

# Проектирование СЭС

Практические занятия

# Метод коэффициента спроса

Применяется для ориентировочных расчетов на высших ступенях СЭС

$$P_p = K_c P_{ном}$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

где  $K_c$  — коэффициент спроса данной характерной группы электроприемников, принимаемый по справочным материалам.

**Задача №3.** Определить расчетные нагрузки завода капронового волокна, состоящего из цехов с соответствующими установленными мощностями.

<b>Наименование цехов</b>	<b>Установленная мощность <math>P_u</math>, кВт</b>	<b><math>\cos\varphi</math></b>	<b><math>\operatorname{tg}\varphi</math></b>	<b><math>K_{и}</math></b>	<b><math>K_{с}</math></b>
Химический цех	3 100	0,80	0,75	0,5	0,6
Прядильный цех	1 200	0,75	0,89	0,6	0,65
Крутильный цех	1 500	0,75	0,89	0,65	0,7
Цех регенерации отходов	2 400	0,70	1,02	0,65	0,65

Коэффициент разновременности максимумов нагрузки принять  $K_{рм} = 0,95$ .

# Выбор предохранителей

1) по номинальному напряжению:

$$U_{н.пр} \geq U_c$$

где  $U_{н.пр}$  – номинальное напряжение предохранителя;  $U_c$  – номинальное напряжение сети.

2) по номинальному току предохранителя:

$$I_{н.пр} \geq I_p$$

где  $I_{н.пр}$  – номинальный ток предохранителя;  $I_p$  – расчетный ток защищаемого присоединения.

3) по номинальному току плавкой вставки:

$$I_{н.вст} \geq I_n / a$$

где  $I_{н.вст}$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя;  $I_n$  – пиковый ток защищаемого присоединения;  $a$  – коэффициент, зависящий от пускового режима защищаемого присоединения и типа плавкой вставки.

Для безынерционных предохранителей (ПН, НПН, ППН):

легкий режим пуска –  $a = 2,5$ ;

тяжелый режим пуска –  $a = 1,6$ .

При защите питающих линий для группы электроприемников:  $a = 2,5$ .

Для малоинерционных предохранителей (ПР2):

Для одиночных ЭП, не имеющих пиковых токов:  $I_{н.вст} \geq I_n$

Для одиночного сварочного трансформатора:  $I_{н.вст} \geq 1,2I_n \sqrt{ПВ}$

4) по предельному току отключения:

$$I_{пр.откл} \geq I_{к.мах}^{(3)}$$

где  $I_{пр.откл}$  – предельный отключаемый ток.

5) проверка чувствительности:

$I_{к}^{(1)} / I_{н.вст} \geq 3$  - для помещений с нормальной средой;

$I_{к}^{(1)} / I_{н.вст} \geq 4$  - для помещений со взрывоопасной средой.

б) по согласованию защиты с сетью:

$$I_{доп} \geq K_3 I_{н.вст}$$

где  $I_{доп}$  – допустимый ток защищаемой сети;  $K_3$  – коэффициент защиты, определяемый по таблице:

Тип защитного аппарата	при обязательной защите от перегрузки			не требуется защита от перегрузки
	проводники с резиновой изоляцией		кабели с бумажной изоляцией	
	взрыво- и пожароопасные помещения	невзрыво- и непожароопасные помещения		
Предохранитель	1,25	1,0	1,0	0,33

Данный критерий может использовать как при выборе защитного аппарата для имеющейся линии, так и при выборе линии под имеющийся защитный аппарат.

## Расчет пиковых нагрузок

– для одного электродвигателя:

$$I_n = I_{\text{пуск}}$$

– для группы одновременно запускаемых электродвигателей:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_{ni}$$

– для питающей линии:

$$I_n = I_{n.\text{max}} + (I_p - K_u I_{n.\text{max}})$$

где  $I_{n.\text{max}}$  – наибольший пиковый ток ЭП в группе;  $I_p$  – расчетный максимальный ток всех ЭП, питающихся от данной линии;  $K_u$  – коэффициент использования запускаемого ЭП;  $I_{n.\text{max}}$  – номинальный ток ЭП с наибольшим пусковым током.

**Задача №4.** Выбрать предохранители для защиты отходящих линий силового распределительного шкафа. Питаемая нагрузка:

Линия 1: электродвигатель;  $P_n = 3,73$  кВт;  $I_n = 9,2$  А;  $I_n/I_n = 6$ ; легкие условия пуска.

Линия 2: два электродвигателя;  $P_n = 0,60$  кВт;  $I_n = 3,1$  А;  $I_n/I_n = 4,8$ ; тяжелые условия пуска.

Линия 3: сварочный трансформатор;  $S_n = 20$  кВА;  $PB = 0,6$ ;  $I_n = 41$  А.

Ток трехфазного КЗ – 3,3 кА, ток однофазного КЗ для всех присоединений принять – 0,35 кА.

### Технические данные предохранителей

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток, кА, при $U_{ном}$ , В	
		предохранителя	плавкой вставки	380	500
ПН2-60	500	60	6,10,15,20,25,30,40,50,60	10	-
ПН2-100	380	100	30,40,50,60,80,100	100	50
ПН2-250	380	250	80,100,120,150,200,250	100	50
ПН2-400	380	400	200,250,300,400	40	25
ПН2-600	380	600	300,400,500,600	25	25

# Селективность предохранителей

Защитная времятоковая характеристика – зависимость полного времени отключения от отключаемого тока.

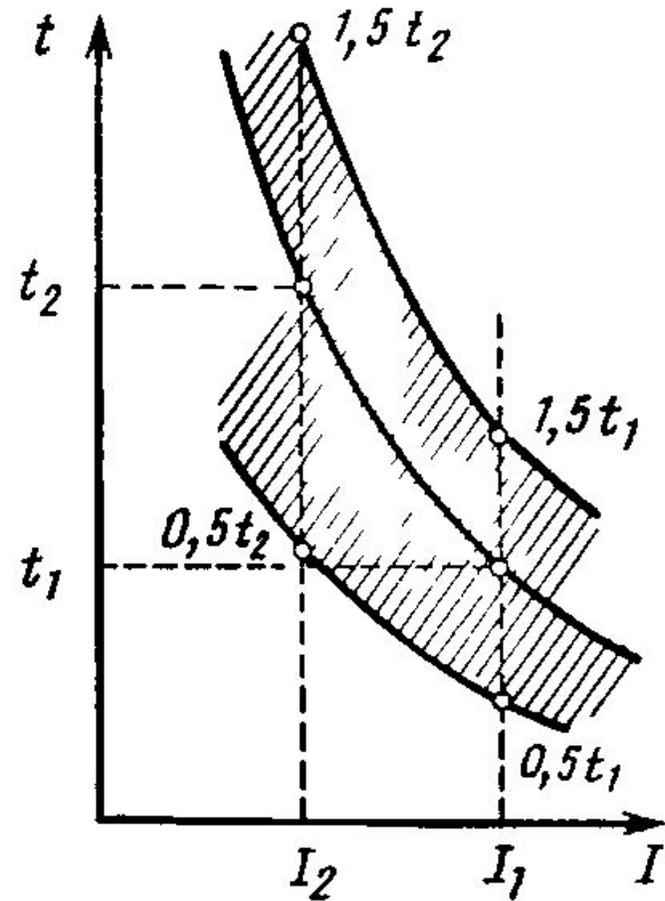
Разброс времени отключения предохранителей до 1000 В –  $\pm 50\%$ .

Селективность обеспечивается, если во всем диапазоне токов – от максимального тока трехфазного КЗ в месте установки дальнего предохранителя до номинального тока вставок, обеспечивается условие:

$1,5 \cdot t_m < 0,5 \cdot t_b$  - для надежного обеспечения селективности;

$1,25 \cdot t_m < 0,75 \cdot t_b$  - при допустимости возможной неселективной работы предохранителей.

где  $t_m$ ,  $t_b$  – время отключения тока КЗ вставок с меньшим и большим номинальными токами.



**Задача №5.** Проверить селективность плавких вставок на 30 А и 40 А предохранителя типа ПН2 при токах 100, 200, 500 и 1000 А.

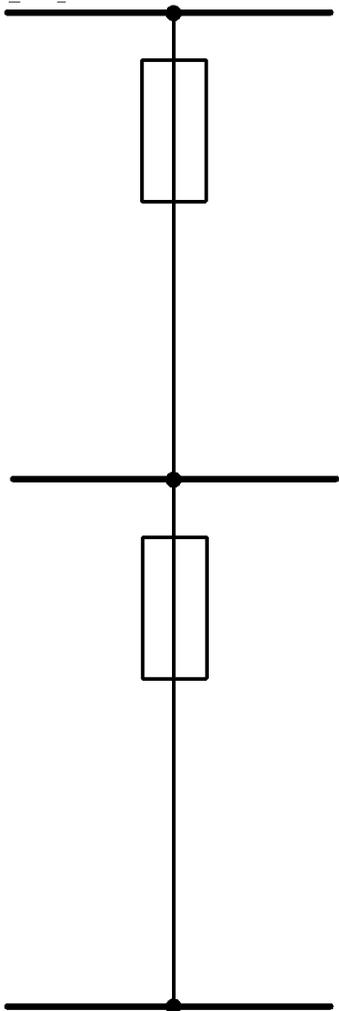
**Алгоритм решения:**

а) Надежное обеспечение селективности:

1. По защитным времятоковым характеристикам определить время отключения предохранителей для заданных токов;
2. Проверить выполнения условия  $1,5 \cdot t_m < 0,5 \cdot t_{\bar{o}}$ ;
3. Определить отношение  $t_{\bar{o}} / t_m$ .

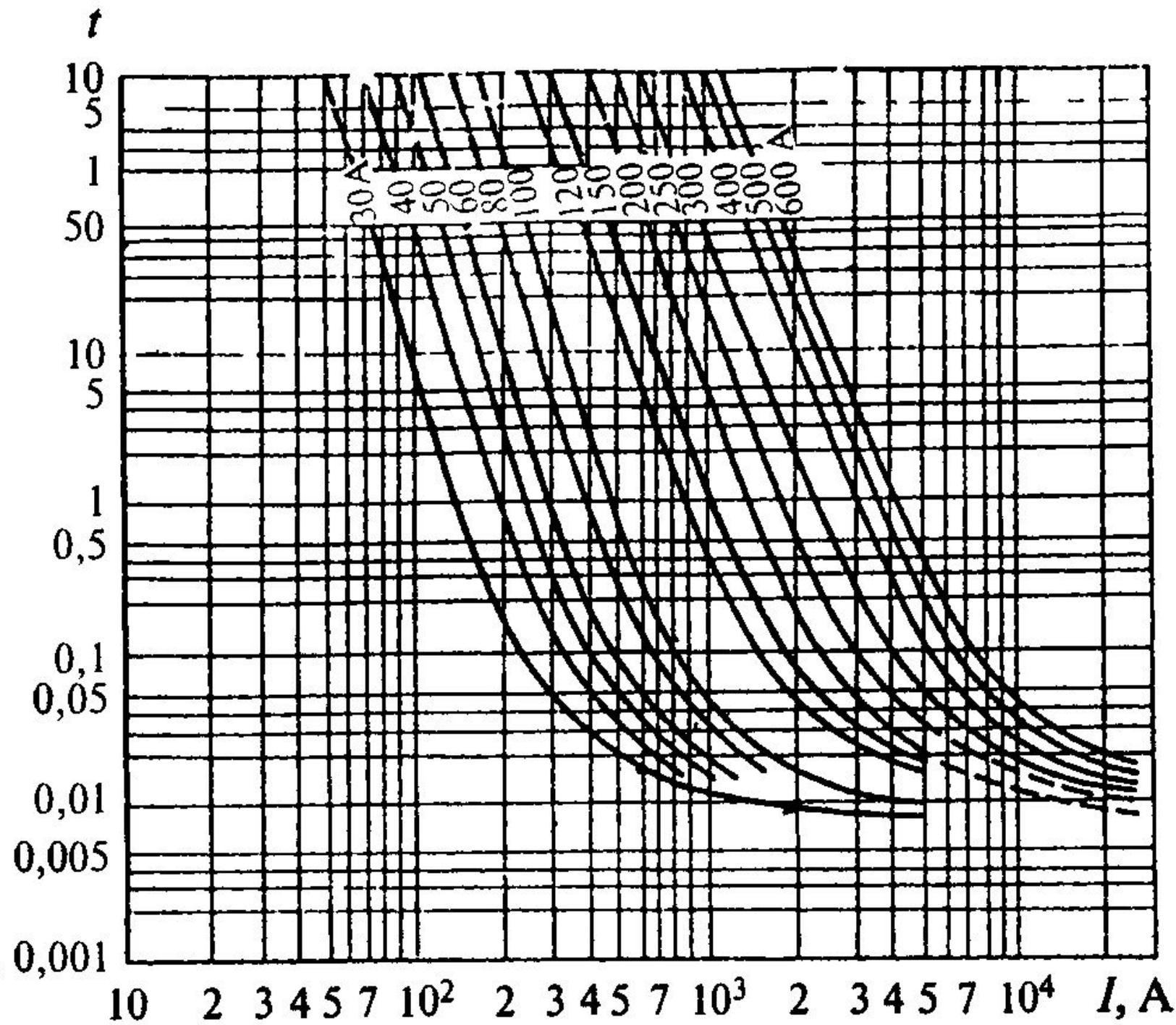
б) При допустимости возможной неселективной работы предохранителей:

1. По защитным времятоковым характеристикам определить время отключения предохранителей для заданных токов;
2. Проверить выполнения условия  $1,25 \cdot t_m < 0,75 \cdot t_{\bar{o}}$ ;
3. Определить отношение  $t_{\bar{o}} / t_m$ .



Минуты

Секунды



## Для однотипных предохранителей:

Селективность проверяется по условиям

- при надежном обеспечении селективности:  $t_{\sigma} > 3 \cdot t_m$
- при допустимости возможной неселективной работы:  $t_{\sigma} > 1,7 \cdot t_m$

при токе трехфазного КЗ в месте установки вставки с меньшим номинальным током.

Для разнотипных предохранителей селективность проверяется во всем диапазоне токов.

## Если защитные характеристики неизвестны:

Условие обеспечения селективности:

$$s_n / s_k \geq a$$

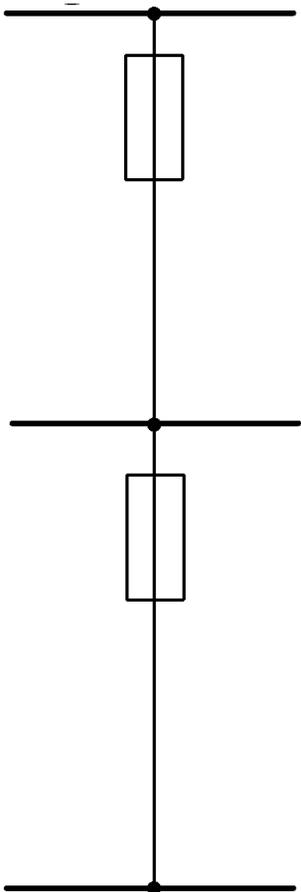
где  $s_k$  – сечение плавкой вставки предохранителя, установленного ближе к месту КЗ;

$s_n$  – сечение плавкой вставки предохранителя, установленного ближе к источнику питания;

$a$  – условная справочная величина.

**Задача №6.** На питающей линии установлен предохранитель FU1 типа ПН2 с  $I_{н.вст} = 60$  А, а на отходящей линии от силового распределительного шкафа FU2 типа ПР. Подобрать  $I_{н.вст}$  предохранителя FU2 по условиям обеспечения селективности.

Решить обратную задачу при  $I_{н.вст}$  FU2 – 60 А.



**Алгоритм решения:**

Условия выбора сечений плавких вставок:

$$s_k \leq \frac{s_n}{a}$$

$$s_n \geq a s_k$$

# Технические данные предохранителей

Конструкция и тип предохранителя	$I_{\text{ном}}, \text{А}$		Число про- волоков	Диаметр проволоки, мм	Сечение вставки, мм <sup>2</sup>
	патрона	вставки			
Закрытый патрон без наполнителя с цинковой вставкой, тип ПР	60	6	Фигурная вставка из листового металла		0,2
		10			0,4
		15			0,48
		20			0,75
		25			1,0
		35			1,2
		60			1,5
	350	100			3
		200			6
		300			13
		350			14
		350			13
	600	430			22
		500			20
		600			38
		600			24
	1000	700			28
850		55			
1000		65			

Конструкция и тип пре- дохраниеля	$I_{\text{ном}}, \text{А}$		Число про- волоков	Диаметр проволоки, мм	Сечение вставки, мм <sup>2</sup>
	патрона	вставки			
Разборный закрытый с наполнителем патрон, вставка из листовой меди с оловянным шариком, тип ПН2	100	30	Фигурная вставка из листовой меди		0,17
		40			0,225
		50			0,34
		60			0,425
		80			0,595
		100			0,765
	250	80			0,595
		100			0,765
		120			0,935
		150			0,85
		200			1,53
		250			2,3
	400	200			1,53
		250			2,04
		300			2,88
		350			3,06
		400			3,81
		400			4,08
	600	300			2,88
400		4,08			
500		5,1			
	600	6,12			

# Отношение сечений плавких вставок $s_n/s_k$ ( $a$ ), обеспечивающее селективность

Металл плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к источнику питания	Металл плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к месту КЗ			
	медь	серебро	цинк	свинец
	<i>Предохранитель с наполнителем</i>			
Медь	1,55	1,33	0,55	0,20
Серебро	1,72	1,55	0,62	0,23
Цинк	4,50	3,95	1,65	0,60
Свинец	12,40	10,80	4,50	1,65
	<i>Предохранитель без наполнителя</i>			
Медь	1,15	1,03	0,40	0,15
Серебро	1,33	1,15	0,46	0,17
Цинк	3,50	3,06	1,20	0,44
Свинец	9,50	8,40	3,30	1,20