

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Расчет электрических нагрузок цеха производится методом упорядоченных диаграмм. По этому методу расчетную активную нагрузку приемников электроэнергии на всех ступенях питающих и распределительных сетей (включая трансформаторы и преобразователи) определяют по средней мощности и коэффициенту максимума.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Для выполнения контрольной работы студенту выдается преподавателем индивидуальное задание.

Исходные данные для проектирования приведены в табл. 1.1 – 1.4.

Пояснительная записка расчетной части контрольной работы должна содержать разделы:

1. Введение.
2. Характеристика приемников (режимы работы, категории потребителей).
3. Характеристика среды отделений цеха.
4. Требования к электроснабжению в соответствии со средой.
5. Определение расчетной мощности и нагрузок.
6. Определение месторасположения цеховой подстанции, ее типа, типа трансформаторов, их количество и мощность (ТЭР).
7. Выбор схемы электроснабжения цеха (не менее 2-х вариантов и ТЭР).
8. Обоснование напряжения распределения электроэнергии.
9. Расчет и выбор параметров схемы:
  - а) выбор сечений проводов и кабелей линий, питающих цеховую ТП, силовые распределительные пункты, приемники от силовых распределительных пунктов и шинопроводы;
  - б) выбор коммутационных аппаратов на всех ступенях схемы и проведение согласования выбранного сечения проводника и токорасцепителя автомата или тока плавкой вставки предохранителей.
10. Конструктивное исполнение схемы:
  - а) выбор способа прокладки кабелей и проводов цеховой сети;
  - б) выбор типа шинопроводов, если схема магистральная;
  - в) выбор типа силовых распределительных пунктов

Задание 1. Рассчитать цеховую электрическую сеть.

Таблица 1.1. Исходные данные на проектирование по вариантам

№ по плану цеха	Наименование отделения (участка) цеха и производственного оборудования	Модель или тип	Установленная мощность в единице, кВт	Количество (по вариантам), шт										Участок предельной сети (по вариантам)	Освещение Отделения (участка) цеха (по вариантам)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I. Механическое отделение															
1	Токарно-винторезный станок	1К62	11,125	8	5	3	2	9	4	7	1	4	3	1 и 9	1 и 6
2	Токарно-винторезный станок	1Б61	4,625	3	4	5	6	1	3	2	6	3	4		
3	Токарно-винторезный станок	1А616П	4,6	4	1	2	-	-	1	2	3	2	1		
4	Токарно-винторезный станок	163	15,125	1	-	1	2	-	1	1	2	-	1		
5	Токарно-револьверный станок	1П326	5,475	4	3	2	5	4	3	2	2	1	3		
6	Долбежный станок	7А420	3,8	2	3	1	2	4	5	1	2	3	4		
7	Поперечно-строгальный станок	7М37	11,0	2	3	2	1	2	1	3	1	2	1		
8	Универсально-фрезерный станок	6В75	1,7	2	3	2	-	3	2	-	3	4	3		

Продолжение табл. 1. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
9	Универсально-фрезерный станок	6Н81	6,325	1	-	1	2	-	1	2	1	-		1 и 9	1 и 6		
10	Горизонтально-фрезерный станок	6М80Г	3,525	2	1	3	4	2	1	3	2	4	3				
11	Вертикально-фрезерный станок	6М12П	12,925	1	2	1	1	2	3	1	2	1	2	2 и 10			
12	Зубофрезерный станок	5К301	0,725	2	4	3	5	2	4	5	6	2	3				
13	Универсальный зубофрезерный станок	5К32	7,0	1	-	1	-	3	1	-	-	3	2				
14	Кругло шлифовальный станок	3А164	19,45	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2				
15	Плоско шлифовальный станок	3740	12,65	1	2	1	-	1	2	-	3	2	1				
16	Внутри шлифовальный станок	3Б250	10,225	1	-	1	1	2	1	2	-	1	1				
17	Вертикально-сверлильный станок	2А125	2,925	3	4	2	3	1	2	5	3	4	2	3			
18	Радиально-сверлильный станок	2А55	6,925	1	2	2	1	3	4	1	2	-	3				
19	Настольно-сверлильный станок	2А106	0,6	5	7	6	4	3	2	1	8	7	5				
20	Координатно-расточный станок	2А450	6,52	1	2	-	3	2	1	4	-	2	1				
21	Карусельный станок	1531М	33,28	1	1	1	1	-	1	-	-	1	-				
22	Универсальный заточный станок	3641	1,25	5	4	5	3	4	2	6	4	5	6				

Задание 2. Рассчитать цеховую электрическую сеть.

Таблица 1.2. Исходные данные на проектирование по вариантам

№ по плану цеха	Наименование отделения (участка) цеха и производственного оборудования	Модель или тип	Установленная мощность в единице, кВт	Количество (по вариантам), шт										Участок предельной сети (по вариантам)	Освещение отделения (участка) цеха (по вариантам)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I. Механическое отделение															
1	Токарно-винторезный станок	165	28	1	2	1	1	1	-	2	-	-	1	10	4 и 7
2	Токарно-винторезный станок	1А616	4,6	3	2	4	5	3	4	1	3	4	2		
3	Токарно-винторезный станок	ТВ-320Г	2,925	4	3	1	2	3	2	4	3	2	1		
4	Токарно-винторезный станок	1К62Б	11,125	2	1	-	-	1	2	1	2	3	1		
5	Настольно-сверлильный станок	НС-12Б	0,6	4	5	3	4	2	3	2	1	3	6		
6	Горизонтально-расточный станок	2620А	18,95	1	1	1	-	1	2	1	1	1	2	9	
7	Поперечно-строгальный станок	7Б35	4,5	2	2	3	3	3	4	2	2	1	2		
8	Универсально-фрезерный станок	6М80	3,4	3	1	2	3	2	2	1	1	3	1		
9	Координатно-расточный станок	2А430	2,25	4	2	3	2	1	2	3	3	1	2		

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	Копировально-фрезерный станок	6441Б	3,5	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	9	4 и 7
11	Плоско шлифовальный станок	С-541	2,8	2	1	3	3	3	3	3	2	2	1	8	
12	Внутри шлифовальный станок	3225БП	7,525	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	8	
13	Кругло шлифовальный станок	3Б151	9,585	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	8	
14	Зубофрезерный станок	5312	10,55	1	1	1	-	1	1	-	-	-	2	8	
15	Горизонтально-фрезерный станок	6М82Г	8,7	2	1	2	2	1	1	2	2	2	-	8	
16	Настольно-резьбонарезной станок	ВС-11	0,6	3	4	2	1	3	3	2	1	2	4	8	
17	Таль электрическая	ТЭ-05	0,85	2	3	3	4	3	2	3	4	2	4	8	
18	Кран мостовой электрический	5m	24,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
II. Электроремонтное отделение															
19	Шкаф электрический сушильный	-	0,6	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	7	3 и 8
20	Трансформатор сварочный для пайки медных проводов	ОС-5/0,5	5	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1		
21	Балансировочный станок	ДБ-4	1,7	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1		
22	Полуавтомат для рядовой многослойной намотки катушек (0,25-3 мм)	ПР-160	1	2	3	3	2	1	2	2	3	1	3		

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
23	Намоточный станок (0,5-6 мм)	ТТ-20	2,8	1	-	2	3	2	2	2	-	2	1	7	3 и 8
24	Точильный станок двух строчный	333А	1,7	2	3	2	3	3	1	1	2	2	1		
25	Ванна для пайки	-	2,8	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2		
26	Обдирочно-шлифовальный станок	3382	2,8	2	1	3	1	2	2	1	3	2	1	6	
27	Токарно-винторезный станок	1К62	11,125	1	1	1	-	1	1	-	-	1	1		
28	Вертикально-сверлильный станок	2Б118	1,7	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1		
29	Таль электрическая	ТЭ-0,5	0,85	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2		
III. Заготовительное отделение															
30	Станок отрезной с дисковой пилой	8Б66	8,825	1	1	2	1	1	-	2	2	1	-	4	6
31	Ножницы гильотинные	Н-475	7	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2		
32	Пресс гидравлический	ПВ-474	4,5	1	2	1	2	2	3	1	2	2	1		
33	Механическая ножовка	872А	1,7	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1		
34	Вальцы чисто правильные	-	9	1	-	-	-	2	1	3	1	2	3		
35	Пресс одно-кривошипный двойного действия	К460Б	10	1	1	2	3	2	2	1	2	1	1	3	
36	Пресс фрикционный	ФА-122	4,5	1	2	1	1	2	1	2	1	2	2		
37	Вертикально-сверлильный станок	2А125	2,8	2	3	1	3	3	4	1	5	1	3		
38	Обдирочно-точильный станок	3М634	2,8	3	2	3	1	1	1	2	4	3	1		
39	Вентилятор	-	4,5	2	3	3	3	2	2	2	1	2	2		

Задание 3. Рассчитать цеховую электрическую сеть.

Таблица 1.3. Исходные данные на проектирование по вариантам

№ по плану цеха	Наименование отделения (участка) цеха и производственного оборудования	Модель или тип	Установленная мощность в единице, кВт	Количество (по вариантам), шт										Участок предельной сети (по вариантам)	Освещение отделения (участка) цеха (по вариантам)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I. Заготовительное отделение															
1	Ножницы листовые с наклонным ножом	H-475	7	1	1	-	-	1	1	1	2	1	1	10	4 и 7
2	Зигмашина	C-273A	1,7	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1		
3	Станок трубогибочный	C-288	7	1	1	2	2	1	1	2	2	1	-		
4	Фланцегибочный станок	C-249	4,5	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2		
5	Трубоотрезной станок	C-246A	2,8	2	2	3	1	3	1	3	3	2	1		
6	Точильный станок двухсторонний	332A	1,7	3	4	2	3	3	4	2	2	4	1		
7	Вальцовка трехвалковая	C-235A	2,5	1	2	1	1	2	2	1	1	2	3		





Окончание табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	Токарно-револьверный станок	1П326	5,475	2	4	3	2	4	6	3	2	2	3	9	5 и 8
21	Токарно-затыловочный полуавтомат	1811	3,8	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	
22	Токарно-винторезный станок	1А616	4,6	2	3	4	2	4	6	3	2	5	3		
23	Токарно-винторезный станок	1К62	11,125	4	2	4	1	2	4	1	2	1	2		
24	Токарно-карусельный станок	1531М	33,28	1	1	1	1	-	1	-	-	-	1		
25	Координатно-расточный станок	2А-430	2,25	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1		
26	Вентилятор	-	2,8	2	3	2	4	5	1	2	3	4	5		
27	Вентилятор	-	7	2	1	2	1	-	3	2	2	-	-		
28	Таль электрическая	ТЭ-0,5	0,85	2	3	2	3	2	1	2	2	5	5		
29	Кран мостовой электрический	10т	36	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-		
III. Заточный участок															
30	Универсально-заточный станок	3А64М	1,75	2	3	4	3	4	2	2	1	3	2	2	9
31	Полуавтомат для заточки червячных фрез	3662	3,45	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1		
32	Полуавтомат для заточки пил	3692	2,3	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1		

Задание 4. Рассчитать цеховую электрическую сеть.

Таблица 1.4. Исходные данные на проектирование по вариантам

№ по плану цеха	Наименование отделения (участка) цеха и производственного оборудования	Модель или тип	Установленная мощность в единице, кВт	Количество (по вариантам), шт										Участок предельной сети (по вариантам)	Освещение отделения (участка) цеха (по вариантам)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I. Электроремонтное отделение															
1	Механические щетки травяные для зачистки концов обмоток от полуды	-	0,6	2	1	1	2	2	3	2	2	3	3	7	8 и 10
2	Ножницы вибрационные	-	0,52	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2		
3	Пресс кривошипный	КА-213	1,7	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2		
4	Намоточный станок	ПР-159	1,7	3	2	3	4	2	2	3	3	1	2		
5	Намоточный станок	СНТ-08	0,36	2	3	2	1	2	2	1	2	3	2		
6	Настольно-токарный станок	С-28	0,25	2	1	3	2	2	2	3	3	1	2		
7	Шкаф электрический сушильный	-	4	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2		

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	Балансировочный станок	ДБ-4	1,7	1	1	1	2	1	1	-	2	1	1	3	8 и 10
9	Поперечно-строгальный станок	7М36	8	1	1	-	1	1	-	1	1	1	2		
10	Полуавтомат для рядовой многослойной намотки катушек	ПР-160	1	1	1	2	1	2	1	1	2	3	1		
11	Обдирочно-точильный станок	3М-634	2,8	2	1	2	3	2	2	1	2	2	2		
12	Таль электрическая	ТЭ-0,5	0,85	1	1	1	2	1	2	1	1	2	3		
13	Вентилятор	-	2,8	2	1	2	1	2	2	1	2	3	2		
II. Заготовительно-сварочное отделение															
13	Пресс двух - кривошипный	К372Г	20	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	5	3 и 4
14	Ножницы высечные	М-533	2,8	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2		
15	Пресс правильный	ПА-15	14	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1		
16	Вальцовка трехвалковая	3М3	2,5	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-		
17	Вертикально-сверлильный станок	2А125	2,925	2	1	2	2	3	2	3	3	2	1		
18	Станок трубонарезной	914М	7	1	1	1	1	-	-	-	1	1	-		
19	Пресс ножницы комбинированные	НА-633	4,5	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1		
20	Обдирочно-точильный станок	3М636	7	1	1	1	-	-	1	1	-	-	1		

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
21	Автомат для дуговой сварки, шланговый	НДШ М-М500	0,2	2	1	2	2	1	2	2	2	3	2	2	3 и 4
22	Машина электросварочная точечная	МТП-100	100 кВа	2	1	1	1	-	-	-	1	1	1		
23	Машина электросварочная шовная	МШП-200	200 кВа	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-		
24	Машина электросварочная стыковая	МСПТ-25	25 кВа	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2		
25	Вентилятор	-	7	2	1	2	2	3	3	3	2	1	2		
26	Кран мостовой электрический	5m	24,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
III. Механосборочное отделение															
27	Карусельный станок одностоечный	1541	28	1	1	1	-	1	1	-	-	1	-	1	6 и 7
28	Универсально-фрезерный станок	675П	1,7	2	3	2	4	2	3	3	4	4	1		
29	Настольно-фрезерный станок	Ф-57М	0,6	3	2	4	3	5	6	3	6	2	7		
30	Зубофрезерный автомат	630А	0,5	1	2	1	3	2	1	2	3	1	3		

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
31	Поперечно-строгальный станок	736	2,8	2	2	3	3	2	3	2	1	2	1	10	6 и 7
32	Токарно-винторезный станок	ТВ-320	8	1	1	2	1	1	-	-	-	1	1		
33	Токарно-винторезный станок	1В61М	4,5	1	2	1	2	2	3	2	2	1	1		
34	Токарный многорезцовый полуавтомат	1А720	7	1	-	-	1	1	-	-	2	1	2		
35	Резьбонарезной станок	С-225	2,2	2	1	2	2	1	3	2	1	1	2		
36	Радиально-сверлильный станок	2А55	6,925	1	1	-	1	-	1	2	1	2	1		
37	Вертикально-сверлильный станок	2118А	1	2	3	1	2	4	2	5	3	3	2		
38	Вентилятор	-	4,5	2	1	3	2	2	3	3	1	1	2		
39	Кран-балка	-	7,3	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2		
40	Таль электрическая	ТЭ-0,5	0,85	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1		
IV. Заточно-шлифовальный участок															
41	Наждачный станок	3326	1,7	2	3	2	2	3	2	1	1	1	2	8	5
42	Координатно-шлифовальный станок	2А420	0,25	3	2	3	3	2	4	1	2	3	4		
43	Резьбошлифовальный станок	5821	5,18	1	1	1	-	-	1	-	1	2	1		

# РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

## Определение и обозначение основных величин

Для представления электрических величин и коэффициентов, характеризующих электропотребление, принята следующая система обозначений: показатели электропотребления индивидуальных электроприемников (ЭП) обозначаются строчными буквами, а групп ЭП – прописными буквами латинского или греческого алфавита.

Номинальная (установленная) мощность одного ЭП – мощность, обозначенная на заводской табличке или в его паспорте. Применительно к агрегату с многодвигательным приводом под номинальной мощностью подразумевают наибольшую сумму номинальных мощностей одновременно работающих двигателей агрегата.

Групповая номинальная (установленная) активная мощность – сумма номинальных активных мощностей группы ЭП:

$$P_H = \sum_1^n p_H, \quad (1.1)$$

где  $n$  – число электроприемников.

Номинальная реактивная мощность  $g_H$  одного ЭП – реактивная мощность, потребляемая из сети или отдаваемая в сеть при номинальной активной мощности и номинальном напряжении, а для синхронных двигателей – при номинальном токе возбуждения.

Групповая номинальная реактивная мощность – алгебраическая сумма номинальных реактивных мощностей, входящих в группу ЭП:

$$Q_H = \sum_1^n g_H = \sum_1^n p_H \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.2)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi$  – паспортное или справочное значение коэффициента реактивной мощности.

Групповая средняя активная или реактивная мощность за период времени  $T$  определяется как частное от деления расхода активной  $W_a$  или

реактивной  $W_p$  энергии всех входящих в группу ЭП на длительность периода:

$$P_c = \frac{W_a}{T}; \quad Q_c = \frac{W_p}{T} \quad (1.3)$$

Средняя активная (или реактивная) мощность группы равна сумме средних активных (или реактивных) мощностей входящих в группу ЭП (кроме резервных):

$$P_c = \sum_1^n p_c; \quad Q_c = \sum_1^n g_c. \quad (1.4)$$

В дальнейшем под термином «средняя активная (или реактивная) мощность» имеется в виду наибольшее возможное значение средней активной (или реактивной) мощности за наиболее загруженную смену продолжительностью  $T = T_{см}$  ( $T_{см}$  – продолжительность смены), т.е. смену с наибольшим потреблением энергии группой ЭП, цехом или предприятием в целом.

Коэффициентом использования отдельного электроприемника  $k_{и}$  или группы ЭП  $K_{и}$  называется отношение средней активной мощности отдельного ЭП  $p_c$  или группы ЭП  $P_c$  за наиболее загруженную смену к её номинальному значению:

$$k_{и} = \frac{P_c}{P_H}; \quad K_{и} = \frac{P_c}{P_H}. \quad (1.5)$$

В справочных материалах, содержащих расчетные коэффициенты для определения электрических нагрузок промышленных предприятий, справочные значения коэффициентов использования приведены по характерным (однородным) категориям ЭП. К одной характерной категории относятся ЭП, имеющие одинаковое технологическое назначение, а также одинаковые верхние границы возможных значений  $k_{и}$  и коэффициентов реактивной мощности  $\text{tg}\varphi$ . Например, сверлильные станки относятся к характерной категории «металлорежущие станки», которая представлена в

справочных материалах расчетными коэффициентами  $k_{и} = 0,14$  и  $\text{tg } \varphi = 2,3$ . Это означает, что активная и реактивная средняя (за максимально загруженную смену) мощность любого станка, относящегося к указанной характерной категории, может быть выше  $P_c = P_{н} k_{и}$  и  $g_c = P_{н} k_{и} \text{tg} \varphi$  с вероятностью превышения не более 0,05.

Для группы, состоящей из ЭП различных категорий (т.е. с разными  $k_{и}$ ), средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_n = \frac{\sum_1^n k_{и} \cdot p_n}{\sum_1^n p_{н}} = \frac{\sum_1^n p_c}{\sum_1^n p_{н}}, \quad (1.6)$$

где  $n$  – число характерных категорий ЭП, входящих в данную группу.

Эффективное число электроприемников  $n_{э}$  – это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников. Величина  $n_{э}$  определяется по следующему выражению:

$$n_{э} = \frac{2 \sum_1^n P_{н}}{P_{н.макс}}, \quad (1.7)$$

где  $P_{н.макс}$  – номинальная мощность наиболее мощного ЭП группы;  $n$  – фактическое число электроприемников.

Если найденное по этой формуле число  $n_{э}$  окажется больше  $n$ , то следует принимать  $n_{э} = n$ . В случае, если  $P_{н.макс}/P_{н.мин} \leq 3$ , также принимается  $n_{э} = n$ .

Расчётная мощность  $P_p$ ,  $Q_p$  – это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке  $I_p$ , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по возможному наибольшему тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения. Вероятность превышения фактической нагрузки над расчётной не превышает 0,05 на интервале осреднения, длительность которого принята равным трём постоянным времени нагрева ( $3T_0$ ) элемента системы электроснабжения,



через которые передаётся ток нагрузки (кабель, провод, шинопровод, трансформатор и т.д.).

Для оценочных ЭП расчётная мощность принимается равной номинальной. Для одиночных ЭП повторно-кратковременного режима расчётная мощность принимается равной номинальной приведённой к длительному режиму.

Коэффициентом расчётной мощности  $K_p$  называется отношение расчётной активной мощности  $P_p$  к значению средней мощности  $P_c$  группы ЭП с эффективным числом ЭП  $n_э \geq 2$ :

$$K_p = \frac{P_p}{P_c}. \quad (1.8)$$

Коэффициент расчётной мощности зависит от эффективного числа электроприёмников, средневзвешенного коэффициента использования, а также от постоянной времени нагрева сети, для которой производится расчёт электрических нагрузок.

$T_0 = 10$  мин – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты. Значения  $K_p$  для этих сетей принимаются по табл. 1.6;  $T_0 = 2,5$  часа – для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов. Значение  $K_p$  для этих сетей принимается по табл. 1.7;  $T_0 \geq 30$  мин – для кабелей напряжением 6 кВ и выше, питающих цеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства. Расчётная мощность для этих элементов определяется при  $K_p = 1$ .

Коэффициентом спроса  $K_c$  группы ЭП называется отношение расчётной активной мощности к номинальной мощности группы:

$$K_c = \frac{P_p}{P_H} \quad (1.9)$$

Коэффициентом одновременности  $K_o$  называется отношение расчётной мощности на шинах напряжением 6 – 10 кВ к сумме расчётных мощностей потребителей, подключенных к шинам напряжением 6 – 10 кВ.

$$K_o = \frac{P_p \Sigma}{\Sigma P_p}. \quad (1.10)$$

## Порядок расчёта

Электрические нагрузки являются исходными данными для решения комплекса вопросов при проектировании системы электроснабжения цеха и в целом промышленного предприятия.

Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирование любой системы электроснабжения и производится для выбора трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций, токоведущих элементов, компенсирующих установок, защитных устройств и т.д.

Исходными данными для определения электрических нагрузок являются количество и мощность приёмников электроэнергии, находящихся в цехе, категория по степени надёжности, характеристика помещения по окружающей среде.

Для определения расчётных нагрузок групп электроприёмников цеха наибольшее применение получил метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузки, который положен в основу «Указаний по определению электрических нагрузок в промышленных установках». Этот метод позволяет по номинальной мощности и характеристике приёмников определить расчётный максимум нагрузки.

Расчёт электрических нагрузок ведётся по длительному режиму работы приёмников. При наличии приёмников электроэнергии, работающих в повторно-кратковременном режиме, установленная мощность  $P_y$ , кВт, должна быть приведена к длительному режиму по одной из формул:

– для двигателей повторно-кратковременного режима

$$P_y = \sqrt{\text{ПВ}} \cdot P_{\text{н.п}}; \quad (1.11)$$

– для трансформаторов электропечей

$$P_y = S_{\text{н}} \cdot \cos\varphi_{\text{н}}; \quad (1.12)$$

– для трансформаторов сварочных машин и сварочных трансформаторов ручной сварки

$$P_y = \sqrt{\text{ПВ}} \cdot S_{\text{н}} \cdot \cos\varphi_{\text{н}}; \quad (1.13)$$

где ПВ – номинальная (паспортная) продолжительность включения, отн. ед.;  $P_{н.п}$  – паспортная мощность электродвигателя при относительной номинальной продолжительности включения, кВт;  $S_n$  – паспортная мощность трансформатора, кВ·А;  $\cos\varphi_n$  – коэффициент мощности электропечи, сварочного аппарата или сварочного трансформатора при номинальных условиях. Расчёт электрических нагрузок ЭП напряжением до 1 кВ производится для каждого узла питания (распределительный пункт, шкаф, сборка, распределительный шинопровод, щит станций управления, троллей, магистральный шинопровод, цеховая трансформаторная подстанция), а также по цеху, корпусу в целом.

Исходные данные для расчета табл. 1.1 заполняются на основании полученных заданий на проектирование электротехнической части (графы 1–4, табл. 1.5) и согласно справочным материалам (графы 5, 6, табл. 1.5), в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности. При этом все ЭП группируются по характерным категориям с одинаковыми  $k_{и}$  и  $\text{tg}\varphi$  независимо от мощности ЭП. В каждой строке указывается ЭП одной характерной категории.

В графе 3 указываются минимальная и максимальная мощности электроприёмников одной характерной группы.

Для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода. Если в числе этих двигателей имеются одновременно включаемые (с индивидуальным режимом работы), то они учитываются в расчёте как один ЭП с номинальной мощностью, равной сумме номинальных мощностей одновременно работающих двигателей.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы не производится приведение их номинальных мощностей к длительному режиму (ПВ = 100 %). При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается в графе 2 табл. 1.5 как эквивалентный трёхфазный ЭП с номинальной мощностью:

$$p_n = 3p_{но}; \quad q_n = 3q_{но}, \quad (1.14)$$

где  $p_{но}$ ,  $q_{но}$  – активная и реактивная мощность однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный трёхфазный ЭП с номинальной мощностью:

$$p_H = \sqrt{3} \cdot p_{HO}; \quad q_H = \sqrt{3} \cdot q_{HO}. \quad (1.15)$$

При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15 % по отношению к общей мощности трёхфазных и однофазных ЭП в группе, они могут быть представлены в расчёте как эквивалентная группа трёхфазных ЭП с той же суммарной мощностью. В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трёхфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

При наличии в справочных материалах интервальных значений  $K_H$  следует для расчёта принимать наибольшее значение. Значение  $k_H$  должны быть определены из условия, что вероятность превышения значения фактической средней мощности над расчётной для характерной категории ЭП должна быть не более 0,05.

В графах 7, 8 определяются средние активные и реактивные мощности каждой характерной группы электроприёмников:

$$P_c = P_H \cdot k_H; \quad Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (1.16)$$

Определяются суммарные значения средней активной и реактивной мощности:

$$\sum P_c = \sum_1^m P_H \cdot k_H; \quad \sum Q_c = \sum_1^m P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.17)$$

где  $m$  – число характерных категорий ЭП.

Определяется средневзвешенный коэффициент использования

$$K_H = \frac{\sum P_c}{\sum P_H}. \quad (1.18)$$

Значение  $K_H$  заносится в графу 5 итоговой строки.

Определяется эффективное число электроприёмников по выражению

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_{\text{н}}}{P_{\text{н.макс}}}, \quad (1.19)$$

где  $P_{\text{н.макс}}$  – номинальная мощность наиболее мощного ЭП.

Значение  $n_{\text{э}}$  заносится в графу 9 итоговой строки. В зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприёмников определяется коэффициент расчётной нагрузки  $K_{\text{р}}$  (табл. 1.6, 1.7). Расчётная активная мощность групп ЭП напряжением до 1 кВ (графа 11 табл. 1.5) определяется в зависимости от средней мощности  $P_{\text{с}}$  и соответствующего значения  $K_{\text{р}}$ , кВт:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{р}} \cdot P_{\text{с}}. \quad (1.20)$$

Расчётная реактивная мощность (графа 12 табл. 1.5) определяется следующим образом:

Для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от  $n_{\text{э}}$ :

$$\text{при } n_{\text{э}} \leq 10 \quad Q_{\text{р}} = 1,1 Q_{\text{с}},$$

$$\text{при } n_{\text{э}} > 10 \quad Q_{\text{р}} = Q_{\text{с}}.$$

Для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу, предприятию, квар:

$$Q_{\text{р}} = K_{\text{р}} \cdot Q_{\text{с}}. \quad (1.21)$$

К расчётным силовым нагрузкам  $P_{\text{рс}}$ ,  $Q_{\text{рс}}$  прибавляются осветительные нагрузки  $P_{\text{ро}}$ ,  $Q_{\text{ро}}$ :

$$P_{\text{р}} = P_{\text{рс}} + P_{\text{ро}}; \quad Q_{\text{р}} = Q_{\text{рс}} + Q_{\text{ро}}. \quad (1.22)$$

Значение токов расчётной нагрузки, по которой выбирается сечение линий по допустимому нагреву, определяется по выражению

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}}, \quad (1.23)$$

где  $S_{\text{р}} = P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2$  – полная расчётная мощность в кВ.А (графа 13 табл. 1.5).

Расчётная мощность на шинах 6-10 кВ распределительных и главных подстанций определяется с учётом коэффициента одновременности, значение которого принимается согласно табл. 1.5 в зависимости от величины средневзвешенного коэффициента использования и числа присоединений к сборным шинам РУ, ГПП:

$$P_p = \sum P_c \cdot K_o; \quad (1.24)$$

$$Q_p = \sum Q_c \cdot K_o; \quad (1.25)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} . \quad (1.26)$$

## РАСЧЕТ НАГРУЗОК ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса, кВт:

$$P_{p.o} = P_{н.o} \cdot K_{с.o}, \quad (1.27)$$

где  $K_{с.o}$  – коэффициент спроса для освещения, принимаемый по справочным данным [4];  $P_{н.o}$  – установленная мощность приёмников электрического освещения, которая может быть определена по формуле, кВт:

$$P_{p.o} = P_{уд.o} \cdot F, \quad (1.28)$$

где  $F$  – площадь цеха, м<sup>2</sup>;  $P_{уд.o}$  – удельная нагрузка, Вт/м<sup>2</sup> [4].

Полная расчётная мощность силовых и осветительных приёмников без учёта КУ определяется из соотношения, кВт·А:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2} . \quad (1.29)$$

Приёмники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно.

Суммарные расчётные активные и реактивные нагрузки потребителей 0,38/0,22 и 6–10 кВ определяются суммированием.

Подробно расчёт осветительной сети производится в разделе «Освещение» курса лекций, где выбирается тип, количество, мощность светильников, их расположение и схема питания, здесь расчёт осветительной сети не излагается.

Таблица 1.5. Расчёт электрических нагрузок

Исходные данные						Средняя мощность группы ЭП		Эффективное число	Коэффициент расчётной нагрузки	Расчётная мощность			Расчётный ток
по заданию технологов				по справочным данным									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Наименование характерных категорий ЭП, подключаемых к узлу питания	$n$ раб/рез	$P_{\text{в мин}} - P_{\text{н max}}$	$P_{\text{н}}$	$K_{\text{и}}$	$\frac{\cos \varphi}{\text{tg} \varphi}$	$P_{\text{с}} = P_{\text{н}} K_{\text{н}}$ , кВт	$Q_{\text{с}} = P_{\text{с}} \text{tg} \varphi$ , квар	$n_{\text{э}}$	$K_{\text{р}}$	$P_{\text{р}} = P_{\text{с}} K_{\text{р}}$ , кВт	$Q_{\text{р}} = 1,1 Q_{\text{с}}$ $(K_{\text{р}} > 1$ $n_{\text{э}} < 10)$ $Q_{\text{р}} = Q_{\text{с}} K_{\text{р}}$ $(K_{\text{р}} < 1),$ квар	$S_{\text{р}}$	$I = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3}U}, \text{ A}$





Таблица 1.7. Значения коэффициентов расчётной нагрузки  $K_p$   $K_p$  на шинах низкого напряжения цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

$n_э$	$k_{и}$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,0	0,97
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6 – 8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9 – 10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10 – 25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25 – 50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

## ВЫБОР ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ (ТП)

### Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых ТП

Расчётная нагрузка с учётом компенсирующих устройств (КУ) определяется по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{к.у})^2} . \quad (1.30)$$

Определение расчётной мощности с учётом мощности КУ даёт возможность уменьшить мощность трансформаторов и их количество.

Число трансформаторов определяется по формуле

$$n_{тр} = \frac{S_p}{S_{н.тр} \cdot K_3} , \quad (1.31)$$

где  $S_{н.т}$  – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;  $S_p$  – расчётная мощность цеха, кВ·А;  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора, который согласно

СН-174-75 рекомендуется применять в следующих пределах:

- для цехов с преобладающей нагрузкой I категории при двух трансформаторных подстанциях – 0,65–0,7;
- для цехов с преобладающей нагрузкой II категории при одно-трансформаторных подстанциях с взаимным резервированием – 0,7–0,8;
- для цехов с преобладающей нагрузкой II категории при возможности использования централизованного резерва трансформаторов и для цехов с нагрузками III категории – 0,9–0,95.

При выборе количества трансформаторов энергоёмких цехов (мощность которых составляет тысячи кВ·А) могут быть следующие варианты:

$$n_{Iтр} = \frac{S_p}{2500 \cdot K_3}, \quad n_{IIтр} = \frac{S_p}{1600 \cdot K_3}, \quad n_{IIIтр} = \frac{S_p}{1000 \cdot K_3}. \quad (1.32)$$

**Пример.** По известной расчётной мощности, равной  $S_p = 4510$  кВ·А, и коэффициенту загрузки  $K_3 = 0,75$  рассмотреть возможные варианты установки трансформаторов.

**Решение:**

$$n_{Iтр} = \frac{4510}{2500 \cdot 0,75} = 3; \quad n_{IIтр} = \frac{4510}{1600 \cdot 0,75} = 4; \quad n_{IIIтр} = \frac{4510}{1000 \cdot 0,75} = 6.$$

Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов должен производиться на основании технико-экономических расчётов, исходя из удельной плотности нагрузок, полной расчётной нагрузки (корпуса, отделения, цеха) и других факторов.

При плотности нагрузки напряжением 380 В до  $0,2$  кВ·А/м<sup>2</sup> целесообразно применять трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А включительно, при плотности  $0,2$ – $0,3$  кВ·А/м<sup>2</sup> – мощностью 1600 кВ·А. При плотности более  $0,3$  кВ·А/м<sup>2</sup> целесообразность применения трансформаторов мощностью 1600 кВ·А или 2500 кВ·А должна определяться технико-экономическим расчётом.

Для проведения технико-экономических расчётов необходимо наметить возможные варианты установки трансформаторов, например:

1 вариант – 2 трансформатора по 1600 кВ·А;

2 вариант – 2 трансформатора по 2500 кВ·А.

Для выбранных типов трансформаторов по справочным данным [6, 7] находят их параметры:

$$U_K\% ; I_{XX}\% ; \Delta P_{XX} ; \Delta P_{KЗ}.$$

Ниже приведён порядок проведения расчёта.

Сначала определяется коэффициент загрузки в нормальном режиме  $K_{з.н}$  – при двух трансформаторных ТП [1]:

$$K_{з.н} = \frac{S_p}{2S_{н.т}}, \quad (1.33)$$

где  $S_p$  – расчётная мощность цеха, кВ·А;  $S_{н.т}$  – номинальная мощность трансформатора, кВ·А.

Затем определяется коэффициент загрузки в аварийном режиме:

$$K_{з.а} = \frac{S_p}{2S_{н.т}}. \quad (1.34)$$

Далее определяется экономически целесообразный режим, для чего находят:

– реактивную мощность холостого хода трансформатора

$$\Delta Q_{XX} = S_{н.т} \frac{I_{XX}\%}{100}; \quad (1.35)$$

– реактивную мощность, потребляемую трансформатором при номинальной паспортной нагрузке:

$$\Delta Q_{KЗ} = S_{н.т} \frac{U_K\%}{100}; \quad (1.36)$$

– приведённые потери мощности холостого хода трансформатора, учитывающие потери в самом трансформаторе и в элементах системы, создаваемые им в зависимости от реактивной мощности, потребляемой трансформатором:

$$\Delta P'_{\text{ХХ}} = \Delta P_{\text{ХХ}} + K_{\text{и.п}} \cdot \Delta Q_{\text{ХХ}}; \quad (1.37)$$

– аналогично потери КЗ:

$$\Delta P'_{\text{КЗ}} = \Delta P_{\text{КЗ}} + K_{\text{и.п}} \cdot \Delta Q_{\text{КЗ}}, \quad (1.38)$$

где  $K_{\text{и.п}}$  – коэффициент изменения потерь (задаётся энергосистемой; когда величина его не задана, можно принимать 0,07 кВт/квар);

– приведённые потери мощности в одном трансформаторе

$$\Delta P' = \Delta P'_{\text{ХХ}} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{\text{КЗ}}, \quad (1.39)$$

– соответственно для двух трансформаторов

$$\Delta P'_{2\text{T}} = 2\Delta P'_{\text{ХХ}} + 2K_3^2 \cdot \Delta P'_{\text{КЗ}}, \quad (1.40)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформаторов.

Годовые эксплуатационные расходы

$$C_a = f \cdot k, \quad (1.41)$$

где  $k$  – капитальные вложения на трансформаторы, тыс. руб.;  $f$  – коэффициент амортизационных отчислений [6].

Стоимость потерь электроэнергии  $C_{\text{П}}$  при заданной стоимости электроэнергии  $C_0$

$$C_{\text{П}} = C_0 \cdot \Delta \mathcal{E}, \quad (1.42)$$

где  $\Delta \mathcal{E}$  – потери электроэнергии, кВт·ч.

Суммарные годовые эксплуатационные расходы

$$C_{\mathcal{E}} = C_0 \cdot C_{\text{п}}. \quad (1.43)$$

После этого определяются затраты

$$Z = P_{\text{н}} \cdot K + C_{\mathcal{E}}. \quad (1.44)$$

Расчёт ведётся для каждого из рассматриваемых вариантов и выбирается вариант с меньшими приведёнными затратами.

### **ВЫБОР СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ВНУТРИЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

Основной тенденцией в проектировании электроснабжения является сокращение протяженности сетей низшего напряжения путем максимального приближения высшего напряжения (трансформаторной подстанции) к потребителям электроэнергии.

Сети напряжением до 1 кВ подразделяются на питающие, прокладываемые от трансформаторной подстанции или вводного устройства до силовых пунктов, и распределительные к которым присоединяются электроприемники. В комплекс внутрицехового электроснабжения входят питающие и распределительные линии, РП напряжением до 1 кВ, аппаратура коммутации и защиты сетей и ответвлений к отдельным электроприемникам. Питающие и распределительные сети могут быть выполнены по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

Радиальные схемы наиболее часто используются для питания отдельных относительно мощных электроприемников (двигатели компрессорных и насосных установок, печи и т.д.), а также в случаях, когда мелкие по мощности электроприемники распределяются по цеху неравномерно и сосредоточены группами на отдельных участках (ремонтные мастерские, отдельные участки с непоточным производством и т.п.). Радиальные схемы предпочтительны для взрывоопасных, пожароопасных и пыльных помещений. К достоинствам радиальных схем относятся: высокая надежность питания (выход из строя одной линии не сказывается на работе потребителей,

питающихся от других линий), а также возможность автоматизации переключений и защиты.

При выполнении радиальных схем приходится сооружать распределительные щиты (пункты) с большим количеством защитных автоматов и большой щит низкого напряжения в ТП. Применение в радиальных сетях проводки, выполненной кабелем или проводом в трубах, ограничивает возможность перемещения оборудования при перестройке или реконструкции производства.

Магистральные схемы применяются для питания электроприемников, обслуживающих один агрегат и связанных единым технологическим процессом, когда прекращение питания любого из этих электроприемников вызовет необходимость прекращения работы всего технологического агрегата. Магистральные схемы находят широкое применение для питания большого числа мелких электроприемников, распределенных относительно равномерно по площади цеха (металлорежущие станки в цехах механической обработки металлов и другие потребители).

Магистральные схемы позволяют отказаться от применения громоздкого и дорогого распределительного устройства или щита на ТП. В этом случае возможно применение схемы блока трансформатор-магистраль, где в качестве питающей линии используются шинопроводы. Схемы, выполненные шинопроводами ШМА, не подвергаются переделке при перестановках оборудования и добавлении новых электроприемников в цехе в связи с изменениями технологии производства. С помощью нормально разомкнутых перемычек между магистралями разных ТП в местах их сближения можно обеспечить надежное питание потребителей 2-й и даже 1-й категории. Питающие магистрали подключаются к шинам шкафов КТП, специально сконструированным для магистральных схем. К питающим магистралям или при отсутствии их непосредственно к шинам КТП присоединяют распределительные магистрали, выполненные шинопроводами типа ШРА, к которым через автоматический выключатель или предохранитель подключаются электроприемники.

При проектировании следует, прежде всего, рассматривать применение схем блоков трансформатор-магистраль, по возможности без распределительных устройств напряжением до 1 кВ и без распределительных щитов. Только при наличии веских оснований можно допустить отказ от магистральных схем и применять радиальные схемы питания потребителей.

На практике наибольшее распространение находят смешанные схемы, сочетающие в себе элементы радиальных и магистральных схем. Смешанные схемы характерны для крупных цехов металлургических заводов, для литейных, кузнечных и механосборочных цехов машиностроительных заводов.

Питание электродвигателей передвижных цеховых подъемно-транспортных механизмов (кранов, кран-балок, тельферов) производится с помощью неизолированных проводников - троллеев. В зависимости от расчетной нагрузки троллейные линии питаются от щита ТП или от распределительного пункта, либо от магистрального или распределительного шинопровода. В начале или в конце ответвления к троллейной линии устанавливается рубильник или блок рубильник-предохранитель.

Для удобства эксплуатации при наличии двух и более кранов производится секционирование троллейных линий. Подвод питания лучше осуществлять к средней части секции троллея. Допустимо подводить питание к любой точке троллея, если это не противоречит условиям потери напряжения и рационально с точки зрения конструкции сети.

Конструктивно радиальные сети выполняются: а) изолированными проводами, продолженными открыто на изолирующих опорах по фермам перекрытий либо по колоннам цеха в высоте не менее 3,5 м; б) изолированными проводами в металлических трубах, проложенными по стенам цеха или в полу; в) кабелем, проложенным открыто по стенам цеха или каналах в полу. Распределительные пункты (шкафы) устанавливаются в местах, удобных для обслуживания, возможно ближе к центру нагрузок присоединяемых приемников. Конструктивно РП могут быть размещены на полу, у стен, колонн, на стенах, в нишах. Типы выпускаемых РП и шкафов приведены в справочниках и каталогах.

Магистральные сети могут быть выполнены магистральными шинопроводами типа ПГМА, проложенными на высоте не ниже 3,5 м, а также комплектными шинопроводами типа ШРА на высоте не ниже 2,5 м от уровня пола. Шинопроводы крепятся к стенам, колоннам, фермам или прокладываются на стойках.

Присоединение приемников к шинопроводу производится с помощью ответвлений, выполненных кабелями или проводами, проложенными в трубах. В головной части ответвления на шинопроводе устанавливаются ответвительные коробки с предохранителями или автоматическими выключателями. Распределительные шинопроводы подключаются к магистральным с помощью вводных коробок. При схемах блок трансформатор-магистраль магистральный токопровод может подключаться к трансформатору наглухо.

## **ЦЕХОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ**

### **Схемы цеховых трансформаторных подстанций**

Цеховые подстанции, питающие сеть НН, состоят из следующих обязательных частей: ввода (или вводов) высокого напряжения (ВН),



трансформатора (или трансформаторов), распределительного устройства низкого напряжения (НН).

Кроме этих частей, в состав подстанции могут входить распределительное устройство ВН (если к подстанции подключены приёмники ВН), конденсаторная батарея (если в цехе применяется централизованная компенсация реактивной мощности), вспомогательные устройства и подсобные помещения.

Число трансформаторов на цеховых подстанциях определяется соображениями приближения подстанций к центрам нагрузки и сокращения этим длины линий в сетях НН, надежности питания приемников. Оба требования могут решаться путем применения однострансформаторных подстанций, питающих замкнутую сеть НН или имеющих между собой нормально отключенные линии взаимного резервирования. Применение однострансформаторных комплектных подстанций, размещаемых в центрах нагрузок своих участков, позволяет добиться минимальных приведенных годовых затрат цеховых систем электроснабжения.

Ввод ВН в трансформаторные подстанции может осуществляться от радиальных или магистральных линий. В первом случае в конце линии не требуется коммутационных аппаратов, линия может наглухо соединяться с зажимами ВН трансформатора. Все коммутационные аппараты и защитные устройства блока «линия-трансформатор» находятся в начале линии (например, на ГПП предприятия). Для удобства проведения ремонтных работ и профилактических испытаний кабельных линий могут предусматриваться разъединители между кабелем и трансформатором. Для удобного заземления кабеля во время ремонтных работ разъединитель может снабжаться заземляющими ножами. Вместо заземляющих ножей разъединителя могут предусматриваться переносные заземления.

В случае подвода к подстанции магистральных линий в присоединении к трансформатору необходимо предусмотреть защитные и коммутационные аппараты. Коммутационные аппараты предусматриваются и в кабельной магистральной линии с обеих сторон присоединения.

Когда требуется отключение тока нагрузки со стороны ВН, вместо разъединителя применяется выключатель нагрузки.

Соединение трансформаторов со сборными шинами распределительного устройства НН может осуществляться следующим образом: без применения коммутационных аппаратов, если исключена подача напряжения на трансформатор со стороны НН, а отключение трансформатора в нормальных и в аварийных режимах производится аппаратами ВН; с применением неавтоматических аппаратов (например, рубильников), если на трансформатор не может подаваться напряжение со

стороны НН, то требуется ручное отключение нагрузки или ручное отделение трансформатора со стороны НН; с применением аппаратов защиты (плавких предохранителей или автоматических выключателей), если на трансформатор может быть подано напряжение со стороны НН.

Шины НН двухтрансформаторных подстанций секционированы. Если параллельная работа секций не предусматривается, то между секциями могут применяться неавтоматические аппараты. В противном случае между секциями необходимо предусмотреть защитные аппараты и, если требуется автоматическое включение резервного питания при аварии с одним трансформатором, автоматические выключатели с приводом включения.

Отходящие линии НН могут содержать неавтоматические выключатели с плавкими предохранителями, плавкие предохранители с механическим приводом (предохранители-рубильники и т.п.), резьбовые или другие вынимаемые предохранители без дополнительных аппаратов, неподвижные автоматические выключатели, автоматические выключатели на выдвигаемых или выкатных узлах.

### **Выбор подстанций и трансформаторов**

Выбор типа, мощности и других параметров подстанций, а также их расположение должны обуславливаться величиной и характером электрических нагрузок и размещением их на генеральном плане предприятия. При этом должны учитываться также архитектурно-строительные и эксплуатационные требования, конфигурация производственных помещений, расположение технологического оборудования, условия окружающей среды, охлаждения, пожарной и электрической безопасности.

Подстанции, как правило, должны проектироваться с учётом эксплуатации их без постоянного дежурного персонала с применением простейших устройств автоматики, сигнализации и т.п.

При проектировании надлежит предусматривать, как правило, применение комплектного электрооборудования напряжением до и выше 1000 В.

При выборе типов, схем и исполнении комплектных устройств следует исходить из экономии дорогих и дефицитных аппаратов и защит в соответствии с действительной необходимостью их применения на проектируемом объекте.

Комплектные распределительные устройства (КРУ) с выдвижными элементами следует применять:

– в наиболее сложных и ответственных установках, для потребителей I категории, где необходимо иметь быструю взаимозаменяемость выключателя и автомата;

– в электромашинных залах металлургических и химических предприятий, крупных компрессорных, насосных и кислородных станциях и других объектах аналогичного общепромышленного назначения.

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) и цеховые трансформаторы должны размещаться с наибольшим приближением к центру питаемой ими нагрузки, предпочтительно с некоторым смещением в сторону источника питания. При этом должны соблюдаться требования: минимума занимаемой полезной площади цеха, отсутствия помех производственному процессу, соблюдения электрической и пожарной безопасности.

В цехах с интенсивным движением транспорта, а также при насыщенности цеха оборудованием, готовыми изделиями и т. п. следует предусматривать ограждения КТП. Применять съёмные ограждения следует только перед фронтом управления аппаратами без проходов в пределах ограждения. Установку КТП мощностью 630 кВ·А и более следует предусматривать без крепления к полу.

Внутрицеховые подстанции должны применяться в многопролётных цехах большой ширины с расположением их преимущественно у колонн или возле постоянных внутрицеховых помещений так, чтобы не занимать площадей, обслуживаемых кранами. При шаге колонн, не достаточным для размещения между ними подстанции, допускается такое размещение их на площади цеха, при котором одна из колонн основного здания находится в пределах периметра помещения подстанций. При этом колонна должна быть рассчитана с пределом огнестойкости не менее 1,5 часа. При равномерном распределении и большой плотности нагрузки и при загруженности цеха технологическим оборудованием целесообразно выделять специальный пролёт для размещения приспособлений.

Транспортировка узлов электрооборудования подстанций (транспортных блоков КТП) должна предусматриваться по возможности с помощью кранов или других цеховых транспортных приспособлений.

При выдаче чертежей строительных зданий на помещения, в которые устанавливаются трансформаторы, комплектные устройства и другое крупноблочное электрооборудование, должны указываться нагрузки от наиболее тяжёлых частей этих устройств и места приложения этих нагрузок. Необходимо также указывать зоны передвижения этого электрооборудования при монтаже и эксплуатации.

Встроенные в цех или пристроенные к цеху закрытые трансформаторные подстанции или подстанции с открытой установкой трансформаторов возле наружной стены цеха должны предусматриваться, как правило, при недопустимости или затруднительности размещения внутрицеховых подстанций. Преимущественное применение должны найти цеховые КТП с наружной установкой трансформаторов возле цеха в случаях, когда этому не препятствуют требования архитектурного оформления цехов или обеспечения необходимых проездов и разрывов между зданиями, а также условия агрессивности среды.

В цехах с производствами категорий А, Б и В (по главе СНиП на проектирование производственных зданий промышленных предприятий) цеховые подстанции следует, как правило, размещать в специальных пролётах (коридорах), отделенных от производственных помещений негоряемыми стенами с пределом огнестойкости 1,5 часа и имеющих выход непосредственно наружу. В энергоёмких корпусах следует, как правило, предусматривать специальные пролёты для размещения электрооборудования подстанций.

Применение отдельно стоящих (внешних) цеховых подстанций должно ограничиваться следующими случаями:

– питание от одной подстанции нескольких цехов, если центр их нагрузок находится вне пределов этих цехов, а пристройка подстанций к одному из цехов или же сооружение самостоятельных подстанций в каждом цехе экономически не оправданы;

– полная невозможность размещения подстанций внутри цехов или у их наружных стен по соображениям производственного характера.

## **Цеховые троллейные сети**

### **Троллейные линии**

Питание двигателей нормальных мостовых кранов, кран-балок, тельферов и передаточных тележек производится от троллейных линий жёсткой конструкции, которые выполняются из стальных прокатных профилей с подпитки алюминиевой шиной или без неё, из алюминиевого сплава АДЗП, а также из закрытых комплектных троллейных шинопроводов.

Чаще всего при открытых троллейных линиях используются стальные уголки 50x50x5 и 63x63x5 без подпитки или с подпиточными алюминиевыми шинами сечением от 40x5 до 80x6 мм.

Для тяжёлых кранов, в том числе для мощных кранов с высоковольтными двигателями применяются более мощные прокатные профили: швеллер, двутавровая балка или рельс с подпиточными шинами большего сечения.

Троллеи из прокатных профилей закрепляются на специальных кронштейнах, которые, в свою очередь, крепятся к подкрановым балкам.

В производственных помещениях, не содержащих токопроводящую пыль, применяются также закрытые троллейные шинопроводы типа ШТА с алюминиевыми троллеями и ШТМ с медными троллеями.

Основные технические данные троллейных шинопроводов приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8. Основные технические данные троллейных шинопроводов

Показатели	ШТМ 73		ШТМ 72		ШТМ 75	
Номинальный ток, А	250	400	250	400	250	400
Номинальное напряжение, В	660	660	660	660	660	660
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	25	100	25	100	25	100
Номинальный ток токосъёмной каретки, А	25	100	25	100	25	100
То же спаренных кареток, А	50	200	50	200	50	200
Сопrotивление фазы, Ом/км:						
Активное	0,315	0,197	0,474	0,217	0,474	0,217
Индуктивное	0,180	0,120	0,150	0,170	0,150	0,170
Полное	0,360	0,230	0,496	0,254	0,496	0,254
Степень защиты	J P12	J P12	J P12	J P12	J P12	J P12
Климатическое исполнение	У3	У3	У3	У3	У3	У3

В зависимости от трассы троллейные линии комплектуются из различных прямых и угловых секций. Каждая секция шинопровода представляет собой стальной короб, имеющий снизу сплошную щель. Внутри короба в пазах изоляторов установлены троллеи.

Соединение секций между собой осуществляется муфтами. Для секционирования троллей применяется разъединительная секция, в середине которой троллеи имеют воздушный разрыв.

Компенсация температурных расширений производится в компенсационных секциях, которые устанавливаются через 25 м для шинопроводов 250 А и 50 м для шинопроводов 400 А, а также между разделительными и угловыми секциями.

Питание токоприёмников осуществляется токосъёмными каретками, передвигающимися по направляющим полкам вдоль щели короба.

Для контроля напряжения на троллейных линиях устанавливаются светофоры. Расстояние между светофорами принимается не более 60 м по трассе троллей. Номенклатура элементов троллейных шинопроводов приведена в табл. 1.9.

Таблица 1.9. Номенклатура элементов троллейных шинопроводов

Наименование	ШТМ 73, 250А	ШТМ 75, 250А	ШТМ 72, 400А	ШТМ 75, 400А
1	2	3	4	5
Секции прямые				
$L = 750$ мм	У230I	У260I	–	–
$L = 3000$ мм	У2304	У2604	У220I	У2704
$L = 6000$ мм	У2305	У2605	У2209	У2705
Секции угловые				
Радиус 1000 мм, угол 45°	У23II	У26II	–	–
” 1000 мм, ” 90°	У23I2	У26I2	–	–
” 1200 мм, ” 45°	У23I3	У26I3	–	–
” 1200 мм, ” 90°	У23I4	У26I4	–	–
” 1400 мм, ” 45°	У23I5	У26I5	–	–
” 1400 мм, ” 90°	У23I6	У26I6	–	–
” 1600 мм, ” 45°	У23I7	У26I7	–	–
” 1600 мм, ” 90°	У23I8	У26I8	–	–
” 1800 мм, ” 45°	У23I9	У26I9	–	–
” 1800 мм, ” 90°	У23I0	У26I0	–	–
Комплект для подключения питания	У2323	У2623	У2207	У27II
Секции				
разъединительные	У2325	У2625	У22I5	У27I5
для ввода каретки	У2307	У2607	У2204	У2707
концевая	У2306	У2606	У2206	У2706

компенсационная	У2326	У2626	У22I4	У27I4
каретка токосъёмная	У2328	У2628	У22II	У27II
светофор троллейный	У2329	У2629	У22I8	У27I8
<b>Кронштейны</b>				
для крепления шинопровода на двухтавровой балке	К775	К775	У222I	У222I

Окончание табл. 1.9

для крепления шинопровода на стенах, колоннах и железобетонных подкрановых балках	К777	К777	–	–
для крепления шинопровода на металлических подкрановых балках	К78	К78	У2220	У2220
промежуточная подвеска	К780	К780	У2223	У2223

Шинопроводы крепятся на двухтавровых балках путей подвесных кранов, кран-балок, тельферов, на металлических и ж/б подкрановых балках, на стенах и колоннах при помощи специальных кронштейнов. Расстояние между точками крепления не более 3000 мм.

Вместо троллей при небольшой длине подкрановых путей и небольшой мощности мостовых кранов, кран-балок или тельферов, а также во взрывоопасных зонах подвод питания может осуществляться при помощи гибкого кабеля, подвешенного на тросе или на специальных каретках, перемещающихся по стальным направляющим.

### **Питание подъёмно-транспортных устройств**

Питание устанавливаемых в цехах промышленных предприятий подъёмно-транспортных устройств (ПТУ): мостовых кранов, кран-балок, передаточных тележек, электрических талей и т. п. осуществляется, как правило, от внутрицеховых питающих электрических сетей общего назначения 380/220 В переменного тока через открытые главные троллеи, троллейные и монотроллейные шинопроводы или с помощью гибких кабелей. Открытые главные троллеи следует применять: для питания ПТУ,

работающих с жидким или горючим металлом, в помещениях, содержащих токопроводящую пыль, в производственных помещениях с температурой окружающей среды в зоне прохождения троллеев выше 40 °С, во всех других помещениях.

Троллейные и монотроллейные шинопроводы рекомендуется применять для питания ПТУ, имеющих скорость передвижения менее 1 м/с и грузоподъёмность до 50 т: в производственных помещениях с нормальной средой, кроме особо сырых, в помещениях с улучшенной отделкой, в электротехнических помещениях, в сборочных цехах для питания передвижного электроинструмента (только троллейные шинопроводы). Допускается применение троллейных и монотроллейных шинопроводов, если это предусмотрено ТУ, в пожароопасных зонах классов П-Па и П-Пб, в производственных помещениях с пыльной средой, в наружных установках (под навесом).

В производственных или других помещениях, когда применение открытых главных троллей недопустимо из-за повышенной опасности поражения электрическим током или по условиям стесненности, могут быть применены троллейные и монотроллейные шинопроводы при условиях, отличающихся от указанных выше, при предварительном согласовании с организацией-разработчиком теплопровода.

Питание гибким кабелем рекомендуется применять для одиночных редко работающих ПТУ с расчётными токами до 100 А и с ограниченной длиной перемещения (до 40 метров), а также во взрывоопасных пожароопасных зонах.

Выбор сечения главных троллеев, гибких, кабельных троллейных и монотроллейных шинопроводов производится по расчётному току с учётом допустимых потерь напряжения.

Расчётная мощность одного ПТУ принимается равной сумме номинальных мощностей двух наиболее мощных электроприводов, приведённых к ПВ = 1:

$$P_p = P_{H1} \sqrt{ПВ1} + P_{H2} \sqrt{ПВ2} , \quad (1.45)$$

где  $P_{H1}$ ,  $P_{H2}$  – номинальные мощности двух наиболее мощных электроприводов при паспортной продолжительности включения  $P_{H1}$  и  $P_{H2}$ .

Расчётный ток одного ПТУ



$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_H \cos\varphi}, \quad (1.46)$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение сети;  $\cos\varphi$  - принимается равным 0,6 для двигателей с фазным ротором и 0,7 – для короткозамкнутых.

Расчётная мощность нескольких ПТУ, подключённых к главным троллеям, к троллейному или монотроллейному шинопроводу, определяется согласно указаниям по расчёту электрических нагрузок.

Определение потерь напряжения выполняется при типовом токе. Расчётное значение типового тока группы электродвигателей определяется как сумма пускового тока наибольшего электродвигателя группы и расчётного тока всех остальных электродвигателей группы. При отсутствии заводских данных следует принимать кратность пускового тока двигателя с фазным ротором – 2,5, короткозамкнутого двигателя – 6, двигателя постоянного тока – 2,5.

Допустимое значение потерь напряжения на зажимах крановых двигателей должны быть не более 15 % номинального напряжения. Для ориентировочных расчётов допускается принимать одинаковую допустимую потерю напряжения 5 % в питающей сети, главных троллеях и в пределах крана.

Токосъёмник ПТУ, питающийся от троллейного шинопровода, выбирается по расчётному току двух наиболее мощных электродвигателей ПТУ.

Токосъёмник ПТУ, питающийся от открытых главных троллеев, поставляется комплектно с ПТУ.

Допускается параллельная работа двух токосъёмников для одного ПТУ.

Схема троллеев и их конструктивное исполнение принимаются в зависимости от числа ПТУ, режимов их работы, значений расчётных токов и потерь напряжения, количества вводов питания и протяженности крановых пролётов.

При проектировании троллейных линий рекомендуется руководствоваться следующими положениями.

При одном ПТУ и незначительной длине пролёта, как правило, следует применять не секционированную троллейную мощность ремонтных участков с одним вводом питания. При необходимости снижения потерь напряжения следует выполнить индукционную подпитку с помощью алюминиевой шины, прокладываемой параллельно с главными троллеями.

При одном ПТУ и значительной длине пролёта, когда выполнение индукционной подпитки не обеспечивает требуемое снижения потерь

напряжения, следует секционировать троллейную линию, при этом количество вводов питания должно соответствовать числу секций.

При двух ПТУ и незначительной длине пролёта может быть принята несекционированная троллейная линия с двумя ремонтными участками в торцах, с одним вводом питания. При необходимости может быть выполнена индукционная подпитка.

При двух ПТУ и значительной длине пролёта рекомендуется принимать секционированную (в середине пролёта) троллейную линию с двумя ремонтными участками в торцах, с двумя вводами питания. При недостаточности индукционной подпитки следует рассмотреть целесообразность увеличения числа секций троллейной линии.

При трёх ПТУ рекомендуется выполнять секционированную троллейную линию с тремя ремонтными участками (в торцах и середине), с двумя вводами питания. При недостаточности индукционной подпитки может быть увеличено число секций троллейной линии.

При питании ответственных ПТУ, например, работающих с жидким металлом, следует независимо от числа ПТУ секционировать главные троллеи, а вводные линии выполнить взаиморезервируемыми и рассчитанными на питание всех ответственных ПТУ.

На вводах питания рекомендуется устанавливать автоматические выключатели, на ремонтных участках – рубильники. Для секционирования главных троллеев могут быть применены автоматические выключатели или рубильники.

Главные троллеи, как правило, следует выполнять из стального уголка, прокладываемого на тролледержателях. На проложенных троллейных линиях следует через каждые 30 – 40 м, а также в местах температурных швов здания устанавливать температурные компенсаторы.

Для сигнализации наличия напряжения на троллеях следует устанавливать светофоры. Светофоры устанавливаются через каждые 60 - 80 м на рабочих секциях и на каждом ремонтном участке.

Питание главных троллеев, троллейных и монотроллейных шинопроводов с расчётным шагом порядка 100 А и более рекомендуется осуществлять радиальными кабельными линиями от цеховых ТП или магистральных шинопроводов.

Питание ПТУ меньшей мощности может быть также выполнено и от вторичных РУ до 1 кВ и распределительных шинопроводов.

Питание напольных тележек рекомендуется выполнять с помощью троллейных шинопроводов, размещаемых в небольших каналах с частично съёмным перекрытием, снимаемым во время ремонта троллеев. Ширину щели следует принимать не более 70 мм.

Питание электрических талей грузоподъемностью 10 т и однорельсовых тележек с кабиной грузоподъемности 2 – 10 т может осуществляться как от открытых троллеев, так и от троллейных шинопроводов. Электрические тали меньшей грузоподъемности получают питание от троллейных шинопроводов. При изогнутых монорельсах троллейные шинопроводы не применяются.

В обоснованных случаях питания ПТУ может выполняться на напряжении 220 В выпрямленным током от специально устанавливаемых выпрямительных статистических преобразовательных устройств.

Питание электропривода главного подъема мостового крана значительной грузоподъемности (порядка 300 т) рекомендуется осуществлять от стационарно установленного тиристорного преобразователя по специальной троллейной линии, прокладываемой на стороне пролёта, противоположной главным троллеям.

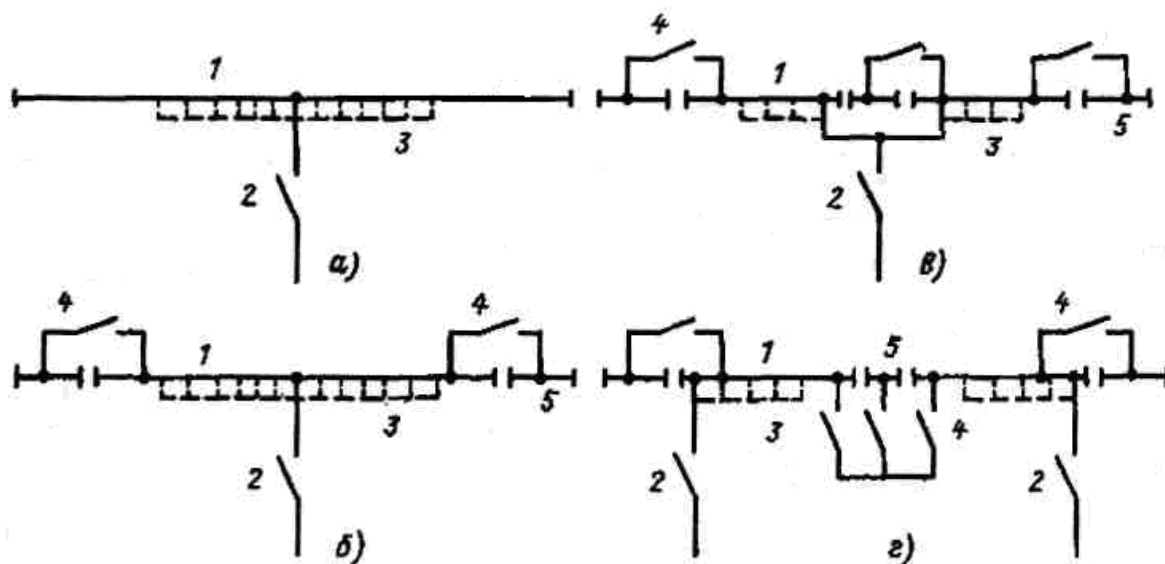


Рис. 1.1. Схемы питания и секционирования троллейных линий:

а — для одного крана; б — для двух кранов; в — для трех и более

кранов; г — секционирование с питанием от двух источников и взаимным резервированием; 1 — троллейная линия; 2 — выключатель; 3 — подпитка;

4 — секционный выключатель; 5 — ремонтная секция

При протяженной троллейной линии, питающей несколько мощных кранов с тяжелым режимом работы, рекомендуется применять схему питания троллея по рисунку 1.1. Если же и такая схема не обеспечивает требуемый уровень напряжения троллейной линии, то допускается применение троллея из швеллерных или двутавровых балок с безындукционной подпиткой. Типы троллейных секций приведены в таблице 1.10.

Допускается применять троллейные шинопроводы в пожароопасных зонах классов П-Па и П-Ш при условии, что шинопроводы не должны располагаться над местами скопления горючих материалов. Троллейные шинопроводы имеют более высокую степень промышленной готовности, чем другие троллейные конструкции. Если по характеристике среды (пожароопасная, взрывоопасная) не могут быть применены троллейные линии из угловой стали или троллейные шинопроводы, подвод питания к крановым установкам должен осуществляться гибким шланговым кабелем. При большой протяженности крановых путей и мощных кранах гибкий кабель крепится на каретках, перемещающихся по специально проложенному вдоль подкранового пути монорельсу (рисунок 1.2, б). Гибкий шланговый кабель упрощенной конструкции на скобах, передвигающихся по стальному тросу (рисунок 1.2, а), как простое и дешевое устройство должен применяться в любых средах, кроме взрывоопасных, для всех кранов, кран-балок и передаточных тележек при длине подкранового пути 36—42 м, если этому не препятствуют условия и строительные конструкции.

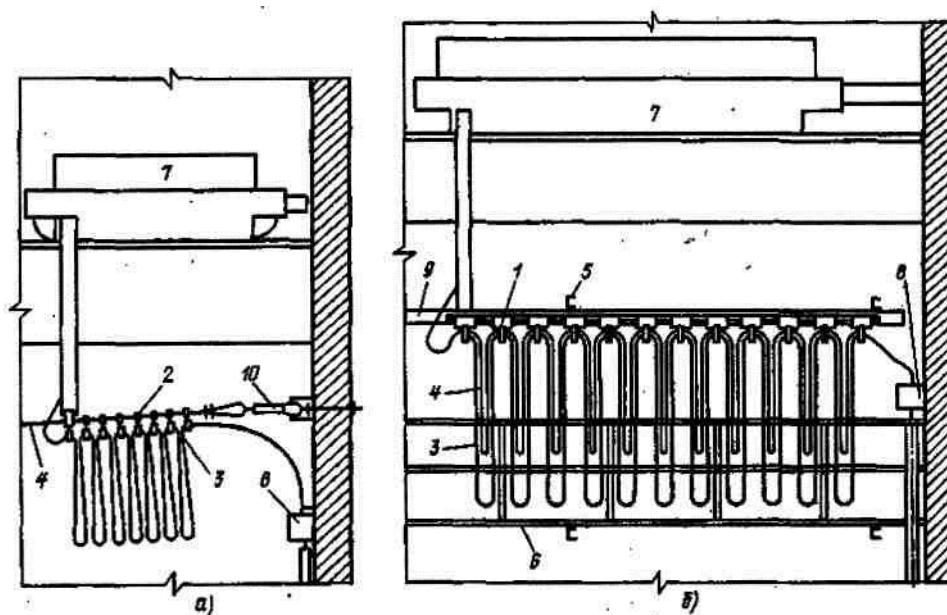


Рис. 4.2. Питание передвижных механизмов гибким кабелем:  
а—на подвижных скобах; б — на каретках; 1 — каретка; 2 — скобы для подвески кабеля; 3 — кабель гибкий марки КРПТ; 4 — струна;  
5 — консоль; 6 — площадка обслуживания кабеля; 7 — кран;  
8 — вводная коробка; 9 — балка двутавровая; 10 — натяжная муфта

## Расчёт троллейных линий

Если в пролёте имеются два крана и более, то цеховые троллеи должны иметь ремонтные участки, изолированные от главных троллей при помощи изолированных стыков, в качестве которых обычно принимают воздушные зазоры, соединённые с ними посредством разъединяющих аппаратов таким образом, чтобы во время нормальной работы эти участки могли быть включены под напряжение, а при остановке кранов на ремонт надёжно отключены.

Число ремонтных участков должно соответствовать числу кранов в пролёте.

При большой мощности кранов и при длинных пролётах применяют секционирование троллейных линий с питанием от двух источников.

Троллеи и подводящие провода выбираются по нагреву и проверяются на потерю напряжения.

Троллейные линии защищаются только от токов короткого замыкания.

Ток, потребляемый группой крановых двигателей  $I_p$ , А, при напряжении 380 В может быть найден приближенно по формуле

$$I_p = K_1 P_3 + K_2 P_n, \quad (1.47)$$

где  $P_3$  – суммарная мощность трёх наибольших двигателей при ПВ = 25 %, кВт;  $P_n$  – суммарная мощность всех двигателей в группе, кВт;  $K_1$  – коэффициент, равный 0,6 для кранов легкого и среднего режима и 0,9 – для кранов тяжёлого и весьма тяжёлого режима;  $K_2$  – коэффициент, равный 0,18 для кранов легкого режима; 0,27 – среднего режима; 0,33 – тяжёлого режима; 0,54 – весьма тяжёлого режима работы.

Найденный таким образом рабочий ток не должен превышать длительно допустимый для питающих проводов и троллейных линий. При расчёте потерь напряжения для группы двигателей обычно принимают, что пускается один наибольший двигатель в группе, а остальные двигатели потребляют нормальный рабочий ток.

При кратности пускового тока наибольшего двигателя  $K_{II} = I_{\text{пуск}}/I_H$  максимальный ток группы, по которому производится расчёт на потерю напряжения, будет

$$I_{\text{max}} = I_p + (K_{II} - 1) I_H,$$

где  $I_p$  – рабочий ток группы двигателей, А;  $I_n$  – номинальный ток наибольшего двигателя, А.

Допускается следующая потеря напряжения в силовых сетях подъёмно-транспортных машин:

3 % – в нормальных условиях (установившийся режим);

12 % – при редко работающих устройствах (установившийся режим);

10 % – при частных пусках;

15 % – при редких пусках.

Потерю напряжения в стальных троллеях определяют с учётом как активного, так и реактивного сопротивления.

## **ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ**

### **Основные рекомендации по выбору напряжения**

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удалённости от источника питания, напряжения источника питания (особенно для небольших и средних предприятий), количество и единичной мощности электроприёмников (электродвигатели, электропечи, преобразователи и др.)

Напряжения 10 и 6 кВ применяются в питающих и распределительных сетях небольших и средних предприятий и на второй и последующих ступенях распределительных сетей крупных предприятий.

Напряжение 6 кВ может применяться в исключительных случаях, например:

1) при преобладании на проектируемом предприятии электроприёмников 6 кВ (в частности, электродвигателей), а также исходя из условий их постановки (в соответствии с требованиями технологии или при комплектной поставке с производственным оборудованием);

2) при напряжении генераторов заводской ТЭЦ 6 кВ, особенно когда от неё питается значительная часть электроприёмников предприятия.

При применении напряжении 660 В следует принимать во внимание следующее:

– перевод питания электроприёмников с 380 на 660 В снижает затраты на сооружение низковольтной кабельной сети примерно на 30 % и сокращает потери электроэнергии в этой сети в 1,3–1,4 раза;

– внедрение напряжения 660 В обеспечивает снижение капитальных затрат относительно общей стоимости электроустановок

(электрооборудования и электромонтажных работ) строящегося предприятия на 0,5–15 %;

– эффективность при внедрении напряжения 660 В тем выше, чем больше доля электроприёмников 380 В в общем составе устанавливаемых электроприёмников. Например, для прокатного широкополосного стана, где преобладающую часть устанавливаемых электроприёмников составляют тиристорные электроприводы и электродвигатели 6–10 кВ, применение напряжения 660 В обеспечивает эффективность около 0,5 %, для кислородно-конвертерного цеха 1,5 %.

Для предприятий нефтехимии, где в основном устанавливаются электродвигатели 380 В, внедрение напряжения 660 В обеспечивает эффективность в пределах 10–15 %;

– эффективность внедрения напряжения 660 В прямо пропорциональна протяжённости питающей и распределительной низковольтной сети;

– при мощности устанавливаемых на предприятии электродвигателей преимущественно до 10 кВт эффективность внедрения напряжения 660 В незначительна.

В целях более широкого внедрения напряжения 660 В при проектировании электроустановок промышленных предприятий рекомендуется:

1. Применять в первую очередь напряжение 660 В для вновь строящихся промышленных объектов, характеризующихся следующими признаками:

– основную часть электроприёмников составляют низковольтные электродвигатели переменного тока нерегулируемые мощностью выше 10 кВт;

– технологические механизмы поставляются комплектно с электродвигателями, а заказ пускорегулирующей аппаратуры производится согласно разрабатываемому проекту;

– длины кабелей питающей и распределительной сети низкого напряжения имеют большую протяжённость. К таким объектам могут быть отнесены предприятия химии, нефтехимии, лесотехнические комплексы, системы водоснабжения.

2. Когда целесообразность применения напряжения 660 В (см. п. 1) не столь очевидна, необходимо выбор напряжения низковольтной сети производить на основании технико-экономических расчётов. При эффективности более 5 % следует применять напряжение 660 В. Наиболее целесообразно сочетание напряжения 660 В с первичным напряжением 10 кВ.

3. Питание единичных электродвигателей мощностью 250–500 кВт следует выполнять, как правило, непосредственно на напряжении 10 кВ или от индивидуальных или групповых понизительных трансформаторов 10/6 кВ. При значительном количестве электродвигателей 6 кВ следует рассматривать возможность их питания от трансформаторов с обмотками напряжением 110–220/6/10 кВ.

4. Технологическое оборудование, комплектуемое в настоящее время электрооборудованием и системами управления на напряжение 380 В (станки, агрегаты, автоматические линии, прессы, термическое и сварочное оборудование, краны и т.п.), может быть переведено на напряжение 660 В после получения соответствующего подтверждения от заводов-поставщиков.

5. На напряжение 660 В не переводятся:

- осветительные установки, выполненные люминесцентными светильниками и лампами накаливания;
- тиристорные преобразователи электроприводов, питаемые на напряжении 380 В;
- установки КИП, средства автоматизации, исполнительные механизмы, электродвигатели до 0,4 кВт.

Питание этих электроприёмников должно осуществляться от трансформаторов 10/0,4 кВ.

6. Установки 660 В следует применять с глухозаземлённой нейтралью.

7. Цепи управления электродвигателями нужно принимать на напряжение 220 В с питанием от индивидуальных понизительных трансформаторов 660/220 В.

8. При рассмотрении целесообразности применения напряжения 660 В для реконструируемых объектов необходимо оценивать возможности действующего предприятия по ремонту и резервированию электрооборудования 660 В;

напряжение не выше 42 В (36 или 24 В) применяется в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, для стационарного местного освещения и ручных переносных ламп;

напряжение 12 В применяется только при особо неблагоприятных условиях в отношении опасности поражения электрическим током, например, при работе в котлах или других металлических резервуарах с использованием ручных переносных светильников

## **ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ**

### **Общие положения**



В силовых сетях сечения проводников выбираются по расчетному току соответствующего участка сети по таблицам длительно допустимых токовых нагрузок и проверяются по уставкам защитных аппаратов. В необходимых случаях выбранные сечения должны быть проверены по потере напряжения и по экономической плотности тока.

Проверке по экономической плотности тока не подлежат:

- сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки предприятия до 4000 - 5000;
- ответвления к отдельным электроприемщикам напряжением до 1000 В, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий, проверенные по потере напряжения;
- сборные шины электроустановок всех напряжений;
- проводники, идущие к сопротивлениям, пусковым реостатам и т.д.;
- сети временных сооружений, а также устройства с малым сроком службы (3–5 лет).

В осветительных сетях сечения проводников определяются расчетом сети по потере напряжения и должны быть проверены по нагреву в соответствии с таблицами длительно допустимых токовых нагрузок и уставок защитных аппаратов.

Допускаемая нагрузка (пропускная способность) проводников, за исключением ответвлений к короткозамкнутым двигателям, должна быть не менее 100 % расчетного тока соответствующего участка сети.

Ответвления к короткозамкнутым двигателям должны иметь пропускную способность не менее:

- в невзрывоопасных помещениях – 100 % номинального тока электродвигателя;
- во взрывоопасных помещениях – 125 % номинального тока электродвигателя.

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях следует выбирать, по возможности, минимальными, но таким образом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, токи технологических нагрузок, токи при самозапуске и т.п.).

Наибольшие допустимые кратности токов защитных аппаратов по отношению к длительной нагрузке проводников определяются в зависимости:

- от требований к сети с точки зрения защиты ее от перегрузок;
- от характера защиты (типа защитного аппарата);

- от рода изоляции проводников.

Для ответвлений к приемникам повторно-кратковременного режима работы предельные кратности относятся к допустимым длительным нагрузкам проводников, а не к нагрузкам, пересчитанным по ПВ.

Если пропускная способность проводников, меньше требуемой по отношению к защитному аппарату, сечение проводников должно быть увеличено.

### **Выбор сечений проводников по нагреву**

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели электропроводок приняты в соответствии с допустимыми температурами нагрева проводников и температурой окружающей среды, приведенными в табл. 1.6.

Для кабелей, проложенных в земле, допустимые нагрузки приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7–1,0 м не более одного кабеля при удельном сопротивлении земли 120 тепловых Ом.

Для кабелей, проложенных в воздухе, допустимые нагрузки даны для расстояний в свету между кабелями при прокладке их внутри и вне зданий и в туннелях не менее 50 мм при любом числе проложенных кабелей.

При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токовые нагрузки должны быть уменьшены путем введения коэффициентов. При этом не должны учитываться резервные кабели. Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями в свету между ними менее 100 мм не рекомендуется.

При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токовые нагрузки должны быть уменьшены путем введения коэффициентов. При этом не должны учитываться резервные кабели. Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями в свету между ними менее 100 мм не рекомендуется.

При смешанной прокладке кабелей допустимые нагрузки должны определяться для участка трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина его более 10 м.

При определении числа проводов, прокладываемых в одной трубе, или числа жил кабеля нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехфазного тока в расчет не принимается.

### **Выбор сечений проводников по потере напряжения**

Понижение напряжения на зажимах силовых электроприемников при нормальном режиме их работы допускается согласно ПУЭ не более 5 % номинального. Поэтому электрические сети после расчета по нагреву

проверяют по потерям напряжения. При большой длине этот расчет является определяющим для выбора сечения проводников.

Потери напряжения  $\Delta U$  в сети трехфазного тока определяют по формулам:

$$\begin{aligned} & \text{- в вольтах} & \Delta U &= \sqrt{3} \cdot J \cdot l (R \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi); \\ & \text{- в процентах} & \Delta U &= \frac{\sqrt{3} \cdot J \cdot l (R \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} \cdot 100, \end{aligned}$$

где  $J$  – сила тока в сети, А;  $l$  – длина сети в одну сторону, км;  $R$  – активное сопротивление проводников сети, Ом/км;  $x$  – индуктивное сопротивление, Ом/км;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности нагрузки.

Последнюю формулу можно упростить, если потери напряжения (в % на  $l$  км) обозначить через коэффициент

$$K = \frac{\sqrt{3} (R \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

тогда  $\Delta U = K \cdot J \cdot l$

Значение этого коэффициента для трехфазной сети напряжением 380 В, выполненной из проводов, уложенных в трубы, или из кабелей, приведено в табл. 1.10, а при открытой прокладке проводов в табл. 1.11.

Потеря напряжения в линии при заданном сечении проводов и кабелей из цветных металлов определяется по формуле

$$\Delta U = \Delta U_{\text{табл}} \cdot M_a,$$

где  $M_a$  – сумма произведений активных нагрузок на длины участков линии;  $\Delta U_{\text{табл}}$  – табличное значение удельной величины потери напряжения в процентах на 1 кВт км.

Сечение проводов по заданной величине потери напряжения определяется следующим образом. Находится расчетное значение  $\Delta U_{\text{л}}$  по формуле

$$\Delta U_{\text{табл}} \leq \frac{\Delta U_{\text{л}}}{M_a}$$

и подбирается сечение провода с ближайшим меньшим значением удельной потери напряжения.

Таблица 1.10. Значение коэффициента для трехфазной сети напряжением 380 В, выполненной из проводов, уложенных в трубы или из кабелей

Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Значение $K$ , %, при $\cos\varphi$							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Медные жилы								
4	0,69	0,93	1,06	1,37	1,59	1,81	2,03	2,23
6	0,48	0,63	0,78	0,93	1,07	1,22	1,36	1,48
10	0,30	0,39	0,48	0,57	0,65	0,74	0,82	0,89
16	0,20	0,26	0,31	0,36	0,41	0,47	0,52	0,56
25	0,14	0,17	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,38
35	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26

Продолжение табл. 1.10

50	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,175	0,18
70	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13
95	0,06	0,07	0,08	0,085	0,09	0,095	0,10	0,095
120	0,05	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,08	0,075
Алюминиевые жилы								
4	1,18	1,58	1,94	2,31	2,69	30,6	3,44	3,8
6	0,8	1,05	1,3	1,55	1,8	2,09	2,3	2,53
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,48	0,64	0,77	0,94	1,09	1,23	1,38	1,51
16	0,32	0,41	0,5	0,6	0,69	0,78	0,87	0,98
25	0,205	0,275	0,33	0,39	0,45	0,505	0,56	0,6
35	0,16	0,205	0,245	0,285	0,33	0,37	0,405	0,43
50	0,12	0,15	0,18	0,22	0,235	0,26	0,285	0,3
70	0,095	0,12	0,14	0,165	0,175	0,19	0,21	0,22
95	0,08	0,09	0,105	0,125	0,135	0,145	0,165	0,16
120	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,13

Таблица 1.11. Значение коэффициента для трехфазной сети напряжением 380 В, выполненной из проводов, открыто проложенных по одной прямой на расстоянии 150 мм друг от друга

Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Значение $K$ , %, при $\cos\varphi$							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Медные провода								
16	0,29	0,34	0,39	0,435	0,48	0,52	0,55	0,545
25	0,22	0,255	0,285	0,31	0,335	0,355	0,37	0,35
35	0,19	0,21	0,23	0,25	0,265	0,275	0,28	0,25
50	0,165	0,18	0,19	0,2	0,205	0,21	0,21	0,175
70	0,145	0,15	0,16	0,165	0,170	0,17	0,16	0,125
95	0,13	0,135	0,14	0,14	0,135	0,136	0,13	0,09
120	0,12	0,125	0,13	0,13	0,125	0,12	0,11	0,07
150	0,11	0,115	0,12	0,12	0,115	0,11	0,095	0,06
Алюминиевые провода								
16	0,41	0,5	0,59	0,675	0,78	0,84	0,01	0,98

Продолжение табл. 1.11

25	0,3	0,36	0,41	0,465	0,515	0,56	0,6	0,605
35	0,245	0,285	0,32	0,36	0,398	0,42	0,44	0,435
50	0,2	0,23	0,25	0,275	0,295	0,31	0,32	0,3
70	0,17	0,19	0,205	0,22	0,23	0,24	0,245	0,215
95	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,195	0,19	0,16
120	0,14	0,15	0,155	0,16	0,16	0,16	0,16	0,13
150	0,125	0,135	0,14	0,14	0,14	0,14	0,135	0,1

### **ВЫБОР КОММУТАЦИОННОЙ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ (ШКАФОВ)**

К коммутационным аппаратам относятся рубильники, контакторы и магнитные пускатели. Они различаются по способу управления (ручные и дистанционные), назначению и исполнению.

Аппараты ручного управления (рубильники, переключатели, пакетные выключатели, пусковые ящики) применяются при небольшом количестве включений в час, если не требуется дистанционное или автоматическое включение.

Аппараты дистанционного управления (контакторы и магнитные пускатели) применяются в схеме автоматического управления двигателями.

По исполнению аппараты подразделяются на открытые, защищенные, закрытые и взрывобезопасные.

Аппарат выбирают по роду тока, напряжению, мощности или току приемника, способу управления, исполнению. При выборе необходимо, чтобы технические данные выбираемого аппарата соответствовали расчетным величинам тока или мощности той электрической цепи, в которой он устанавливается.

К *защитным аппаратам* относятся автоматические выключатели и плавкие предохранители.

**Автоматические выключатели (автоматы)** предназначены для автоматического отключения электрических цепей при к.з. или ненормальных режимах (перегрузках, снижении или исчезновении напряжения), а также для нечастого включения и отключения токов нагрузки. Отключение выключателя при к.з. и перегрузках выполняется встроенным в выключатель автоматическим устройством - расцепителем. Выключатель может иметь комбинированный расцепитель (электромагнитный и тепловой) или только электромагнитный, отключающий ток к.з. Номинальный ток расцепителя  $I_{nr}$  может отличаться от номинального тока выключателя, поскольку в выключатель могут быть встроены расцепители с меньшим номинальным током.

Автоматические выключатели могут иметь следующие защитные характеристики:

- зависимую от тока характеристику времени срабатывания; такие выключатели имеют только тепловой расцепитель; применяются редко вследствие недостаточной ПКС и быстродействия;

- независимую от тока характеристику времени срабатывания; такие выключатели имеют только токовую отсечку, выполненную с помощью электромагнитного или полупроводникового расцепителя, действующего без выдержки или с выдержкой времени;

- ограниченно зависимую от тока двухступенчатую характеристику времени срабатывания; в зоне перегрузки выключатель отключается с зависимой от тока выдержкой времени, а в зоне токов к.з. выключатель отключается токовой отсечкой с независимой от тока заранее установленной выдержкой времени (для селективных выключателей) или без выдержки времени (для неселективных выключателей); выключатель имеет либо тепловой и электромагнитный (комбинированный) расцепитель, либо полупроводниковый расцепитель;

- трехступенчатую защитную характеристику, при которой выключатель отключается в зоне токов перегрузки с зависимой от тока выдержкой времени; в зоне токов к.з. — независимой, заранее установленной выдержкой времени (зона селективной отсечки), а при близких к.з. — без выдержки времени (зона мгновенного срабатывания). Зона мгновенного

срабатывания предназначена для уменьшения длительности воздействия токов при близких к.з. Такие выключатели имеют полупроводниковый расцепитель и применяются для защиты вводов и отходящих линий на шинах НН КТП.

Для выключателя с полупроводниковым расцепителем серии БПР характеристика защиты – ограниченно зависимая, а для селективных выключателей – трехступенчатая. Для выключателя с комбинированным расцепителем – ограниченно зависимая, а для выключателя тока с электромагнитным расцепителем – независимая.

Выбирают выключатели из условий нормального режима: номинальное напряжение выключателя должно соответствовать номинальному напряжению сети; соответствия номинального тока расцепителя расчетному току электроприемника или группы ЭП (для сборок и щитов) в длительном режиме. Затем намеченные к выбору выключатели проверяют по условиям стойкости к токам к.з.

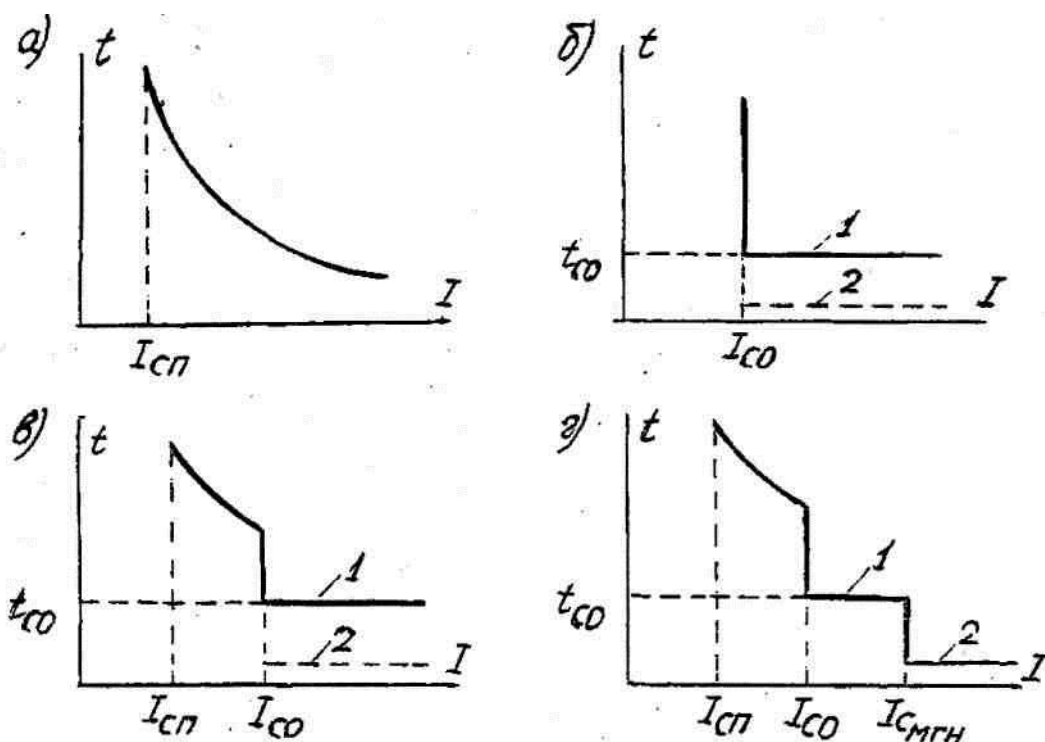


Рис. 1.3. Защитные характеристики автоматических выключателей:

- а) зависимая; б) независимая; в) ограниченно зависимая; г) трехступенчатая 1 - с выдержкой времени при к.з.; 2 - без выдержки времени при к.з.

Предельной коммутационной способностью (ПКС) выключателя называют максимальное значение тока к.з., которое выключатель способен

включить и отключить несколько раз, оставаясь в исправном состоянии. ПКС выключателя должна быть не менее значения тока к.з. в месте его установки.

*Электродинамическая стойкость* характеризуется амплитудой ударного тока к.з., который способен пропустить выключатель без остаточных деформаций деталей. Если значение электродинамической стойкости в каталоге не приводится, то это означает, что стойкость выключателя определяется его ПКС.

*Термическая стойкость* задается величиной, измеряемой в  $\text{kA}^2/\text{с}$ . Если термическая стойкость в каталоге отсутствует, то это означает, что выключатель является термически стойким при всех временах отключения, определяемых его защитной характеристикой. Полное время отключения выключателя - время срабатывания расцепителей, механизма выключателя, расхождения силовых контактов и окончания гашения дуги (используется при проверке селективности защиты).

Выключатель должен обеспечивать *условие селективности* между последовательно включенными автоматами, что достигается применением селективных выключателей, имеющих выдержку времени при срабатывании отсечки. Селективность автоматов проверяется сопоставлением их характеристик на карте селективности. Характеристики не должны накладываться или пересекаться. Следует стремиться к схемам сетей с одной ступенью селективности, например, выключатель питания двигателя - неселективный, выключатель питания сборки, от которой питается двигатель, - селективный.

***Плавкие предохранители*** применяют в основном для защиты электроприемников и электрических сетей от токов короткого замыкания и частично от чрезмерной перегрузки. Правильно выбранные плавкие вставки предохранителей выдерживают токи на 30– 50% выше номинальных в течение одного часа и более. При токах к.з. плавкая вставка расплавляется мгновенно, размыкая электрическую цепь. В промышленности применяются безынерционные - с малой тепловой инерцией, т.е. с ограниченной способностью к перегрузкам - это предохранители типа ПН-2, ПР-2, НПН, ПРС. Условия выбора предохранителя: номинальный ток отключения предохранителя должен быть не менее максимального тока к.з. в месте установки. Номинальное напряжение предохранителя должно соответствовать номинальному напряжению сети.

***Контакторы и магнитные пускатели*** служат для управления работой ЭД станков, вентиляторов, кранов и других ЭП. Они предназначены для частых включений и отключений под нагрузкой силовых цепей. Контакторы не защищают электрические цепи от ненормальных режимов, поскольку у них отсутствуют защитные элементы.

Контакторы серии КТ 6000 следует применять только для управления ЭД ответственных металлургических механизмов с числом выключателей



более 300 в час. В остальных случаях используются контакторы серии МК1 – МК6 с допустимым числом включений в час до 1200. Контактторы применяются для коммутации силовых цепей ЭД мощностью 100 кВт и выше. Для более мелких ЭП применяют магнитные пускатели.

**Магнитные пускатели** предназначены главным образом для дистанционного управления АД с к.з. ротором мощностью до 100 кВт (для пуска и останова ЭД - нереверсивные пускатели; для пуска, останова и реверса - реверсивные пускатели). В настоящее время следует применять магнитные пускатели серий ПМЛ и ПМА вместо устаревших ПМЕ и ПА. Пускатели могут исполняться со встроенными в две фазы тепловыми реле. Для двигателей, работающих в тяжелом режиме АС4, применение тепловых реле исключается. В этом режиме могут применяться реле максимального тока или позисторная защита с помощью датчиков, встраиваемых в обмотки ЭМ. Применение тепловых реле защищает ЭД и распределительную сеть от перегрузки, но не обеспечивает защиты от токов к.з. Поэтому в случае применения магнитных пускателей с РТЛ необходимо дополнительно устанавливать в начале питающей линии плавкие предохранители или автоматы с электромагнитными расцепителями.

**Рубильники** предназначены для проведения номинальных токов и коммутации электрических цепей без нагрузки. Отключение токов нагрузки рубильниками без дугогасительных камер не допускается.

Для электродвигателей с номинальным током до 40 А включительно следует применять пускатели серии ПМЛ, а для двигателей на 63 А и более – пускатели серии ПМА с реле РТТ .

**Силовые распределительные пункты (шкафы).** Для распределения электроэнергии применяют распределительные шкафы (пункты) с автоматическими выключателями или плавкими предохранителями. Распределительные пункты серий ПРИ, ПР24 и ПР9000 снимают с производства. Вместо них для сетей переменного тока 50 Гц выпускаются шкафы ПР8501 для силовых ЭУ и осветительных ЭУ, которые могут быть использованы для силовых с трехполюсными выключателями. Продолжается выпуск силовых распределительных шкафов серии ШР11 с плавкими предохранителями ПН-2 (или НПН-2).

В шкафы ПР8501 встраиваются выключатели без свободных контактов и дистанционных расцепителей. Вводные выключатели снабжены ручным приводом, рукоятка которого выведена на лицевую сторону шкафа для управления при закрытой дверце. Рукоятка может запираться. Шкафы допускают присоединение к магистрали. Ошиновка шкафов ПР8501 стойкая к сквозным токам к.з. до 50 кА, а шкафов ШР11 - до 25 кА.

*Магистральные и групповые щитки для осветительных сетей* могут быть выбраны из серии силовых распределительных пунктов ПР8501, оборудованных однополюсными и трехполюсными автоматами. Эта серия может использоваться и для силовых ЭУ.

*Групповые щитки типов ЯОУ-8501 - ЯОУ-8508* для осветительных сетей на напряжение 380/220 В укомплектованы однополюсными автоматами АЕ1031 до 25 А и АЕ2044 до 63 А и трехполюсными АЕ2046 до 63. Расцепители автоматов комбинированные, токи тепловых расцепителей автоматов АЕ1031 на 6, 10, 16 и 25 А, для автоматов АЕ2044 и АЕ2046 указываются при заказе: 10; 12,5; 16 и т.д.

## **ВЫБОР ЗАЩИТНЫХ УСТАВОК РАСЦЕПИТЕЛЕЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПЛАВКИХ ВСТАВОК ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ**

Согласно (ПУЭ 3.1.9.–3.1.10.) сети напряжением до 1 кВ подразделяются на две группы:

- 1) защищаемые только от токов к.з.;
- 2) защищаемые от перегрузки и токов к.з.

*Защита от токов к.з.* обязательна для всех видов электропроводок силовых и осветительных сетей, а также отдельных электроприемников. Она должна действовать по возможности с минимальным временем отключения с обеспечением селективности (избирательности) с последующей смежной защитой. Она должна надежно отключать любые виды к.з. в самых удаленных токах защищаемой линии. В то же время аппараты защиты не должны отключать электроустановки при кратковременных перегрузках, вызванных пусковыми токами или пиками технологических нагрузок.

*Защите от перегрузки* (как и от токов к.з.) подлежат следующие сети:

- 1) сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводами с горючей изоляцией и оболочкой;
- 2) осветительные сети в жилых и общественных зданиях и торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, а также в пожароопасных помещениях;
- 3) силовые сети в общественных зданиях, торговых помещениях и на промышленных предприятиях - только в случае, когда по условиям технологического процесса или режима работы сети может возникать длительная перегрузка проводов или кабелей;
- 4) все сети (осветительные и силовые) во взрывоопасных помещениях.

*Защита от понижения напряжения* применяется на всех крупных силовых ЭП, не допускающих включения или работы при пониженном напряжении.

*Защиту от исчезновения напряжения* применяют в тех случаях, когда требуется ограничить общую пусковую мощность при самозапуске электродвигателей.