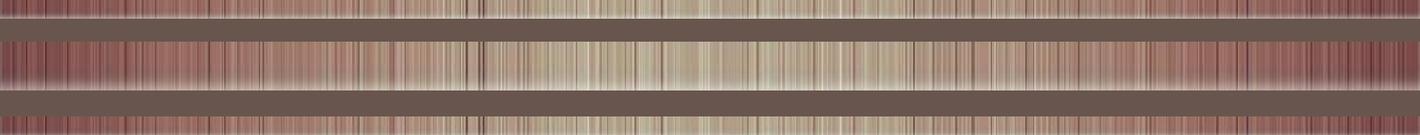


Л.В. Черноусова

Методические указания:
**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ»**





Л.В. Черноусова

Методические указания:
**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ»**

2015



Содержание

ВВЕДЕНИЕ	
1.ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ	
1.1.Характеристика предприятия	
1.2.Характеристика источника питания.....	
1.3.Климатические условия	
1.4.Краткое описание технологического процесса.....	
2.РАСЧЕТ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	
2.1. Постановка задачи.....	
2.2. Расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм	
2.3. Классификация методов расчета освещения	
2.4. Расчет освещения	
3.ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ	
3.1.Постановка задачи.....	
3.2. Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом	
компенсации реактивной мощности	
3.3.Выбор места расположения трансформаторной.....	
подстанции	
4. ВЫБОР ЗАВОДСКОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	
4.1. Конструктивное выполнение внутризаводских.....	
электрических сетей.....	
4.2. Выбор кабелей	
4.3. Выбор электрооборудования	

Список использованной литературы

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью промышленного предприятия как потребителя электроэнергии является то, что для осуществления технологического процесса используется большое число разнообразных электроприемников различных мощностей и номинальных напряжений, однофазного и трехфазного переменного тока различной частоты, а также электроприемников постоянного тока.

Система электроснабжения (СЭС) - это совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электроэнергией. Она включает сети напряжения до 1 кВ и выше 1 кВ, связанные между собой трансформаторными подстанциями (ТП). Электроснабжение предприятий принято делить на внешнее и внутреннее. В систему внутреннего электроснабжения входит комплекс электротехнических сооружений от точки присоединения к энергосистеме до пункта приема электроэнергии предприятия: главной понизительной подстанции (ГПП) или центрального (главного) распределительного пункта (ЦРП, ГРП). Система внутреннего (внутризаводского) электроснабжения — это комплекс сетей и подстанций, расположенных на территории предприятия. Внутреннее электроснабжение содержит сети с достаточно сложными схемами и развитой конфигурацией.

Системы электроснабжения, обеспечивающие электрической энергией промышленные объекты, оказывают существенное влияние на работу электроприводов, осветительных, преобразовательных и электротехнологических установок и, в конечном счете, на производственный процесс в целом. Надежное и экономичное снабжение электроприемников электроэнергией требуемого качества — необходимое условие нормального функционирования любого промышленного предприятия. В связи с этим специалисты в области электроснабжения должны иметь глубокие знания целого комплекса вопросов проектирования электроустановок промышленных объектов. Знать основы проектирования весьма важно, так как

именно в проекте формируется структура системы электроснабжения и закладываются основные свойства, определяющие ее технические, эксплуатационные и экономические показатели.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Характеристика предприятия

Проектируемый завод имеет следующие характеристики:

- месторасположения завода – _____ ;

Производственная среда помещений:

- влажные помещения – _____ ;

- влажные и пыльные помещения – _____ ;

- пожароопасные помещения класса А – _____ ;

- взрывоопасная среда В1 – _____ ;

- остальные цеха категории Д – пожаробезопасная среда.

1.2. Характеристика источника питания

Электроснабжение завода осуществляется от районной подстанции _____ / _____ / _____ кВ, где установлены два силовых трёхобмоточных трансформатора мощностью по _____ кВА, от системы секционированных шин комплектного распределительного устройства наружной установки (КРУН) 10 кВ. Питание осуществляется по двум кабельным линиям длиной _____ м от каждой системы шин КРУН через _____ выключатели _____ до центрального распределительного пункта (ЦРП).

Марка кабелей – _____ 3× _____.

Электроприемники в цехах основного производства по виду и назначению используемой энергии подразделяются на группы:

- силовые и освещение.

Согласно ПУЭ /3/ электроприемники проектируемого предприятия относятся к потребителям I и II категории по надежности электроснабжения, т.к. недоотпуск электрической энергии ведет к опасности возникновения взрывов или к массовому браку продукции и простою оборудования.

1.3.Климатические условия

По географическому местоположению проектируемое предприятие находится в:

Район по гололеду – .

Район по ветровым нагрузкам – .

Средняя температура в январе - до - °С.

Средняя температура в июле - + до + °С.

Число грозных дней в году – .

Число грозных часов в году – ч.

Удельное сопротивление грунта – Ом·м.

Число смен работы персонала – .

1.4.Краткое описание технологического процесса

Проектируемое предприятие специализируется на производстве

На рис. 1.1 представлен генеральный план проектируемого предприятия, на котором указано месторасположение цехов и вспомогательных производственных помещений. В таблице 1.1 указана установленная мощность цехов. План, подробно рассматриваемого цеха, приведён на рис.1.2, а в табл. 1.2 приведены основные параметры электротехнологического оборудования.

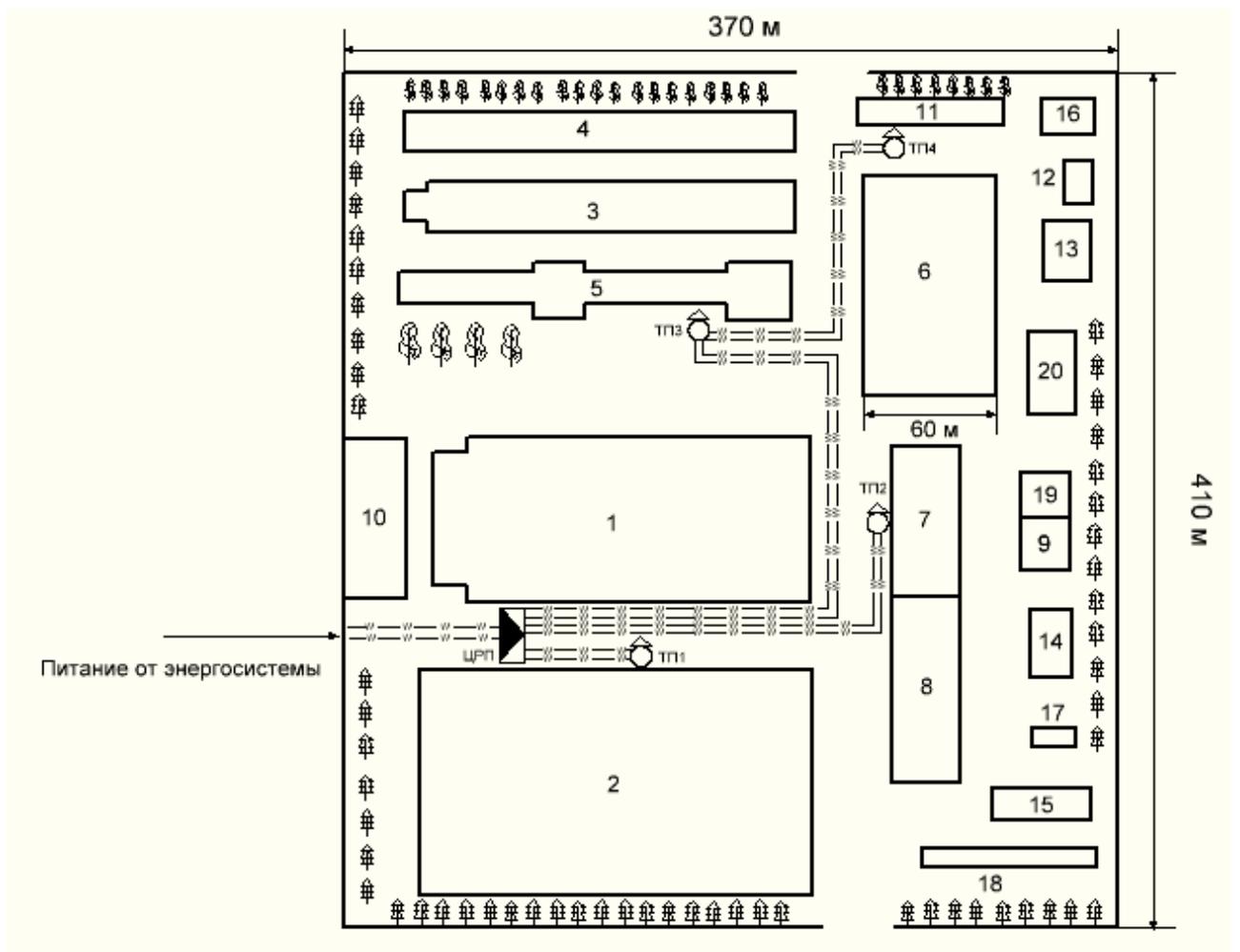


Рис. 1.1. Генеральный план проектируемого предприятия

Табл. 1.1. Исходные данные цехов проектируемого предприятия

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Цех магнитных станций	1200
2	Заготовительно-сварочный цех	2350
3	Цех пластмасс	1050
4	Аппаратный цех	950
5	Цех нормалей	800
6	Штамповочный цех	508,6
7	Цех прокладок	1000
8	Склад готовой продукции	85
9	Склад металлических отходов	110
10	Гальванический цех	950
11	Ремонтно-механический цех	550
12	Станция нейтрализации	100
13	Очистка кислотной канализации	30
14	Компрессорная №1	240
15	Столовая	265
16	Насосная	280
17	Градирня	30
18	Лабораторно-административный корпус	350
19	Склад кислот	70
20	Компрессорная №2	195

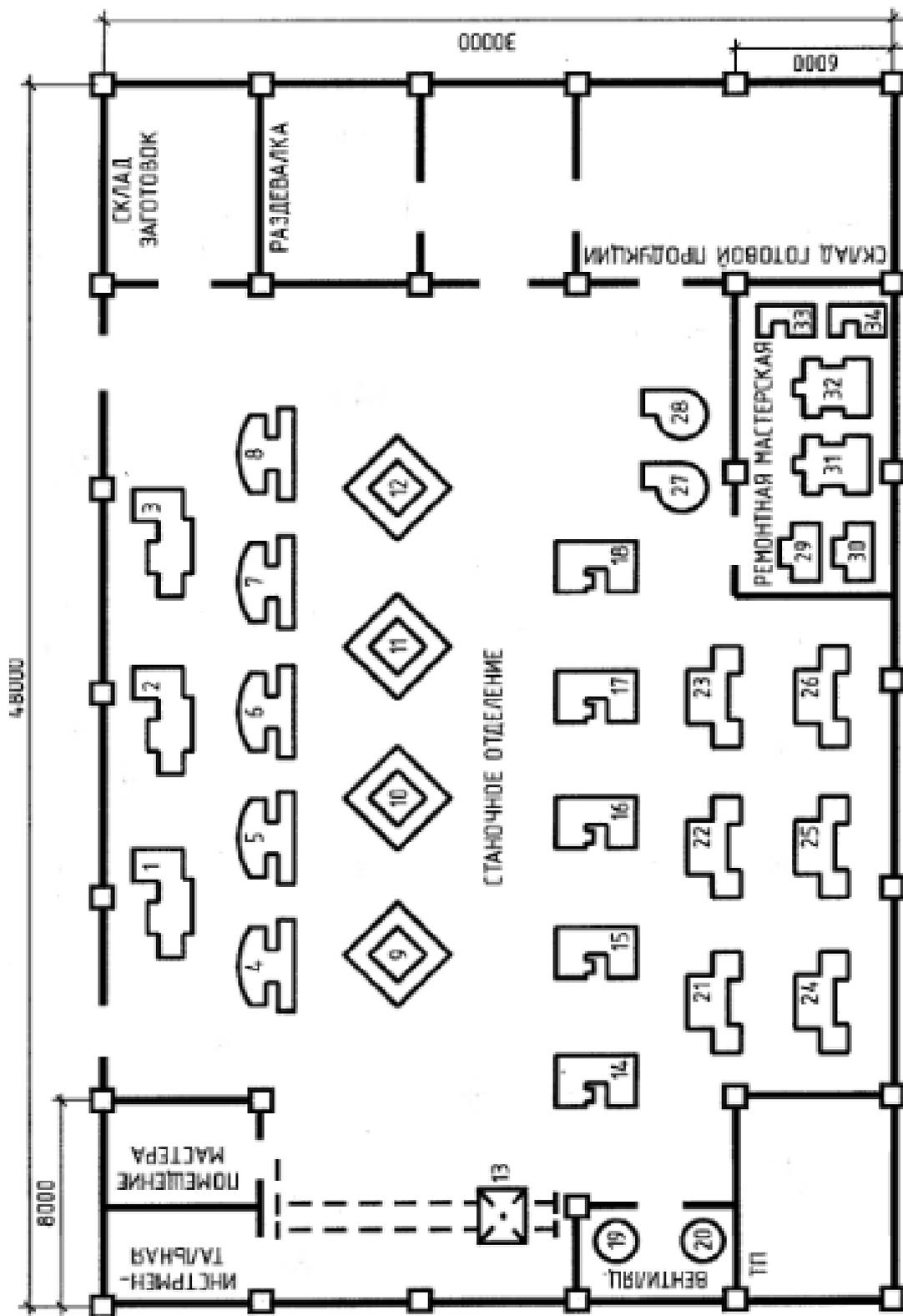


Рис. 1.2. План штамповочного цеха

Табл. 1.2. Характеристики электроприемников штамповочного цеха

№ по плану цеха	Наименование отделения и производственного помещения	Номинальная мощность, кВт	Кол	K_n	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7
1,2,3	Кузнечно-штамповочные автоматы	14,5	3	0,17	0,65	1,17
4,5,6,7,8	Прессы электромеханические	28,1	5	0,6	0,8	0,75
9,10,11,12	Прессы фрикционные	24,2	4	0,65	0,8	0,75
13	Кран-балка (ПВ =40%)	6	1	0,2	0,5	1,73
14,15,16,17,18	Молоты ковочные	10,2	5	0,5	0,7	1,02
19,20	Вентиляторы	4,5	2	0,7	0,8	0,75
21,22,23,24,25,26	Прессы кривошипные (ПВ =60%)	11,6	6	0,6	0,75	0,88
27,28	Насосы	3,5	2	0,65	0,7	1,02
29,30	Наждачные станки	1,5	2	0,16	0,5	1,73
31,32	Шлифовальные станки	7,5	2	0,15	0,5	1,73
33,34	Сверлильные станки	3	2	0,12	0,5	1,73

2. РАСЧЕТ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

2.1. Постановка задачи

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проектируют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежная работа электрооборудования.

При проектировании системы электроснабжения или анализе режимов ее работы потребители электроэнергии (отдельный приемник электроэнергии, группа приемников, цех или завод в целом) рассматривают в качестве нагрузок. Различают следующие виды нагрузок: активную мощность P (кВт), реактивную мощность Q (кВАр), полную мощность S (кВА).

2.2. Расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм

Проведем расчет нагрузок штамповочного цеха методом упорядоченных диаграмм.

Исходные данные и результаты расчетов при определении расчетной нагрузки цеха записываем в таб.2.1.

Пример расчета рассмотрим на примере одного электроприемника - №5 – пресс электромеханический.

Заносим в первую колонку таб.2.1. название электроприемников «прессы электромеханические», таких электроприёмников -5. Во вторую, третью, пятую, шестую и девятую колонки заносим следующие исходные данные:

вторая колонка – число электроприемников в группе $n=$;

третья колонка – номинальная мощность одного электроприемника в группе $P_{\text{ном}} =$ кВт,

пятая колонка – групповой коэффициент использования $K_{\text{г}} =$ (выбираем по справочным данным /2/);

шестая колонка – $\cos\varphi =$;

седьмая колонка - $\text{tg}\varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} =$;

десятая колонка – коэффициент технологических потерь $\lambda =$ (выбираем по таб.2.9 для двух смен/2/).

Определяем суммарную мощность группы и заносим результат в четвертую колонку таблицы:

$$P_{\text{ном},\Sigma} = n \cdot P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$$

Определяем среднюю активную нагрузку группы за максимально загруженную смену и заносим результат в седьмую колонку:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{г}} P_{\text{ном},\Sigma}, \text{ кВт}$$

Определяем среднюю реактивную нагрузку группы за максимально загруженную смену и заносим результат в восьмую колонку:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \text{tg}\varphi = \text{кВАр}$$

Определяем максимальную расчетную активную нагрузку группы и заносим результат в десятую колонку:

$$P_{\text{м}} = P_{\text{см}} \lambda, \text{ кВт}$$

Определяем максимальную расчетную реактивную нагрузку группы и заносим результат в одиннадцатую колонку:

$$Q_{\text{м}} = P_{\text{м}} \text{tg}\varphi, \text{кВАр}$$

В последнюю колонку заносим полную максимальную мощность группы электроприёмников:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2}, \text{ кВА.}$$

Аналогично определяем расчетные нагрузки остальных групп электроприемников.

После расчета максимальных нагрузок каждой группы определяем расчетную нагрузку всего цеха. Для этого заполняем итоговую строчку таб.2.1.

Во вторую колонку таблицы записываем общее число электроприемников
 $N =$

В четвертую колонку записываем общую суммарную активную мощность электроприемников

$$P_{\Sigma} = \sum P_{\text{ном}\Sigma,i} \text{ кВт}$$

В восьмую и девятую колонки записываем общие средние активные и реактивные мощности за наиболее загруженную смену

$$P_{\text{см}\Sigma} = \sum P_{\text{см}} \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}\Sigma} = \sum Q_{\text{см}} \text{ кВАр}$$

Теперь рассчитываем средневзвешенные коэффициенты использования $K_{\text{и}}$ и мощности $\cos\varphi$:

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}\Sigma}}{P_{\Sigma}}$$

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

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2\varphi}}$$

полученные данные заносим в колонки пять, шесть и семь таб.2.1.

Определяем максимальные расчетные суммарные активные и реактивные нагрузки и записываем их в колонки одиннадцать и двенадцать

$$P_{\text{м}\Sigma} = \sum P_{\text{м}}, \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{м}\Sigma} = \sum Q_{\text{м}}, \text{ кВАр}$$

Определяем максимальную расчетную нагрузку штамповочного цеха на III уровне системы электроснабжения от силовых электроприёмников:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}\Sigma}^2 + Q_{\text{м}\Sigma}^2}, \text{ кВА}$$

Полученный результат заносим в таб.2.2.

Расчет нагрузок по заводу проводим аналогично. Результаты приведены в табл. 2.2.

2.3. Классификация методов расчета освещения

На промышленных предприятиях около 10 % потребляемой электроэнергии затрачивается на электрическое освещение. Правильное выполнение осветительных установок способствует рациональному использованию электроэнергии, улучшению качества выпускаемой продукции, повышению производительности труда, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижению утомляемости рабочих.

Проектирование осветительных установок заключается в разработке светотехнического и электрического разделов проекта.

2.4. Расчет освещения

Проведем расчет освещения для цехов и территории завода, который определяется по удельной мощности освещения, по выражению:

$$P_0 = F \cdot \delta \cdot K_{CO} \cdot 10^{-3} \quad (2.15)$$

где : F – освещаемая площадь, m^2 ;

δ – удельная плотность осветительной нагрузки, $Вт/м^2$

K_{CO} – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$tg\varphi$ – коэффициент мощности осветительной нагрузки.

Из /2/ находим $W = \quad Вт/м^2$, для штамповочного цеха, площадь этого цеха равна $S, м^2$, следовательно из (2.5) имеем

с учётом коэффициента спроса осветительной нагрузки имеем:

$$P_0 = \text{кВт.}$$

Полученное значение мощности освещения заносим в таблицу расчета нагрузок на третьем уровне. Расчет освещения для остальных цехов приведен в табл. 2.3.

Тогда с учётом осветительной нагрузки расчётная максимальная полная мощность на третьем уровне составляет $S = \quad \text{кВА}$

3.ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

3.1.Постановка задачи

Выбор мощности и числа силовых понижающих трансформаторов для подстанций глубокого ввода или главной понизительной подстанции должен быть экономически обоснованным. В проекте предусматривается установка ЦРП без трансформации электроэнергии. Трансформация электроэнергии будет иметь место на цеховых ТП. При выборе трансформаторов цеховых ТП используют методику технико - экономических расчётов, а также учитывают такие показатели, как надёжность электроснабжения потребителей, расход цветного металла и требуемая трансформаторная мощность.

На сегодняшний день вместо устаревших типов трансформаторов ТМ устанавливают трансформаторы типа ТМГ (трансформатор масляный герметизированный), со следующей шкалой номинальных мощностей:

100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1250, 1600, 2500 и 3125 кВА.

Ориентировочный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности σ_H нагрузки:

$$\sigma_H = \frac{S_p}{F} \quad (3.1)$$

где S_p -расчётная нагрузка цеха, завода кВА. F -площадь цеха, завода m^2 .

При плотности нагрузки напряжением до 380 В до 0,2 кВА/ m^2 применяются трансформаторы мощностью до 1000 кВА включительно, при плотности 0,2-0,3 кВА/ m^2 - мощностью 1600 кВА, более 0,3 кВА/ m^2 -целесообразность применения трансформаторов мощностью 1600 кВА или 2500 кВА должно определяться технико – экономическим расчетом.

Принимая во внимание, что электроприемники проектируемого предприятия относятся к I или II категории, целесообразно, согласно требованиям ПУЭ, применение двухтрансформаторных подстанций. Расчетная нагрузка проектируемого предприятия $S_p =$ кВА (табл. 2.1), площадь завода $F =$ m^2 . Определим удельную плотность нагрузки по (3.1)

$$\sigma_H = \frac{S_p}{F} \text{ кВА/м}^2$$

Следовательно, целесообразно применять трансформаторы до кВА.

3.2. Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

Одним из основных вопросов, решаемых при проектировании электроснабжения промышленных предприятий является вопрос о компенсации реактивной мощности.

Произведем выбор числа и мощности силовых трансформаторов для проектируемого предприятия с учетом компенсации реактивной мощности. Определим минимальное число трансформаторов при $P_{\text{ср.м}} =$ кВт (табл. 2.1); $K_3 =$; $S_{\text{ном.т}} =$ кВА.

$$N_{\text{min}} = \frac{P_{\text{ср.м}}}{K_3 \cdot S_{\text{ном}}} + \Delta N$$

Из выражения (3.5) находим оптимальное число трансформаторов:

$$N_{\text{опт}} = m,$$

где $m = \lceil 1/\rceil$ для $N_{\text{min}} =$ и $\Delta N =$.

Т.к. на данном предприятии преобладают нагрузки первой и второй категории надежности, следовательно, принимаем к установке двухтрансформаторные подстанции, т.е. трансформаторов.

Используя формулу (3.7), определяем реактивную мощность, которую целесообразно передать через трансформаторы:

$$Q_{\text{MAX.Т}} = \sqrt{(N_{\text{опт}} \cdot K_3 \cdot S_{\text{ном.Т}})^2 - P_{\text{ср.м}}^2}, \text{ кВА}$$

Суммарную мощность конденсаторных батарей найдем по формуле

$$Q_{\text{н.к.1}} = Q_{\text{ср.м}} - Q_{\text{MAX.Т}}, \text{ кВАр}$$

Дополнительную мощность БК найдем по формуле:

$$Q_{\text{н.к.2}} = Q_{\text{н.к.2}} = Q_{\text{ср.м}} - Q_{\text{н.к.1}} - j N_{\text{опт}} \cdot S_{\text{ном.Т}} \text{ кВАр},$$

где $j = \lceil 4/\rceil$ при $K_{\text{р1}} =$ и $K_{\text{р2}} = \lceil 4/\rceil$.

Суммарная расчетная мощность согласно выражения составляет:

$$Q_{н.к.} = \text{кВАр}$$

Данную реактивную мощность следует вырабатывать с помощью устройств компенсации реактивной мощности. При этом распределение этой мощности пропорционально реактивным нагрузкам трансформаторов.

3.3. Распределение реактивной мощности по подстанциям

Как было указано выше, распределение суммарной расчетной мощности $Q_{н.к.}$ пропорционально реактивным нагрузкам трансформаторов.

От ТП 1 запитываются объекты №2; №8; №15; №17; №18. От ТП2 -№1; №7; №9; №10; №14. От ТП3 -№3; №5; №6; №19; №20, и от ТП4 -№4; №11; №12; №13; №16.

Выберем конденсаторные установки для ТП1. Определяем, что суммарная расчетная максимальная реактивная мощность для этой ТП равна $Q_{м.}$ кВАр. Суммарная расчетная реактивная мощность по предприятию в целом равна $Q_{м\Sigma}$, кВАр, суммарная расчетная мощность конденсаторных установок $Q_{н.к.}$, кВАр. Зная эти величины находим коэффициент пропорциональности между $Q_{м\Sigma}$ и $Q_{н.к.}$:

$$K = \frac{Q_{н.к.}}{Q_{м\Sigma}}$$

Далее определяем расчетную мощность $Q_{н.к.}$ конденсаторных установок для одного трансформатора подстанции:

$$Q_{н.к.} = \frac{Q_{м.} \cdot K}{N}, \quad \text{кВАр}$$

где N – число трансформаторов на ТП.

Теперь по этой мощности определяем ближайшее стандартное значение мощности конденсаторных установок.

Выбираем установку с $Q_{н.к.ф.} =$ кВАр. На втором трансформаторе этой подстанции устанавливаем такую же установку, т.к. трансформаторы одинаковы.

Аналогично производим расчет для других подстанций и результаты сводим в таблицу 3.1.

Табл. 3.1. Выбор и распределение компенсирующих устройств на ТП

Подстанция	Трансформатор	Q_M , кВАр	$Q_{нк}$, кВАр	$Q_{нкф}$, кВАр	Тип конденсаторной установки
ТП1	T1 T2				
ТП2	T3 T4				
ТП3	T5 T6				
ТП4	T7 T8				
Итого					

Прим. выбранные конденсаторные установки осуществляют плавное регулирование реактивной мощности ступенями по 50 и 25 кВАр.

3.3.Выбор места расположения трансформаторной подстанции

Центральная распределительная подстанция ЦРП вместе с цеховой трансформаторной ТП являются одним из основных звеньев системы электроснабжения любого промышленного предприятия. Поэтому оптимальное размещение подстанций по территории промышленного предприятия – важнейший вопрос при построении рациональных систем электроснабжения.

Для выбора места расположения подстанции проектируемого завода составляем данные для расчета картограммы нагрузок методом потенциальной функции. Данные представляют собой таблицу, где указаны координаты и мощность цехов. Картограмму считаем с помощью ЭВМ, данные представлены в таб.3.2.

Полученная картограмма представлена на рис.3.2. По картограмме определяем оптимальное место для расположения цеховых трансформаторных подстанции.

Координаты места расположения цеховых ТП и ЦРП с учетом картограммы нагрузок приведены в табл. 3.3.

Табл. 3.2. Координаты цехов для картограммы нагрузок

№цеха	Мощность кВт	X,	У,
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

От ТП-1 питаются цеха №2;8;15;17;18.

От ТП-2 питаются цеха №1;7;9;10;14.

От ТП-3 питаются цеха №3;5;6;19;20.

От ТП-4 питаются цеха №4;11;12;13;16.

Табл. 3.3.

Координаты места расположения ТП и ЦРП

ТП	Координаты, м	
	х	у
ТП1		
ТП2		
ТП3		
ТП4		
ЦРП		

Сразу же проверим выбранные трансформаторы по перегрузочной способности. В аварийных условиях, если один из трансформаторов по подстанции выйдет из строя, другой должен быть переведён на допустимую перегрузку по условию:

$$1.4S_{\text{НОМ. Т}} \geq S_p \quad (3.2)$$

Результаты проверки приведены в табл. 3.4 и 3.5.

Табл.3.5. Проверка правильности выбора трансформаторов

ТП	Проверка по коэффициенту загрузки	Проверка по перегрузочной способности
	$K_3 = \frac{S_M}{NS_{\text{НОМ Т}}}$	$1.4S_{\text{НОМ. Т}} \geq S_p$
ТП1		
ТП2		
ТП3		
ТП4		

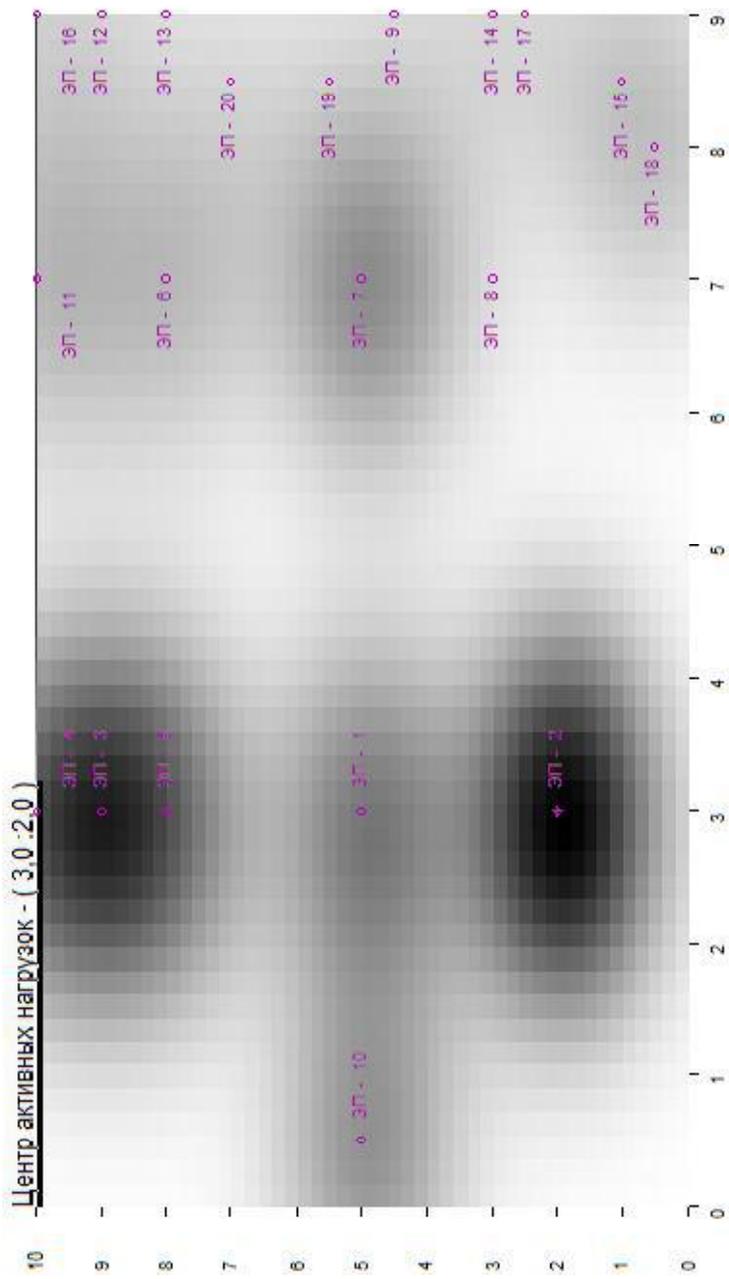


Рис. 3.1. Картограмма нагрузок

4. ПОСТРОЕНИЕ ЗАВОДСКОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

4.1. Конструктивное выполнение внутризаводских электрических сетей

Электрической сетью называют совокупность соединенных между собой линий одного напряжения от ее источников к присоединенным к сети приемникам, включающей узлы распределения и ответвления линий. Сети промышленных предприятий разделяются на цеховые сети, питающие цеховые приемники электроэнергии и подразделяемые на силовые и осветительные, и на распределительные, питающие цеховые трансформаторы подстанции или преобразовательные установки.

Принимаем смешанную схему электроснабжения – рис. 4.1. Распределительную сеть выполняем кабельными линиями, способ прокладки кабелей в траншее на глубине 0,7м. Все кабели укладываются с запасом по длине (так называемой змейкой) достаточной для компенсации тепловых деформаций кабеля и для компенсации смещения почвы. В принятом варианте электроснабжения завода, учитывая категории надёжности цехов, была принят вариант при котором трансформаторные подстанции ТП1, ТП2 и ТП3 получают питание непосредственно от ЦРП, а ТП4 питается от ТП3. Таким образом, используется радиально-магистральная схема рис.4.1.

4.2. Выбор кабелей

Согласно ПУЭ /3/ для нормального режима работы сечения проводников всех сетей напряжением выше 1 кВ (кроме сборных шин) должны выбираться по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение рассчитывают по выражению:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}} \quad (4.1)$$

где I_p - расчетный ток линии в нормальном режиме; $j_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока.

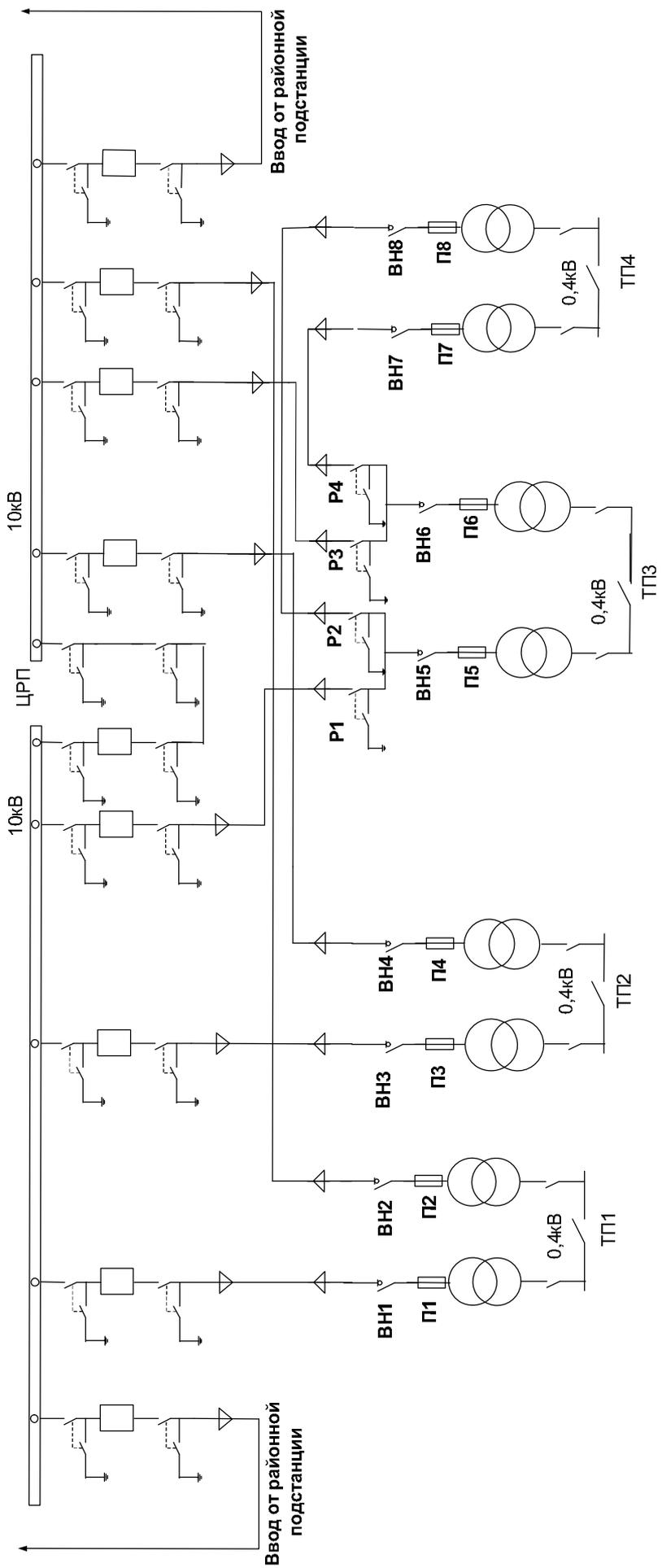


Рис.4.1 Принципиальная схема
электроснабжения завода холодильного
машиностроения

Найденное по (4.1) сечение округляют до стандартного. Согласно ПУЭ /3/ экономическая плотность тока выбирается в зависимости от вида проводника и времени использования максимальной нагрузки. Расчетный ток линии определяем по формуле:

$$I_p = \frac{S_{\text{л}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}n}, \quad (4.2)$$

где $S_{\text{л}}$ – максимальная мощность в нормальном режиме; $U_{\text{н}}$ - напряжение линии; n – число линии

Для определения расчетного тока необходимо найти потокораспределение мощностей по линиям для обоих вариантов.

Потокораспределение мощностей по кабельным линиям для схемы электроснабжения:

$$\text{к ТП1: } S_1 = P_1 + jQ_1, \text{ кВА};$$

$$\text{к ТП2: } S_2 = P_2 + jQ_2, \text{ кВА};$$

$$\text{к ТП3: } S_3 + S_4 = P_3 + jQ_3 + P_4 + jQ_4, \text{ кВА}.$$

$$\text{к ТП4: } S_4 = P_4 + jQ_4, \text{ кВА}$$

Произведем выбор кабелей к ТП1, к которой подходят два кабеля.

Расчетный ток одного кабеля по (4.2):

$$I_p, \text{ А}$$

Тогда сечение кабеля по (4.1) составит:

$$F_{\text{эк}}, \text{ мм}^2,$$

где $j_{\text{эк}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ /1/ для кабеля с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией при числе часов использования максимума нагрузки в год $T_{\text{м}} = 4000 \text{ ч}$ (двухсменный режим работы).

Принимаем к установке кабель марки сечением $3 \times \text{мм}^2$, допустимый ток А.

Проверим выбранный кабель по длительно – допустимой токовой нагрузке. При выходе из строя одной из линий, питающих ТП1, или при аварийном отключении одного трансформатора по оставшейся в работе линии будет протекать ток:

$$I_{\text{р.ав}} = 2I_p, \text{ А},$$

с учетом допустимой аварийной перегрузки кабелей $K_{пер} = 1,3$:

$$I_{р.доп} = \frac{I_{р.ав}}{K_{пер}}, \quad А$$

, т.е. выбранный кабель удовлетворяет условиям нагрева.

Для других ТП кабельные линии выбираем аналогично. Результаты выбора для первого и второго варианта приведены в таблице 4.1.

Выберем кабель для линий, питающих ЦРП от районной подстанции. Мощность, протекающая по этим линиям в условиях нормальной работы составляет:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad \text{кВт};$$

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad \text{кВАр};$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}, \quad \text{кВА}.$$

Расчетный ток линии, питающей одну секцию ЦРП составляет:

$$I_p, \quad А,$$

Расчётное сечение кабеля

$$F_{ЭК}, \quad \text{мм}^2.$$

Расчетный ток в аварийном режиме:

$$I_{р.ав} = 2I_p, \quad А,$$

с учетом допустимой аварийной перегрузки кабелей $K_{пер} = 1,3$:

$$I_{р.доп} = \frac{I_{р.ав}}{K_{пер}}, \quad А.$$

Принимаем к установке кабель сечением $3 \times \quad \text{мм}^2$ с допустимым током $I_{доп} = \quad А$, при этом руководствуемся также возможностью расширения объекта электроснабжения и механической прочностью прокладываемой линии.

Табл. 4.1.

Тип и сечение кабелей

линия	количество кабелей	расч. ток I_p , А	сечение, $F_{эк}$, мм ²	расчетный ток в аварийном режиме $I_{p.ав}$, А	допустимый ток		тип и сечение кабелей
					расчетный	принятый	
Вариант 1							
к ТП1							
к ТП2							
к ТП3							
к ТП4							
к ЦРП							

4.3. Выбор электрооборудования

Произведем выбор выключателей нагрузки и разъединителей.

Выключатели нагрузки и разъединители должны отвечать следующим требованиям:

- изоляция аппарата должна соответствовать номинальному напряжению электроустановки:

$$U_{ном.ап.} \geq U_{ном. уст}; \quad (4.3)$$

- рабочий ток присоединения в утяжеленном режиме не должен превышать номинального продолжительного тока аппарата:

$$I_{ном} \geq I_{раб. утж} \quad (4.4)$$

Рассмотрим предложенный вариант схемы электроснабжения. Произведем выбор разъединителей Р1 и Р3 (рис. 4.1). Рабочий ток присоединения:

$$I_p = \frac{S_{\Sigma н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ А}$$

Рабочий ток в утяжеленном режиме:

$$I_{p.утж} = 2I_p, \text{ А.}$$

Выбираем разъединитель /1/ с заземляющим ножом внутренней установки типа с $I_{ном} = A$, $U_H =$ кВ.

Аналогично для разъединителей P2 и P4 имеем:

$$I_p = \frac{\Sigma S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad A.$$

Рабочий ток в утяжелённом режиме:

$$I_{р.утж} = 2I_p, \quad A.$$

Как и первом случае выбираем разъединитель /1/ с заземляющим ножом внутренней установки типа с $I_{ном} = A$, $U_H =$ кВ.

Результаты выбора заносим в табл. 4.3.

Также необходимо выбрать выключатели нагрузки. Выберем выключатели нагрузки ВН1, ВН2, ВН3, ВН4, ВН5, ВН6, ВН7 и ВН8 (рис. 4.2). Рабочий ток присоединений:

$$I_p = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad A,$$

$$I_{р.утяж} = 2I_p, \quad A.$$

Выбираем /1/ выключатель нагрузки типа:

$$с I_{ном} = A, U_H = \text{кВ}.$$

Результаты выбора записываем в табл.4.2.

Табл. 4.2 Данные выбора выключателей нагрузки

Выключатель нагрузки	раб. ток I_p , А	раб. ток в утяжеленном режиме	ном. ток выключателя нагрузки, $I_{ном.р}$, А	Uном, кВ	тип выключателя нагрузки
ВН1, ВН2, ВН3, ВН4, ВН5, ВН6, ВН7, ВН8					

Табл. 4.3 Данные выбора разъединителей

разъединители	раб.ток I_p , А	раб. ток в утяжеленном режиме	ном. ток разъединителя, $I_{ном.р}$, А	Uном, кВ	тип разъединителя
Р2, Р4,					
Р1, Р3					

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издан.	Используется при изучении раздела в	Семестр	Количество экземпляров	
						в б-ке	на каф.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств. [Электронный ресурс]: производственно-практическое издание	Красник В.В.	Электрон. текстовые данные.- М.: ЭНАС, 2011.- с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5048 .- ЭБС «IPRbooks», по паролю	1-1	6,7	-	-
2.	Электрические подстанции	Сибикин, Ю.Д.	М.:Радио софт, 2011.- 416 с.	1-11	6,7	10	1
3.	Электропитающие системы и электрические сети	Хорошилов, А.В.	Старый Оскол: ТНТ, 2011	1-11	6,7		

Дополнительная литература.

1. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов.-М.: Энергоатомиздат, 1987.-368 с.: ил.

2. Правила устройства электроустановок. Под ред.С.Г.Королева.-5-е изд.-М.-Энергоиздат,2007 г.-80 с.

3. Справочник по проектированию электроснабжения/Под ред. Ю.Г.Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

4. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы. - М: Энергоатомиздат, 1990 - 640 с.

Табл. 2.1. Расчет
нагрузок цеха

№ на плане	Узлы питания и группы электроприёмни- ков	Количество электроприемников	Установленная мощность, приведенная к ПВ=1, кВт		Коэффициент использования $K_{и}$	$\text{tg } \varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Коэффициент учёта технологических факторов λ	Максимальная расчётная нагрузка на III уровне		
			$P_{\text{ном.}},$ одного ЭП	$P_{\text{ном.}},$ общая ЭП			$P_{\text{см}} = K_{и} \cdot P_{\text{ном.}},$ кВт	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi,$ кВАр		$P_{\text{м}} = P_{\text{см}} \cdot \lambda,$ кВт	$Q_{\text{м}} = P_{\text{м}} \cdot \text{tg} \varphi,$ кВАр	$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2}$ кВА
1,2	Долбежный станок	2	6,85	13,7	0,65	0,75	8,905	6,678	0,7	6,234	4,675	7,7919
35,36,37	Настольно - токарный станок	3	1,3	3,9	0,2	1,16	0,936	1,085	0,7	0,655	0,76	1,0035
	Освещение	1	33,6	33,6	0,8	0,3	26,88	8,064	0,9	24,19	7,257	25,257
	Итого	6	9,9	19,35	0,5	0,784	11,24	8,814	-	7,869	6,170	10,02

Табл. 2.2. Расчет нагрузок по заводу

Узлы питания и группы электроприёмников	Количество электроприёмников	Установленная мощность, приведенная к ПВ=1, кВт		Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		коэффициент учёта технологических факторов λ	Максимальная расчётная нагрузка на III уровне		
		$P_{ном}$ одного эл. приёмника (max-min)	$P_{ном}$ общая				$P_{см} = K_{и} \cdot P_{ном,с}$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi$, кВАр		$P_M = P_{см} \cdot \lambda$, кВт	$Q_M = P_M \cdot \operatorname{tg}\varphi$, кВАр	$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$, кВА
1. Цех полуфабрикатов												
Силовая нагрузка			2950	0,5	0,65	1,17	1475	1725,8	0,72	1062	1242,5	1634,5
Освещение			167	0,8	0,95	0,33	133,6	44,088	0,9	120,24	39,679	126,62
Итого			3117				1608,6	1769,8		1182,2	1282,2	1761,2
2. Лаборатория												
Силовая нагрузка			750	0,3	0,65	1,17	225	263,25	0,72	162	189,54	249,34

Освещение			18	0,8	0,95	0,33	14,4	4,752	0,9	12,96	4,2768	13,647
Итого			768				239,4	268		174,96	193,82	262,99
3. Заводоупралвение												
Силовая нагрузка			120	0,75	0,5	0,46	90	41,4	0,72	64,8	29,808	71,327
Освещение			23,8	0,8	0,95	0,33	19,04	6,2832	0,9	17,136	5,6549	18,045
Итого			143,8				109,04	47,683		81,936	35,463	89,372

Табл. 2.3. Расчет освещения

Наименование цеха	$P_{ном}, кВт$	$L, м$	$B, м$	$F, м^2$	$\delta, Вт/м^2$	$K_{со}$	$P_{ос}, кВт$
1. Цех полуфабрикатов	2950	530	35	18550	15	0,6	167
2. Лаборатория	750	100	30	3000	15	0,4	18
3. Заводоуправление	120	25	70	1750	16	0,85	23,8
4. Котельная	630	25	70	1750	16	0,9	25,2

