



## Содержание

## Введение

Цель работы: проектировка и расчет подключения цеха производства.

Производства потребляют 60% от вырабатываемой мощности электростанций. Благодаря технологическому прогрессу некоторые производство нуждаются в расширении и постройке новых цехов. Задачей стоял расчет проводки, выбор проводников и средств защиты, а также расчет стоимость подключения постройки к общей сети предприятия.

## Теоретическая часть

## Практическая часть

### 1. Краткая характеристика производства и потребителей ЭЭ

ЭСН осуществляется от ГПП 10 кВ, расположенной на территории завода на расстоянии 1,2 км от цеха. От энергосистемы до ГПП — 12 км.

Количество рабочих смен — 2. Потребители цеха относятся к 1, 2 и 3 категории надежности ЭСН.

Грунт в районе цеха — глина с температурой +10 °С. Каркас здания цеха смонтирован их блоков-секций длиной 4 м каждый.

Размеры цеха  $A \times B \times H = 48 \times 32 \times 8$  м.

Все вспомогательные помещения двухэтажные высотой 3,5 м.

Перечень ЭО цеха дан в таблице 1.

Мощность электропотребления (Рэп) указана для одного электроприемника.

Расположение ЭО цеха показано на плане (рис.1)

Таблица 1. Аппараты, установленные в помещении:

№ на плане	Наименование ЭО	Рэп, кВт	Примечание
1...3	Карусельный фрезерный станок	11	
4, 5	Станок заточный	3,4	1-фазный
6, 7	Станок наждачный	1,5	1-фазный
8	Вентилятор приточный	30	
9	Вентилятор вытяжной	28	
10	Продольно-строгальный станок	63,8	
11, 12	Плоскошлифовальный станок	38	
13...15	Продольно-фрезерный станок	24,5	
16...18	Резьбонарезной станок	10	
19, 20	Токарно-револьверный станок	15	
21...28	Полуавтомат фрезерный	11,5	
29, 30	Зубофрезерный станок	38	
31...34	Полуавтомат зубофрезерный	9,5	
35	Кран мостовой	30 кВ·А	ПВ = 60% cos φ = 0.92

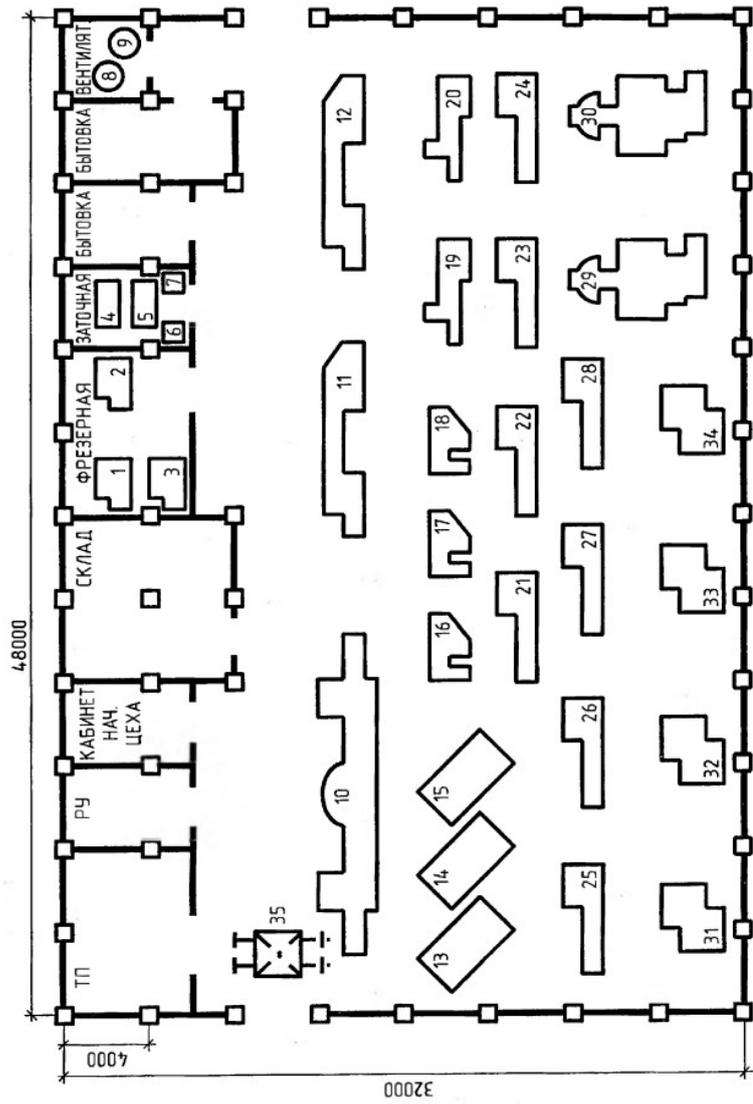


Рисунок 1. Схема расположения аппаратов в помещении.

## 2. Категория надёжности электроснабжения и выбор схемы

Передача, распределение и потребление электрической энергии на предприятии должно производиться с высокой надёжностью и экономичностью. На предприятии для передачи, распределения электрической энергии используют распределительные подстанции, распределительные щиты, которые необходимо обслуживать электрику, чтобы предприятие работа не прекращало свою работы, так же для передачи и распределения электрической энергии до электроприёмников используют шинпровода, кабели и токопровода.

К основным требованиям, предъявляемым к цеховому электроснабжению, являются: экономичность, надёжность, безопасность, удобство эксплуатации, обеспечение надлежащего качества электроэнергии, необходимая гибкость, обеспечивающая возможность расширения при развитии предприятия.

Потребители, рассматриваемого цеха, относят ко второй и третьей категории надёжности в электроснабжении, о которых сказано в ПУЭ.

Электроприёмники II категории надёжности – это потребители, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Согласно ПУЭ, электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для электроприемников второй категории не более 30 мин.

Электроприёмники III категории надёжности – все остальные приёмники электрической энергии, которые не входят в первую и вторую категорию надёжности электроснабжения. У приёмников третьей категории электроснабжения отсутствует резервное питание, поэтому допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для электроприёмников третьей категории не более 24 часов подряд, не более 72 часов суммарно в год.

К электроприёмникам ЭСН II категории надёжности в промышленном производстве относят: прокатные цехи, машиностроительные цеха.

В данной работе к третьей категории надёжности электроснабжения относят щиты, инструменты рабочего персонала, включаемых в сеть 220 В.

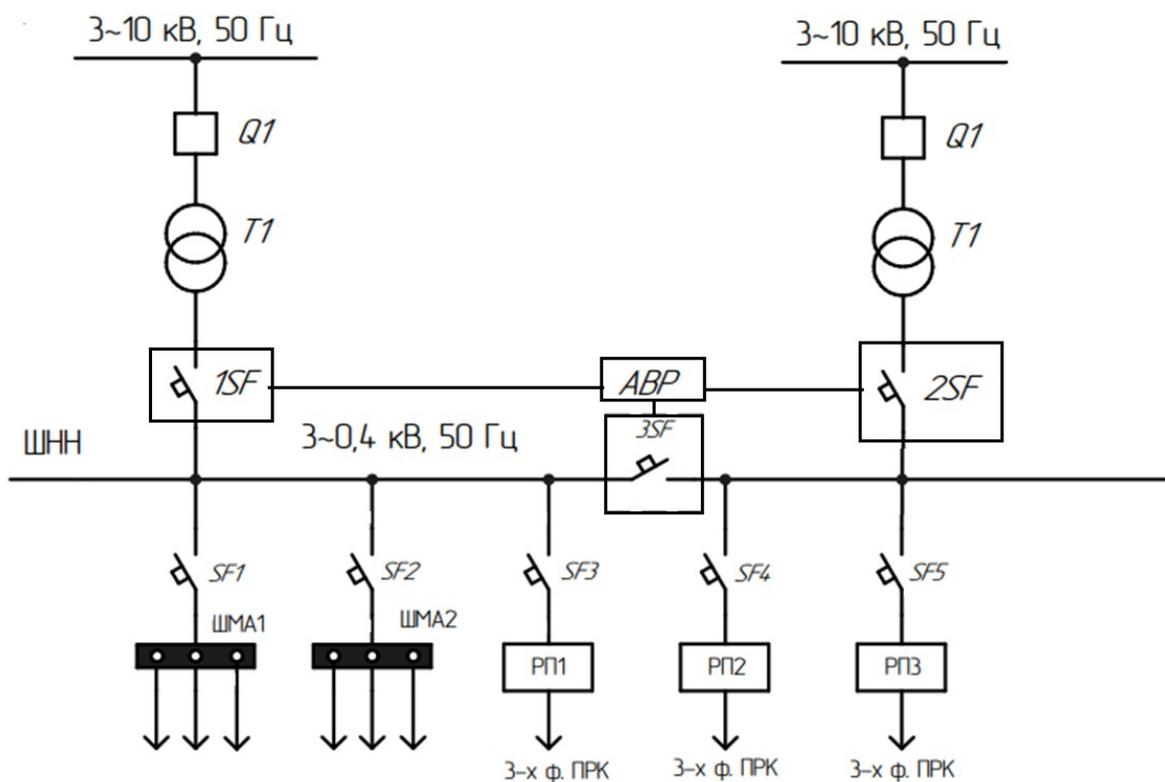


Рисунок 1. Схема электроснабжения цеха.

### 3. Расчет электрических нагрузок

Определение активной, реактивной, полной мощности электроприёмников на шинпроводах и распределительных установок

производится для дальнейшего выбора трансформаторов, шинопроводов, аппаратов защиты, распределения и автоматики.

Трансформатор — устройство, осуществляющее повышение и понижение напряжения переменного тока при неизменной частоте и незначительных потерях мощности.

Для рациональной передачи электроэнергии потребителю, в нашем случае цеху серийного производства на его ТП подходит ток напряжением 10кВ. В сетях помещения проводка рассчитана на напряжение.

- 3.1. Определение активной, реактивной и полной мощности за смену на ШМА-1, ШМА-2, РП-1, РП-2, РП-3:

$$P_n = P_{эн} \cdot n$$

$$P_{см} = K_u \cdot P_n$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}$$

РП-1:

Пример – Вентилятор приточный

$$P_n = 30 \cdot 1 = 30 \text{ кВт}$$

$$P_{см} = 30 \cdot 0,6 = 18 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 18 \cdot 0,75 = 13,5 \text{ кВар}$$

$$S_{см} = \sqrt{18^2 + 13,5^2} = 22,5 \text{ кВт}\cdot\text{А}$$

Подробно и для других

Итого РП-1:

$$\sum P_n = 30 + 28 = 58 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{см} = 18 + 16,8 = 34,8 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{cm} = 13,5 + 12,6 = 26,1 \text{ кВар}$$

$$\sum S_{cm} = 22,5 + 21 = 43,5 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

РП-2

Пример — Станок заточный 1-фазный

$$P_{одн} = P_{эн} * \cos \varphi$$

$$P_{одн} = 3,4 * 0,5 = 1,7 \text{ кВт}$$

$$P_H = 1,7 * 2 = 3,4 \text{ кВт}$$

$$P_{cm} = 3,4 * 0,14 = 0,53 \text{ кВт}$$

$$Q_{cm} = 0,53 * 1,73 = 0,91 \text{ кВар}$$

$$S_{cm} = \sqrt{0,53^2 + 0,91^2} = 1,06 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Итого РП-2

$$\sum P_H = 0,43 + 0,24 = 0,67 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{cm} = 0,53 + 0,23 = 0,76 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{cm} = 0,91 + 0,4 = 1,21 \text{ кВар}$$

$$\sum S_{cm} = 1,06 + 0,47 = 1,53 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

РП – 3

Пример – Карусельный фрезерный станок

$$P_H = 11 * 3 = 33 \text{ кВт}$$

$$P_{cm} = 33 * 0,14 = 4,62 \text{ кВт}$$

$$Q_{cm} = 4,62 * 0,75 = 7,99 \text{ кВар}$$

$$S_{cm} = \sqrt{4,62^2 + 7,99^2} = 9,23 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Так как на РП-3 только это устройства эти данные являются итогом на РП-3.

ШМА -1:

Пример – Полуавтомат фрезерный

$$P_n = 11,5 * 4 = 46 \text{ кВт}$$

$$P_{см} = 46 * 0,17 = 7,82 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 7,82 * 1,17 = 9,15 \text{ кВар}$$

$$S_{см} = \sqrt{7,82^2 + 9,15^2} = 12,04 \text{ кВт}\cdot\text{А}$$

Итого на ШМА – 1:

$$\sum P_n = 46 + 73 + 38 = 157 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{см} = 7,82 + 12,92 + 6,08 = 26,82 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{см} = 9,15 + 15,12 + 8,09 = 32,35 \text{ кВар}$$

$$\sum S_{см} = 12,04 + 19,89 + 10,12 = 42,04 \text{ кВт}\cdot\text{А}$$

ШМА – 2:

Пример – продольно-строгальный станок

$$P_n = 63,8 * 1 = 63,8 \text{ кВт}$$

$$P_{см} = 63,8 * 0,17 = 10,85 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 10,85 * 1,17 = 12,69 \text{ кВар}$$

$$S_{см} = \sqrt{10,85^2 + 12,69^2} = 16,69 \text{ кВт}\cdot\text{А}$$

Итого на ШМА-2:

$$\sum P_n = 63,8 + 76 + 73,5 + 30 + 30 + 46 + 23,22 = 342,52 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{cm} = 10,85 + 12,92 + 12,5 + 5,10 + 5,10 + 7,82 + 2,32 = 56,6 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{cm} = 12,69 + 15,12 + 14,62 + 5,97 + 5,97 + 9,15 + 4,02 = 67,53 \text{ кВар}$$

$$\sum S_{cm} = 16,69 + 19,89 + 19,23 + 7,85 + 7,85 + 12,04 + 4,64 = 88,11 \text{ кВт}\cdot\text{А}$$

### 3.2. Определение максимальной активной, реактивной и полной мощности:

$$P_m = P_{cm} * K_m$$

$$Q_m = Q_{cm} * K_m'$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}$$

РП-1:

Пример – Вентилятор приточный

$$P_m = 18 * 1,1 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$\sum P_m = 19,8 + 18,48 = 38,28 \text{ кВт}$$

$$Q_m = 12,5 * 1,1 = 14,85 \text{ кВар}$$

$$\sum Q_m = 14,85 + 13,86 = 28,71 \text{ кВар}$$

$$S_m = \sqrt{19,8^2 + 14,85^2} = 24,75 \text{ кВт}\cdot\text{А}$$

$$\sum S_m = 24,75 + 23,10 = 47,85 \text{ кВар}$$

РП – 2

Пример – Станок заточный

$$P_m = 0,53 * 1,1 = 0,58 \text{ кВт}$$

$$\sum P_m = 0,58 + 0,26 = 0,84 \text{ кВт}$$

$$Q_{.m} = 0,91 * 1,1 = 1,01 \text{ кВар}$$

$$\sum Q_{.m} = 1,01 + 0,44 = 1,45 \text{ кВар}$$

$$S_{.m} = \sqrt{0,58 + 1,01} = 1,16 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

$$\sum S_{.m} = 1,16 + 0,51 = 1,67 \text{ кВар}$$

### РП-3

Пример – Карусельный фрезерный станок

$$P_{.m} = 4,62 * 1,1 = 5,08 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{.m} = 5,08 = 5,08 \text{ кВт}$$

$$Q_{.m} = 7,99 * 1,1 = 8,79 \text{ кВар}$$

$$\sum Q_{.m} = 8,79 \text{ кВар}$$

$$S_{.m} = \sqrt{5,08 + 8,79} = 10,15 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

$$\sum S_{.m} = 10,15 \text{ кВар}$$

### ШМА -1

Пример – Полуавтомат фрезерный

$$P_{.m} = 7,82 * 1,2 = 9,38 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{.m} = 9,38 + 14,21 + 6,69 = 30,28 \text{ кВт}$$

$$Q_{.m} = 9,15 * 1,1 = 10,06 \text{ кВар}$$

$$\sum Q_{.m} = 10,06 + 16,63 + 8,9 = 35,59 \text{ кВар}$$

$$S_{.m} = \sqrt{9,38 + 10,06} = 13,76 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

$$\sum S_{.m} = 13,76 + 21,87 + 11,13 = 46,76 \text{ кВар}$$

### ШМА-2

Пример – Продольно-строгальный станок

$$P_{.m} = 10,85 * 1,1 = 11,93 \text{ кВт}$$

$$\sum P_m = 11,93 + 14,21 + 13,74 + 5,61 + 5,61 + 9,38 + 2,55 = 63,04 \text{ кВт}$$

$$Q_m = 12,69 * 1,1 = 13,96 \text{ кВар}$$

$$\sum Q_m = 13,96 + 16,63 + 16,08 + 6,56 + 6,56 + 10,06 + 4,42 = 74,28 \text{ кВар}$$

$$S_m = \sqrt{11,93 + 13,96} = 18,36 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

$$\sum S_m = 18,36 + 21,87 + 21,15 + 8,63 + 8,63 + 13,76 + 5,10 = 97,43 \text{ кВар}$$

### 3.3. Определение максимального тока нагрузки

$$I_m = \frac{S_m}{0,4 * \sqrt{3}}$$

РП-1

Пример – Вентилятор приточный

$$I_m = \frac{24,75}{0,4 * \sqrt{3}} = 35,72 \text{ А}$$

$$\sum I_m = 35,72 + 33,34 = 69,07 \text{ А}$$

РП-2

Пример – Станок заточный

$$I_m = \frac{1,16}{0,4 * \sqrt{3}} = 1,68 \text{ А}$$

$$\sum I_m = 1,68 + 0,74 = 2,42 \text{ А}$$

РП-3

Пример – Карусельный фрезерный станок

$$I_m = \frac{10,15}{0,4 * \sqrt{3}} = 14,66 \text{ А}$$

$$\sum I_m = 14,66 \text{ А}$$

ШМА-1

Пример – Полуавтомат фрезерный

$$I_m = \frac{13,76}{0,4 * \sqrt{3}} = 19,86 \text{ А}$$

$$\sum I_m = 19,86 + 31,57 + 16,06 = 67,5 \text{ А}$$

ШМА-2

Пример – Плоско-строгальный станок

$$I_m = \frac{18,36}{0,4 * \sqrt{3}} = 26,5 \text{ А}$$

$$\sum I_m = 26,5 + 31,57 + 30,53 + 12,46 + 12,46 + 19,86 + 7,37 = 140,62 \text{ А}$$

	Установленная мощность					Средняя за смену				Максимальная			
	Р(эп)	n	cos φ	Л	Рн	Ки	Рсм	Qсм	Scм	К (м)	К' м	Р м	Q м
РП-1													
Вентилятор приточный	30.00	1	0.80	0.75	30.00	0.60	18.00	13.50	22.50	1.10	1.10	19.80	14.85
Вентилятор вытяжной	28.00	1	0.80	0.75	28.00	0.60	16.80	12.60	21.00	1.10	1.10	18.48	13.86
На РП-1		2		0.75			34.80	26.10	43.50			38.28	28.71
РП-2													
Станок заточный	3.40	2	0.50	1.73	3.78	0.14	0.53	0.91	1.06	1.10	1.10	0.58	1.01
Станок накидочный	1.50	2	0.50	1.73	1.67	0.14	0.23	0.40	0.47	1.10	1.10	0.26	0.44
НА РП-2		4		1.73			0.76	1.32	1.52			0.84	1.45
РП-3													
Карусельный фрезерный станок	11.00	3	0.50	1.73	33.00	0.14	4.62	7.99	9.23	1.10	1.10	5.08	8.79
На РП-3		3		1.73			4.62	7.99	9.23			5.08	8.79
ШМА-1													
Полуавтомат фрезерный станок	11.50	4	0.65	1.17	46.00	0.17	7.82	9.15	12.04	1.20	1.10	9.38	10.06
Зубофрезерный станок	38.00	2	0.65	1.17	76.00	0.17	12.92	15.12	19.89	1.10	1.10	14.21	16.63
Полуавтомат зубофрезерный	9.50	4	0.60	1.33	38.00	0.16	6.08	8.09	10.12	1.10	1.10	6.69	8.90
На ШМА-1		10		1.22			26.82	32.35	42.04			30.28	35.59
ШМА-2													
Продольно-строгальный станок	63.80	1	0.65	1.17	63.80	0.17	10.85	12.69	16.69	1.10	1.10	11.93	13.96
Плоскошлифовальный станок	38.00	2	0.65	1.17	76.00	0.17	12.92	15.12	19.89	1.10	1.10	14.21	16.63
Продольно-фрезерный станок	24.50	3	0.65	1.17	73.50	0.17	12.50	14.62	19.23	1.10	1.10	13.74	16.08
Резьбонарезной станок	10.00	3	0.65	1.17	30.00	0.17	5.10	5.97	7.85	1.10	1.10	5.61	6.56
Токарно-револьверный станок	15.00	2	0.65	1.17	30.00	0.17	5.10	5.97	7.85	1.10	1.10	5.61	6.56
Полуавтомат фрезерный	11.50	4	0.65	1.17	46.00	0.17	7.82	9.15	12.04	1.20	1.10	9.38	10.06
Кран мостовой	23.22	1	0.50	1.73	23.22	0.10	2.32	4.02	4.64	1.10	1.10	2.55	4.42
На ШМА-2		16		1.25			56.60	67.53	88.11			63.04	74.28

#### 4. Расчет мощности компенсирующего устройства

Компенсация реактивной энергии в настоящее время является актуальным вопросом электроснабжения на любом предприятии, позволяющие снизить реактивную нагрузку на сеть, уменьшить потребление электроэнергии.

В качестве компенсирующих устройства в настоящее время используют синхронные компенсирующие установки и конденсаторы специальных ёмкостей.

##### 4.1. Определение максимального коэффициента мощности и $\text{tg}\varphi$ :

$$\cos \varphi = \frac{P_{cm\Sigma}}{S_{cm\Sigma}}$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q_{cm\Sigma}}{P_{cm\Sigma}}$$

Пример РП-1

$$\cos \varphi = \frac{137,53}{203,87} = 0.62$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{148,82}{203,87} = 1.274$$

##### 4.2. Определить расчетную мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{к.р.} = \alpha P_m (\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi_k)$$

$$\text{tg}\varphi_k = 0,33$$

$$\alpha = 0,9$$

$$Q_{к.р.} = 0,9 * 137,53 * (1,274 - 0,33) = 108$$

УКЛ(П)-0,38-216 (ступень 108 кВар)

4.3. \

