

## Содержание

Введение	2
1. Характеристика производства и приемников электрической энергии	4
1.1. Описание технологического процесса	4
1.2. Характеристика основных приемников электрической энергии цеха	4
1.3. Характеристика производственной среды с классификацией помещений по окружающей среде	6
2. Выбор электрооборудования	7
3. Разработка принципиальной схемы электроснабжения	9
4. Расчет электрических нагрузок	10
4.1. Расчет электрических нагрузок участков цеха и предприятия	10
4.2. Расчет электрических нагрузок электроосвещения	12
5. Расчет мощности компенсирующих устройств	14
6. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов, месторасположения и типа цеховой подстанции	15
6.1. Типовой расчет трансформаторов	15
6.2. Выбор комплектных устройств в сетях с напряжением до 1000 В	17
7. Расчет распределенной электрической сети	20
7.1. Расчет силовой электрической сети	20
7.2. Расчет осветительной сети цеха	22
8. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры	23
8.1. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры силовой сети	23
8.2. Выбор аппаратуры осветительной сети	27
9. Определение годового расхода и годовой стоимости энергии, потребляемой цехом	28
Заключение	30
Список литературы	31

<b>220700.02.09.0566.000 ПЗ</b>				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>
		Усманов Р.С.		а
<i>Разраб.</i>		Усманов Р.С.		
<i>Провер.</i>		Герасимова		
<i>Реценз.</i>		Л.А.Л.А.		
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Утверд.</i>				
<b>Разработка системы внутрицехового электроснабжения</b>				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
			1	32
<b>МГУТУ</b>				

## Введение

Электрификация обеспечивает выполнение задачи широкой комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, что позволяет усилить темпы роста производительности общественного труда, улучшить качество продукции и облегчить условия труда. На базе использования электроэнергии ведется техническое перевооружение промышленности, внедрение новых технологических процессов и осуществление коренных преобразований в организации производства и управлении им. Поэтому в современной технологии и оборудовании промышленных предприятий велика роль электрооборудования, т.е. совокупности электрических машин, аппаратов, приборов и устройств, посредством которых производится преобразование электрической энергии в другие виды энергии и обеспечивается автоматизация технологических процессов.

Электромашиностроение – одна из ведущих отраслей машиностроительной промышленности. Процесс изготовления электрической машины складывается из операций, в которых используется разнообразное технологическое оборудование. При этом основная часть современных электрических машин изготавливается методами поточно-массового производства. Специфика электромашиностроения заключается главным образом в наличии таких процессов, как изготовление и укладка обмоток электрических машин, для чего применяется нестандартизированное оборудование, изготовляемое обычно самими электромашиностроительными заводами.

Электромашиностроение характерно многообразием процессов, использующих электроэнергию: литейное производство, сварка, обработка металлов и материалов давлением и резанием, термообработка и т.д. Предприятия электромашиностроения широко оснащены электрифицированными подъемно-транспортными механизмами, насосными, компрессорными и вентиляторными установками.

										Лист
										2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						



# 1. Характеристика производства и приемников электрической энергии

## 1.1. Описание технологического процесса

Механический цех относится к основному производству машиностроительного предприятия. В нем выполняются операции по обработке деталей после отливки и доведение их до законченного состояния с последующей отправкой в цех сборки. Преобладает оборудование по обработке металлов резанием. Присутствуют станки массового производства с ЧПУ.

Размеры цеха 24x22x4 м. Согласно требуемой технологии обработки изделий цех оснащен современными металлорежущими станками. Имеется общепромышленное оборудование – это подъемно-транспортные механизмы, вентиляторы

## 1.2. Характеристика основных приемников электрической энергии цеха

Основными потребителями электрической энергии механического цеха являются металлорежущие станки, вентиляторы и краны. Цех оснащен станками различного назначения: токарные, сверлильные, шлифовальные, фрезерные, плоско и круглошлифовальные, заточные, координатно-расточные, МРС с ЧПУ и другие.

Согласно Правилам Устройства Электроустановок электроприемники по бесперебойности электроснабжения относятся ко II и III категории. Электроприемники работают в повторно-кратковременном (ПКР) и длительном режимах.

Важной технической задачей, которую нужно решать при проектировании электроснабжения, является выбор напряжения силовой и осветительной сети. От правильности выбора будут зависеть потери напряжения, электроэнергии и многие другие факторы. Выбор напряжения основывается на сравнении технико-

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					4

экономических показателей различных вариантов. При выборе напряжения для питания силовых и осветительных потребителей следует отдавать предпочтение варианту с более высоким напряжением, так как чем больше величина  $U$ , тем меньше ток в проводах, тем меньше сечение, меньше потери мощности и энергии.

Согласно Правилам Устройства Электроустановок и Правилам Технической Эксплуатации в Российской Федерации для электроустановок с  $U \leq 1000$  В приняты следующие стандартные напряжения переменного тока: 110 В, 220 В, 380 В, 660 В. Наибольшее распространение на предприятиях машиностроительной промышленности получила система трехфазного тока напряжением 380/220 В частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью. Широко используется так же система напряжения 660/380 В.

Для проектируемого цеха применяем систему трёхфазного переменного тока с напряжением 380/220 В с глухозаземлённой нейтралью, что позволяет питать от одних и тех же трансформаторов силовые и осветительные нагрузки. Силовые потребители питаются напряжением 380 В, а освещение напряжением 220 В.

При питании силовой и осветительной сети от однострансформаторной ТП возникает мигание света осветительных приборов, так как происходит запуск мощных двигателей и возникают большие пусковые токи. Поэтому питание осуществляют от двухтрансформаторной КТП. Силовые приемники с большими и частыми пиковыми нагрузками нужно подключить к одному из трансформаторов КТП, а более «спокойную» нагрузку к другому трансформатору. В этом случае рабочее освещение необходимо запитывать от трансформатора со «спокойной» нагрузкой, а аварийное освещение от трансформатора с «неспокойной» нагрузкой, с тем чтобы обеспечить надлежащее качество рабочего освещения.

Выбор схемы электроснабжения приемников цеха зависит от многих факторов:

- мощности отдельных потребителей;
- расположения потребителей;
- площади цеха;

- технологического процесса цеха, определяющего категорию электроприемников по бесперебойности электроснабжения.

Система электроснабжения должна удовлетворять следующим требованиям:

- удобство и надежность обслуживания;
- надлежащее качество электроэнергии;
- бесперебойность и надежность электроснабжения как в нормальном, так и в аварийном режиме;
- экономичность системы, то есть наименьшие капитальные затраты и эксплуатационные издержки;
- гибкость системы, то есть возможность расширения производства без существенных дополнительных затрат.

Для передачи и распределения электроэнергии к цеховым потребителям применяем наиболее совершенную схему блока «трансформатор – магистраль», что удешевляет и упрощает сооружение цеховой подстанции. Такие схемы очень распространены и обеспечивают гибкость системы и ее надежность, а также экономичность в расходе материалов.

### **1.3. Характеристика производственной среды с классификацией помещений по окружающей среде**

В цехе производятся работы по холодной обработке металла. Среди технологического оборудования отсутствует оборудование, излучающее тепло в большом количестве (сушилки, обжигательные печи, котельные установки). Отходами производства является металлическая стружка. Данное помещение не является пыльным и жарким. Относительная влажность воздуха в нем не превышает 60%. Следовательно помещение, согласно Правил эксплуатации электроустановок, является нормальным.

В отношении опасности поражения людей электрическим током цех является помещением с повышенной опасностью, так как пол в нем является токопроводящим.

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

## 2. Выбор электрооборудования

Таблица 1. Выбор электрооборудования\*

Наименование участка	Номер по плану	Технологическое оборудование		Тип электрооборудования	Количество оборудования, согласно варианту	Номинальные параметры электрооборудования		
		тип	мощность, кВт			мощность, кВт	cosφ	K <sub>и</sub>
механический	1	металлорежущие станки	4	станок координатно-расточный	4	1	0,6	0,16
			8	станок сверлильный	5	1,6		
			6	станок сверлильный	3	2		
			10	станок радиально-сверлильный	4	2,5		
	2		20	станок круглошлифовальный	4	5		
			42	станок плоскошлифовальный	6	7		
			50	станок токарно-	5	10		

				винторезный				
			60	станок токарно-винторезный	4	15		
			102,5	станок вертикально-фрезерный	5	20,5		
3	карусельные станки с ЧПУ	105	станки карусельные с ЧПУ	1	105	0,7	0,6	
		125		1	125			
		150		1	150			
4	универсальные станки с ЧПУ	55	станки универсальные с ЧПУ	1	55			
		70		1	70			
		170		2	85			
5	вентиляторы	15	вентиляторы	2	7,5	0,85	0,8	
		44		4	11			
6	кран-балки	44	кран-балки	2	22	0,5	0,06	

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

Выбор оборудования производился с учетом исходных данных для курсовой работы. Номинальные параметры электрооборудования (значения  $\cos\varphi$  и  $K_n$ ) выбирались максимальными для полного электрообеспечения.

### 3. Разработка принципиальной схемы электроснабжения

На предприятиях применяются радиальные магистральные и смешанные схемы электроснабжения. Радиальной называется такая схема, в которой к одной линии подключена один электроприемник. Радиальные схемы применяются на предприятиях малой мощности, предприятиях, где нагрузка территориально разбросана и неупорядочена по своему расположению, на предприятиях на которых предъявляются высокие требования к надежности электроснабжения. В радиальных схемах на предприятиях используется глухое присоединение трансформаторов к кабельным линиям. Преимущество радиальных схем - высокая надежность, недостаток - большое количество коммутаций.

Магистральная схема - когда к одной линии подключено несколько понизительных подстанций. Магистральные схемы применяются в тех случаях, когда радиальные схемы являются не целесообразными или на предприятиях средней и крупной мощностей, или при упорядоченном расположении электрических нагрузок.

В нашем случае целесообразно применить смешанную схему электроснабжения.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					9

## 4. Расчет электрических нагрузок

### 4.1. Расчет электрических нагрузок участков цеха и предприятия

Таблица 2. Расчет электрических нагрузок участка цеха\*

Исходные данные				Расчетные величины							Расчетная мощность			расчетный ток, I <sub>p</sub>
по заданию			по справочным данным		K <sub>н</sub> p <sub>н</sub>	K <sub>н</sub> p <sub>н</sub> tgφ	np <sub>н</sub> <sup>2</sup>	n <sub>с</sub>	K <sub>р</sub>	активная, кВт P <sub>p</sub>	реактивная, кВар Q <sub>p</sub>	полная, кВа S <sub>p</sub>		
наименование ЭП	количество ЭП n <sub>с</sub>	номинальная (установленная) мощность, кВт		K <sub>н</sub>									tgφ	
		одного ЭП n <sub>н</sub>	общая P <sub>н</sub> = np <sub>н</sub>											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
станок координатно-расточный	4	1	4	0,16	1,33	0,16	0,21	4	4	2,35	1,50	2,01	2,51	6,60
станок сверлильный	5	1,6	8	0,16	1,33	0,26	0,34	12,8	5	2,09	2,68	3,57	4,46	11,73
	3	2	6	0,16	1,33	0,32	0,43	12	3	2,89	2,77	3,70	4,62	12,17
станок кругло-шлифовальный	4	5	20	0,16	1,33	0,8	1,07	100	4	2,35	7,52	10,03	12,53	32,98
станок радиально-	4	2,5	10	0,16	1,33	0,4	0,53	25	4	2,35	3,76	5,01	6,27	16,49

сверлильный														
станок плоско-шлифовальный	6	7	42	0,16	1,33	1,12	1,49	294	6	2,96	19,89	26,52	33,15	87,24
станок токарно-винторезный	4	15	60	0,16	1,33	2,4	3,20	900	4	2,35	22,56	30,08	37,60	98,95
	5	10	50	0,16	1,33	1,6	2,13	500	5	2,09	16,72	22,29	27,87	73,33
станок вертикально-фрезерный	5	20,5	102,5	0,16	1,33	3,28	4,37	2101,25	5	2,09	34,28	45,70	57,13	150,33
станок универсальный с ЧПУ	1	55	55	0,6	1,02	33	33,67	3025	1	1,33	43,89	44,78	62,70	165,00
	1	70	70	0,6	1,02	42	42,85	4900	1	1,33	55,86	56,99	79,80	210,00
	2	85	170	0,6	1,02	51	52,03	14450	2	1,33	135,66	138,40	193,80	510,00
станок карусельный с ЧПУ	1	105	105	0,6	1,02	63	64,27	11025	1	1,33	83,79	85,48	119,70	315,00
	1	125	125	0,6	1,02	75	76,52	15625	1	1,33	99,75	101,77	142,50	375,00
	1	150	150	0,6	1,02	90	91,82	22500	1	1,33	119,70	122,12	171,00	450,00
вентилятор	2	7,5	15	0,8	0,62	6	3,72	112,5	2	1	12,00	7,44	14,12	37,15
	4	11	44	0,8	0,62	8,8	5,45	484	4	1	35,20	21,82	41,41	108,98
кран-балка	2	22	44	0,06	1,73	1,32	2,29	968	2	6,22	16,42	28,44	32,84	86,43
ИТОГО:	55	695,1	1080,5	0,01		380,46	386,39	77038,55	4,63		713,95	756,13	1039,94	2736,67

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

Для каждого электроприемника подбираются средние значения коэффициентов использования  $K_{и}$  и активной мощности  $\cos\varphi$ . При наличии в справочных таблицах интервальных значений  $K_{и}$  выбирается большее.

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

Расчетные формулы:

Графа 5: 
$$\hat{E}_{\Sigma} = \frac{\sum \hat{E}_{\Sigma} \delta_i}{\sum \delta_i}$$

Графа 6: 
$$\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1}$$

Графа 10: 
$$n_{\dot{y}} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{ii})^2}{\sum_{i=1}^n n P_i^2}$$

Графа 12: 
$$D_{\Sigma} = \hat{E}_{\Sigma} \sum \hat{E}_{\Sigma} \delta_i$$

Графа 13: 
$$Q_p = P_p \operatorname{tg}\varphi$$

Графа 14: 
$$S_p = \sqrt{P_p + Q_p}$$

Графа 15: 
$$I_p = \frac{S_p}{U_i}$$

## 4.2. Расчет электрических нагрузок электроосвещения

Достаточная освещённость рабочей поверхности – это необходимое условие для обеспечения нормальной работы человека и высокой производительностью труда.

Для проектируемого цеха принимаем равномерную систему освещения.

Расчёт мощности ведём методом «удельных мощностей». Суть этого метода в том, что установленная мощность светильников зависит от нормируемой

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						12

освещённости цеха, высоты подвеса светильника, площади освещаемой поверхности, коэффициентов отражения потолка, рабочей поверхности и стен.

Освещение в цехе производим светильниками типов ЛСП 02 2x80 Вт, Удельная мощность осветительной нагрузки для механического цеха (W)  $P_{уд} = 16$  Вт/м<sup>2</sup>. Площадь цеха (S): 528 м<sup>2</sup>.

Определение количества ламп:

$$n = \frac{WS}{P_{\text{л}}}. \quad n = \frac{16 \cdot 528}{80} \approx 106 \text{ шт.}$$

Для освещения цеха потребуется 53 светильника.

Поскольку цех является прямоугольником, то для равномерной установки распределим их в 6 рядов по 9 светильников в ряду. Для этого потребуется 54 светильника и 108 ламп.

Коэффициент использования  $K_{И} = 0,9$ . Коэффициент расчетной нагрузки  $K_{р} = 1$ .  $\cos\varphi = 0,9$

$$P_{\text{потр.осв.}} = n * P_{\text{л}} * K_{И} * K_{р} \quad P_{\text{потр.осв.}} = 108 * 0,08 * 0,9 * 1 = 7,75 \text{ Вт}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} \quad \operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{1}{0,9^2} - 1} = 0,48$$

$$Q_{\text{порт.лсв.}} = P_{\text{потр.осв.}} * \operatorname{tg}\varphi \quad Q_{\text{порт.осв.}} = 7,75 * 0,48 = 3,75 \text{ Вар}$$

## 5. Расчет мощности компенсирующих устройств

Большинство электроприемников потребляет через сеть реактивную мощность. Ее передача из сети вызывает повышение потерь активной мощности, электроэнергии и напряжения в сети. Для уменьшения этих потерь и увеличения пропускной способности линий и трансформаторов предусматривается в сетях потребителей установка компенсирующих устройств. В большинстве случаев для компенсации реактивной мощности в сетях предприятий используются батареи конденсаторов.

Заданное энергосистемой значение потребляемой из ее сети реактивной мощности:

$$Q_c = \operatorname{tg}\varphi_c * P_m \quad Q_c = 0,43*713,95 = 307 \text{ кВт}$$

Значение коэффициента несовпадения примем равным 0,95.

Мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{KV} = kQ_M - Q_c \quad Q_{KV} = 0,95*756,13 - 307 = 411,33 \text{ кВар}$$

Мощность батареи конденсаторов:

$$Q_{БК} = P_m(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_c) \quad Q_{БК} = 713,95 * (1,73 - 0,43) = 929,6 \text{ кВар}$$

Таблица 3. Расчет мощности компенсирующих устройств

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВар	Количество секций	Возможность регулирования мощности
УКМ-0,38-480 УЗ	380	480	8	нет

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.



зависимости от условий эксплуатации определяется резервом трансформаторной мощности, графиком нагрузки и температурой окружающей среды, могут быть допущены перегрузки.

В обмотках и в стали магнитопровода трансформатора, включенного под нагрузку выделяется значительное количество теплоты. Чтобы поддерживать температуру нагрева трансформатора в указанных пределах, необходимо в течение срока эксплуатации трансформатора непрерывно отводить выделяющуюся в нем теплоту в окружающее пространство, т.е. эффективно охлаждать трансформатор.

Суммарная мощность всех установленных двигателей цеха:

$$P_{\text{общ.дв.}} = \sum P_{\text{дв.и}} \quad P_{\text{уст.дв.}} = 1080,5 \text{ кВт}$$

Активная мощность электродвигателей:

$$P_{\text{потр.дв.}} = P_{\text{уст.дв.}} \cdot K_{\text{спр.дв.}} \quad P_{\text{потр.дв.}} = 1080,5 \cdot 0,3 = 324,15 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность электродвигателей:

$$\cos \varphi_{\text{нд.аца}} = \frac{\sum (P_{\text{дв.и}} \cdot \cos \varphi_i)}{\sum P_{\text{дв.и}}} \quad \cos \varphi_{\text{нд.аца}} = \frac{726,15}{1080,50} = 0,67$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} \quad \operatorname{tg} \varphi_{\text{нд.аца}} = \sqrt{\frac{1}{0,67^2} - 1} = 1,1$$

$$Q_{\text{потр.дв.}} = P_{\text{потр.дв.}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{спр.взв.}} \quad Q_{\text{потр.дв.}} = 324,15 \cdot 1,1 = 357,17 \text{ кВар}$$

$$P_{\text{дв.}\Sigma} = P_{\text{дв.}\text{аа}} + P_{\text{дв.}\text{иа}} \quad P_{\text{дв.}\Sigma} = 713,95 + 7,75 = 721,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{дв.}\Sigma} = Q_{\text{дв.}\text{аа}} + Q_{\text{дв.}\text{иа}} \quad Q_{\text{дв.}\Sigma} = 756,13 + 3,75 = 759,89 \text{ кВар}$$

Коэффициент несовпадения максимумов нагрузки  $\gamma \approx 0,92$ . Полная потребляемая мощность силового трансформатора:

$$S_{\text{дв.}\Sigma} = \gamma \sqrt{P_{\text{дв.}\Sigma}^2 + Q_{\text{дв.}\Sigma}^2} \quad S_{\text{дв.}\Sigma} = 0,92 \cdot \sqrt{721,7^2 + 759,89^2} = 964,15 \text{ кВА}$$

Исходя из расчётной мощности, перечисленных условий, учитывая, что потребители электроэнергии цеха относятся ко II и III категории по бесперебойности электроснабжения, принимаем к установке 2КТПМ 1600.

Согласно ПУЭ, коэффициент аварийной загрузки для КТП должен составлять не более 30%, если его коэффициент загрузки в нормальном режиме не превышал 70 – 75% и, причем с этой перегрузкой он может работать не более 120 минут при полном использовании всех устройств охлаждения трансформаторов,

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		17

если подобная перегрузка не запрещена инструкциями заводов изготовителей. Так как электроприемники в цехе относятся ко 2 и 3 группе по бесперебойности электроснабжения, то в аварийном режиме возможно отключение части неответственных электроприемников.

Для выбранной КТП ТМ 1600/35 имеется большой трансформаторный резерв, что обеспечит дальнейший рост нагрузки цеха без замены трансформатора на большую мощность, во вторую смену можно отключить один трансформатор для экономии электроэнергии.

Таблица 4. Расчет трансформатора\*

Тип ТП	Трансформаторы			Комплектуемое оборудование	
	тип	количество	номинальная мощность кВА	шкафы ВН	шкафы НН
2КТПМ 1600	ТСЗ-1600/10	2	1600	ШВВ-3	ШНВ-2М, ШНС-2М

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

## 6.2. Выбор комплектных устройств в сетях с напряжением до 1000 В

Для распределения электроэнергии и защиты электроустановок в сетях напряжением до 1000В применяют комплектные устройства – щиты осветительные, пункты распределительные, шкафы, панели и ящики распределительные для силовых сетей. Распределительные устройства (РУ) комплектуются автоматическими выключателями или плавкими предохранителями. В распределительных шкафах и панелях могут применяться в качестве вводных аппаратов неавтоматические выключатели.

К комплектным устройствам относятся и распределительные устройства низкого напряжения (РУНН) КТП. Во всех ячейках РУНН применяется

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					18

коммутационно-защитная аппаратура одного и того же конструктивного исполнения. Панели распределительных силовых щитов предназначены для комплектования щитов распределения электрической энергии, напряжением 380/220В трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, служащие для приема и распределения электроэнергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания и используемые для установки в распределительных сетях как четырехпроводном, так и пятипроводном исполнениях с рабочим нулевым и защитным заземляющим проводниками. Панели представляют собой сварную конструкцию из листогнутых профилей с установленными в ней защитными, коммутационными, коммутационно-защитными аппаратами и электроизмерительными приборами. Осветительные распределительные щитки предназначены для приёма и распределения электрической энергии трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В, в сетях с глухозаземлённой или изолированной нейтралью, для защиты отходящих линий при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых оперативных включений и отключений.

Щитки изготавливаются в металлических или пластиковых корпусах навесного или встраиваемого исполнения, комплектуются автоматическими выключателями на вводе и автоматическими выключателями или предохранителями на отходящих линиях. В щитки также могут быть установлены дифференциальные автоматические выключатели или УЗО (устройство защитного отключения).

Таблица 5. Расчет комплектных устройств\*

Тип РП	Способ исполнения	Допустимый ток, А	Вводный коммутационный аппарат			Линейные коммутационные аппараты (на отходящих линиях)			Примечание
			тип	количество	номинальны	тип	количество	номинальны	
ПР 24-5401	напольный	700	-	-	-	A3746Б	1	630	
						A3712Б	1	160	
ПР 24-5213	напольный	420	A3734С	1	250-400	A3736Б	1	400	2 распределительных пункта
						A3712Б	1	160	
ПР 24-5401	напольный	700	-	-	-	A3746Б	1	630	2 распределительных пункта
						A3712Б	2	160	

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

## 7. Расчет распределенной электрической сети

### 7.1. Расчет силовой электрической сети

Таблица 6. Расчет силовой электрической цепи

Наименование участка, номер электроприемника	Тип, марка проводника, шинпровода	Номинальный ток нагрузки, А	Пиковый ток нагрузки, А	Длина проводников, шинпроводов, м	Количество жил, сечение проводников, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимый ток, А	Способ прокладки
выход от трансформатора к РП	ШМА-68-Н	1831,81	5495,42	94,7	4x120x10	5900	в бетонном полу
к карусельным станкам с ЧПУ	ШМА-4	392,26	1176,77	102,5	2x70x8	1250	в бетонном полу
к станкам универсальным	МНРГ	230,61	691,84	75	4x300	830	в бетонном полу
к фрезерным,	АНРГ	60,36	181,08	187	4x50	210	в бетонном

винторезным и шлифовальным станкам							полу
к прочим станкам	АНРГ	20,14	60,43	130	4x16	90	в бетонном полу
к кран-балкам	АНРГ	75,97	227,90	51,8	4x70	265	подвесной

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

## 7.2 Расчет осветительной сети цеха

Таблица 7. Расчет осветительной сети цеха\*

Номер участка (линии), количество светильников в линии	Мощность осветительных приборов на участке (линии)	Номинальный ток нагрузки, А	Длина проводников, шинопроводов, м	Количество жил, сечение проводников, мм <sup>2</sup>	Потеря напряжения, $\Delta U$ , В	Способ прокладки
1-6	1440	6,55	21,8	2x1	5,5	по потолку

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

## 8. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры

### 8.1. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры силовой сети

В сетях и установках напряжением до 1 кВ возможны ненормальные режимы, связанные с увеличением тока (сверхтоком), к которому приводят перегрузки, самозапуск электродвигателей, короткое замыкание. Эти ненормальные режимы могут привести к повреждению электрических сетей и оборудования, созданию ситуаций, опасных для персонала. Поэтому сети и установки должны быть защищены от перегрузок и токов короткого замыкания.

Согласно ПУЭ сети разделяют на защищаемые от перегрузок и токов короткого замыкания, и на защищаемые только от токов короткого замыкания. Защите от перегрузок подлежат следующие сети:

- внутри помещений, выполненные проложенными открыто незащищенными изолированными проводами или проводами с горючей оболочкой;
- внутри помещений, выполненные защищенными проводами, проложенными в трубах, несгораемых строительных конструкциях и т.п.;
- сети освещения общественных и торговых помещений, служебно-бытовых помещений промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также пожароопасных производственных помещений;
- силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, когда по условиям технологического процесса или режима работы сетей может возникать их длительная перегрузка;
- сети всех видов во взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сетей.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузок и должны быть защищены только от токов короткого замыкания.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					23

Основными аппаратами защиты сетей напряжением 380-660 В являются предохранители с плавкими вставками и автоматические воздушные выключатели. От них требуется кратчайшее время отключения и обеспечение селективности. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи срабатывания расцепителей автоматических выключателей должны быть минимально возможными, но не приводящими к отключению цепи при пуске электродвигателей и кратковременных перегрузках.

Защитные аппараты устанавливают в начале каждой ветви сети, т.е. на каждой линии, отходящей от шин подстанции и силовых пунктов, на каждом ответвлении от линии, на трансформаторных вводах.

Предохранители применяют в основном для защиты электроустановок от токов короткого замыкания. Предохранитель представляет собой аппарат, содержащий плавкую вставку, калиброванную на определенный ток и выполненную из легкоплавких материалов. Плавкие вставки предохранителей выдерживают ток на 30-50% выше номинального в течение одного часа и более. При токе, превышающем номинальный ток плавких вставок на 60-100%, они плавятся. Для уменьшения времени перегорания плавкой вставки ее выполняют плоской с несколькими сужениями или в виде параллельно соединенных проволок с напаянными на них оловянными шариками.

Предохранитель и плавкую вставку характеризуют следующие показатели:

- номинальное напряжение – напряжение, при котором предохранитель работает длительное время;
- номинальный ток патрона – ток, на который рассчитаны токоведущие и контактные соединения патрона по условию длительного нагрева;
- номинальный ток плавкой вставки – ток, который он выдерживает, не расплавляясь длительное время.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					24

Наименование участка, номер электрооборудования	Расчетный ток нагрузки, А	Пиковый ток нагрузки, А	Защитный аппарат					Коммутационный аппарат у приемника		
			Тип	Номинальный ток выключателя автоматического или	Номинальный ток расцепителя выключателя	Уставка тока короткого замыкания	Время срабатывания при коротком замыкании	Тип	Номинальный ток магнитного пускателя, А	Номинальный ток теплового реле, А
станок координатно-расточный	0,70	2,11	ВА-16	3	-	95	-	ПМЕ-I	10	10
станок сверлильный	1,90	5,69	ВА-16	6	-	95	-	ПМЕ-I	10	10

станок кругло-шлифовальный	3,48	10,44	ВА-16	12	-	95	-	ПМЕ-II	25	25
станок радиально-сверлильный	1,76	5,28	ВА-16	6	-	95	-	ПМЕ-I	10	10
станок плоско-шлифовальный	3,36	10,07	ВА-16	12	-	95	-	ПМЕ-II	25	25
станок токарно-винторезный	10,32	30,96	ВА-16	35	-	95	-	ПМЕ-III	40	40
станок вертикально-фрезерный	12,07	36,22	ВА-16	40	-	95	-	ПМЕ-III	40	40
станок универсальный с ЧПУ	115,31	345,92	ВА-51	400	-	600	-	ПТ-400	400	400
станок карусельный с ЧПУ	392,26	1176,77	ВА-53	1280	1,25	2000	4	-	-	-
вентилятор	7,21	21,62	ВА-16	25	-	95	-	ПМЕ-II	25	25
кран-балка	37,98	113,95	ВА-51	125	-	600	-	ПМЕ-V	120	-

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине "Общая электротехника и электроника". Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

## 8.2 Выбор аппаратуры осветительной сети

Номинальный ток расцепителей ВА или плавких вставок предохранителей групповых линий не должен превышать 25 А.

Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{P_h \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_0 \cdot \cos \varphi} \quad I_p = \frac{1,29 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 6,17 \text{ А}$$

Номинальный ток расцепителя:

$$I_{\text{ном}} = 1,4 \cdot I_p \quad I_{\text{ном}} = 1,4 \cdot 6,17 = 8,64 \text{ А}$$

В качестве расцепителя используем выключатель автоматический ВА-16.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					27

## 9. Определение годового расхода и годовой стоимости энергии, потребляемой цехом

Для предприятий действует двухставочный тариф, состоящий из годовой платы за 1 кВт заявленной максимальной мощности и 1 кВт·ч отпущенной потребителю активной электрической энергии.

Для определения годового расхода энергии необходимо иметь данные предыдущих расчетов и годовое число часов работы электросилового оборудования и освещения. Под заявленной мощностью подразумевается абонируемая потребителем мощность в период максимальной загрузки энергосистемы, оговоренная в договоре на поставку электроэнергии. Часы максимума нагрузки устанавливаются энергоснабжающей организацией на каждый квартал и фиксируются в договоре. Плата за 1 кВт·ч устанавливается за отпущенную потребителю электроэнергию, учтенную расчетными счетчиками на стороне первичного напряжения. Если счетчик установлен на стороне вторичного напряжения, то указанная в прейскуранте плата за 1 кВт·ч умножается на коэффициент 1,025.

Таблица 9. Определение годового расхода энергии\*

Потребители	Установленная мощность, $P_{\text{уст}}$	Коэффициент мощности,	Коэффициент спроса, $K_{\text{спр}}$	Потребная мощность		Количество часов работы в	Годовой расход энергий	
				активная, $P_{\text{погр}}$ , кВт	реактивная $Q_{\text{погр}}$ , $r \cdot P \cdot D$		активная $W_a$ , кВт*ч	реактивная $W_p$ , кВАР*ч
Двигатели	721,7	0,9	0,3	194,86	205,17	2000	389720	410340,6
Освещение	0,008	0,9	1	0,007	0,008	500	3,5	4
Всего:	1080,5			194,86	205,17		389723,5	410344,6

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	28

\* Рассчитано по Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А., Мелеуз, 2005 г.

$$P_{\max} = 1,5 \cdot \sum P_{\text{ii00}} \qquad P_{\max} = 1,5 \cdot 194,86 = 292,29$$

$$N = (P_{\max} N_0 + W_a \sum N_{\ddot{a}}) \cdot (1 - \ddot{a})$$

$$N = (292,29 \cdot 0,7 + 389723,5 \cdot 0,7) \cdot (1 - 0,05) = 259360,31$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		29

## Заключение

В процессе выполнения данной курсовой работы спроектированы и рассчитаны основные элементы системы электроснабжения механического цеха.

Выбрана смешанная внутрицеховой сети, как более надежная для бесперебойного электропитания всех потребителей.

В результате расчета схемы электроснабжения выбраны необходимые кабели и электропроводка, а также основное электрооборудование.

Спроектирована сеть общего освещения. В результате расчета выбрано оптимальное количество светильников, обеспечивающее требуемый уровень освещенности помещения и рабочих мест.

Для питания силовой и осветительной нагрузок цеха выбрана двухтрансформаторная подстанция. На основании расчета полной потребной мощности силового трансформатора.

Для компенсации реактивной мощности выбрана батарея конденсаторов.

В завершение курсовой работы определены годовой расход энергии и стоимость электроэнергии, потребляемой цехом за год в сумме 259,360 тыс. руб.

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

## Список литературы

1. Барыбин Ю.Г., Федорова Л.Е., Зименкова М.Г., Смирнова А.Г., Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования, Москва, Энергоатомиздат, 1991 г.
2. Белорусов Н.И., Саакян А.Е., Яковлека А.И., Электрические кабели, провода и шнуры, справочник, Москва, Энергоатомиздат, 1988 г.
3. Борисов Ю.М., Электротехника, Учебник для ВУЗов 2-е издание, Москва, Энергоатомиздат, 1985 г.
4. Герасимова Л.А., Пустарнакова С.А. Курсовое проектирование. Справочное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине “Общая электротехника и электроника”.– Мелеуз, 2005.
5. Иноземцев И.М., Краснова А.Е., Электротехника и электроника, общая электротехника и электроника, электротехника, Учебно-практическое пособие, Москва, МГУТУ, 2007 г.
6. Кабышев А.В., Обухов С.Г., Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию, Учебное пособие, Томск, ТПУ, 2005 г.
7. Кнорринг Г.М., Справочная книга для проектирования электрического освещения, Ленинград, Энергия, 1976 г.
8. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю., Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов вузов по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок» – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986 г.
9. Мельников М.А., Энергоснабжение промышленных предприятий, Учебное пособие, Томск, ТПУ, 2000 г.
10. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций, Москва, Энергоатомиздат, 1989 г.
11. Нефедова Н.В., Каменев П.М., Большунова О.М., Карманный справочник по электронике и электротехнике, Ростов-на-Дону, Феникс, 2008 г.,

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		31

