МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ**

М. Б. Муртазов

# СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта на тему «Проектирование электроснабжения цеха промышленного предприятия» для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Черкесск
2017

УДК 31.27
ББК 621.311
М91

Рассмотрено на заседании кафедры «Электроснабжение».
Протокол № 6 от «25» 01 2017 г.
Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СевКавГГТА.
Протокол № 13 от «17» 03 2017 г.

**Рецензенты: Дудов М. Х. -** кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение».

М91 **Муртазов, М. Б.** Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий: методические рекомендации по выполнению курсового проекта на тему «Проектирование электроснабжения цеха промышленного предприятия» для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / М. Б. Муртазов. - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2017. - 56с.

Настоящие рекомендации содержат четкие требования к структуре курсового проекта по дисциплине «Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий», приведены примеры выполнения графического материала.

**УДК 31.27**
**ББК 621.311**

© Муртазов М.Б., 2017
© ФГБОУ ВО СевКавГГТА, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 7
1.1. Характеристика цеха 7
1.2. Характеристика источника питания 9
1.3. Климатические условия 9
1.4. Выбор напряжений 10
2. РАСЧЕТ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК 11
2.1. Постановка задачи 11
2.2. Пример расчета электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм 13
2.3. Расчет освещения 14
3. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 14
3.1. Постановка задачи 14
3.2. Выбор числа трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности 19
3.3. Выбор места расположения трансформаторных подстанций 20
4. ПОСТРОЕНИЕ ЦЕХОВОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 22
4.1. Постановка задачи 22
4.2. Выбор сечений жил кабелей 27
4.3. Выбор распределительных силовых шкафов 27
5. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕНИЕ 0,4 КВ 28
5.1. Выбор автоматических выключателей 28
5.2. Выбор сечений проводов 30
5.3. Выбор пускателей 30
*Приложение 1* 32
*Приложение 2* 34
*Приложение 3* 39
*Приложение 4* 48
*Приложение 5* 49
*Приложение 6* 50
*Приложение 7* 51
*Приложение 8* 52
*Приложение 9* 53
*Приложение 10* 64
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 54

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нельзя представить себе жизнь и деятельность современного человека без применения электричества. Основное достоинство электрической энергии - относительная простота производства, передачи, дробления, преобразования.

Системой электроснабжения (СЭС) называют совокупность устройств для производства, передачи и распределения электроэнергии. СЭС промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приемников, к которым относятся электродвигатели различных машин и механизмов, электрические печи, электролизные установки, аппараты и машины для электрической сварки, осветительные установки и др.

Задача электроснабжения промышленного предприятия возникла одновременно с широким внедрением электропривода в качестве движущей силы различных машин и механизмов и строительством электростанций. По мере развития электропотребления усложняются и системы электроснабжения промышленных предприятий. В них включаются сети высоких напряжений, распределительные сети, а в ряде случаев и сети промышленных ТЭЦ. Электрические сети промышленных предприятий в сочетании с источниками и потребителями электроэнергии становятся заводскими электрическими системами, устройство и развитие которых, как подсистем, следует рассматривать в единой связи с развитием всей энергетической системы в целом.

Промышленные предприятия являются основными потребителями электроэнергии, так как расходуют до 67% всей вырабатываемой в нашей стране электроэнергии.

Система электроснабжения промышленных предприятий, состоящая из сетей напряжением до 1 кВ и выше, трансформаторных и преобразовательных
подстанций, служит для обеспечения требований производства путем подачи электроэнергии от источника питания к месту потребления в необходимом количестве и соответствующего качества в виде переменного тока, однофазного или трехфазного, при различных частотах и напряжениях, и постоянного тока.

СЭС промышленного предприятия является подсистемой энергосистемы, обеспечивающей комплексное электроснабжение промышленных, транспортных, коммунальных и сельскохозяйственных потребителей данного района. Энергосистема в свою очередь рассматривается как подсистема ЕЭС страны. Система электроснабжения предприятия является подсистемой технологической системы производства данного предприятия, которая предъявляет определенные требования к электроснабжению.

Стоимость электроэнергии, например, в машиностроении, составляет только 2-3% себестоимости продукции, в энергоемких отраслях, таких как электролиз, электрометаллургия и др., - 20-35% себестоимости продукции. Перерывы в электроснабжении могут привести к значительным ущербам для народного хозяйства, а в некоторых случаях к авариям, связанным с человеческими жертвами и выходом из строя дорогостоящего оборудования.

Стоимость электрической части промышленного предприятий составляет в среднем 7% общей суммы капиталовложений в промышленность.

Каждое промышленное предприятие находиться в состоянии непрерывного развития: вводятся новые производственные площади, повышается использование существующего оборудования или старое оборудование заменяется новым, более производительным и мощным, изменяется технология и т.д. СЭС промышленного предприятия (от ввода до конечных приемников электроэнергии) должна быть гибкой, допускать постоянное развитие технологий, рост мощности предприятия и изменение производственных условий. Это отличает систему распределения электроэнергии на предприятиях от районных энергосистем, от районных энергосистем, где процесс развития также имеет место, однако места потребления электроэнергии и формы её передачи более стабильны.

Для современных предприятий, особенно машиностроительных, характерна динамичность технологического процесса, связанная с непрерывным введением новых методов обработки, нового оборудования, переналадки его, а также непрерывного изменения и усовершенствования самой модели изделия. Поэтому следует стремиться к созданию предприятия, обладающего достаточной гибкостью, которая позволяет с наименьшими потерями осуществить перестройку производства при изменении программы или модернизации выпускаемых изделий, внедрении новейших технологических процессов и современного оборудования, а также при автоматизации производства.

Опыт строительства и освоения новых предприятий, показал, что не только планировка, но и конструкция зданий должна удовлетворять условиям гибкости технологического процесса; требуется, чтобы здания и подсобные помещения позволяли расширить производство без его перерыва, а переход от освоения одного изделия к освоению нового не требовал капитального переустройства. Требования гибкости предъявляются к строительной части предприятий, к технологическому и вспомогательному оборудованию, к системам электроснабжения, водоснабжения и т.д.

Как для создания высококачественного электропривода требуется совместная работа электрика и технолога-конструктора приводимой машины, так и для создания надлежащей СЭС предприятия требуется тщательная совместная работа проектировщиков-технологов, электриков и строителей. Тщательное изучение условий производства позволяет электрику при проектировании избежать перерасхода дефицитных электрооборудования и

электроматериалов, а также обеспечить надежное экономичное электроснабжение, отвечающее условиям данного производства.

Основные задачи, решаемые при исследовании, проектировании, проектировании и эксплуатации СЭС промышленных предприятий, заключаются в оптимизации параметров этих систем путем правильного выбора напряжений, определении электрических нагрузок и требований к бесперебойности электроснабжения; рационального выбора числа и мощности трансформаторов, преобразователей тока и частоты, конструкций промышленных сетей, устройств компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения, средств симметрирования нагрузок и подавления высших гармоник в сетях путем правильного построения схемы электроснабжения. Все эти задачи непрерывно усложняются вследствие роста мощностей электроприемников, появления новых видов использования электроэнергии, новых технологических процессов и т.д.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В качестве примера рассмотрим проектирование ремонтного цеха со следующими исходными данными:

| | |
|---|---|
| 1,2,3,4,34: | Вертикально-сверлильный станок - 6 кВт; |
| 5,25,28,29,32,33: | Токарно-винторезный станок - 10 кВт; |
| 6,7: | Станок для намотки катушек - 5 кВт; |
| 8,16: | Шкаф сушильный - 2 кВт; |
| 9: | Ванна для пропитки - 4 кВт; |
| 10: | Зигмашина - 3 кВт; |
| 11: | Комбинированные прессножницы - 2 кВт; |
| 12: | Машина листогибочная - 9 кВт; |
| 13,31: | Заточный станок - 6 кВт; |
| 14,15,35: | Пресс - 11 кВт; |
| 17,21: | Станок для изоляции проводов - 4 кВт; |
| 18: | Вытяжной шкаф - 2 кВт; |
| 19: | Станок для стыковой сварки - 13 кВт; |
| 20: | Вентилятор - 6 кВт; |
| 22,23,26,27: | Сварочный преобразователь - 16 кВт; |
| 24: | Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА - 23 кВт; |
| 30: | Поперечно-строгальный станок - 19 кВт; |
| 36: | Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т - 5 кВт. |

Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 18.0 км.
Место расположения предприятия – Карачаево-Черкесская республика.

## 1.1. Характеристика цеха

Ремонтный цех предназначен для ремонта и настройки электромеханических приборов, выбывающих из строя. Цех предусматривает производственные, вспомогательные, служебные и бытовые помещения.

Ремонтный цех получает электроснабжение (ЭСН) от собственной цеховой трансформаторной подстанции (ТП), расположенной на расстоянии 0,4 км от подстанции глубокого ввода (ПГВ) предприятия *(расстояние определяем по генеральному плану завода*). Подводимое напряжение - 10 кВ.

ПГВ подключена к энергосистеме (ЭНС), расположенной на расстоянии 18 км.

Количество рабочих смен - 1 (*приложение 1*). Потребители цеха относятся к 2 и 3 категории надежности ЭСН (*приложение 1*). Грунт в районе цеха – чернозем при температуре +20 С (*приложение 2*). Каркас здания смонтирован из блоков-секций длиной 6 м каждый (*приложение 1*).

Вспомогательные помещения двухэтажные высотой 4 м (*приложение 1*).

Размеры цеха А х В х Н = 34х 24 х 4 м (*приложение 1*).

Перечень ЭО цеха дан в таблице 1. Мощность электропотребления (Рэп) указана для одного электроприемника. Из *приложения 3* находим коэффициент мощности (cosφ) и коэффициент использования (Ки) для каждого вида ЭП. Для определения tgφ используем формулу:

$$\mathrm{t}g\,\varphi = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi)^2} - 1}$$

Расположение основного оборудования показано на плане (рисунок 1.1)

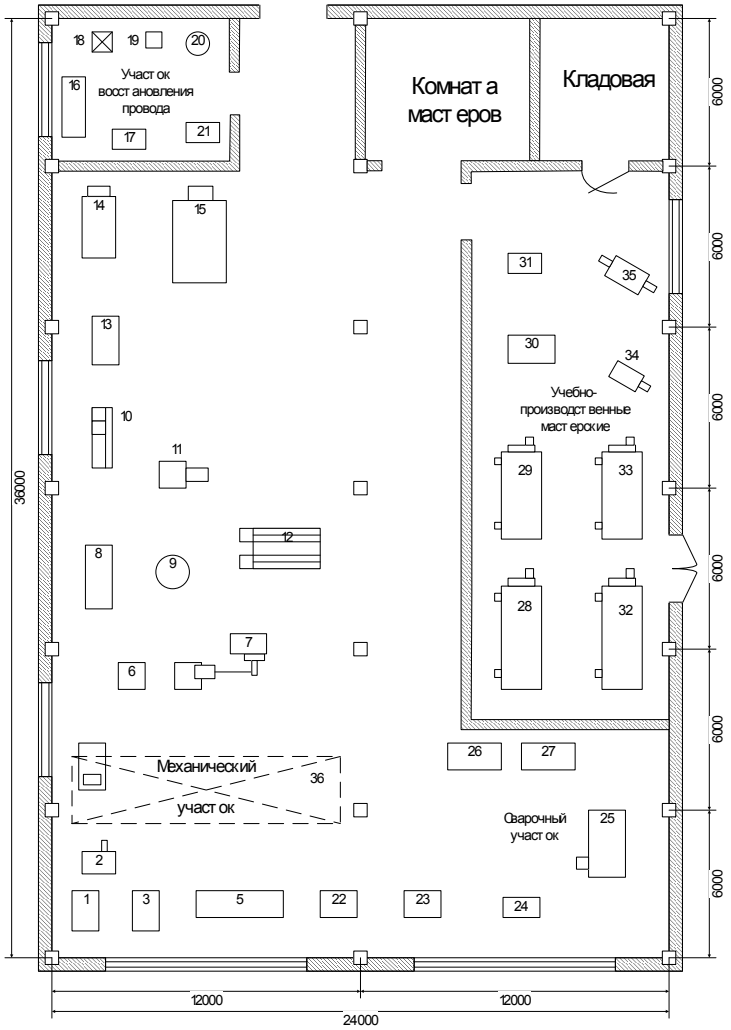



Рисунок 1.1 - План расположения ЭО ремонтного цеха

Таблица 1 - Перечень ЭО

| № по плану цеха | Наименование приёмника | Количество | Номинальная мощность, кВт | cosφ | tgφ | Ки |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,2,3,4,34 | Вертикально-сверлильный станок | 5 | 6 | 0,5 | 1,73 | 0,14 |
| 5,25,28,29,32,33 | Токарно-винторезный станок | 6 | 10 | 0,65 | 1,17 | 0,2 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,7 | Станок для наводки катушек | 2 | 5 | 0,98 | 0,2 | 0,14 |
| 8,16 | Шкаф сушильный | 2 | 2 | 0,55 | 1,52 | 0,65 |
| 9 | Ванна для пропитки | 1 | 4 | 0,96 | 0,29 | 0,14 |
| 10 | Зигмашина | 1 | 3 | 0,85 | 0,62 | 0,17 |
| 11 | Комбинированные прессножницы | 1 | 2 | 0,75 | 0,88 | 0,19 |
| 12 | Машина листогибочная | 1 | 9 | 0,7 | 1,02 | 0,2 |
| 13,31 | Заточный станок | 2 | 6 | 0,65 | 1,17 | 0,14 |
| 14,15,35 | Пресс | 3 | 11 | 0,8 | 0,75 | 0,17 |
| 17,21 | Станок для изоляции проводов | 2 | 4 | 0,95 | 0,33 | 0,8 |
| 18 | Вытяжной шкаф | 1 | 2 | 0,55 | 1,52 | 0,6 |
| 19 | Станок для стыковой сварки | 1 | 13 | 0,6 | 1,33 | 0,36 |
| 20 | Вентилятор | 1 | 6 | 0,8 | 0,75 | 0,6 |
| 22,23,26,27 | Сварочный преобразователь | 2 | 16 | 0,35 | 2,68 | 0,25 |
| 24 | Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА | 1 | 23 | 0,7 | 1,02 | 0,32 |
| 30 | Поперечно-строгальный станок | 1 | 19 | 0,68 | 1,08 | 0,14 |
| 36 | Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т | 1 | 5 | 0,5 | 1,73 | 0,08 |

### 1.2. Характеристика источника питания

Ремонтный цех получает питание от цеховой трансформаторной подстанции (ТП), которая, в свою очередь, питается от подстанции глубокого ввода (ПГВ). Расстояния от ПГВ до энергосистемы 18 км, а от цеховой ТП до ПГВ – 0,4 км. Напряжение на высшей стороне цеховой ТП – 10 кВ.

### 1.3. Климатические условия

Выбираем данные из *приложения 2*.

Проектируемый завод будет расположен в Карачаево-Черкесской республике. По географическому положению проектируемый завод находится в климатической зоне I.

Среднегодовая температура колеблется в пределах + 10°С +12°С, средняя температура самого жаркого месяца составляет +19…23 °С, средняя температура самого холодного месяца -1…+2 °С. В год выделяется 800…1000 мм осадков. Максимальная глубина промерзания грунта 0,80 м. Средняя продолжительность гроз в год 20 до 40 часов. Район расположения предприятия относится к I району по пляске проводов; VII району по гололеду; IV району по напору ветра.

### 1.4. Выбор напряжений

В трехфазных сетях низкого и высокого напряжений промышленных предприятий и энергосистем в России применяют следующие номинальные междуфазные напряжения: 36, 220, 380 и 660В; 6, 10, 20, 35, 110, 220,330, 500, 750 и 1150 кВ.

Электрической сетью называют – совокупность соединенных между собой линий одного номинального напряжения и трансформаторов, силовых шкафов для передачи электроэнергии от ее источников к присоединенным к сети электроприемникам.

Напряжением считается номинальное напряжение, подключаемое к сети электроприемника.

Совокупность проводников цеховой сети, называют проводкой. Проводку выполняют как правило многожильными кабелями, для высоковольтных электроприемников 3 жилы, для низковольтных 4 жилы если расчетное сечение проводника 25 мм2 и более, и 5 жил если расчетное сечение менее 25 мм2.

Жилы кабелей и шины распределительных устройств должны иметь обозначение:

Согласно стандарту МЭК фазы, L1, L2, L3(live), согласно ПУЭ, А(желтый), В(зеленый), С(красный).

N – нейтраль переменного тока;

M (middle) – нейтраль постоянного тока;

P(protection) – защитный проводник;

E(earth) – заземляющий;

U – потенциало-уравнивающий;

L+, L- проводники постоянного тока.

Если проводник выполняет несколько функций, то он обозначается несколькими буквами, PN- четвертый провод трехфазной сети, защитный заземляющий, нейтральный.

Многожильные проводов и кабели могут иметь расцветку, к примеру ВВГ 3х2,5: L(фаза) – белая, бело-коричневая, коричневая, серая красная;

N(ноль) – голубой, синий;

E(заземляющий) – желто-зеленый.

Система 380-220В удовлетворяет основным условиям питания потребителей:

а) возможности совместного питания осветительных приборов и электродвигателей;

б) относительно низкому напряжению между нейтральным и фазным проводниками (220В).

Напряжение 660В обладает рядом преимуществ по сравнению с напряжением 380В:

1) на сооружение цеховых сетей напряжением 660В расходуется меньше цветного металла; потери электроэнергии в этих сетях меньше, чем в сетях 380В;

2) двигатели изготовленные на напряжение 660 кВ, можно использовать в сетях 380В, переключив обмотку двигателя со звезды на треугольник;

3) двигатели мощностью до 660 – 700Вт, изготовленные на напряжение 660В, имеют лучшие технико–экономические показатели по сравнению с такими же по мощности двигателями на напряжении 6кВ при питании непосредственно от шин подстанции;

4) на напряжения 660В можно применять более мощные цеховые трансформаторы (до 2500кВА).

Напряжение 660В наряду с преимуществами имеет следующие недостатки:

1) для питания осветительной нагрузки в сетях 660В надо устанавливать специальные трансформаторы;

2) для измерительных целей напряжение необходимо дополнительно устанавливать трансформаторы напряжением 660/110В.

Из изложенного вытекает следующее положения:

1) для цеховых электрических сетей, как правило, выгоднее применять системы напряжений 380-220В;

2) для производств с повышенной удельной нагрузкой на 1м2 поверхности пола цеха и мощными двигателями до 700кВт целесообразно применять напряжение 660В;

3) при выборе напряжения цеховых сетей необходимо учитывать технологические особенности производства.

Для цеховых сетей до 1000В, выбираем напряжение 380/220В. Питание силовых и осветительных электроприемников осуществляется совместно от общих трансформаторов с вторичным напряжением 380/220В. Выбираем на второй ступени распределение электроэнергии напряжение 10кВ.

# 2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

## 2.1. Постановка задачи и методы расчета

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии.

В практике проектирования систем электроснабжения применяют различные методы определения электрических нагрузок, которые подразделяют на основные и вспомогательные. В первую группу входят методы расчета по:

- установленной мощности и коэффициенту спроса;
- средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм);
- средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод);
- средней мощности и коэффициенту формы.

Ко второй группе относятся методы расчета по:

- удельному расходу электроэнергии на единицу производственной площади;
- удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска продукции за определенный период времени.

При проведении укрупненных расчетов пользуются методами, базирующими на данных о суммарной установленной мощности отдельных групп приемников отделения, цеха, корпуса. Методы, основанные на использовании данных о единичных приемниках, относят к наиболее точным.

**Метод установленной мощности и коэффициента спроса**

При использовании этого метода в качестве расчетной принимают фазную нагрузку наиболее загруженной смены работы $P_{\text{СР}.max}$:

$$P_p = P_{\text{СР}.max} \frac{M_{\text{СМ}} \cdot \text{Э}_{\text{у}}}{T_{\text{СМ}}}$$

где, $M_{\text{СМ}}$ - объем выпуска продукции за смену;

$\text{Э}_{\text{у}}$ - удельный расход электроэнергии на единицу продукции;

$T_{\text{СМ}}$ - продолжительность наиболее загруженной смены.

**Метод средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм)**

Этот метод является основным для определения расчетных нагрузок промышленных предприятий. Здесь

$$P_p = P_{\text{СР}.max} \cdot k_{\text{М}} \cdot k_{\text{И}} \cdot P_{\text{НОМ}}$$

где, $k_{\text{М}}$ - коэффициент максимума нагрузки;

$k_{\text{И}}$ - коэффициент использования данной группы электроприемников;

$P_{\text{НОМ}}$ - номинальная мощность всех рассматриваемых электроприемников.

Значение $k_{\text{М}}$ в зависимости от коэффициента использования ($k_{\text{И}}$) и эффективного числа электроприемников ($n_{\text{ЭФ}}$) можно найти по кривым $k_{\text{М}} = f(k_{\text{И}}, n_{\text{ЭФ}})$ рис.2.1 [2] или из *приложения 6* .

Подробно рассмотрим метод упорядоченных диаграмм, по которому и произведем расчет электрических нагрузок на III уровне системы электроснабжения.

По этому методу расчетную активную нагрузку приемников электроэнергии питающих и распределительных сетей (включая трансформаторные и преобразователи) определяют по средней мощности и коэффициенту максимума из выражений (2.4) [1]:

$$P_{\text{ср.м}} = P_{\text{СР}} \cdot k_{\text{М}} = k_{\text{М}} \sum_{i=1}^{n} (P_{\text{н}}\ k_{\text{И}}) \qquad (2.1)$$

Значение коэффициента максимума зависит от коэффициента использования данной группы приемников и эффективного числа приемников.

Группы различных по номинальной мощности и режиму работы приемников понимают число однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которая обуславливает ту же расчетную нагрузку, что и данная рассматриваемая группа различных по номинальной мощности и режиму работы приемников.

$$n_{ЭФ} = \left(\sum_{i=1}^{n} P_н\right)^2 \Bigg/ \left(\sum_{i=1}^{n} {P_н}^2\right) \qquad (2.2)$$

Расчетную активную нагрузку по этому методу принимают равной:

при $n_{ЭФ} \leq 10$ $\qquad P_р = 1{,}1\ P_{ср.м}$

при $n_{ЭФ} \geq 10$ $\qquad P_р = P_{ср.м}$

В методе упорядоченных диаграмм принята допустимая для инженерных расчетов погрешность, равная 10%. Однако на практике применение этого метода обуславливает погрешность 20-40%, поэтому применение требует отрицательного анализа исходных данных и результатов расчета.

Этим методом удобно пользоваться как при расчете электрических нагрузок II уровня, так и при расчете нагрузок III уровня. В последнем случае коэффициент максимума $k_М$ не используется, а используется коэффициент технологических потерь $\lambda$.

$$P_{н.III} = \lambda \sum_{i=1}^{n} (P_н\ k_И) \qquad (2.3)$$

$$Q_{н.III} = \lambda \sum_{i=1}^{n} (P_н\ k_И) tg\varphi \qquad (2.4)$$

## 2.2. Пример расчета электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок цеха будем вести по методу упорядоченных диаграмм, т.к. в нашем расположении имеются необходимые для этого метода параметры электрооборудования, и он в настоящее время является основным при разработке технических и рабочих проектов электрооборудования.

Рассмотрим группу из пяти вертикально-сверлильных станков номинальной мощностью $P_н$ =6 кВт, их номера на плане (1,2,3,4,34).

$$P_{н\sum} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ кВт}$$

Коэффициент использования $k_И = 0{,}14$; $cos\varphi = 0.5$; $tg\varphi$ =1,73.

Расчет ведется на III уровне системы электроснабжения. По формулам (2.3) и (2.4), определяем среднюю нагрузку за максимальную загруженную смену:

$$P_{см} = k_и \cdot P_{н\sum} = 0{,}14 \cdot 30 = 4{,}2 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi = 4{,}2 \cdot 1{,}73 = 7{,}3 \text{ кВАр}$$

Из *приложения 3* с учетом односменного графика работы предприятия находим коэффициент технологических потерь $\lambda$ =0,7.

По формулам (2.3) и (2.4), определим расчетную мощность:

$$P_с = P_{см} \cdot \lambda = 4{,}2 \cdot 0{,}7 = 2{,}9 \text{ кВт}$$

$$Q_с = P_с \cdot tg\varphi = 2{,}9 \cdot 1{,}73 = 5{,}1 \text{ кВАр}$$

Подобным образом рассчитываем нагрузку для остального оборудования и в конце общую силовую нагрузку – полную максимальную расчетную мощность:

$$S = \sqrt{{P_с}^2 + {Q_с}^2}$$

Результаты расчёта приведены в таблице 2.

### 2.3. Расчет 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.

В светотехническом разделе решаются следующие задачи: выбирают типы источников света и светильников, намечают наиболее целесообразные высоты установки светильников и их размещение, определяют качественные характеристики осветительных установок.

Расчёт освещения проводим по методу удельной мощности.

Удельной мощностью при расчете осветительной установки называют мощность источника света, приходящуюся на один квадратный метр освещаемой поверхности:

$$W = \frac{P_{общ}}{S} \qquad (2.5)$$

где $P_{общ}$ - суммарная мощность источников света, Вт; $S$ - освещаемая площадь, м².

Величина удельной мощности зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка и стен, площади освещаемого помещения, нормированной освещенности и расчетной высоты подвеса светильника, т. е.

$$W = f(T_c, \rho_п, \rho_{ст}, S, E, h), \qquad (2.6)$$

где $T_c$ - тип светильника. Полученное значение мощности освещения заносим в таблицу расчёта нагрузок на третьем уровне.

Из *приложения 1* находим $W = 13$ Вт/м$^2$, для ремонтного цеха. Площадь цеха $S = A \cdot B = 36 \cdot 24 = 864$ м$^2$, следовательно с учетом Кс=0,95 по (2.5):

$$P_{общ} = W \cdot S \cdot К_с = 13 \cdot 864 \cdot 0{,}95 = 10{,}7 \text{ кВт.}$$

## 3. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

### 3.1 Постановка задачи

Как правило, цеховые трансформаторные подстанции (ТП) встроены в здание цеха или пристроены к нему. Пристроенной называется подстанция, непосредственно примыкающая к основному зданию, встроенной –

подстанция, вписанная в общий контур здания, внутрицеховая – расположенная внутри производственного здания (в открытом или отдельном закрытом помещении).

Отдельно стоящие закрытые цеховые подстанции устанавливают, когда невозможно разместить ТП внутри цехов или у наружных их стен по требованиям технологии или пожаро- и взрывоопасности производства. Отдельно стоящие ТП целесообразно применять при питании от одной подстанции нескольких рядом расположенных цехов с небольшой электрической нагрузкой.

По возможности ТП устанавливают в центре электрических нагрузок, максимально приближая к цеховым электроприемникам, что позволяет сократить протяженность сетей 0,4 кВ и уменьшить в них потери мощности и энергии.

Возможно применение цеховых ТП с размещением распределительного устройства (щита) низкого напряжения в цехе, а трансформаторов – снаружи около питаемых от него производственных зданий.

Однотрансформаторные цеховые подстанции применяются при питании нагрузок, допускающих перерыв электроснабжения на время доставки «складского» резерва, или при резервировании, осуществленном по перемычкам на вторичном напряжении, т.е. они допустимы для потребителей III и II категорий, а также при наличии в сети 380 – 660 В небольшого количества (до 20%) потребителей I категории.

Двухтрансформаторные подстанции рекомендуется применять в следующих случаях:

1) при преобладании потребителей I и II категорий и наличии потребителей особой группы;

2) для сосредоточенной цеховой нагрузки и отдельно стоящих объектов общезаводского назначения (компрессорные и насосные станции);

3) для цехов с высокой удельной плотностью нагрузки (выше 0,5 – 0,7 кВА/м²);

4) при наличии неравномерного суточного или годового графика нагрузки.

Для двухтрансформаторных подстанций также необходим складской резерв для быстрого восстановления нормального питания потребителей в случае выхода из строя одного трансформатора на длительный срок. Оставшийся в работе трансформатор должен обеспечивать электроснабжение потребителей I категории на время замены поврежденного трансформатора.

Ориентировочный выбор мощности трансформаторов производится по удельной плотности $\sigma_н$ нагрузки:

$$\sigma_н = \frac{S_р}{F} = \frac{85,9}{864} = 0,1 \qquad (3.1)$$

где $S_р$ - расчетная нагрузка цеха, кВА; $F$ - площадь цеха, м².

Таблица 2. Расчёт нагрузок на 3 уровне

| №п/п | Электроприемники (ЭП) | n | Установленная мощность, приведенная к ПВ=1, кВт | | Ки | cosφ | tgφ | Средняя нагрузка за максимально нагруженную смену | | λ | Максимальная расчетная нагрузка | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Рн, кВт | ∑Рн, кВт | | | | Рсм, кВт | Qсм, кВАр | | Рс, кВт | Qс, кВАр | Sс, кВА |
| 1,2,3,4,34 | Вертикально-сверлильный станок | 5 | 6 | 30 | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 4,2 | 7,3 | 0,7 | 2,9 | 5,1 | 5,9 |
| 5,25,28,29,32,33 | Токарно-винторезный станок | 6 | 10 | 60 | 0,2 | 0,65 | 1,17 | 12 | 14 | 0,7 | 8,4 | 9,8 | 12,9 |
| 6,7 | Станок для наводки катушек | 2 | 5 | 10 | 0,14 | 0,98 | 0,2 | 1,4 | 0,3 | 0,7 | 1 | 0,2 | 1 |
| 8,16 | Шкаф сушильный | 2 | 2 | 4 | 0,65 | 0,55 | 1,52 | 2,6 | 4 | 0,78 | 2 | 3,1 | 3,7 |
| 9 | Ванна для пропитки | 1 | 4 | 4 | 0,14 | 0,96 | 0,29 | 0,6 | 0,2 | 0,73 | 0,4 | 0,1 | 0,4 |
| 10 | Зигмашина | 1 | 3 | 3 | 0,17 | 0,85 | 0,62 | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0,4 |
| 11 | Комбинированные прессножницы | 1 | 2 | 2 | 0,19 | 0,75 | 0,88 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| 12 | Машина листогибочная | 1 | 9 | 9 | 0,2 | 0,7 | 1,02 | 1,8 | 1,8 | 0,73 | 1,3 | 1,3 | 1,8 |
| 13,31 | Заточный станок | 2 | 6 | 12 | 0,14 | 0,65 | 1,17 | 1,7 | 2 | 0,6 | 1 | 1,2 | 1,6 |
| 14,15,35 | Пресс | 3 | 11 | 33 | 0,17 | 0,8 | 0,75 | 5,6 | 4,2 | 0,7 | 3,9 | 2,9 | 4,9 |
| 17,21 | Станок для | 2 | 4 | 8 | 0,8 | 0,95 | 0,33 | 6,4 | 2,1 | 0,8 | 5,1 | 1,7 | 5,4 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | изоляции проводов | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Вытяжной шкаф | 1 | 2 | 2 | 0,6 | 0,55 | 1,52 | 1,2 | 1,8 | 0,75 | 0,9 | 1,4 | 1,7 |
| 19 | Станок для стыковой сварки | 1 | 13 | 13 | 0,36 | 0,6 | 1,33 | 4,7 | 6,3 | 0,78 | 3,7 | 4,9 | 6,1 |
| 20 | Вентилятор | 1 | 6 | 6 | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 3,6 | 2,7 | 0,78 | 2,8 | 2,1 | 3,5 |
| 22,23,26,27 | Сварочный преобразователь | 2 | 16 | 32 | 0,25 | 0,35 | 2,68 | 8 | 21,4 | 0,7 | 5,6 | 15 | 16 |
| 24 | Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА | 1 | 23 | 23 | 0,32 | 0,7 | 1,02 | 7,4 | 7,5 | 0,73 | 5,4 | 5,5 | 7,7 |
| 30 | Поперечно-строгальный станок | 1 | 19 | 19 | 0,14 | 0,68 | 1,08 | 2,7 | 2,9 | 0,7 | 1,9 | 2 | 2,8 |
| 36 | Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т | 1 | 5 | 5 | 0,08 | 0,5 | 1,73 | 0,4 | 0,7 | 0,68 | 0,3 | 0,5 | 0,6 |
| | ИТОГО силовая нагрузка | 34 | - | 275 | - | 0,67 | 1,11 | 65,2 | 79,9 | - | 47,3 | 57,3 | 76,8 |
| | Освещение | - | - | 10,7 | 0,8 | 0,8 | 0,75 | 8,6 | 6,5 | 0,85 | 7,3 | 5,5 | 9,1 |
| | ИТОГО по цеху | 34 | - | 285,7 | - | 0,67 | 1,11 | 73,8 | 86,4 | - | 54,6 | 62,8 | 85,9 |

При плотности нагрузки напряжением 380В до 0,2 кВА/м² применяются трансформаторы мощностью до 1000 кВА включительно, при $\sigma_н$= 0,2 – 0,3 кВА/м² - мощностью 1600 кВА, более 0,3 кВА/м² – целесообразность применения трансформаторов мощностью 1600 кВА или 2500 кВА должна определяться технико-экономическим расчетом.

В зависимости от исходных данных различают два метода выбора номинальной мощности трансформаторов:

1. По заданному суточному графику нагрузки цеха за характерные сутки года для нормальных и аварийных режимов;

2. По расчетной мощности для тех же режимов.

В первом случае мощность трансформаторов выбирают по перегрузочной способности трансформатора. Во втором случае выбор мощности трансформаторов производится исходя из рациональной их загрузки в нормальном режиме и с учетом минимально необходимого резервирования в послеаварийном режиме. При этом номинальная мощность трансформаторов Sном.т определяется по средней нагрузке Sр за максимально загруженную смену:

$$S_{ном} = \frac{S_р}{nk_з} \qquad (3.2)$$

Наивыгоднейшая загрузка цеховых трансформаторов зависит от категории надежности потребителей электроэнергии, от числа трансформаторов и способа резервирования. Рекомендуется применять следующие коэффициенты загрузки трансформаторов:

1) при преобладании нагрузок I категории для двухтрансформаторных ТП Кз= 0,65÷0,7;

2) при преобладании нагрузок II категории для однотрансформаторных ТП в случае взаимного резервирования трансформаторов на низшем напряжении Кз = 0,7÷0,8;

3) при преобладании нагрузок II категории и наличии централизованного (складского) резерва трансформаторов, а также при нагрузках III категории Кз = 0,9÷0,95.

Так как потребители II и III категории выбираем Кз = 0,86.

$$S_{ном} = \frac{S_р}{nk_з} = \frac{85{,}9}{1 \cdot 0{,}86} = 99{,}9 \text{ кВА}$$

Следовательно выбираем трансформатор мощностью $S_{ном} = 100$ кВА по *приложению 4*.

Таблица 3.1 - Технические данные выбранного трансформатора

| Тип | Sном, кВА | Uвн/Uнн, кВ | ΔPкз, кВт | ΔPхх, кВт | Uкз, % | Iкз, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ТМ-100/10 | 100 | 10/0,4 | 1,97 | 0,33 | 4,5 | 2,6 |

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

При выборе числа и мощности трансформаторов одновременно должен решаться вопрос об экономичности, экономически целесообразной величине реактивной мощности, передаваемой через трансформаторы в сеть напряжением до 1кВ.

Суммарную расчетную мощность конденсаторных батарей низшего напряжения (НБК) определяют в два этапа:

1. Выбирают экономически оптимальное число цеховых трансформаторов;

2. Определяют дополнительную мощность НБК в целях оптимального снижения потерь в трансформаторах и сети 6-10кВ предприятия.

Суммарная расчетная мощность $Q_{нк}$ НБК согласно [1] равна:

$$Q_{нк}=Q_{нк1}+Q_{нк2} \qquad (3.3)$$

где $Q_{нк1}$ и $Q_{нк2}$ – суммарные мощности НБК, определенные на двух указанных этапах расчета.

Реактивная мощность, найденная по формуле (3.3), распределяется между трансформаторами пропорционально их реактивным нагрузкам.

Минимальное число цеховых трансформаторов $N_{min}$ одинаковой мощности Sном. предназначенных для питания технологически связанных нагрузок за наиболее загруженную смену определяется по формуле [1]:

$$N_{min} = \frac{P_{с.м}}{k_з S_{ном}} + \Delta N = \frac{73{,}8}{0{,}86 \cdot 100} + \Delta N = 0{,}86 + \Delta N = 1 \qquad (3.4)$$

где $P_{с.м}$ - средняя активная мощность за наиболее загруженную смену, кВт;
$k_з$ - рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора, согласно [1];
$\Delta N$ - добавка до ближайшего целого числа.

Экономически оптимальное число трансформаторов $N_{опт}$ определяется оптимальными затратами на передачу реактивной мощности и отличается от $N_{min}$ на величину m [1]:

$$N_{опт} = N_{min} + m = 1 + 0 = 1 \qquad (3.5)$$

где m – дополнительно установленные трансформаторы, определяются по рис. 4.7 [1].

Наибольшую реактивную мощность, которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ определяют по формуле

$$Q_{max,т} = \sqrt{(N_{опт} k_з S_{ном})^2 - P_{с.м}{}^2} = \sqrt{(1 \cdot 0{,}86 \cdot 100)^2 - 73{,}8} = 44{,}2 \text{ кВАр} \qquad (3.6)$$

Суммарная мощность конденсаторных батарей на напряжение до 1 кВ составит

$$Q_{нк1} = Q_{с.м} - Q_{max,т} = 86{,}4 - 44{,}2 = 42{,}2 \text{ кВАр} \qquad (3.7)$$

Если $Q_{нк1} < 0$, то выбирать конденсаторную установку не требуется.

Так как $Q_{нк1} > 0$ , то

$$Q_{нк2} = Q_{с.м} - Q_{нк1} - N_{опт} S_{ном} = 86{,}4 - 42{,}2 - 1 \cdot 100 = -55{,}8 \text{ кВАр}$$

Если $Q_{нк2} < 0$, то его приравниваем к нулю.

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2} = 42{,}2 + 0 = 42{,}2 \text{ кВАр}$$

Выбираем из *приложения 5* конденсаторную установку

| Типономинал | $Q_{номк}$, кВАр | Кол. и мощность ступеней, n x кВАр | Номинальный ток, А | Ток для выбора кабеля, А |
|---|---|---|---|---|
| УКМ58-0,4-50-10 У3 | 50 | 5x10 | 72 | 94 |

### 3.3. Выбор места расположения подстанции

Подстанция является одним из основных звеньев системы электроснабжения любого промышленного предприятия. Поэтому оптимальное размещение подстанций по территории промышленного предприятия – важнейший вопрос при построении рациональных систем электроснабжения.

Первое представление о характере распределения нагрузок по территории объекта получают с помощью картограммы нагрузок. Картограммой нагрузок называют план, на котором изображена картина средней интенсивности распределения нагрузок приемников электроэнергии. Картограмму нагрузок строят как на плане расположения приемников электроэнергии в цехах, так и на генеральном плане всего промышленного предприятия. Если картограмму строят на генеральном плане промышленного предприятия, то в качестве приемников электроэнергии рассматривают цеха.

Картограмма электрических нагрузок может быть построена с помощью:

1) окружностей, площадь которых соответствует в выбранном масштабе расчетным нагрузкам;

2) координат условного центра активных и реактивных электрических нагрузок;

3) потенциальных функций.

Подробно рассмотрим метод потенциальных функций. Сущность этого метода заключается в следующем. Проводится аналогия между нагрузками $P_i$ приемников, расположенных в точках ($x_i$;$y_i$) и потенциалами некоторых источников энергии, расположенных в тех же точках. Будем считать, что потенциалами этих источников в точках их расположения равны нагрузкам $P_i$ приемников. При переходе в любую другую точку ($x_i$;$y_i$) потенциалы их убывают, а в некоторых точках удаленных от мест расположения приемников, близко к нулю. Существуют эквипотенциальные контуры, которые описываются значениями функции, определенной суммой потенциалов всех источников энергии. Такие контуры разделяют заданное множество приемников энергии на группы; вершины графика потенциальной функции определяют области расположения ЦЭН в этих группах.

Для построения картограммы нагрузок можно выбрать показательную форму потенциальной функции.

$$\Pi(x_i; y_i) = \sum P_i \cdot e^{-\alpha((x-x_i)^2+(y-y_i)^2)} \qquad (3.8)$$

где $\alpha$ - параметр контрастности рельефа графика потенциальной функции, задается проектировщиком. Число групп, на которые разделяется множество приемников электроэнергии эквипотенциальными контурами, зависит от значения параметра контрастности.

Таблица 3.2 – Месторасположение приемников

| № п/п | P, кВт | x,м | y,м |
|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 3 | 2 |
| 2 | 6 | 3 | 4 |
| 3 | 6 | 5 | 2 |
| 4 | 6 | 5 | 2 |
| 5 | 10 | 8 | 3 |
| 6 | 5 | 5 | 11 |
| 7 | 5 | 8 | 12 |
| 8 | 2 | 4 | 16 |
| 9 | 4 | 7 | 16 |
| 10 | 3 | 4 | 20 |
| 11 | 2 | 6 | 18 |
| 12 | 9 | 10 | 17 |
| 13 | 6 | 4 | 24 |
| 14 | 11 | 3 | 28 |
| 15 | 11 | 7 | 28 |
| 16 | 2 | 2 | 33 |
| 17 | 4 | 4 | 32 |
| 18 | 2 | 3 | 34 |
| 19 | 13 | 5 | 34 |
| 20 | 6 | 7 | 34 |
| 21 | 4 | 7 | 32 |
| 22 | 16 | 12 | 3 |
| 23 | 16 | 15 | 3 |
| 24 | 23 | 18 | 3 |
| 25 | 10 | 21 | 5 |
| 26 | 16 | 17 | 8 |
| 27 | 16 | 19 | 8 |
| 28 | 10 | 18 | 12 |
| 29 | 10 | 18 | 18 |
| 30 | 19 | 18 | 24 |
| 31 | 6 | 18 | 26 |
| 32 | 10 | 21 | 12 |
| 33 | 10 | 21 | 18 |
| 34 | 6 | 21 | 23 |
| 35 | 11 | 21 | 26 |
| 36 | 5 | 6 | 6 |

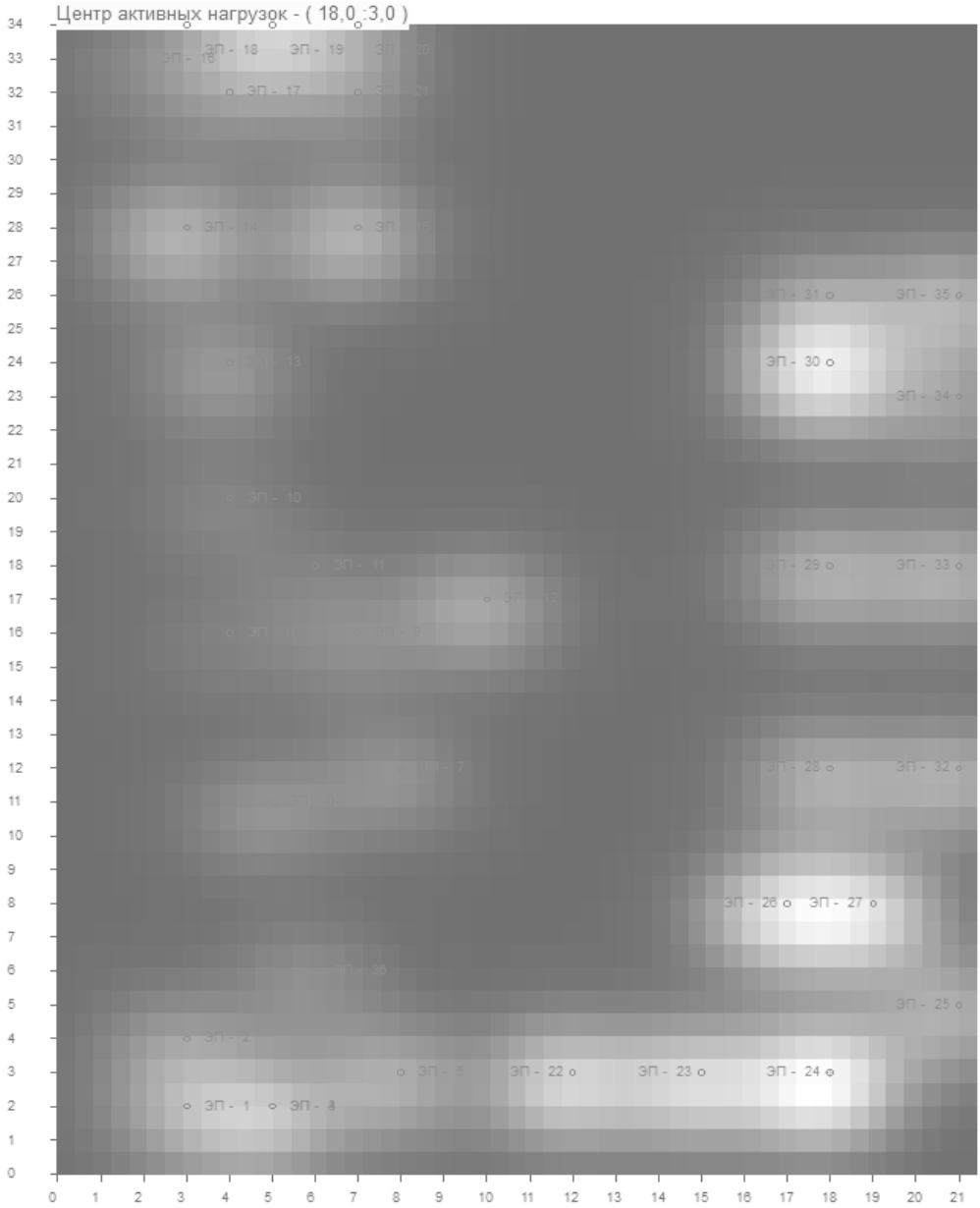



Рис 2. Картограмма цеха

# 4. ПОСТРОЕНИЕ ЦЕХОВОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

## 4.1. Постановка задачи

Схема электроснабжения цеха разрабатывается с учётом размещения источников питания предприятий. Существует ряд условий, по которым надёжность и экономичность схемы электропроводки помещения увеличивается. Эти факторы повышаются если:

- число ступеней трансформации сокращаются, и к потребителю приближается источник напряжения;
- все элементы схемы работают под нагрузкой и раздельно друг от друга (при повреждении одного элемента другие остаются в рабочем состоянии);
- осуществляется секционирование шин во всех звеньях системы;

•при повышении нагрузок второй и первой категории существует устройство автоматического ввода резерва;

• существует параллельная работа линий.

На напряжениях шести – десяти киловатт электроэнергия распределяется по радиальным и магистральным схемам. Радиальная применяется в тех случаях, когда имеются отдельные узлы достаточно больших сосредоточенных нагрузок, а магистральная - это когда нагрузки имеют сосредоточенный характер, но её отдельные узлы оказываются в одном и том же направлении. Радиальная схема существует одно и двухступенчатая, используются если потребители размещаются в различных направлениях от источника. Одноступенчатые схемы используются для электроснабжения предприятий небольших размеров и для крупных нагрузок, а двухступенчатые схемы электроснабжения завода для средних и крупных предприятий с цехами.

Один из основных вопросов, решаемых при проектировании цеховых сетей, — выбор между магистральной и радиальной схемами распределения энергии.

При магистральной схеме электроснабжения одна линия — магистраль — обслуживает, как указано, несколько распределительных пунктов или приемников, присоединенных к ней в различных ее точках, при радиальной схеме электроснабжения каждая линия является как бы лучом, соединяющим узел сети (подстанцию, распределительный пункт) с единственным потребителем. В общем комплексе сети эти схемы могут сочетаться.Так, цеховое распределение может осуществляться магистралями, каждая из которых питает ряд пунктов, от последних же к приемникам могут отходить радиальные линии.

Радиальная схема, изображенная на рис. 1, а, применяется в тех случаях, когда имеются отдельные узлы достаточно больших по величине сосредоточенных нагрузок, по отношению к которым подстанция занимает более или менее центральное местоположение.

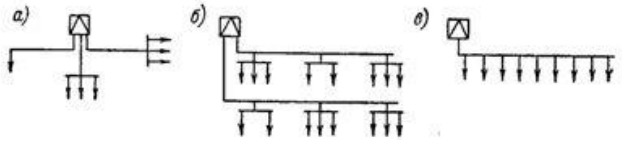



Рисунок. 3 - Схемы распределения электрической энергии от подстанций к электроприемникам: а — радиальная; б — магистральная с сосредоточенными нагрузками; в — магистральная с распределенной нагрузкой.

При радиальной схеме отдельные достаточно мощные электроприемники могут получать питания непосредственно от подстанции, а группы менее мощных и близко расположенных друг к другу электроприемников — через посредство распределительных пунктов, устанавливаемых возможно ближе к геометрическому центру нагрузки. Фидеры низкого напряжения присоединяются на подстанциях к главным распределительным щитам через рубильники и предохранители или через максимальные автоматы.

К числу радиальных схем с непосредственным питанием от подстанций относятся все схемы питания электроприемников высокого напряжения, либо

от распределительного устройства высшего напряжения на подстанции, либо непосредственно от понизительного трансформатора, если принята схема «блок трансформатор — электроприемник».

Распределяем электроприёмники по РП согласно картограмме.

Таблица 4.1.

| РП | Количество | Номер электроприёмника |
|---|---|---|
| РП1 | 6 | 1,2,3,4,5,36 |
| РП2 | 10 | 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 |
| РП3 | 6 | 16,17,18,19,20,21 |
| РП4 | 6 | 22,23,24,25,26,27 |
| РП5 | 8 | 28,29,30,31,32,33,34,35 |

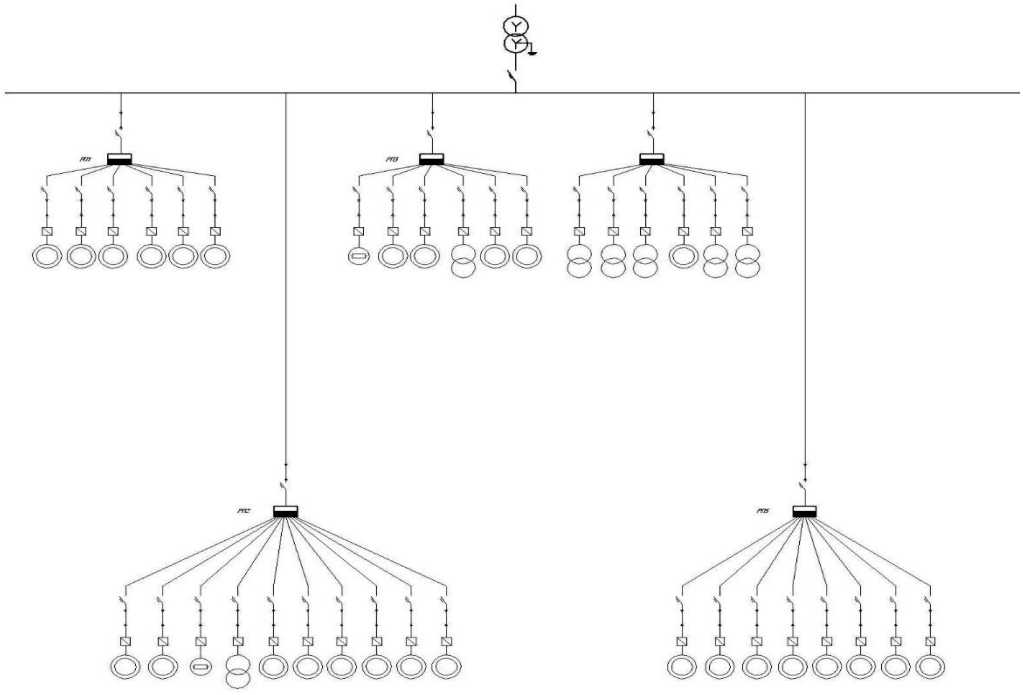


Рис. 3. Однолинейная принципиальная схема электроснабжения ремонтного цеха

Рассчитываем нагрузки на 2 уровне и заносим в таблицу 3. Для определения коэффициента максимума используем *приложение 6*.

Эффективное число электроприёмников:

$$n_{ЭФ} = \left(\sum_{i=1}^{n} P_н\right)^2 \Big/ \left(\sum_{i=1}^{n} {P_н}^2\right)$$

Номинальный ток:

для трёхфазных приёмников

$$I_н = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_н} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38}$$

для однофазных приёмников

$$I_н = \frac{S}{U_н} = \frac{S}{0{,}22}$$

Таблица 3. Расчёт нагрузок на 2 уровне

| №п/п | Электроприемники (ЭП) | n | Установленная мощность, приведенная к ПВ=1, кВт | | m=Pн.max/Pн.min | Ки | cosφ | tgφ | Средняя нагрузка за максимально нагруженную смену | | λ | Максимальная расчетная нагрузка | | Эффективное число ЭП nэф | Коэффициент максимума Км | Расчётная нагрузка на II уровне | | | Номинальный ток, Iн, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Pн, кВт | ∑Pн, кВт | | | | | Pсм, кВт | Qсм, кВАр | | Pс, кВт | Qс, кВАр | | | Pс, кВт | Qс, кВАр | Sс, кВА | |
| 1,2,3,4 | Вертикально-сверлильный станок | 4 | 6 | 24 | | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 3,4 | 5,9 | 0,7 | 2,4 | 4,2 | | | | | | |
| 5 | Токарно-винторезный станок | 1 | 10 | 10 | | 0,2 | 0,65 | 1,17 | 2 | 2,3 | 0,7 | 1,4 | 1,6 | | | | | | |
| 36 | Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т | 1 | 5 | 5 | | 0,08 | 0,5 | 1,73 | 0,4 | 0,7 | 0,68 | 0,3 | 0,5 | | | | | | |
| | **РП1** | **6** | | **39** | **2** | **0,14** | **0,53** | **1,64** | **5,8** | **8,9** | | **4,1** | **6,3** | **6** | **1,96** | **8** | **12,3** | **14,7** | **22,3** |
| 6,7 | Станок для наводки катушек | 2 | 5 | 10 | | 0,14 | 0,98 | 0,2 | 1,4 | 0,3 | 0,7 | 1 | 0,2 | | | | | | |
| 8 | Шкаф сушильный | 1 | 2 | 2 | | 0,65 | 0,55 | 1,52 | 1,3 | 2 | 0,78 | 1 | 1,5 | | | | | | |
| 9 | Ванна для пропитки | 1 | 4 | 4 | | 0,14 | 0,96 | 0,29 | 0,6 | 0,2 | 0,73 | 0,4 | 0,1 | | | | | | |
| 10 | Зигмашина | 1 | 3 | 3 | | 0,17 | 0,85 | 0,62 | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | | | | | | |
| 11 | Комбинированные прессножницы | 1 | 2 | 2 | | 0,19 | 0,75 | 0,88 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | | | | | | |
| 12 | Машина листогибочная | 1 | 9 | 9 | | 0,2 | 0,7 | 1,02 | 1,8 | 1,8 | 0,73 | 1,3 | 1,3 | | | | | | |
| 13 | Заточный станок | 1 | 6 | 6 | | 0,14 | 0,65 | 1,17 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | | | | | | |
| 14,15 | Пресс | 2 | 11 | 22 | | 0,17 | 0,8 | 0,75 | 3,7 | 2,8 | 0,7 | 2,6 | 2 | | | | | | |
| | **РП2** | **10** | | **58** | **5,5** | **0,21** | **0,8** | **0,74** | **10,5** | **8,7** | | **7,5** | **6,2** | **8** | **1,48** | **11,1** | **9,2** | **14,4** | **21,9** |
| 16 | Шкаф сушильный | 1 | 2 | 2 | | 0,65 | 0,55 | 1,52 | 1,3 | 2 | 0,78 | 1 | 1,5 | | | | | | |
| 17,21 | Станок для изоляции проводов | 2 | 4 | 8 | | 0,8 | 0,95 | 0,33 | 6,4 | 2,1 | 0,8 | 5,1 | 1,7 | | | | | | |
| 18 | Вытяжной шкаф | 1 | 2 | 2 | | 0,6 | 0,55 | 1,52 | 1,2 | 1,8 | 0,75 | 0,9 | 1,4 | | | | | | |
| 19 | Станок для стыковой сварки | 1 | 13 | 13 | | 0,36 | 0,6 | 1,33 | 4,7 | 6,3 | 0,78 | 3,7 | 4,9 | | | | | | |
| 20 | Вентилятор | 1 | 6 | 6 | | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 3,6 | 2,7 | 0,78 | 2,8 | 2,1 | | | | | | |
| | **РП3** | **6** | | **31** | **6,5** | **0,64** | **0,73** | **0,96** | **17,2** | **14,9** | | **13,5** | **11,6** | **4** | **1,12** | **15,1** | **13** | **19,9** | **30,2** |
| 22,23,26,27 | Сварочный преобразователь | 4 | 16 | 64 | | 0,25 | 0,35 | 2,68 | 16 | 42,9 | 0,7 | 11,2 | 30 | | | | | | |
| 24 | Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА | 1 | 23 | 23 | | 0,32 | 0,7 | 1,02 | 7,4 | 7,5 | 0,73 | 5,4 | 5,5 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | Токарно-винторезный станок | 1 | 10 | 10 | | 0,2 | 0,65 | 1,17 | 2 | 2,3 | 0,7 | 1,4 | 1,6 | | | | | | |
| | **РП4** | **6** | | **97** | **2,3** | **0,25** | **0,46** | **2,15** | **25,4** | **52,7** | | **18** | **37,1** | **6** | **1,45** | **26,1** | **53,8** | **59,8** | **90,9** |
| 28,29,32,33 | Токарно-винторезный станок | 4 | 10 | 40 | | 0,2 | 0,65 | 1,17 | 8 | 9,4 | 0,7 | 5,6 | 6,6 | | | | | | |
| 30 | Поперечно-строгальный станок | 1 | 19 | 19 | | 0,14 | 0,68 | 1,08 | 2,7 | 2,9 | 0,7 | 1,9 | 2,1 | | | | | | |
| 31 | Заточный станок | 1 | 6 | 6 | | 0,14 | 0,65 | 1,17 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | | | | | | |
| 34 | Вертикально-сверлильный станок | 1 | 6 | 6 | | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 0,8 | 1,4 | 0,7 | 0,6 | 1 | | | | | | |
| 35 | Пресс | 1 | 11 | 11 | | 0,17 | 0,8 | 0,75 | 1,9 | 1,4 | 0,7 | 1,3 | 1 | | | | | | |
| | **РП5** | **8** | | **82** | **3,2** | **0,17** | **0,65** | **1,18** | **14,2** | **16** | | **9,9** | **11,3** | **7** | **1,86** | **18,4** | **21** | **27,9** | **42,4** |

### 4.2 Выбор сечений жил кабелей и шинопроводов

Тип кабеля и его сечение определяется из условия среды цеха и по величине расчетного тока.

Сечение кабеля выбирается по длительно-допустимому току, который определяется:

$$I_{\text{дл.доп}} = \frac{k_{\text{з}} I_{\text{з}}}{k_t k_{\text{п}}} \qquad (4.1)$$

где $I_{\text{дл.доп}}$ - длительно-допустимый ток кабеля с учетом всех коррекций;
$k_{\text{з}} = 1$ – коэффициент защиты; $k_t = 1{,}05$ – температурный коэффициент;
$k_{\text{п}} = 1{,}1$ – поправочный коэффициент.
Для определения вида кабеля используем *приложение 7*.

Полученные результаты заносятся в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Выбор кабелей

| Линия | Iрасч,А | Iдл.доп.,А | | Тип кабеля |
|---|---|---|---|---|
| | | расчетный | принятый | |
| РП1 | 22,3 | 19,3 | 25 | ВВГ 4х2,5 |
| РП2 | 21,9 | 19 | 25 | ВВГ 4х2,5 |
| РП3 | 30,2 | 26,1 | 30 | ВВГ 4х4 |
| РП4 | 90,9 | 78,7 | 90 | ВВГ 4х25 |
| РП5 | 42,4 | 36,7 | 40 | ВВГ 4х6 |

### 4.3 Выбор распределительных силовых шкафов

Силовые пункты и шкафы выбирают с учетом условий воздуха рабочей зоны, числа подключаемых электроприемников электроэнергии к силовому пункту и их расчетной нагрузки.

Используем *приложение 8*.

Число линий должно быть чётным и соответствовать числу электроприёмников данного РП.
Результаты выбора заносятся в таблицу 4.3.
Таблица 4.3 - Выбор распределительных шкафов

| РП | Iрасч,А | Iном,А | Тип | Число линий и Iном предохранителей (выключателей) |
|---|---|---|---|---|
| РП1 | 22,3 | 31,5 | ПР8513-26 | 8х16 |
| РП2 | 21,9 | 31,5 | ПР8513-26 | 10х16 |
| РП3 | 30,2 | 31,5 | ПР8513-26 | 8х16 |
| РП4 | 90,9 | 100 | ПР8513-31 | 8х25 |
| РП5 | 42,4 | 63 | ПР8513-29 | 8х25 |

## 5. Выбор оборудования на напряжение 0,4 Кв

### 5.1 Выбор автоматических выключателей

Автоматический выключатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для проведения тока в нормальном режиме, защиты оборудования и силовой цепи при возникновении перегрузки или короткого замыкания. Широко применяется автоматические воздушные выключатели (АВ), выпускаемые в одно-, двух- и трехполюсном исполнении постоянного и переменного тока. Их снабжают специальным устройством релейной защиты, которые в зависимости от типа выключателя выполняют в виде токовой отсечки, максимальной токовой защиты или двухступенчатой токовой защиты. Для этого используют электромагнитные и тепловые реле – расцепители.

Условия выбора выключателей:

- номинальное напряжение выключателя не должно быть ниже напряжения сети;

- отключающая способность должна быть рассчитана на максимальные токи короткого замыкания, проходящие по защищаемому элементу;

- номинальный ток расцепителя должен быть не меньше наибольшего расчетного тока нагрузки длительно – протекающего по защитному элементу;

$$I_{\text{н.расц}} \geq 1{,}1 \cdot I_{\text{н.эп}} \qquad (5.1)$$

- при допустимых кратковременных перегрузках защищаемого элемента, автоматический выключатель не должен срабатывать; это достигается подбором установки мгновенного срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{эм.расц}} \geq 1{,}25 \cdot I_{\text{пуск}} \qquad (5.2)$$

где $I_{\text{пуск}} = 5 \ldots 7 \cdot I_{\text{н}}$ – пусковой ток (для группы электроприемников - пиковый),

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}} + \left(I_{\text{р}} - I_{\text{н.макс}}\right) \qquad (5.3)$$

Для выбора выключателей используем *приложение 9.*

Результаты вносятся в таблицы 5.1 и 5.2

Таблица 5.1 - Выбор автоматических выключателей для ЭП

| ЭП | Расчетный ток | | | | Iн.расц, А | Iэм.расц, А | Тип |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iном, А | Iпуск, А | Iн.расц, А | Iэм.расц, А | | | |
| Вертикально-сверлильный станок | 9,1 | 50,05 | 10 | 62,6 | 12,5 | 87,5 | ВА51 -25 |
| Токарно-винторезный станок | 15,2 | 83,6 | 16,7 | 104,5 | 20 | 140 | ВА51 -25 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Станок для наводки катушек | 7,6 | 41,8 | 8,4 | 52,3 | 10 | 70 | ВА51 -25 |
| Шкаф сушильный | 3 | 16,5 | 3,3 | 20,6 | 6,3 | 44,1 | ВА51 -25 |
| Ванна для пропитки | 6,1 | 33,55 | 6,7 | 41,9 | 8 | 56 | ВА51 -25 |
| Зигмашина | 4,6 | 25,3 | 5,1 | 31,6 | 6,3 | 44,1 | ВА51 -25 |
| Комбинированны е прессножницы | 3 | 16,5 | 3,3 | 20,6 | 6,3 | 44,1 | ВА51 -25 |
| Машина листогибочная | 13,7 | 75,35 | 15,1 | 94,2 | 16 | 112 | ВА51 -25 |
| Заточный станок | 9,1 | 50,05 | 10 | 62,6 | 12,5 | 87,5 | ВА51 -25 |
| Пресс | 16,7 | 91,85 | 18,4 | 114,8 | 20 | 140 | ВА51 -25 |
| Станок для изоляции проводов | 6,1 | 33,55 | 6,7 | 41,9 | 8 | 56 | ВА51 -25 |
| Вытяжной шкаф | 3 | 16,5 | 3,3 | 20,6 | 6,3 | 44,1 | ВА51 -25 |
| Станок для стыковой сварки | 19,8 | 108,9 | 21,8 | 136,1 | 25 | 175 | ВА51 -25 |
| Вентилятор | 9,1 | 50,05 | 10 | 62,6 | 12,5 | 87,5 | ВА51 -25 |
| Сварочный преобразователь | 24,3 | 133,65 | 26,7 | 167,1 | 40 | 280 | ВА51 -35 |
| Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА | 34,9 | 191,95 | 38,4 | 239,9 | 40 | 280 | ВА51 -35 |
| Поперечно-строгальный станок | 28,9 | 158,95 | 31,8 | 198,7 | 40 | 280 | ВА51 -35 |
| Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т | 7,6 | 41,8 | 8,4 | 52,3 | 10 | 70 | ВА51 -25 |

Таблица 5.2 - Выбор автоматических выключателей для РП

| ЭП | Расчетный ток | | | | Iн.расц | Iэм.расц | Тип |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iном | Iпуск | Iн.расц | Iэм.расц | | | |
| РП1 | 22,3 | 66,9 | 24,5 | 83,6 | 40 | 280 | ВА51-35 |
| РП2 | 21,9 | 65,7 | 24,1 | 82,1 | 40 | 280 | ВА51-35 |
| РП3 | 30,2 | 90,6 | 33,2 | 113,3 | 40 | 280 | ВА51-35 |
| РП4 | 90,9 | 272,7 | 100 | 340,9 | 100 | 700 | ВА51-35 |
| РП5 | 42,4 | 127,2 | 46,6 | 159 | 50 | 350 | ВА51-35 |

## 5.2 Выбор сечений проводов

Сечение проводов и жил кабелей цеховой сети выбираем по формуле (4.1). Для линий защищаемых автоматическими выключателями с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой $К_{защ}$=1.
Данные из *приложения 7*.

Результаты заносятся в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 - Тип и сечение проводов

| ЭП | n | Iзащ, А | Iдл.доп.,А | | Тип кабеля |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | расчетный | принятый | |
| Вертикально-сверлильный станок | 5 | 12,5 | 10,8 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Токарно-винторезный станок | 6 | 20 | 17,3 | 25 | ВВГ-4х2,5 |
| Станок для наводки катушек | 2 | 10 | 8,7 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Шкаф сушильный | 2 | 6,3 | 5,5 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Ванна для пропитки | 1 | 8 | 6,9 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Зигмашина | 1 | 6,3 | 5,5 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Комбинированные прессножницы | 1 | 6,3 | 5,5 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Машина листогибочная | 1 | 16 | 13,9 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Заточный станок | 2 | 12,5 | 10,8 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Пресс | 3 | 20 | 17,3 | 25 | ВВГ-4х2,5 |
| Станок для изоляции проводов | 2 | 8 | 6,9 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Вытяжной шкаф | 1 | 6,3 | 5,5 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Станок для стыковой сварки | 1 | 25 | 21,6 | 25 | ВВГ-4х2,5 |
| Вентилятор | 1 | 12,5 | 10,8 | 16 | ВВГ-4х1,5 |
| Сварочный преобразователь | 1 | 40 | 34,6 | 40 | ВВГ-4х6 |
| Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА | 1 | 40 | 34,6 | 40 | ВВГ-4х6 |
| Поперечно-строгальный станок | 1 | 40 | 34,6 | 40 | ВВГ-4х6 |
| Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т | 1 | 10 | 8,7 | 16 | ВВГ-4х1,5 |

## 5.3. Выбор пускателей

Пускатель — это устройство, содержащее в себе контактор как главный

составляющий элемент.Кроме того, пускатель как правило содержит тепловое реле для защиты от перегрузки по току, кнопки ПУСК и СТОП, индикацию, может быть заключен в корпус, иметь автоматический выключатель для защиты от КЗ. Иначе говоря, пускатель служит для пуска (включения) различных потребителей электроэнергии.

Выбор контакторов и электромагнитных пускателей производится по номинальному напряжению, номинальному току и категории применения. Проверка их на электродинамическую стойкость и термическую стойкость не требуется.

Условие выбора: $I_{н.пуск} \geq I_{н.ЭП}$.

Данные из *приложения 10*.

Результаты выбора пускателей для технического оборудования заносятся в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Выбор пускателей

| ЭП | n | Iн.ЭП,А | Iн.пуск,А | Тип пускателя |
|---|---|---|---|---|
| Вертикально-сверлильный станок | 5 | 9,1 | 16 | ПМ12-016 |
| Токарно-винторезный станок | 6 | 15,2 | 16 | ПМ12-016 |
| Станок для наводки катушек | 2 | 7,6 | 16 | ПМ12-016 |
| Шкаф сушильный | 2 | 3 | 4 | ПМ12-04 |
| Ванна для пропитки | 1 | 6,1 | 16 | ПМ12-016 |
| Зигмашина | 1 | 4,6 | 16 | ПМ12-016 |
| Комбинированные прессножницы | 1 | 3 | 4 | ПМ12-04 |
| Машина листогибочная | 1 | 13,7 | 16 | ПМ12-016 |
| Заточный станок | 2 | 9,1 | 16 | ПМ12-016 |
| Пресс | 3 | 16,7 | 25 | ПМ12-025 |
| Станок для изоляции проводов | 2 | 6,1 | 16 | ПМ12-016 |
| Вытяжной шкаф | 1 | 3 | 4 | ПМ12-04 |
| Станок для стыковой сварки | 1 | 19,8 | 25 | ПМ12-025 |
| Вентилятор | 1 | 9,1 | 16 | ПМ12-016 |
| Сварочный преобразователь | 1 | 24,3 | 25 | ПМ12-025 |
| Трансформатор для пайки ОСУ-20, кВА | 1 | 34,9 | 40 | ПМ12-040 |
| Поперечно-строгальный станок | 1 | 28,9 | 40 | ПМ12-040 |
| Мостовой кран ПВ-25,Q=25 т | 1 | 7,6 | 16 | ПМ12-016 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

| Цех | Количество смен | Категория надёжности | Длина блок-секций здания, м | Высота цеха H, м | Высота вспомогательных помещений, м | Удельная мощность освещения с лампами накаливания W, $Вт/м^2$ | Грунт/температура, |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Электромеханический | 2 | 2 и 3 | 8 и 9 | 9 | 4 | 12-13 | песок/+20°C |
| Деревообрабатывающий | 3 | 1 | 6 | 8 | 3,6 | 12 | суглинок/+10°C |
| Механический | 2 | 2 и 3 | 8 и 6 | 7 | 3,2 | 14,3 | супесь/0°C |
| Учебные мастерские | 1 | 2 и 3 | 8 и 6 | 9 | 4 | 15,6 | супесь/+22°C |
| Кузнечно-прессовой | 2 | 2 и 3 | 8 | 10 | 4 | 13-15 | суглинок/+15°C |
| Металлоизделий | 2 | 2 и 3 | 4,6 и 8 | 10 | 4 | 19,5 | песок/+10°C |
| Сварочный | 2 | 2 и 3 | 8,6 и 4 | 8 | 3,6 | 12-15 | песок/+12°C |
| Токарный | 2 | 2 | 6 и 4 | 8 | 3,6 | 12,4 | супесь/+8°C |
| Обработки корпусных деталей | 2 | 2 и 3 | 8 | 8 | 3,6 | 11-13 | суглинок/+5°C |
| Инструментальный | 2 | 2 и 3 | 6 | 8 | 3,6 | 15-16 | чернозём/+10°C |
| Ремонтно-механический | 2 | 2 и 3 | 6 | 9 | 4 | 12-15 | чернозём/+20°C |
| Насосная станция | 3 | 2 и 3 | 6 | 7 | 2,8 | 18,2 | глина/+10°C |
| Автоматизированный | 2 | 3 | 6 | 8 | 3,6 | 11 | супесь/+22°C |
| Штамповочный | 1 | 2 | 6 | 8 | 4 | 13-14 | супесь/+10°C |
| Ремонтный | 1 | 2 и 3 | 6 | 4 | 4 | 11-13 | чернозём/+20°C |
| Механосборочный | 2 | 2 и 3 | 6 и 8 | 9 | 4,2 | 12-19 | глина/+5°C |
| Механической | 3 | 2 | 8 и 4 | 9 | 4 | 12-14 | суглинок/+15°C |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| обработки деталей | | | | | | | |
| Металлорежущих станков | 3 | 2 и 3 | 6 и 8 | 8 | 3,6 | 15,6 | глина/+5°С |
| Механический серийного производства | 2 | 1,2 и 3 | 4 | 8 | 3,5 | 12 | глина/+10°С |
| Прессовой | 3 | 2 | 8 и 6 | 7 | 3,2 | 13-14 | глина/+10°С |
| Механический тяжёлого машиностроения | 2 | 2 и 3 | 6 | 9 | 4 | 15-16 | песок/+20°С |
| Узловая распределительная подстанция | 3 | 1 | 8 и 6 | - | 3,6 | 23,4 | супесь/+12°С |
| Строительная площадка жилого дома | 2 | 2 | 3,6 | 5 | 3,2 | 9,5 | суглинок/+10°С |
| Комплекс томатного сока | 3 | 2 | 4,6 и 8 | 9 | 4,2 | 19,5 | глина/+12°С |
| Комплекс овощных консервов | 3 | 2 | 6 | 7,2 | 3,2 | 19,5 | глина/+12°С |
| Гранитная мастерская | 1 | 2 и 3 | 4 и 6 | 4 | 4 | 15-18 | суглинок/8°С |
| Шлифовальный | 1 | 2 и 3 | 8 | 10 | 3,6 | 12-16 | песок/+5°С |
| Светонепроницаемая теплица | 3 | 2 | 6 | 10 | 4 | 8-10 | глина/-5°С |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рис. П1. Карта климатических зон

Рис. П2. Карта среднегодовой температуры

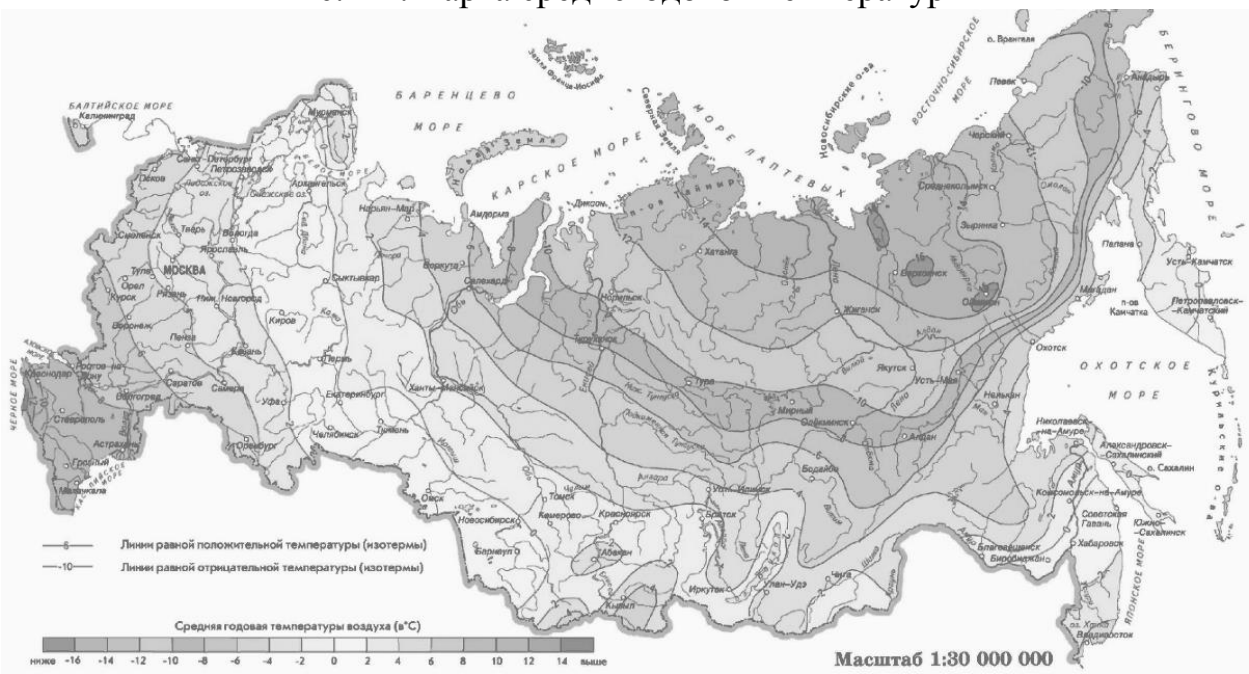


Рис. П3. Карта средней температуры самого холодного месяца

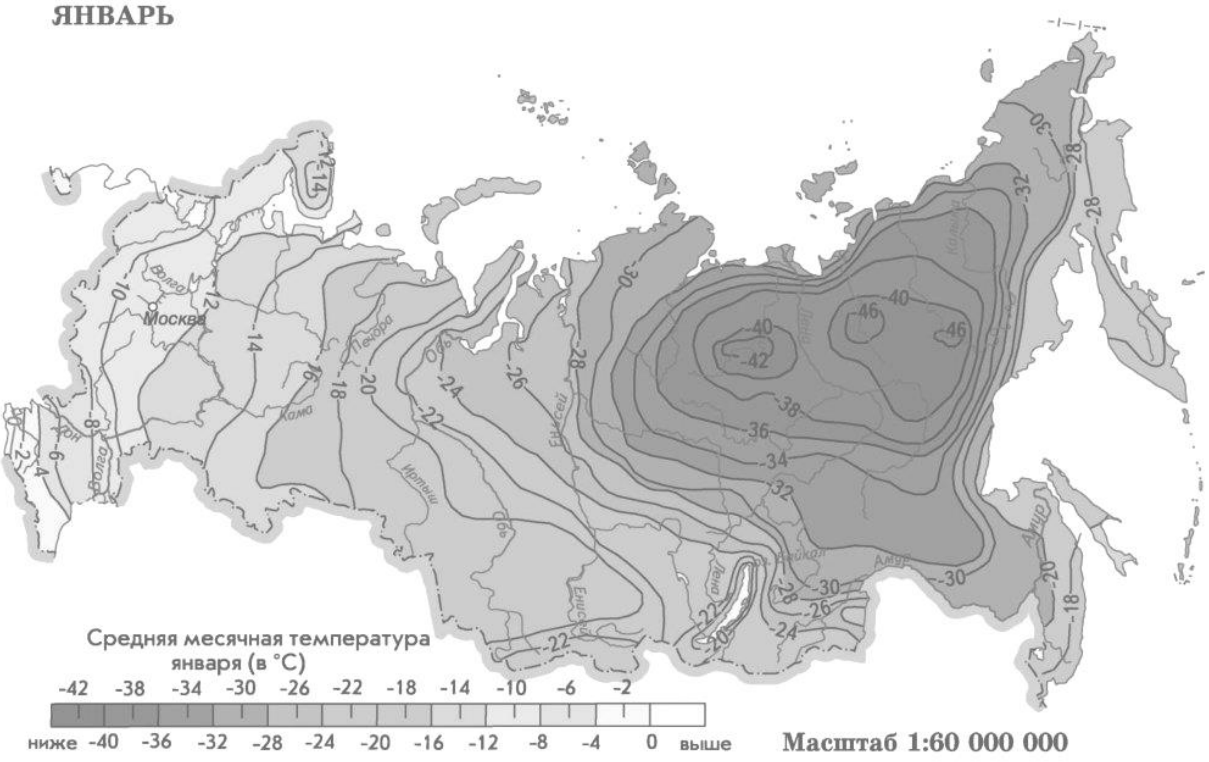



Рис. П4. Карта средней температуры самого жаркого месяца

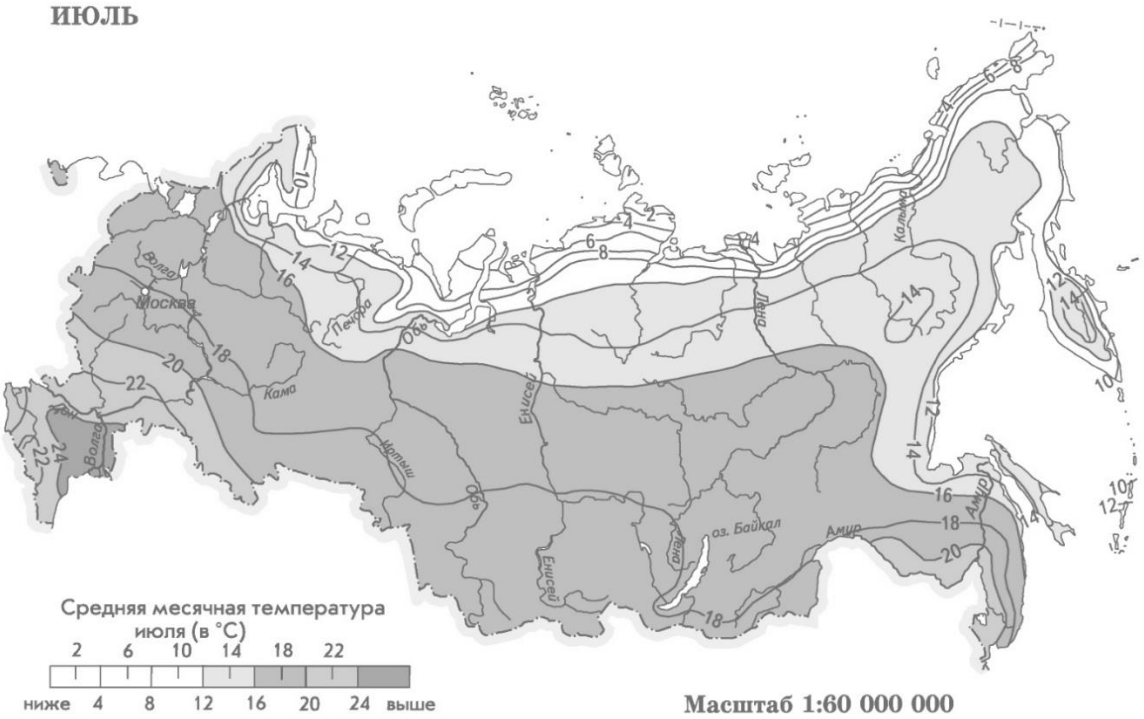


Рис. П5. Карта глубины промерзания грунта

Рис. П6. Карта среднего количества осадков в год

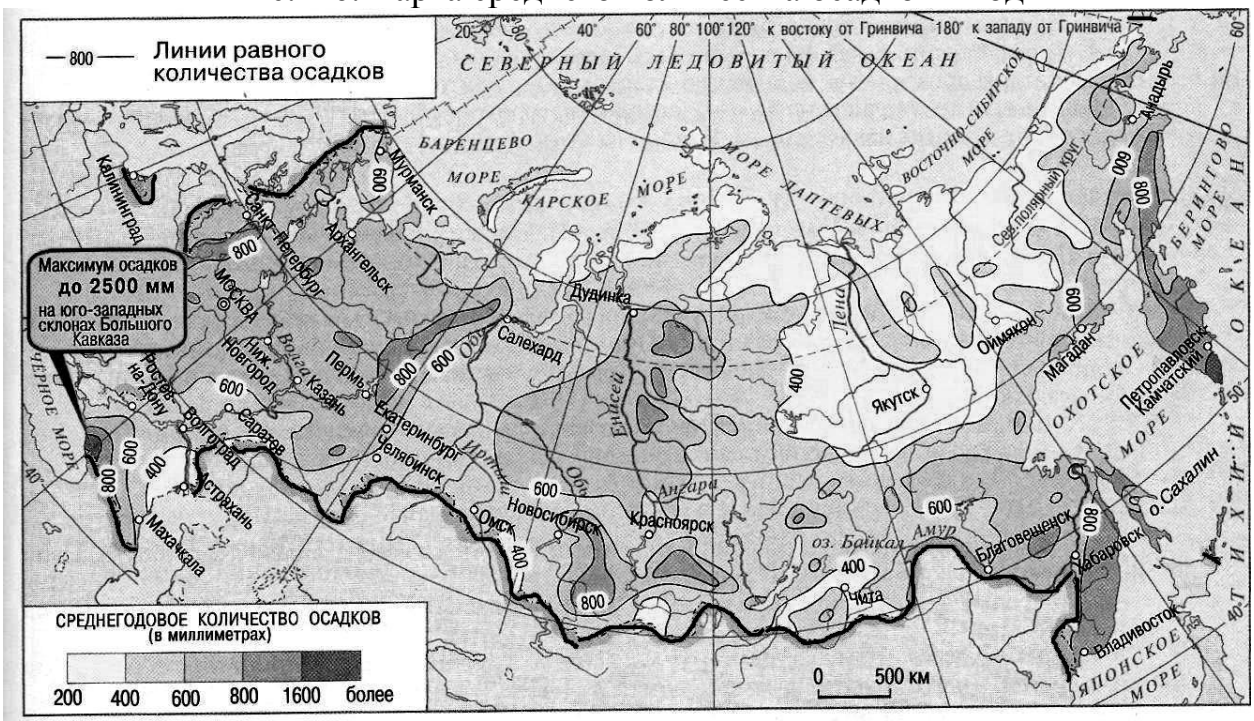



Рис. 44. Среднегодовое количество осадков

Рис. П7. Карта среднегодовой продолжительности гроз

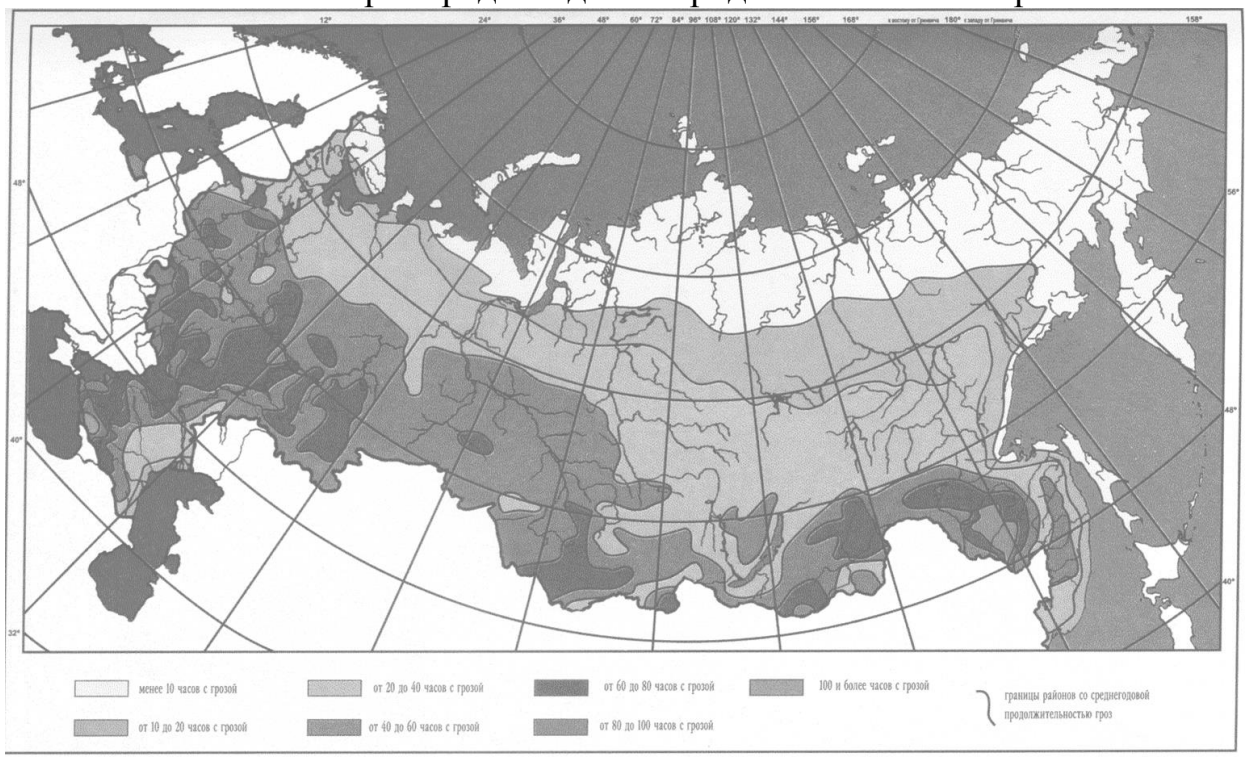



Рис. П8. Карта районирования территории РФ по пляске проводов

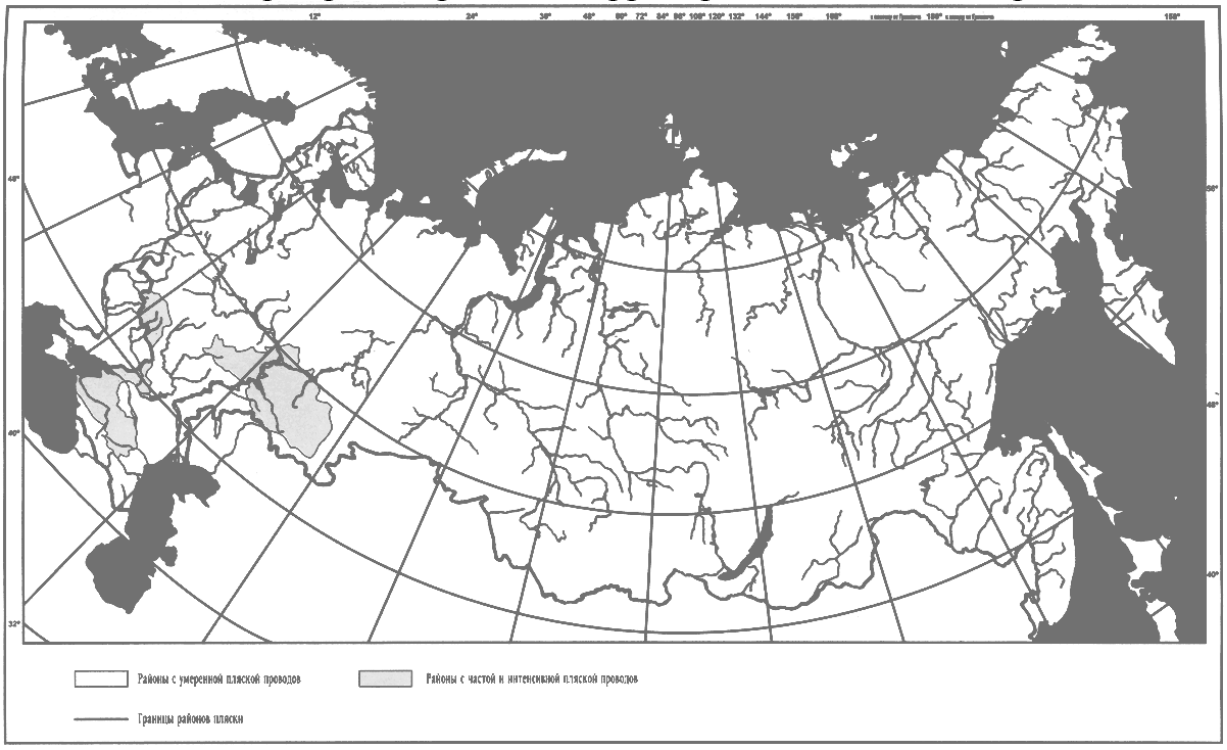
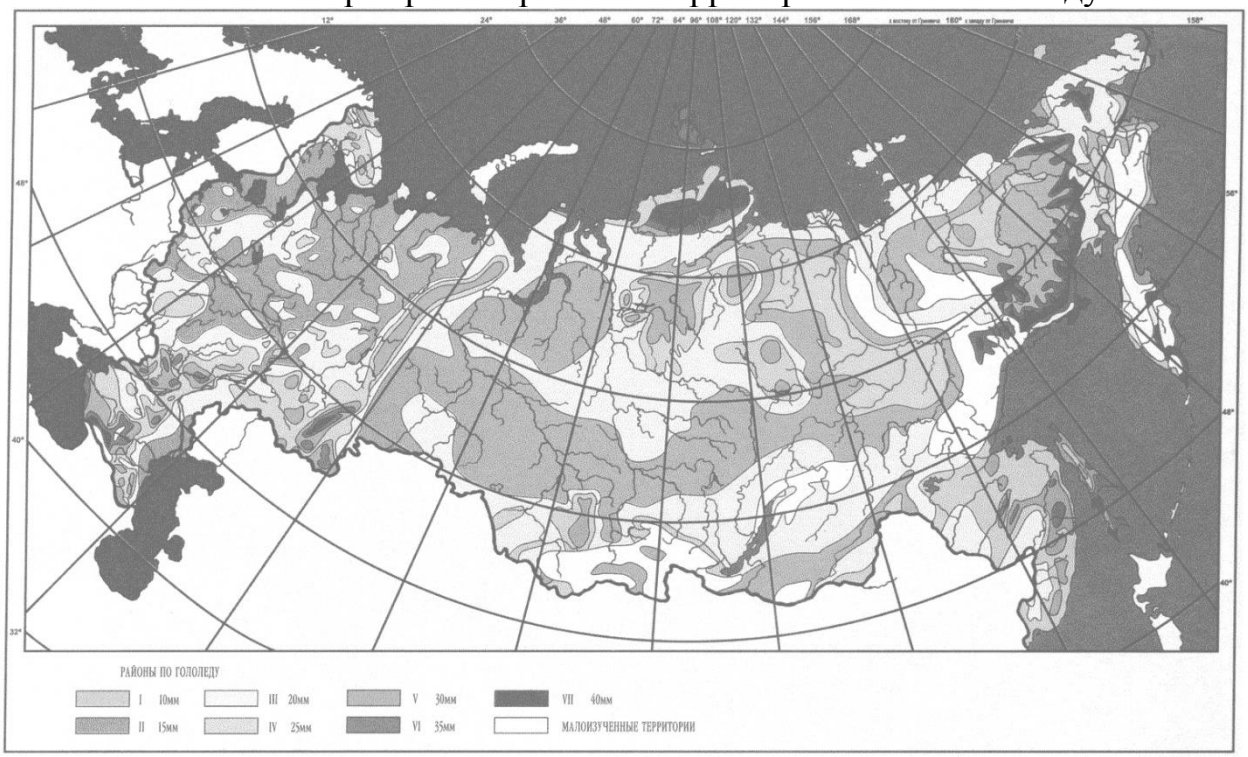


Рис. П9. Карта районирования территории РФ по ветровому давлению

Рис. П10. Карта районирования территории РФ по гололёду



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

| Наименование электроприёмника | cos φ | Ки | λ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 смена | 2 смены | 3 смены |
| Автомат для очистки перца | 0,65 | 0,2 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Автомат дозировочно-наполнителъный | 0,65 | 0,14 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Автомат трехпозиционный высадочный | 0,6 | 0,14 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Агрегатно-расточный станок | 0,52 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Агрегатные станки | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Агрегатный вертикально-сверлильный станок | 0,88 | 0,11 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Агрегатный горизонтально-сверлильный станок | 0,88 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Алмазно-расточные станки | 0,65 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Анодно-механический станок | 0,6 | 0,18 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Балансировочный станок | 0,56 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Бланшировательковшовый | 0,75 | 0,16 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Болтовысадочный автомат | 0,5 | 0,1 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Болтонарезной станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Ванна для пропитки | 0,96 | 0,14 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Вентилятор вытяжной | 0,8 | 0,65 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Вентилятор приточный | 0,8 | 0,65 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Вентиляторы | 0,8 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Вентиляционная установка | 0,85 | 0,7 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Вертикально-протяжный станок | 0,88 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Вертикально-сверлильный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Вертикально-фрезерный станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Весы электрические | 0,65 | 0,1 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Виброголтовочный барабан | 0,53 | 0,1 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Виброголтовочный станок | 0,5 | 0,09 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Вибросито | 0,6 | 0,17 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Внутришлифовальные станки | 0,6 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Гайковысадочные автомат | 0,5 | 0,17 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Гайконарезной автомат | 0,52 | 0,16 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Гальваническая ванна | 0,8 | 0,7 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Голтовочный барабан | 0,52 | 0,08 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Горизонтальне-фрезерный станок | 0,65 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Горизонтально-расточный станок | 0,88 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Горн электрический | 0,95 | 0,8 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Гравировальный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Деревообрабатывающий станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Долбежный станок | 0,55 | 0,11 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Загрузочное устройство | 0,75 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Закалочная установка | 0,95 | 0,75 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Закаточная машина | 0,5 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Зарядно-подзарядный агрегат АБ | 0,7 | 0,5 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Зарядный агрегат | 0,82 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Зарядный агрегат статический | 0,85 | 0,5 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Заточный станок | 0,51 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Заточный станок для фрезерных головок | 0,62 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Заточный станок для червячных фрез | 0,63 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Заточный станок универсальный | 0,6 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Зигмашина | 0,85 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Зубофрезерный полуавтомат | 0,65 | 0,18 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Зубофрезерный станок | 0,55 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Калорифер для обогрева | 0,5 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Карусельно-фрезерный станок | 0,87 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Клепальная машина | 0,65 | 0,18 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Колун механический | 0,5 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Комбинированные прессножницы | 0,75 | 0,19 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Компрессор | 0,8 | 0,7 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Компрессорная установка | 0,8 | 0,75 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Конвейер | 0,65 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Конвейер ленточный | 0,75 | 0,45 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Конвейер ленточный сортировочный | 0,75 | 0,5 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Конвейер пластинчатый | 0,8 | 0,45 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Конвейер роликовый | 0,67 | 0,21 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Конвейер роликовый сортировочный | 0,75 | 0,52 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кондиционер | 0,76 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Контейнероопрокидыватель | 0,8 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Координатно-сверлильный вертикальный станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Координатно-сверлильный горизонтальный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кран башенный | 0,5 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кран консольный поворотный | 0,5 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кран мостовой | 0,5 | 0,08 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Кран-балка | 0,5 | 0,11 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кран-балка с электроталью | 0,55 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кран-погрузчик | 0,5 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Кран-тележка | 0,5 | 0,06 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Кривошипный КПМ | 0,6 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Круглошлифовальный станок | 0,5 | 0,1 | 0,65- | 0,63- | 0,6-0,63 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 0,77 | 0,65 | |
| Кузнечно-штамповочный автомат | 0,65 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Лакокрасочный аппарат | 0,8 | 0,24 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Лесопильная рама | 0,5 | 0,16 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Листогибочная машина | 0,7 | 0,2 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Лифт вертикальный | 0,5 | 0,25 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Лифт грузовой | 0,5 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Магнитный дефектоскоп | 0,65 | 0,06 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Малярная станция | 0,75 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Манипулятор электрический | 0,89 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Машина для резки перца | 0,7 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Многопильные станки | 0,5 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Моечная машина банок жестяных | 0,7 | 0,5 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Моечная машина встряхивающая | 0,7 | 0,62 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Моечная машина плодов | 0,7 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Моечная машина унифицированная вентиляторная | 0,65 | 0,46 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Молот | 0,65 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Молот ковочный | 0,65 | 0,24 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Молот пневматический | 0,52 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Наждачный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Намоточный станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Насос водяной | 0,85 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Насос водяной поршневой | 0,8 | 0,75 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Насос дренажный | 0,8 | 0,65 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Насос масляный | 0,8 | 0,75 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Насос подогревателя | 0,8 | 0,7 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Насос раствора | 0,85 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Насос системы охлаждения | 0,8 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Насосная установка фарша | 0,7 | 0,5 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Насосный агрегат | 0,85 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Настольно – токарный станок | 0,65 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Настольно-сверлильный станок | 0,6 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Ножницы механические | 0,5 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Обдирочный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Обрубной автомат | 0,51 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Освещение | 0,9 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Освещение наружное | 0,95 | 0,9 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Отопление, вентиляция и освещение | 0,9 | 0,75 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Перекладчик | 0,75 | 0,4 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Плоскошлифовальный станок | 0,49 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Подогреватель дробленой томатной пасты | 0,35 | 0,5 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Подъемник мачтовый грузовой | 0,5 | 0,08 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Подъемник передвижной электрический | 0,5 | 0,05 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Полировальный станок | 0,5 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Поперечно-строгальные станки | 0,68 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Пресс | 0,8 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Пресс кривошипный | 0,67 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Пресс фрикционный | 0,65 | 0,24 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Пресс эксцентриковый | 0,65 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Пресс электромеханический | 0,65 | 0,24 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Продольно-строгальный станок | 0,66 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Продольно-фрезерный станок | 0,5 | 0,1 | 0,65- | 0,63- | 0,6-0,63 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 0,77 | 0,65 | |
| Протяжный станок | 0,48 | 0,09 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Радиально-сверлильный станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Распиловочный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Расточный станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Реактор подогревателя | 0,95 | 0,75 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Резьбонакатный автомат | 0,51 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Резьбонарезной станок | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Резьбошлифовальный станок | 0,62 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Рейсмусный станок | 0,5 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сборочный полуавтомат | 0,65 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный автомат | 0,65 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный агрегат | 0,5 | 0,35 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный аппарат | 0,6 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный выпрямитель | 0,9 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный преобразователь | 0,35 | 0,25 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный стенд | 0,6 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сварочный трансформатор | 0,8 | 0,3 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сверлильно-присадочный станок | 0,6 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сверлильно-фрезерный станок | 0,6 | 0,11 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сверлильный станок | 0,55 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Сепаратор | 0,8 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Синхронный компенсатор | 0,8 | 0,7 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Слиткообдирочный станок | 0,65 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок для заделки сучков | 0,55 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок для изоляции проводов | 0,8 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Станок для наводки катушек | 0,98 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок для постановки полупетель | 0,5 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок для снятия провесов | 0,55 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок для стыковой сварки | 0,65 | 0,3 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок четырехсторонний | 0,5 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Станок-резак по металлу | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Стол механизированный | 0,65 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Строгальный станок | 0,55 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Стружечный транспортер | 0,8 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Тельфер | 0,5 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарно-винторезный станок | 0,65 | 0,2 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарно-револьверный многоцелевой станок | 0,55 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарно-револьверный станок | 0,5 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарно-шлифовальный станок | 0,55 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный автомат | 0,4 | 0,3 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный вертикальный полуавтомат с ЧПУ | 0,7 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Токарный многоцелевой модуль | 0,6 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный многоцелевой прутковопатронный модуль | 0,55 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный одношпиндельный автомат | 0,65 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный полуавтомат | 0,35 | 0,25 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный полуавтомат с ЧПУ | 0,7 | 0,45 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Токарный специальный станок | 0,5 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный станок | 0,6 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный станок импульсной наплавки | 0,6 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Токарный станок с ЧПУ | 0,7 | 0,3 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Токарный станок с ЧПУ повышенной точности | 0,75 | 0,25 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Торцовочный станок | 0,5 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Точило | 0,85 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Точильно-шлифовальный станок | 0,88 | 0,14 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Транспортер | 0,75 | 0,55 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Транспортер грузовой | 0,75 | 0,5 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Транспортер элеваторный | 0,8 | 0,55 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Трансформатор для пайки | 0,7 | 0,32 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Трансформатор собственных нужд | 0,8 | 0,4 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Трансформатор термообработки бетона | 0,8 | 0,2 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Трубогибочный станок | 0,5 | 0,16 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Установка для сушки древесины | 0,9 | 0,6 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Установка дробления томатов | 0,8 | 0,56 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Установка окраски электростатической | 0,8 | 0,6 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Установка разлива сока с подогревателем | 0,79 | 0,55 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Установка экстракторная | 0,78 | 0,6 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Установка электротермическая | 0,8 | 0,25 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Устройство загрузки в автоклав | 0,7 | 0,15 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Фаршемешалка | 0,7 | 0,3 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Фаршенаполнитель | 0,7 | 0,35 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Фрезерный полуавтомат | 0,65 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Фрезерный станок | 0,4 | 0,12 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Фрикционный КПМ | 0,6 | 0,2 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Фуговальный станок | 0,51 | 0,17 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Циркулярная пила | 0,7 | 0,25 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Циркулярно–маятниковая пила | 0,85 | 0,18 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Шипорезный станок | 0,49 | 0,19 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Шкаф вытяжной | 0,55 | 0,6 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Шкаф сушильный | 0,55 | 0,65 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Шлифовально-обдирочный станок | 0,84 | 0,23 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Шлифовальный станок | 0,7 | 0,25 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Шнекомоечная машина | 0,55 | 0,07 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Шпоночно-фрезерный станок | 0,53 | 0,13 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Щит облучательной установки | 0,75 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Щит общего рабочего освещения | 0,95 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Щит сигнализации | 0,96 | 0,9 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Элеватор подачи томатов в дробилку | 0,75 | 0,56 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Электрическая печь индукционная | 0,92 | 0,7 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электрическая печь сопротивления | 0,96 | 0,85 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электродвигатель вакуумных насосов | 0,9 | 0,75 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электродвигатель задвижек | 0,9 | 0,3 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Электродуговая печь | 0,91 | 0,5 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Электрокотел | 0,95 | 0,75 | 0,75-0,8 | 0,72-0,75 | 0,68-0,72 |
| Электронагреватель для выключателей и приводов | 0,97 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электронагреватель отопительный | 0,95 | 0,8 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электронагреватель трансформаторного масла | 0,96 | 0,77 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электронагреватель шкафов | 0,95 | 0,75 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электронагревательная плита | 0,98 | 0,75 | 0,8-0,85 | 0,77-0,8 | 0,74-0,77 |
| Электропривод ворот подъемных | 0,5 | 0,08 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Электропривод раздвижных ворот | 0,5 | 0,09 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 | 0,55-0,6 |
| Электрорубанок | 0,5 | 0,3 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Электросварочная машина | 0,6 | 0,3 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |
| Электроталь | 0,5 | 0,1 | 0,65-0,77 | 0,63-0,65 | 0,6-0,63 |
| Электроточило наждачное | 0,5 | 0,14 | 0,7-0,75 | 0,65-0,7 | 0,6-0,65 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Характеристики трансформаторов 10кВ

| Тип | Sном, кВА | ΔPкз, кВт | ΔPхх, кВт | Uкз, % | Iкз, % |
|---|---|---|---|---|---|
| ТМ-25/10 | 25 | 0,6 | 0,13 | 4,5 | 3,2 |
| ТМ-40/10 | 40 | 0,88 | 0,175 | 4,5 | 3 |
| ТМ-63/10 | 63 | 1,28 | 0,24 | 4,5 | 2,8 |
| ТМ-100/10 | 100 | 1,97 | 0,33 | 4,5 | 2,6 |
| ТМ-160/10 | 160 | 2,65 | 0,51 | 4,5 | 2,4 |
| ТМ-250/10 | 250 | 3,7 | 0,74 | 4,5 | 2,3 |
| ТМ-400/10 | 400 | 5,5 | 0,95 | 4,5 | 2,1 |
| ТМ-630/10 | 630 | 7,6 | 1,31 | 5,5 | 2 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Конденсаторные установки на 0,4 кВ

| Типономинал | $Q_{номк}$, кВАр | Кол. и мощность ступеней, n x кВАр | Номинальный ток, А | Ток для выбора кабеля, А |
|---|---|---|---|---|
| УКМ58-0,4-10-5 УЗ | 10 | 2x5 | 14 | 19 |
| УКМ58-0,4-15-5 УЗ | 15 | 3x5 | 22 | 28 |
| УКМ58-0,4-20-5 УЗ | 20 | 4x5 | 29 | 38 |
| УКМ58-0,4-25-5 УЗ | 25 | 5x5 | 36 | 47 |
| УКМ58-0,4-30-10 УЗ | 30 | 3x10 | 43 | 56 |
| УКМ58-0,4-50-10 УЗ | 50 | 5x10 | 72 | 94 |
| УКМ58-0,4-60-10 УЗ | 60 | 6x10 | 87 | 113 |
| УКМ58-0,4-75-25 УЗ | 75 | 3x25 | 108 | 141 |
| УКМ58-0,4-80-20 УЗ | 80 | 4x20 | 116 | 150 |
| УКМ58-0,4-100-10 УЗ | 100 | 10x10 | 145 | 188 |
| УКМ58-0,4-108-36 УЗ | 108 | 3x36 | 156 | 203 |
| УКМ58-0,4-112,5-37,5 УЗ | 112,5 | 3x37,5 | 163 | 211 |
| УКМ58-0,4-120-30 УЗ | 120 | 4x30 | 173 | 225 |
| УКМ58-0,4-133-33,3 УЗ | 133 | 4x33,3 | 192 | 250 |
| УКМ58-0,4-140-20 УЗ | 140 | 7x20 | 202 | 263 |
| УКМ58-0,4-150-50 УЗ | 150 | 3x50 | 217 | 282 |
| УКМ58-0,4-167-33,3 УЗ | 167 | 5x33,3 | 241 | 314 |
| УКМ58-0,4-180-5 УЗ | 180 | 9x20 | 260 | 338 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Коэффициенты максимума

| $n_э$ | Коэффициент использования $K_И$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 1 | 8,00 | 5,33 | 4,00 | 2,67 | 2,00 | 1,6 | 1,33 | 1,14 | 1,0 |
| 2 | 6,22 | 4,33 | 3,39 | 2,45 | 1,98 | 1,6 | 1,33 | 1,14 | 1,0 |
| 3 | 4,05 | 2,89 | 2,31 | 1,74 | 1,45 | 1,34 | 1,22 | 1,14 | 1,0 |
| 4 | 3,24 | 2,35 | 1,91 | 1,47 | 1,25 | 1,21 | 1,12 | 1,06 | 1,0 |
| 5 | 2,84 | 2,09 | 1,72 | 1,35 | 1,16 | 1,16 | 1,08 | 1,03 | 1,0 |
| 6 | 2,64 | 1,96 | 1,62 | 1,28 | 1,14 | 1,13 | 1,06 | 1,01 | 1,0 |
| 7 | 2,49 | 1,86 | 1,54 | 1,23 | 1,12 | 1,1 | 1,04 | 1,0 | 1,0 |
| 8 | 2,37 | 1,78 | 1,48 | 1,19 | 1,1 | 1,08 | 1,02 | 1,0 | 1,0 |
| 9 | 2,27 | 1,71 | 1,43 | 1,16 | 1,09 | 1,07 | 1,01 | 1,0 | 1,0 |
| 10 | 2,18 | 1,65 | 1,39 | 1,13 | 1,07 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 11 | 2,11 | 1,61 | 1,35 | 1,1 | 1,06 | 1,04 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 12 | 2,04 | 1,56 | 1,32 | 1,08 | 1,05 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 13 | 1,99 | 1,52 | 1,29 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 14 | 1,94 | 1,49 | 1,27 | 1,05 | 1,02 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 15 | 1,89 | 1,46 | 1,25 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 16 | 1,85 | 1,43 | 1,23 | 1,02 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 17 | 1,81 | 1,41 | 1,21 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 18 | 1,78 | 1,39 | 1,19 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 19 | 1,75 | 1,36 | 1,17 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 20 | 1,72 | 1,35 | 1,16 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 25 | 1,6 | 1,27 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 30 | 1,51 | 1,21 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 35 | 1,44 | 1,26 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 40 | 1,4 | 1,13 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 45 | 1,35 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | 1,3 | 1,07 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 60 | 1,25 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 70 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 80 | 1,16 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Длительно допустимые нагрузки кабелей до 1 кВ с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

| Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$ | Ток, А, для проводов, проложенных в одной трубе | | | |
|---|---|---|---|---|
| | открыто | двух одножильных | трех одножильных | четырех одножильных |
| 1,5 | 23 | 19 | 17 | 16 |
| 2,5 | 30 | 27 | 25 | 25 |
| 4 | 41 | 38 | 35 | 30 |
| 6 | 50 | 46 | 42 | 40 |
| 10 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| 16 | 100 | 85 | 80 | 75 |
| 25 | 140 | 115 | 100 | 90 |
| 35 | 170 | 135 | 125 | 115 |
| 50 | 215 | 185 | 170 | 150 |
| 70 | 270 | 225 | 210 | 185 |
| 95 | 330 | 275 | 255 | 225 |
| 120 | 385 | 315 | 290 | 260 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Структура условного обозначения распределительных шкафов серии ПР

ПР(ПОР)-8513-XX-XX-XXX-XX 11М:

ПР(ПОР) - пункт распределительный: для силовых нагрузок (ПР);
для осветительных нагрузок (ПОР);

8 - НКУ ввода и распределения энергии;

5 - распределение энергии с применением выключателя
переменного тока;

13 - порядковый номер;

XX - исполнение по номинальному току:
26 - 31,5 А; 28 - 50 А; 29 - 63 А; 31 - 100 А;
33 - 160 А; 35 - 250 А; 37 - 400 А; 39 - 630 А;

XX - исполнение по наличию вводного аппарата:
00 - без вводного аппарата; 10 - с вводным автоматическим выключателем без дистанционного привода; 11 - с вводным автоматическим выключателем с дистанционным ручным приводом;
20 - вводный выключатель с врубными контактами без дистанционного привода;
21 - вводный выключатель с врубными
контактами с дистанционным ручным приводом;
30 - с пакетным выключателем;
32 - с пакетным выключателем и электрическим счетчиком;

X - исполнение по способу установки:
1 - навесное; 2 - напольное; 3 - утопленное;

XX - способ ввода проводников: 1X - ввод сверху;
2X - ввод снизу; X1 - вывод сверху; X2 - вывод снизу;

XX - степень защиты оболочки: 21 - IP21; 54 - IP54;

11М - номер серии пункта.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Характеристики выключателей

| Тип выключателя | Іном, А | Ін. расц, А | Іэм. расц./ Ін.расц. |
|---|---|---|---|
| ВА51-25 | 25 | 6,3;8,0;10;12,5;16;20;25 | 7,10 |
| ВА51Г25 | 25 | 10,12,16,20,25 | 14 |
| ВА51-35 | 100 | 16,20,25,40,50,63,80,100 | 3,7,10 |
| ВА51Г31 | 100 | 16,20,25,40,50,63,80,100 | 14 |
| ВА51-33 | 160 | 80,100,125,160,80,125,160 | 10 |
| ВА51Г33 | 160 | 100,125,160,200,250 | 14 |
| ВА51-35 | 250 | 100,125,160,200,250 | 12 |
| ВА51-37 | 400 | 250,320,400 | 10 |
| ВА51-39 | 630 | 400,500,630 | 10 |
| ВА52-35 | 250 | 100,125,160,200,250 | 12 |
| ВА52-37 | 400 | 250,320,400 | 10 |
| ВА52-39 | 630 | 250,320,400,500,630 | 10 |
| ВА53-35 | 1000 | 250,320,400,630,1000 | 10 |
| ВА53-37 | 1500 | 400,630,1000,1200,1500 | 10 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Классификация магнитных пускателей серии ПМ12.

Первые три цифры - обозначение номинального тока:

«004» - 4А;
«016» - 16А;
«025» - 25А;
«040» - 40А;
«063» - 63А.
«080» - 80А;
«100» - 100А;

Четвертая цифра - тип работы электродвигателя и наличие теплового реле:

«1» - нереверсивный без теплового реле;
«2» - нереверсивный с тепловым реле;
«5» - реверсивный без теплового реле с механической блокировкой;
«6» - реверсивный с тепловым реле с механической блокировкой;

Пятая цифра - исполнение по степени защиты и наличию кнопок:

«0» - без корпуса;
«1» - в корпусе, без кнопок;
«2» - в корпусе, с кнопками «Пуск» и «Стоп»;
«3» - в корпусе, с кнопками «Пуск» и «Стоп»;
«4» - в корпусе, без кнопок;
«5» - степень защиты 1РГО.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок /Минэнерго РФ Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2008 г.
2. Барыбин, Ю.Г. и др. «Справочник по проектированию электроснабжения» М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Федоров А.А., Каменева В.В. «Основы электроснабжения промышленных предприятий» - М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. Гужов, Н.П. Системы электроснабжения [Текст]: учебник/ Н.П. Гужов, В.Я. Ольховский, Д.А. Павлюченко. - Рн/Д.: Феникс, 2011. - 382 с.
5. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. [Текст]: учебник/Э.А. Киреева - М.: Кнорус, 2013. - 368 с.
6. Федоров, А.А., Старкова Л.Е. «Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования» - М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Князевский, Б.А., Липкин Б.Ю. «Электроснабжение промышленных предприятий». М.: Высшая школа. 1975.
8. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под редакцией А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. М; Энергия, 1980.
9. Неклепаев, Б.Н., Крючков И.П. «Электрическая часть станций и подстанций» - М.: Энергоатомиздат, 1989.
10. Киреева, Э.А. Повышение надежности, экономичности и безопасности систем цехового электроснабжения. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2002
11. Экономика энергетики. – Рогалев Н.Д., Зубкова А.Г., Мастерова И.В. МЭИ. 2005 г.
12. Булычев, А.В. Релейная защита в распределительных электрических сетях [Электронный ресурс]: производственно-практическое издание/ Булычев А.В., Наволочный А.А..- Электрон. текстовые данные-М.: ЭНАС, 2011.- с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/4340.- ЭБС «IPRbooks», по паролю
13. Гуревич, В.И. Электрическое реле. Устройство, принцип действия и применения. Настольная книга электротехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гуревич В.И..- Электрон. текстовые данные.-М.:ДМК Пресс, 2011.-288 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/7758.- ЭБС «IPRbooks», по паролю
14. Сибикин, Ю.Д. Электрические подстанции [Текст]/ Ю.Д. Сибикин.- М.: Радиософт,2011.-416 с.
15. Хорошилов, А.В. Электропитающие системы и электрические сети [Текст] учебник/ А.В. Хорошилов, А.В. Пилюгин, Л.В. Хорошилова, В.И.Бирюлин, О.М. Ларин- Старый Оскол: ТНТ, 2011.
16. Богданов В.Д., Головатов Ю.П., Дедов В.Н., Дмитриев П.С., Турищев Г.Ф. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях. М.: МГАУ, 1994.

МУРТАЗОВ Мурат Бубакирович

# СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта на тему «Проектирование электроснабжения цеха промышленного предприятия» для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Печатается в редакции автора

Корректор Темирлиева Р.М.
Редактор Темирлиева Р.М.

Сдано в набор . 13.04.2017 г.
Формат 60х84/16
Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,2
Заказ № 3681
Тираж 100 экз.

Оригинал-макет подготовлен в Библиотечно-издательском центре СевКавГГТА
369000, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36