключателя с разрывом электрической цепи. Нормируется либо в единицах тока, либо как величина, кратная току теплового расцепителя.

Для автоматических выключателей выполненных в стандартах DIN, уставка по току срабатывания в зоне короткого замыкания стандартизована и определяется как характеристика мгновенного расцепления и имеет обозначение:

характеристика «B» - ток электромагнитного расцепителя лежит в пределах $3 \dots 5 I_{н.т.}$;

характеристика «C» - то же $5 \dots 10 I_{н.т.}$;

характеристика «D» и «K» - то же $10 \dots 14 I_{н.т.}$;

характеристика «L» - то же $3 \dots 4 I_{н.т.}$;

характеристика «U» - то же $6 \dots 9 I_{н.т.}$;

характеристика «Z» - то же $2,5 \dots 3,5 I_{н.т.}$;

В литературе встречаются термины: *кратность тока электромагнитного расцепителя, кратность отсечки, уставка тока электромагнитного расцепителя.*

Время срабатывания в зоне токов короткого замыкания $t_{c.o}, c.$ определяет время выдержки до разрыва электрической цепи при достижении протекающего через выключатель тока величины, равной или превышающей *уставку тока электромагнитного расцепителя.* Нормируется для селективных выключателей с регулируемой выдержкой времени и равно $0,1 \div 0,7 c.$ У неселективных нетокоограничивающих выключателей время срабатывания отсечки, как правило, не превышает $0,1 c.$ и приводится в каталогах.

Предельная коммутационная способность ПКС, кА – максимальное значение тока короткого замыкания, которое выключатель способен включить и отключить несколько раз, оставаясь в исправном состоянии. Одноразовый ПКС (ОПКС) называется наибольшее значение тока, которое выключатель может отключить один раз. После этого дальнейшая работа выключателя не гарантируется.

Автоматические выключатели серии А3700

A37XXX

обозначение серии

величина выключателя в зависимости от
номинального тока:

1 – 160 А

2 – 250 А

3 – 400 А

4 – 630 А

исполнение выключателя по числу полюсов и
установки расцепителей тока



Выбор автоматических выключателей

Выключатели характеризуются следующими величинами:

- номинальным током автомата $I_{на}$;
- номинальным током расцепителя автомата $I_{н\ расц}$, так как в один и тот же автомат могут быть встроены различные по току расцепители, рассчитанные на различные номинальные токи, при этом должно выполняться условие $I_{на} \geq I_{н\ расц}$;
- уставками срабатывания по току и времени при перегрузках ($I_{перегр}$, $t_{перегр}$), и коротких замыканиях ($I_{кз}$, $I_{мгн}$), называемых отсечками, а для селективных автоматов уставками выдержки времени срабатывания при КЗ в сети - $t_{кз}$

С учетом вышесказанного выбор аппаратов защиты производится по трем условиям на основании технических условий и каталогов на автоматы

Условие 1. Номинальный ток автомата и его расцепителя не должны быть меньше расчетного тока I_m защищаемой линии или номинального тока электроприемника I_n . При этом номинальные токи расцепителей автоматических выключателей должны быть минимально возможными.

Условие 2. Для того, чтобы электроприемник или участок сети не отключался при пуске или кратковременных перегрузках ($I_{пуск}$, $I_{пик}$), аппарат защиты должен быть выбран с учетом кратковременных перегрузок в нормальном или послеаварийном режимах.

Аппарат защиты для электроприемников, не имеющих пусковых токов, выбирается без учета этого условия.

Условие 3.

Уставки защитных аппаратов должны быть проверены на селективность действия последовательно включенных аппаратов защиты, чтобы при каждом нарушении нормального режима отключался только поврежденный участок, но не срабатывали защитные аппараты в высших звеньях

Проверку селективности действия защит производят по типовым время-токовым характеристикам примененных аппаратов с учетом разброса характеристик ($\pm 15-25\%$ от среднего значения) и по рассчитанным токам КЗ в защищаемой сети построением карты селективности действия защит

Окончательную проверку делают после выбора конструкции сети, защитных аппаратов, проводников и расчета токов КЗ.

Комплектные распределительные устройства

Комплектные распределительные устройства напряжением до 1000 В предназначены для *приема и распределения электроэнергии, управления и защиты электроустановок от перегрузок и коротких замыканий.*

Они состоят из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них коммутационными и защитными аппаратами, устройствами автоматики, измерительными приборами и вспомогательными устройствами.

К низковольтным распределительным устройствам относятся: *вводные устройства, силовые шкафы и панели распределительные, щитки* (силовые, осветительные, этажные, квартирные и т.п.)

По конструктивному исполнению низковольтные комплектные устройства могут быть открытыми, защищенными с передней стороны, защищенными и шкафного исполнения.

По роду установки низковольтные комплектные устройства подразделяются на стационарные и передвижные, для внутренней и наружной установки.

По выполняемым функциям низковольтные комплектные устройства делятся на устройства приема, приема и распределения ЭЭ; распределения электрической энергии; устройства управления.

В цеховых электрических сетях промышленных предприятий наибольшее распространение получили следующие виды низковольтных комплектных устройств:

- вводно-распределительные устройства;
- шкафы (пункты) распределительные;
- щитки, ящики и шкафы управления;
- панели распределительные.

Вводно-распределительные устройства

ВРУ1, ВРУ1А и ВРУ1М предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии в сетях 380/220В трехфазного переменного тока частоты 50Гц, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях.

Общие характеристики:

Номинальное напряжение: 380, 220В

Номинальный ток: До 400А

Частота: 50 Гц

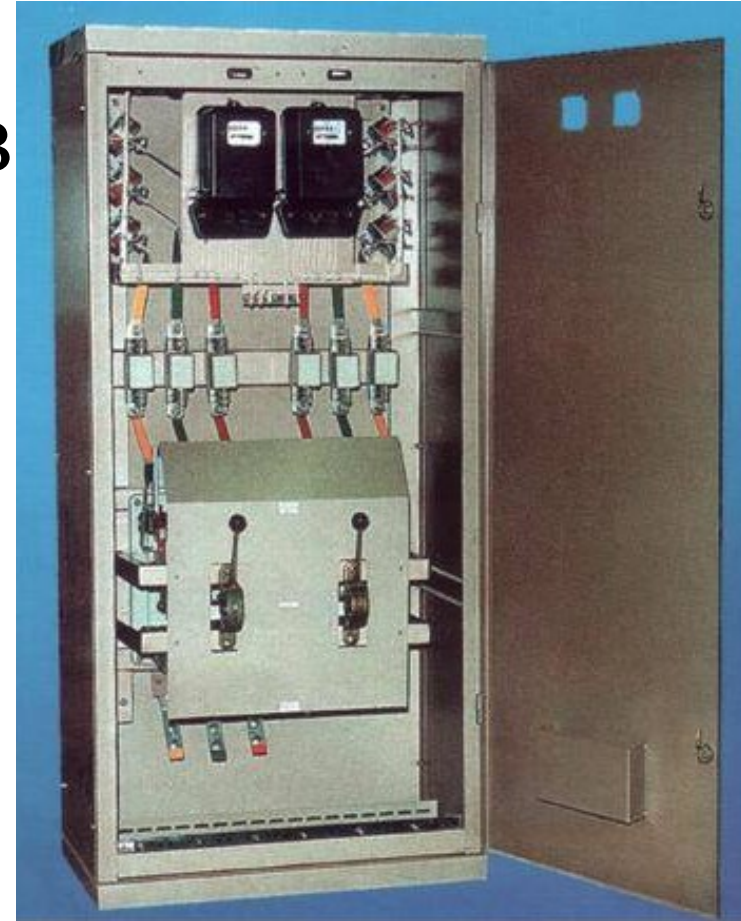
Прочность устройства при
коротких замыканиях

(действующее значение): 10 кА

По назначению ВРУ

изготавливаются следующих
исполнений:

- Вводные
- Распределительные
- Вводно-распределительные



VPU 1A

ВРУ1А и ВРУ1М — отличительные особенности

Панели ВРУ1А и ВРУ1М разработаны для замены панелей ВРУ1 и отличаются улучшенной компоновкой.

- Вводно-распределительные устройства ВРУ1М и ВРУ1А могут комплектоваться электронными приборами учета энергии.

- У вводных устройств ВРУ1М и ВРУ1А имеющих два блока ввода, присоединяемых к различным питающим сетям, имеется секционирующая перегородка между аппаратами различных вводов.

Отличительной особенностью устройств ВРУ1М от ВРУ1А является то, что в качестве вводных защитных устройств используются предохранители с плавкими вставками.

Шкафы (пункты) распределительные

Шкафы (пункты) распределительные предназначены для распределения электрической энергии, защиты электрических установок напряжением до 600 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц при перегрузках и коротких замыканиях, для нечастых коммутаций электрических цепей и пусков асинхронных двигателей. Выпускаются в навесном, утопленном и напольном исполнениях.

Шкафы состоят из металлических корпусов со встроенными в них сборными шинами, аппаратами и приборами. Могут быть укомплектованы аппаратом ввода — рубильником или автоматическим выключателем.

СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

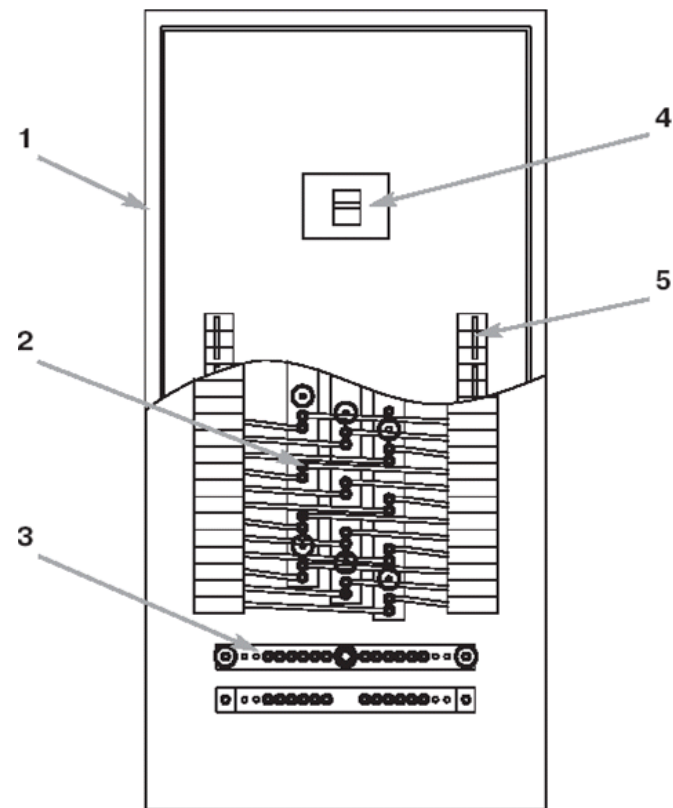
ПР 85ХХ-ХХХХ-ХХ-ХХ

1 2 3 4 5 6 7

- 1 — Пункт распределительный;
- 2 — Серия 85 - общепромышленное исполнение
- 3 — Наличие и тип вводного аппарата:
 - 03 - без вводного аппарата,
 - 04 - с автоматическим выключателем,
 - 05 - с рубильником;
- 4 — Вид исполнения: 1 — утопленное,
 - 3 — навесное, 7 — напольное;
- 5 — Номер схемы распределительного пункта
- 6 — Степень защиты оболочки: 21-IP21, 54-IP54;
- 7 — Климатическое исполнение и категория размещения.



1. Корпус электрощита, в комплекте с оперативной панелью
2. Комплект силовых медных шин
3. Комплект шин N и PE
4. Вводной автоматический выключатель
5. Автоматические выключатели групповых линий

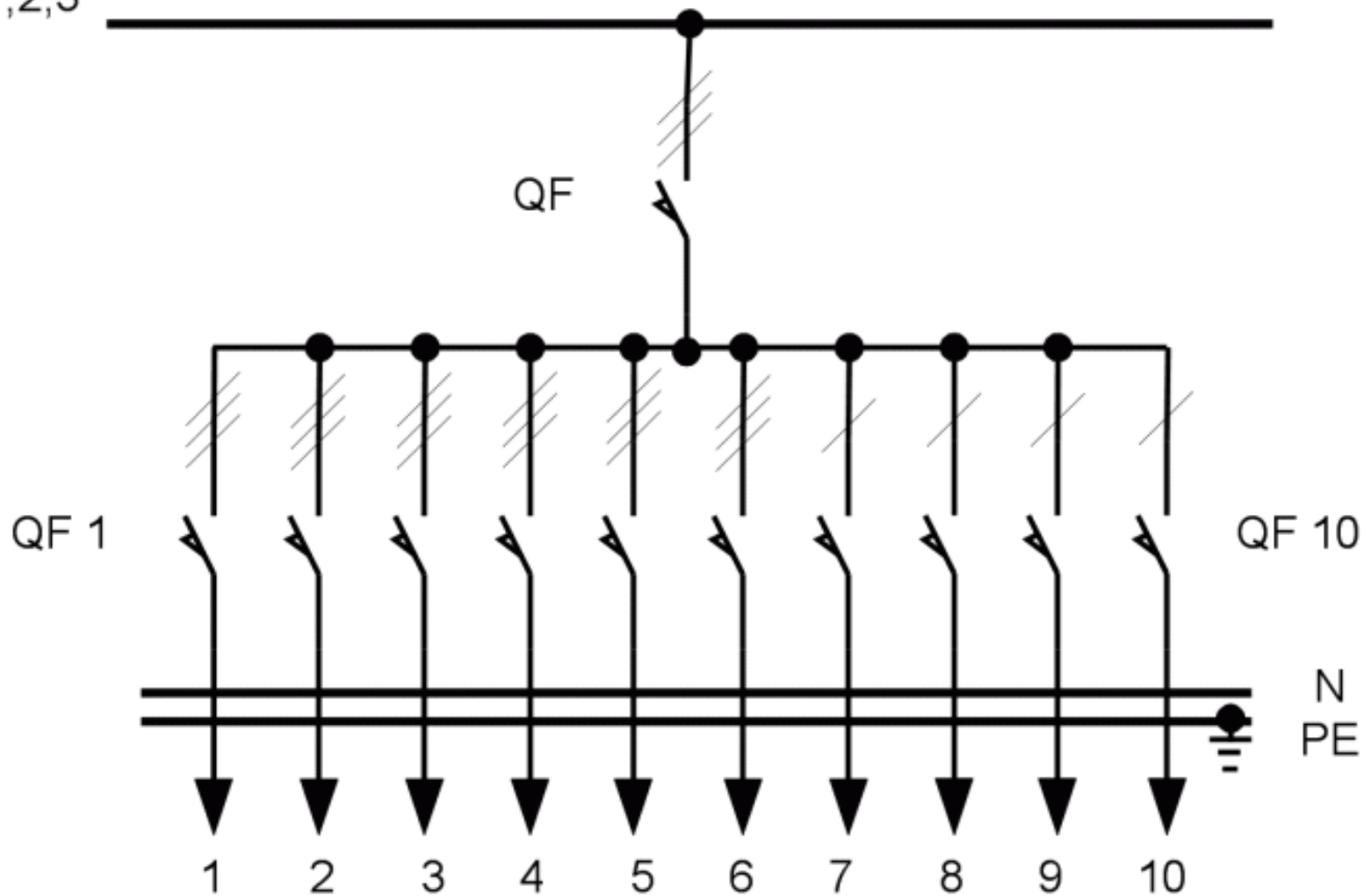


Основные параметры распределительного пункта ПР 11:

- вводной аппарат – автоматические выключатели серий ВА99, ВА51, ВА57, ВА04 с электромагнитным и тепловым расцепителем на токи 160А, 250А, 400А, 630А
- отходящие аппараты – автоматические выключатели серий ВА47, ВА61, АЕ 20 на номинальные токи от 10 до 100А.

ПР11-3064

L 1,2,3



Шкафы распределительные серии ШР11, ШРС



Распределительные
силовые шкафы ШРС1 и
ШР11

Шкафы распределительные
силовые ШРС-1 и ШР-11
предназначены для приема и
распределения электрической
энергии. Шкафы рассчитаны на
номинальные токи до 400 А и
номинальное напряжение до 380
В трехфазного переменного тока
частотой 50 Гц и с защитой
отходящих линий
предохранителями ПН2-60 (до
63А). ПН2-100(до 100А), ПН2-
250(до 250 А), ПН2-400 (до
400А).

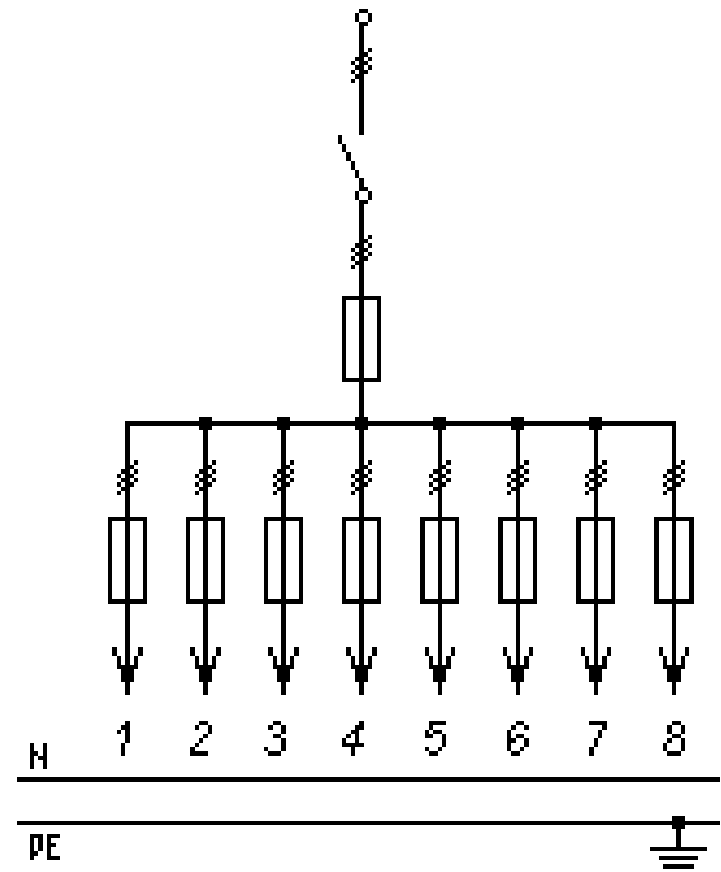
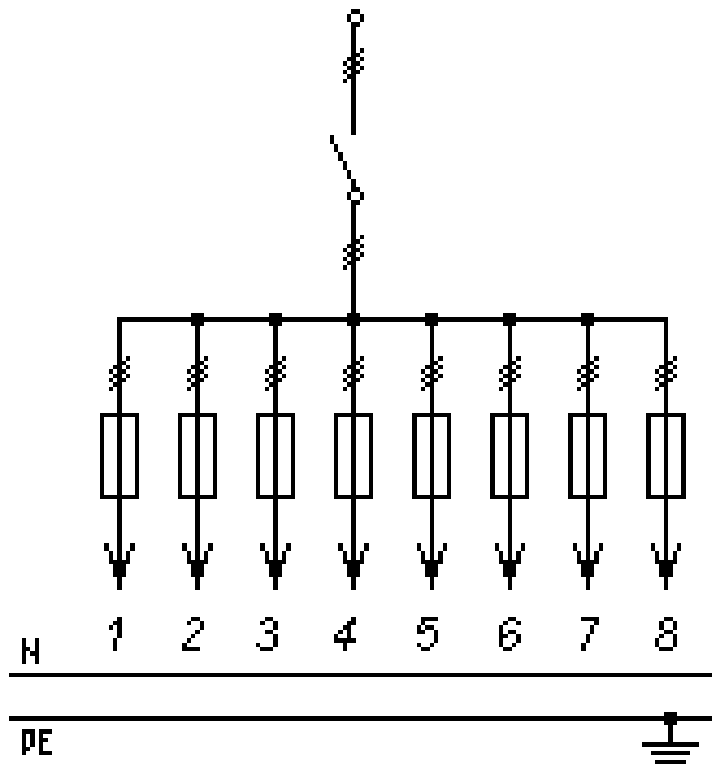
Ввод и вывод проводов и кабелей предусмотрены снизу и сверху шкафа.

Выдерживаемый ударный ток:

при ном. токе шкафа 250 А - не менее 10 кА;

при ном. токе шкафа 400 А - не менее 25 кА.

Шкафы распределительные ШР-11 в отличие от шкафов ШРС-1 имеют дополнительные возможности для применения. Так, в шкафах ШР-11-73511— ШР-11-73517 на вводе установлены предохранители ПН2-400, а в шкафах ШР-11-73518 — ШР-11-73523 предусмотрены два ввода. В остальном конструкция и схемы этих шкафов распределительных идентичны



КОНСТРУКЦИЯ:

Шкаф представляет собой металлический корпус бескаркасной конструкции, в котором устанавливаются вводный выключатель (рубильник) и блоки предохранителей. Каждая фаза рубильника соединяется при помощи алюминиевой шины с блоком предохранителей.

Конструкция шкафов обеспечивает установку шкафа на полу; ввод питающих и вывод отходящих проводников сверху и снизу через съемную крышку.

Параметры некоторых типов распределительных трехфазных шкафов серии ШР11 с плавкими предохранителями ПН2 и рубильником типа Р16-373 на 400 А на вводе приведены в табл.

Параметры распределительных трехфазных шкафов серии ШР11

Тип	Число 3-х фазных групп и Ином (А) предохранителей отходящих линий	Тип	Число 3-х фазных групп и Ином (А) предохранителей отходящих линий
ШР11-73504	8*60	ШР11-73708	5*250
ШР11-73505	8*100	ШР11-73509	4*60+4*100
ШР11-73506	8*250	ШР11-73510	2*60+4*100+2*250
ШР11-73707	2*100+2*250	ШР11-78511	6*100+2*250

Ящики и шкафы управления предназначены для защиты сетей и приемников электрической энергии от длительных перегрузок и токов короткого замыкания в цепях трехфазного переменного тока на напряжение 380/220 В частотой 50 Гц и управлением режимами работы асинхронных электродвигателей.



Ящики управления серии
Я5000



Ящики силовые серии
ЯРВ



Щиток осветительный ОПЗ-12

Панели распределительные предназначены для комплектования распределительных устройств (щитов) напряжением 380/220В переменного тока частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью, служащих для приема, распределения электрической энергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания.



Панели распределительных щитов серии ЩО-70

Для управления работой ЭД станков, вентиляторов, кранов и др. ЭП служат *контакторы* и *магнитные пускатели*.

Контактор - аппарат, приводимый в действие электромагнитом, включение и отключение которого можно осуществлять дистанционно с помощью кнопок управления. Контакторы применяются для коммутации силовых сетей ЭД мощностью 100 кВт и выше. Для более мелких ЭП применяют магнитные пускатели. В исполнении с тепловым реле пускатели защищают управляемые ЭД от перегрузок.

