

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Байконурский электрорадиотехнический техникум имени М.И.Неделина»

Методические рекомендации  
по выполнению дипломного проекта  
специальности 08.02.09  
«Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования  
промышленных и гражданских зданий»

Г.Байконур

2016 г

## РАЗДЕЛ 1.

### 1.1 ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. Дипломное проектирование – завершающий этап обучения в техникуме. Его цель – систематизация, расширение и углубление теоретических знаний студентов, ознакомление их с новейшими достижениями в области проектирования, конструирования, монтажа и эксплуатации устройств, систем, агрегатов.

2. В ходе дипломного проектирования, студенты приобретают опыт самостоятельного решения задач в данной отрасли, а также совершенствуют навыки пользования нормативной, справочной и учебной литературой.

3. Темы дипломных проектов должны соответствовать современному уровню требований, предъявляемых при проектировании, монтаже и эксплуатации, наладке устройств, объему теоретических знаний и практических навыков, полученных студентами за время обучения в техникуме, и включает в себя основные вопросы, с которыми студенты могут встретиться в своей практической деятельности после окончания техникума. Необходимо, чтобы тематика дипломного проектирования была по возможности максимально приближена к реальным нуждам производства. Однако в ней, в достаточной мере, должна быть учтена и специфика учебного процесса

4. Основные разделы дипломной записки и их примерный объем в процентах :

- ВВЕДЕНИЕ - 0,5 %
- 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ - 5 %
- 2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ -25 %
- 3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ - 25%
- 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ - 10 %
- 5. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ - 3 %
- 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 0,5 %
- 7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
- 8. ПРИЛОЖЕНИЯ
- 9. ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ 0,5 %
- 10. РЕЦЕНЗИЯ – 0,5 %

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

### 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. В зависимости от задания в общей части должны быть рассмотрены и раскрыты следующие вопросы:

- характеристика потребителей и определение категории электроснабжения для цеха, гражданского или административного здания;
- знать определения продолжительного, повторно-кратковременного и кратковременного режимов электроприемников (ЭП);
- дать характеристику ЭП:
- выделить ЭП (крановое и сварочное оборудование), работающее в повторно-кратковременном режиме;
  - выделить ЭП (вспомогательные механизмы металлорежущих станков, электрические приводы заслонок, задвижек), работающие в кратковременном режиме;
  - охарактеризовать все оставшееся электрооборудование, работающее в продолжительном режиме;
  - должны быть определены номинальные напряжения ЭП и выбраны стандартные напряжения;

1.2. Для светотехнического расчета должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор осветительного оборудования;
- методы светотехнического расчета;
- выбор коэффициентов минимальной освещенности, коэффициента запаса, высоты подвеса светильников.
- рассматриваются различные категории надежности электроснабжения и определяется категория надежности электроснабжения цеха рассматриваемого объекта. При анализе необходимо ответить на следующие вопросы:

- допускается ли и, на сколько перерыв в электроснабжении;
- к чему приводит перерыв в электроснабжении (есть ли вероятность пожара, взрыва, гибели людей, нанесения значительного ущерба народному хозяйству; будет ли простой технологического оборудования, транспорта, рабочих, повреждение оборудования, массовый брак продукции);
- сделать вывод о категории надежности электроснабжения.

### 1.3. Анализ и выбор схемы электроснабжения

Необходимо рассмотреть несколько вариантов схем электроснабжения (радиальная, магистральная, смешенная), описать их достоинства, недостатки и выбрать схему электроснабжения руководствуясь следующим:

Для цеха, гражданского здания:

- в зависимости от категории электроснабжения и условий окружающей среды (если помещение пожаро-, взрывоопасное, или I категории, то магистральные и смешанные схемы не применяются). Данное условие является определяющим.

- в зависимости от единичных мощностей ЭП (если ЭП более 70 кВт, то такой ЭП записывается по радиальной схеме)

- в зависимости от расположения ЭП по площади цеха, здания (при равномерном расположении и большом количестве ЭП применяется магистральная схема, при неравномерном расположении радиальная).

Для завода, объекта:

- в зависимости от категории надежности электроснабжения и технологического процесса (если объект, завод взрыво-пожароопасен и I категории, то радиальная схема электроснабжения). Данное условие является определяющим.

- в зависимости от расположения цехов по площади цеха (при неравномерном расположении и при больших расстояниях между цехами, объектами (более 100 м), применяется радиальная схема, с питанием каждого цеха от собственной КТП; при малых расстояниях (до 100 м) между цехами или объектами рекомендуется применять магистральную схему с двусторонним питанием для потребителей II категории или с односторонним питанием для потребителей III категории;

- в зависимости от мощностей цехов (если мощность цеха до 2000 кВт применяется одна КТП с питанием по радиальной или магистральной схеме; если более 2000 кВт то рекомендуется применять в цехе или на объекте нескольких КТП);

- при выборе схемы электроснабжения необходимо обратить внимание на возможную длину КЛ до 1 кВ; длина КЛ не должна быть больше 50 м.

## II РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Расчетная нагрузка определяется для смены с наибольшим потреблением энергии данной группы ЭП- электроприемников, цехом или предприятием в целом для характерных суток. Обычно наиболее загруженной сменой является смена, в которой используется наибольшее число агрегатов. Применяются следующие методы определения расчетных нагрузок:

- при наличии данных расхода об удельных расходах электроэнергии на единицу продукции в натуральном выражении  $\mathcal{E}_{уд}$  и выпускаемой за год продукции

- если известны номинальные данные всех ЭП агрегатов (дневная) нагрузка предприятия и их размещение на плане цехов, то расчет ведется методом упорядоченных диаграмм. Этот метод применяется при расчете электрических нагрузок в сетях до 1 кВ;

- метод коэффициента спроса применяется при расчете максимальных нагрузок промышленного предприятия на высшем напряжении схемы электроснабжения, для расчета осветительных сетей цехов предприятия, гражданского здания, для расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий.

При определении электрических нагрузок до 1 кВ по трансформатору в целом производят расчеты с добавлением осветительных нагрузок, а также с учетом мощности конденсаторов до 1 кВ и потерь мощности силовых трансформаторов. Мощность силовых трансформаторов предварительно выбирается по  $P_{см.}$ .

2.2. Расчет силовой сети включает в себя следующее:

- расчет сечения проводников по допустимому нагреву электрическим током;
- выбор защитной аппаратуры – автоматических выключателей, предохранителей, магнитных пускателей от токов перегрузки и токов короткого замыкания;
- проверка соответствия выбранного аппарата защиты сечению проводника;
- проверка на потерю напряжения до самого удаленного электроприемника;
- выбор устройств, для регулирования напряжения на питающем конце линии.
- проверка на выполнение селективности;
- выбор марки проводов и кабелей (знать расшифровку)

В этом пункте подробно показывается весь выбор и расчет для одного удаленного электроприемника или группы ЭП, данные расчетов для других ЭП сводятся в таблицу

### 2.3. Выбор числа и мощности трансформатора на цеховой подстанции

#### 2.3.1 Построение картограммы нагрузок

Для построения рациональной системы электроснабжения предприятия очень важное значение имеет правильное расположение главных понизительных подстанций. Подстанции рекомендуется как можно ближе приближать к центрам электрических нагрузок (ЦЭН), которые предполагается подключить к данной подстанции. При расположении подстанций в ЦЭН обеспечиваются наилучшие технико-экономические показатели системы электроснабжения по уменьшению потерь электроэнергии и напряжения в распределительных сетях и снижению стоимости электрической сети, вследствие экономии проводникового материала токоведущих частей.

Для определения наиболее выгодного расположения ГПП и цеховых ТП составляют картограмму нагрузок, которая представляет собой очертания цехов, зданий и сооружений и их полные расчётные нагрузки, выраженные в виде кругов определённого диаметра с центром нагрузки цеха, здания или сооружения, расположенные на генеральном плане предприятия. Картограмма нагрузок позволя-

ет максимально сократить протяжённость распределительных электрических сетей и определить наиболее выгодное месторасположение подстанции.

Выбор места расположения подстанции также зависит от неблагоприятных условий окружающей среды, которые вредно воздействуют на изоляцию электрооборудования; от наличия в месте установки подстанции значительного количества подземных коммуникаций; от технологического процесса производства связанного с взрывами и уносом промышленных выбросов; от динамического развития нагрузок;

Радиус полной расчётной нагрузки цеха, здания или сооружения определяется по формуле:

$$R_i = \sqrt{S_i / (\pi * m)}$$

где:  $R_i$  – радиус круга нагрузки данного цеха, здания или сооружения, мм;

$S_i$  - полная мощность данного цеха, здания или сооружения, кВА или МВА;

$\pi = 3,14$

$m$  – масштаб, для определения площади круга, кВА/мм<sup>2</sup> или МВА/мм<sup>2</sup>

### 2.3.2. Выбор количества трансформаторов на подстанции

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов на подстанции предприятий является основным вопросом рационального проектирования системы электроснабжения предприятия. Количество трансформаторов определяется категорией электроснабжения предприятия или объекта.

Для потребителей 1 категории должны применяться двухтрансформаторные подстанции и дополнительно дизельные электростанции, обеспечивающие безперебойное электроснабжение потребителей при наличии устройств аварийного включения резервного питания (АВР).

Для потребителей 2 категории рекомендуется применять двухтрансформаторные подстанции или однотрансформаторные подстанции, но при наличии централизованного складского резерва на предприятии электрических сетей или связей по вторичному напряжению подстанции.

Для потребителей 3 категории рекомендуется применять однотрансформаторные подстанции.

Для ГПП, УРП, ПГВ должны устанавливаться не менее 2 трансформаторов, которые обеспечивают надёжное питание потребителей всех категорий.

Двухтрансформаторные подстанции также целесообразно применять при неравномерности суточных и годовых графиков нагрузки предприятия для возможности отключения одного трансформатора в период минимальных нагрузок, а также при раздельной работе трансформаторов на подстанции для уменьшения токов короткого замыкания.

### 2.3.3. Выбор марки и мощности трансформаторов на подстанции

Выбор мощности трансформаторов на подстанции производится исходя из следующих параметров:

- максимальной полной расчетной нагрузки предприятия или объекта электроснабжения ( $S_p$ );
- характерного суточного графика нагрузки предприятия или объекта, который определяется в зависимости от отрасли промышленности;
- количество трансформаторов на подстанции, определяемое в зависимости от категории электроснабжения ( $n_{тр}$ );
- количество часов максимальной нагрузки, определяемое по фактическому графику нагрузки предприятия или объекта ( $t_{max}$ );
- средней полной нагрузки предприятия, которая определяется по фактическому графику нагрузки предприятия или объекта ( $S_{cp}$ );
- рекомендуемый коэффициент загрузки трансформаторов на подстанции, определяемый в зависимости от категории электроснабжения предприятия и количества трансформаторов на подстанции ( $\beta_{рек}$ );

При выборе мощности и марок силовых трансформаторов рекомендуется:

- применять однотипные трансформаторы с одинаковыми параметрами;
- на двухтрансформаторных подстанциях мощность трансформатора должна выбираться с таким расчётом, чтобы при выходе в ремонт одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор мог нести нагрузку потребителей 1 и 2 категории, а потребители 3 категории в это время отключаются;

- трансформаторы мощностью 1000 кВА и более необходимо применять в производственных цехах с высокой плотностью нагрузок (0,5-0,7 кВА/м<sup>2</sup>) и при наличии электроприёмников с частыми пиками нагрузки и электроприёмников большой мощности;

- трансформаторы допускают послеаварийную перегрузку при выходе из строя одного из трансформаторов двухтрансформаторной подстанции не более 140% не более 6 часов в сутки и не более 5 суток.

- трансформаторы ГПП, ПГВ, УРП рекомендуется выбирать с напряжением высокой стороны не менее  $U_{вн} = 35$  кВ и с системой регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), марки ТМН;

- трансформаторы цеховых ТП или КТП предприятия или объекта рекомендуется выбирать с напряжением высокой стороны не менее  $U_{вн} = 6-10$  кВ и с системой регулирования напряжения путём переключения без возбуждения ПБВ, марки ТМ;

## 2.4. Методические указания по выбору мощности трансформаторов

Выбор трансформаторов на подстанции может производиться следующими методами:

- с учётом характерного суточного графика нагрузки;
- упрощенного способа выбора трансформатора;

2.4.1. Выбор трансформаторов с учётом характерного суточного графика нагрузки должен производиться, в основном для выбора трансформаторов основной подстанции предприятия или объекта (ГПП, ПГВ, УРП, ТП) или каждого объекта, если они питаются от одной ГПП, но имеют различные графики нагрузок и относятся к различным отраслям промышленности.

Исходные данные для расчета:

- максимальная активная нагрузка предприятия -  $\sum P_p$ , кВт;
- максимальная реактивная нагрузка предприятия -  $\sum Q_p$ , кВАр;
- максимальная полная нагрузка предприятия -  $\sum S_p$ , кВА;
- отрасль промышленности предприятия;

В зависимости от отрасли промышленности определяется характерный суточный график нагрузки предприятия, определенный в процентах в течении 24 часов;

- определяется фактический суточный график нагрузок, который пересчитывается на основании максимальных активных и реактивных нагрузок предприятия по формулам:

$$P_i = (P\% \setminus 100) * \sum P_p$$

$$Q_i = (Q\% \setminus 100) * \sum Q_p$$

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}$$

где: P%, Q% - активная и реактивная мощность, определённая по характерному суточному графику нагрузки на промежутке времени  $t_i$ , в %;

$\sum P_p$  - максимальная активная нагрузка предприятия, кВт;

$\sum Q_p$  - максимальная реактивная нагрузка предприятия, кВАр;

$P_i$ ,  $Q_i$ ,  $S_i$  – активная, реактивная и полная нагрузка предприятия на промежутке времени  $t_i$ , кВт, кВАр, кВА;

$t_i$  – промежуток времени на котором активная и реактивная нагрузка суточного графика нагрузки не изменяется, час

Расчёт фактического графика производится в виде таблице

$T_i$ , час	P%, %	$P_i$ , кВт	Q%, %	$Q_i$ , кВАр	$S_i$ , кВА

- определяется средняя полная нагрузка по фактическому графику предприятия по формуле:

$$S_{cp} = (S_i * t_i) / 24$$

- затем средняя нагрузка вычерчивается на фактическом графике нагрузки в виде прямой линии.

- определяется коэффициент заполнения графика нагрузки по формуле:

$$\alpha = S_{cp} / \sum S_p$$

- определяется количество часов максимальной нагрузки по фактическому графику нагрузки  $t_{max}$ , час.

- определяется коэффициент допустимой перегрузки трансформаторов  $K\alpha$  по справочной литературе в зависимости от коэффициента заполнения графика  $\alpha$  и количества часов максимальной нагрузки  $t_{\max}$ .

- определяется расчётная номинальная мощность трансформатора по формуле:

$$S_{\text{тр.расч.}} = \sum S_p / (n_{\text{тр}} * K\alpha)$$

где:  $S_{\text{тр.расч}}$  – расчётная номинальная мощность трансформатора, кВА;

$\sum S_p$  - максимальная полная нагрузка предприятия, кВА;

$n_{\text{тр}}$  - количество трансформаторов на подстанции, шт

$K\alpha$  – коэффициент допустимой перегрузки трансформаторов;

- предварительно выбираются стандартные мощности трансформаторов из стандартного ряда мощностей трансформаторов.

Стандартный ряд мощностей трансформаторов: 10 кВА; 16 кВА; 25 кВА; 40 кВА; 63 кВА; 100 кВА; 160 кВА; 250 кВА; 400 кВА; 630 кВА и так далее с увеличением мощности в 10 раз.

- рекомендуется в зависимости от расчётной номинальной мощности трансформатора  $S_{\text{тр.расч}}$  предварительно выбирать мощность трансформатора стандартной мощности  $S_{\text{тр.ном}}$  меньше чем  $S_{\text{тр.расч}}$ , а затем больше чем  $S_{\text{тр.расч}}$ .

- проверка работы предварительно выбранной мощности трансформатора в послеаварийном режиме при выводе одного трансформатора в ремонт для двухтрансформаторных подстанций. При проверке работы трансформатора двухтрансформаторной подстанции в послеаварийном режиме должно выполняться условие:

$$1,4 * S_{\text{тр. ном.}} \geq 0,75 * \sum S_p$$

где: 1,4 – коэффициент, учитывающий максимально возможную перегрузку трансформатора в послеаварийном режиме двухтрансформаторной подстанции;

$S_{\text{тр. ном}}$  – предварительно выбранная номинальная мощность трансформатора выбранная из стандартного ряда, кВА;

$\sum S_p$  - максимальная полная нагрузка предприятия, кВА;

0,75 – коэффициент, учитывающий отключение неответственных потребителей в период послеаварийной перегрузки.

Если предварительно выбранная мощность трансформатора не проходит по данному условию, то рекомендуется выбрать трансформатор большей стандартной мощности и произвести проверку повторно.

Проверка фактического коэффициента загрузки трансформатора в нормальном режиме работы. Стандартную мощность трансформатора, проверенную по условию работы в послеаварийном режиме необходимо дополнительно проверить при работе в нормальном режиме по формуле:

$$\beta_{\text{факт}} = \sum S_p / (n_{\text{тр}} * S_{\text{тр. ном}})$$

где:  $\beta_{\text{факт}}$  – фактический коэффициент загрузки трансформатора, который зависит от количества трансформаторов на подстанции, категории электроснабжения потребителей, а также от характера нагрузки;

- если предварительно выбранная мощность трансформатора не проходит по данному условию, то рекомендуется выбрать трансформатор большей стандартной мощности и произвести проверку повторно.

Фактические коэффициенты загрузки  $\beta_{\text{факт}}$  и рекомендуемые коэффициенты загрузки трансформаторов на подстанциях  $\beta_{\text{реком}}$ , принимаются согласно таблицы.

После проведённых проверок принимается окончательная мощность и марка трансформатора и составляется таблица каталожных параметров выбранного трансформатора

Тип, марка	Мощность $S_{\text{ном}}$ , кВА	Напряжение на сторонах, U, кВ		Потери трансформатора, кВт		Укз, %	I <sub>хх</sub> , %
		ВН	НН	P <sub>хх</sub>	P <sub>кз</sub>		

2.4.2. Выбор трансформаторов по упрощенному способу допускается производить в основном для ТП и КТП цехов предприятий или объектов, при условии, что трансформатор основной подстанции предприятия или завода выбирался с учётом характерного суточного графика нагрузки.

1. Определяется расчётная номинальная мощность трансформатора по формуле:

$$S_{\text{тр. расч.}} = \sum S_p / (n_{\text{тр}} * \beta_{\text{реком}})$$

где:  $S_{\text{тр. расч.}}$  – расчётная номинальная мощность трансформатора, кВА;

$\sum S_p$  - максимальная полная нагрузка предприятия, кВА;

$n_{тр}$  - количество трансформаторов на подстанции, шт

$\beta_{реком}$  – Рекомендуемый коэффициент загрузки трансформаторов;

2. Предварительно выбираются стандартные мощности трансформаторов из стандартного ряда мощностей трансформаторов.

3. Рекомендуется в зависимости от расчётной номинальной мощности трансформатора  $Str_{расч}$  предварительно выбирать мощность трансформатора стандартной мощности  $Str_{ном}$  меньше чем  $Str_{расч}$ , а затем больше чем  $Str_{расч}$ .

4. Проверка работы предварительно выбранной мощности трансформатора в послеаварийном режиме при выводе одного трансформатора в ремонт для двухтрансформаторных подстанций. При проверке работы трансформатора двухтрансформаторной подстанции в послеаварийном режиме должно выполняться условие:

$$1,4 * Str_{ном} \geq 0,75 * \sum Sp$$

где: 1,4 – коэффициент, учитывающий максимально возможную перегрузку трансформатора в послеаварийном режиме двухтрансформаторной подстанции;

$Str_{ном}$  – предварительно выбранная номинальная мощность трансформатора выбранная из стандартного ряда, кВА;

$\sum Sp$  - максимальная полная нагрузка предприятия, кВА;

0,75 – коэффициент, учитывающий отключение неответственных потребителей в период послеаварийной перегрузки.

5. Если предварительно выбранная мощность трансформатора не проходит по данному условию, то рекомендуется выбрать трансформатор большей стандартной мощности и произвести проверку повторно.

6. Проверка фактического коэффициента загрузки трансформатора в нормальном режиме работы. Стандартную мощность трансформатора необходимо дополнительно проверить при работе в нормальном режиме по формуле:

$$\beta_{факт} = \sum Sp / (n_{тр} * Str_{ном})$$

где:  $\beta_{факт}$  – фактический коэффициент загрузки трансформатора, который зависит от количества трансформаторов на подстанции, категории электроснабжения потребителей, а также от характера нагрузки;

7. Фактические коэффициенты загрузки  $\beta_{\text{факт}}$  и рекомендуемые коэффициенты загрузки трансформаторов на подстанциях  $\beta_{\text{рек}}$  принимаются по справочной литературе.

8. После проведённых проверок принимается окончательная мощность и марка трансформатора и составляется таблица каталожных параметров выбранного трансформатора

Тип, марка	Мощность $S_{\text{ном}}$ , кВА	Напряжение на сторонах, U, кВ		Потери трансформатора, кВт		Укз, %	I <sub>хх</sub> , %
		ВН	НН	P <sub>хх</sub>	P <sub>кз</sub>		

## 2.5 Рекомендации по выбору напряжения трансформаторов

При выборе трансформаторов необходимо предусматривать как будут выполняться питающие сети. При выборе мощности трансформаторов рекомендуется:

- для распределительных сетей заводов и предприятий выбираются напряжение  $U_{\text{ВН}} = 6$  кВ, если территория завода не более 6-8 км по наибольшей диагонали, при этом, электрические сети выполняются кабельными линиями;
- для сельского района электрических сетей с большой территорией выбирать напряжение  $U_{\text{ВН}} = 10$  кВ, если территория района более 10км по наибольшей диагонали, при этом, электрические сети выполняются воздушными линиями электропередач;
- питающие сети заводов, предприятий и объектов напряжением  $U_{\text{ВН}} = 35$  кВ и выше, выполняются только воздушными линиями электропередач;
- для цеховых ТП выбираются трансформаторы с напряжением высокой стороны  $U_{\text{ВН}} = 6 - 10$  кВ при мощности трансформатора от 250 до 1600 кВА;
- для ТП малой мощности, но удалённых на достаточное расстояние от ГПП выбирается напряжение  $U_{\text{ВН}} = 35$  кВ с напряжением на стороне низкого напряжения  $U_{\text{НН}} = 0,4$  кВ, при мощности трансформаторов 1000-1600 кВА
- для ГПП выбираются трансформаторы с напряжением высокой стороны  $U_{\text{ВН}} = 35$  кВ, при мощности трансформатора от 2500 до 10000 кВА;

- для ГПП выбираются трансформаторы с напряжением высокой стороны  $U_{ВН} = 110$  кВ, при мощности трансформатора от 6300 до 25000 кВА;
- для ГПП выбираются трансформаторы с напряжением высокой стороны  $U_{ВН} = 220$  кВ, при мощности трансформатора от 10000 до 63000 кВА;
- в зависимости от расчётных мощностей необходимо предварительно произвести выбор трансформаторов по упрощенному расчёту и определить мощности трансформаторов, для того чтобы определить какой трансформатор необходимо выбирать на ГПП двухобмоточный или трёхобмоточный трансформаторы.

## 2.6. Компенсация реактивной мощности

После выбора трансформаторов необходимо произвести выбор компенсирующих устройств, проверку возможности установки трансформатора наименьшей мощности, произвести выбор питающих сетей по экономической плотности тока, произвести расчёт токов короткого замыкания, произвести выбор и проверку коммутационной аппаратуры.

### 2.6.1 Требования к параметрам качества электроэнергии

Обеспечение качества электроэнергии на зажимах электроприёмников и потребителей электроэнергии – одна из наиболее сложных задач, решаемых в процессе проектирования систем электроснабжения.

Основными показателями качества электроэнергии являются:

- отклонение напряжения, которые оцениваются в процентах к номинальному напряжению и допускаются:
  - на зажимах светильников от -2,5 до +5 %;
  - на зажимах электродвигателей от -5,0 до +10 %;
  - на зажимах других электроприёмников от – 5,0 до + 5,0 %;

### 2.6.2 Реактивная мощность и коэффициент мощности электрической сети

Электроприёмники, подключённые к электрической сети, потребляют как активную, так и реактивную мощность, которые вырабатываются синхронными генераторами и передаются через электрические сети.

1. Активная мощность, потребляемая электроприёмниками, преобразуется в механическую энергию электрическими машинами, в световую энергию источниками света, в тепловую энергию нагревательными приборами, также в другие виды энергии и определённый процент активной энергии расходуется на потери.

2. Реактивная мощность не связана с полезной работой электроприёмников и расходуется на создание электромагнитных полей в трансформаторах и электродвигателях и линиях. Из курса ТОЭ известно, что реактивная мощность может иметь индуктивный и ёмкостной характер. Так как электроприёмниками в основном являются асинхронные электродвигатели, то индуктивную реактивную мощность принято называть нагрузочной или потребляемой, а ёмкостную реактивную мощность генерируемой, потому что синхронные генераторы в основном работают с опережающим по фазе током.

Прохождение в электрических сетях реактивной мощности вызывает в сетях следующие недостатки:

- увеличивается полный ток за счет реактивной составляющей тока проходящей по электрическим сетям;

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_{\partial}^2} \text{ (A)}$$

- увеличивается полная мощность, за счёт увеличения полного тока;

$$(S = \sqrt{3} * I * U_{ном}) \text{ (кВА)}$$

- увеличиваются активные потери мощности в элементах системы электроснабжения, за счёт увеличения величины полного тока;

$$(\Delta P = I^2 * R = (S^2 * R) / U_{ном}^2) \text{ (Вт)}$$

- увеличиваются потери напряжения в электрических сетях, за счёт увеличения величины полного тока (%);

$$(\Delta U\% = \sqrt{3} * 100 * I * l * (r_0 * \cos\varphi + x_0 * \sin\varphi) / U_{ном} \text{ сети})$$

- снижается пропускная способность системы электроснабжения, которая требует увеличения сечения токоведущих частей, числа и номинальной мощности трансформаторов;

- уменьшается коэффициент мощности электрических сетей, за счёт увеличения полной мощности и тока;

$$\cos\varphi = P/S = P/\sqrt{P^2 + Q^2}$$

Наиболее оптимальными коэффициентами мощности электрической сети являются  $\cos \varphi = 0,92 \div 0,95$ .

Определение реактивной мощности –  $Q_{эс}$  в кВАр, которую, может выдать энергосистема при данной активной расчётной мощности определяется по формуле:

$$Q_{эс} = P_p * \operatorname{tg} \varphi_{эс} \quad (\text{кВар})$$

Если энергосистема может выдать всю необходимую реактивную, то есть если выполняется условие  $Q_{эс} \geq Q_p$ , расчёт компенсирующих устройств не производится.

Если энергосистема не может выдать всю необходимую реактивную, то есть если выполняется условие  $Q_{эс} \leq Q_p$ , расчёт компенсирующих устройств должен производиться обязательно.

Определение пропускной мощности -  $Q_{пр}$  в кВАр, которую может пропустить трансформаторы при нормальном режиме работы, когда трансформаторы работают отдельно с фактическим коэффициентом загрузки трансформатора по формуле:

$$Q_{i\delta} = \sqrt{(n_{\delta B} * \beta_{\delta \lambda \hat{E}} * S_{iii})^2 - D\delta^2} \quad (\text{кВар})$$

Определение пропускной мощности -  $Q'_{пр}$  в кВАр, которую может пропустить один трансформатор при работе в послеаварийном режиме работы, когда один из трансформаторов работает и несёт полную нагрузку, а другой выведен в ремонт или с ним произошла авария по формуле

$$Q_{\text{пр}} = \sqrt{(1,4S_{\text{НОМ}})^2 - P_p^2} \quad (\text{кВар})$$

Определение места установки компенсирующих устройств определяется в зависимости от следующих параметров:

Определяется возможность пропуска реактивной мощности через трансформаторы и место установки компенсирующих устройств путём сравнения:

$$Q_{\text{пр}} \geq Q_p; \quad \text{и} \quad Q'_{\text{пр}} \geq Q_p;$$

Если данные условия выполняются, то установка компенсирующих устройств возможна на любой стороне трансформатора, при выполнении второго

условия по напряжению стороны (компенсирующие устройства выпускаются на напряжения 0,38-0,4кВ; 6-6,3 кВ;10-10,5 кВ).

Если данные условия не выполняются, то установка компенсирующих устройств возможна только на низкой стороне, потому что трансформатор при прохождении через него реактивной мощности будет перегружаться при данной расчётной активной мощности.

После предварительного определения места расположения установки компенсирующих устройств необходимо проверить возможность подключения компенсирующих устройств к данному классу напряжения, потому что компенсирующие устройства выпускаются на напряжения от 0,38 до 11 кВ. Компенсирующие устройства на напряжение  $U = 35$  кВ и выше не выпускаются.

Определение потерь реактивной мощности в силовых трансформаторах -  $\Delta Q_{тр}$ , которые определяются по параметрам силовых трансформаторов по формулам:

$$\Delta Q_{тр} = ((U_{кз} * \beta_{факт}^2 / 100) + (i_{хх} / 100)) * S_{ном} \text{ (кВар)}$$

Определение необходимой расчётной мощности компенсирующих устройств на любой стороне силового трансформатора подстанции:

Для одной цеховой трансформаторной подстанции или ГПП завода:

$$Q_{КУ \text{ расч}} = Q_p - Q_{эс} - (n_{тр} * \Delta Q_{тр}) \text{ (кВар)}$$

Для распределительного пункта объекта, от которого питаются цеховые ТП различных отраслей промышленности:

$$Q_{КУ \text{ расч}} = Q_p - Q_{эс} - \sum(n_{тр} * \Delta Q_{тр}) \text{ (кВар)}$$

Определение реактивной мощности компенсирующих устройств, подключённых к каждой секции шин двухтрансформаторной подстанции:

$$Q'_{КУ \text{ расч}} = Q_{КУ \text{ расч}} / 2 \text{ (кВар)}$$

Выбор компенсирующих устройств по напряжению и мощности по справочной литературе. Рекомендуется выбирать количество и мощность установленных компенсирующих устройств таким образом, чтобы их суммарная мощность, как можно ближе подходила к расчётной реактивной мощности, определённой на каждую секцию шин.

$$Q'_{КУ \text{ уст}} \approx Q'_{КУ \text{ расч.}} \text{ (кВар)}$$

Определяется общая установленная реактивная мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{КУ уст}} = Q'_{\text{КУ уст}} * 2$$

Определяется погрешность, обусловленная неточностью выбора мощности компенсирующих устройств с расчётной мощностью компенсирующих устройств, которая не должна превышать  $\Delta Q_{\text{КУ}} \leq \pm 5\%$

$$\Delta Q_{\text{КУ}} = ((Q_{\text{КУ расч}} - Q_{\text{КУ уст}}) / Q_{\text{КУ расч}}) * 100 \text{ (кВар)}$$

Определяется полная расчётная мощность объекта, завода или цеха с учётом установки компенсирующих устройств

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ёóòñò}})^2} \text{ (кВА)}$$

Проверяется возможность установки трансформатора меньшей стандартной мощности:

При работе трансформатора в послеаварийном режиме:

$$1,4 * S'_{\text{тр. ном.}} \geq 0,75 * S'_p$$

где:

$S'_{\text{тр. ном}}$  – ближайшая меньшая стандартная номинальная мощность трансформатора, по сравнению с ранее выбранной мощностью трансформатора, определенная в расчёте трансформаторов, в кВА;

$S'_p$  - максимальная полная расчётная нагрузка объекта, завода или цеха, кВА;

- при работе в нормальном режиме:

$$\beta_{\text{факт}} = S'_p / (n_{\text{тр}} * S'_{\text{тр. ном}})$$

где:  $\beta_{\text{факт}}$  – фактический коэффициент загрузки трансформатора, который зависит от количества трансформаторов на подстанции, категории электроснабжения потребителей, а также от характера нагрузки;

фактические коэффициенты загрузки  $\beta_{\text{факт}}$  и рекомендуемые коэффициенты загрузки трансформаторов на подстанциях  $\beta_{\text{реком}}$ , принимаются согласно справочной литературе.

Если трансформатор меньшей стандартной мощности не подходит по следующим условиям, то рекомендуется окончательно определить трансформатор, ранее выбранный в расчёте трансформаторов.

После окончательного выбора компенсирующих устройств и мощности трансформатора необходимо проанализировать возможные схемы трансформаторных подстанций, а также определить компоновку трансформаторной подстанции, затем определить конструктивное выполнение электрических сетей и только после выполнения этих пунктов можно приступать к расчёту электрических сетей.

## 2.7. Выбор и проверка сечений жил кабелей и проводов

Внутрицеховые электрические сети напряжением до 1000 В делятся на два вида сетей:

- питающие сети – это электрические сети от источников питания (РУНН 0,4кВ ТП, КТП или ВРУ-0,4кВ) до пунктов распределительных (ПР-11-24), шкафов распределительных (ШР-11), распределительным шинопроводам (ШРА) и отдельным крупным электроприёмникам. В некоторых случаях питающая сеть выполняется в виде одной питающей магистрали в виде магистрального шинопровода (ШМА).

- распределительные сети – это электрические сети к которым непосредственно подключаются различные электроприёмники цеха, то есть электрические сети от пунктов распределительных (ПР-11-24), шкафов распределительных (ШР-11), распределительным шинопроводов (ШРА) до электроприёмников.

Электрические сети могут выполняться шинопроводами и изолированными проводами и кабелями.

Длительно допустимым током называется ток, при котором устанавливается длительная допустимая температура нагрева проводника, при нормальных условиях прокладки и температуры окружающей среды. Длительно допустимый ток зависит от следующих параметров:

Длительно допустимые токи, определенные в справочной литературе приняты для нормальных условий прокладки проводов и кабелей.

Нормальными условиями прокладки проводов и кабелей являются:

- температура земли +15 °С;
- температура воздуха + 25 °С;
- в траншее уложен только 1 кабель;
- в металлической трубе или металлорукаве проложен только 1 кабель;

При нормальных условиях прокладки проводов и кабелей должно соблюдаться условие:

$$I_d \geq I_r \text{ узл.} \quad \text{или} \quad I_d \geq I_{\text{ном}} \text{ ЭП}$$

где  $I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток кабеля или провода при нормальных условиях прокладки, (А) определяемый по справочной литературе;

$I_r \text{ узл.}$  - расчётный ток узла, определяется из расчета нагрузок, (А);

$I_{\text{ном}} \text{ ЭП}$  - номинальный ток электроприёмника(А), определяемый по формулам в зависимости от исходных данных.

Если условия прокладки отличаются от нормальных то, необходимо учитывать коэффициенты:

$K_t$  - коэффициент, который учитывает фактическую температуру окружающей среды, которая отличается от нормальной температуры в среде и определяется в зависимости от изоляции кабеля, длительно допустимой температуры нагрева изоляции и температуры окружающей среды;

$K_p$  - коэффициент, который учитывает количество кабелей лежащих рядом в одной траншее и расстояние между ними.

При условиях прокладки, отличных от нормальных условий, условие для выбора сечения кабеля по нагреву допустимым током принимает вид:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_t \cdot K_p = I_{\text{доп}} \geq I_r \text{ узл. (для узла или потребителя)}$$

$$I_{\text{доп}} \cdot K_t \cdot K_p = I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ном}} \text{ ЭП (для электроприёмников)}$$

$I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток кабеля или провода при нормальных условиях прокладки;

$I_{\text{доп}}$  – длительно допустимый ток кабеля или провода при условиях прокладки, отличных от нормальных.

## 2. 8 Выбор сечений жил проводов и кабелей по нагреву допустимым током

### 1. Выбор марки кабеля или провода и количества жил

Для электрических сетей до 1000 В (0,22-0,38-0,66 кВ) рекомендуется применять кабели и провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией (АВВБШв, АВВГ, АНРГ, АПРТО, АПВ, АПР), а для электрических сетей выше 1000 В (6,0;10,0 кВ) рекомендуется применять кабели с *бумажной изоляцией* желателно в алюминиевых оболочках (ААБ, ААГ, АГ, АБ).

Для воздушных линий электропередач рекомендуется выбирать неизолированные алюминиевые провода со стальной проволокой внутри марки АС.

Кабели в основном выбираются для питающих силовых и осветительных сетей (питающие шкафы и пункты распределительные или щитки освещения) напряжением до и выше 1000 В, а также для распределительных сетей при больших токах более 50А.

Для прокладки электропроводок в зданиях и сооружениях напряжением 0,4 кВ рекомендуется применение небронированных кабелей и проводов, которые прокладываются в трубах или металлорукавах, для облегчения затягивания проводов и кабелей в трубы или металлорукава.

Для прокладки кабельных линий распределительных сетей заводов, объектов и предприятий напряжением 0,4-10 кВ рекомендуется применение кабелей с броней и защитным покровом для защиты кабелей от механических повреждений при земляных работах и коррозии в агрессивной среде и при расстоянии между ними в свету не менее 100 мм.

Для силовых электроустановок до 1000 В рекомендуется применение четырёхжильных кабелей с уменьшенным сечением нулевой жилы кабеля, которое должно быть не менее половины сечения фазной жилы (АВВБШв 3х95+1х50).

Для осветительных электроустановок рекомендуется применение четырёхжильных кабелей с одинаковыми жилами (ВВГ 4х25).

Для питающих силовых сетей промышленных предприятий, а также для распределительных силовых сетей объектов, заводов, предприятий рекомендуется применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами, кроме электриче-

ских сетей, проложенных в помещениях с химически активными средами и взрывоопасных помещений. Для осветительных сетей рекомендуется применение проводов и кабелей с медными жилами.

Для осветительных электрических сетей жилых домов и групповых линий общественных зданий рекомендуется применение проводов и кабелей с *медными жилами* сечением не менее  $F = 2,5 \text{ мм}^2$  (по условиям монтажа, так как провода меньшего сечения могут сломаться при выпрямлении или прокладке).

Шинопроводы закрытые до 1000 В применяются при магистральных схемах в цехах и выбираются по нагреву допустимым током.

## 2. Определяются условия прокладки кабеля:

Определяется место расположения, температура окружающей среды, количество кабелей лежащих рядом в траншее и расстояние между ними, в трубах или без них и другие условия, при которых будет эксплуатироваться кабель или провод согласно выбранному конструктивному исполнению электрических сетей.

3 Определяется коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды (Кт)

Определяется длительная температура жил кабелей и проводов в зависимости от вида изоляции.

В зависимости от места расположения (в земле или в воздухе), длительной температуры жил кабелей и проводов (вид изоляции) и фактической температуры окружающей среды определяется поправочный коэффициент на температуру среды для допустимых токовых нагрузок кабелей и проводов (Кт)

4. Определяется коэффициент, учитывающий количество рядом лежащих кабелей (Кп):

Определяется количество кабелей лежащих в одной траншее и расстояние между ними в соответствии с конструктивным исполнением электрических сетей.

В зависимости от расстояния между кабелями и количества кабелей рядом лежащих в траншее определяется поправочный коэффициент на число рядом лежащих кабелей в земле (в трубах и без труб) для допустимых токовых нагрузок кабелей и проводов (Кп) по пункту 6.3.

5. Выбирается сечение кабеля по допустимому току по условиям:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_T \cdot K_{\text{п}} = I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р. узл.}} \text{ (для узла или потребителя)}$$

$$I_{\text{доп}} \cdot K_T \cdot K_{\text{п}} = I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ном ЭП}} \text{ (для электроприёмников)}$$

$I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток кабеля или провода при нормальных условиях прокладки, подбирается ближайший больший длительно допустимый ток по таблицам.

$I_{\text{р. узл.}}$  - расчётный ток узла, определяется из расчета нагрузок;

$I_{\text{ном ЭП}}$  - номинальный ток электроприёмника.

Производится подбор сечения по длительно допустимым токам, затем производят пересчет допустимого тока кабеля или провода при условиях прокладки кабелей, отличных от нормальных и сравнивается с номинальным током электроприёмника или расчётным током узла.

Если расчётный ток узла или электроприёмника больше максимального длительно допустимого тока необходимо расчетный ток узла или электроприёмника разделить на 2 или 3 и затем по полученному току подобрать сечение, но количество кабелей увеличивается в 2 или 3 раза.

Необходимо произвести подробный расчет для одного электроприёмника, а затем все расчеты свести в общую таблицу

Таблица

№ ЭП, узла	$I_{\text{ном ЭП}}, I_{\text{р узл}}, \text{ А}$	$K_T$	$K_{\text{п}}$	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	Марка сечение кабеля или провода

## 2.9 Выбор сечений жил кабелей и проводов по экономической плотности тока

Выбор сечения жил проводов и кабелей питающих и распределительных высоковольтных электрических сетей заводов, предприятий и объектов рекомендуется производить по экономической плотности тока.

Экономическая плотность тока определяется на основании стоимости строительной части линии, стоимости потерь электроэнергии в зависимости от исполнения линии электропередач, экономии цветных металлов, региона, в котором будут прокладываться линия электропередач и других факторов. С увеличением се-

чения жил линии повышаются капитальные затраты на её строительство, а с уменьшением сечения жил линии увеличиваются потери электроэнергии и их стоимость. На основе анализа всех факторов, влияющих на величину экономического сечения в ПУЭ определены экономические плотности тока в А/мм<sup>2</sup> приведенные, которые определяются по справочной литературе.

Экономическое сечение определяется по формуле:

$$F_{\text{ЭК}} = I_{\text{М}} / J_{\text{ЭК}}$$

где:

$I_{\text{М}}$  – максимальный ток протекающий по линии электропередач, А;

$J_{\text{ЭК}}$  – экономическая плотность тока, определяемая по справочной литературе и выше приведенной таблицы в зависимости от какой предполагается проложить кабель или провод ВЛЭП и часов использования максимальной нагрузки  $T_{\text{М}}$ , А/мм<sup>2</sup>;

$F_{\text{ЭК}}$  - экономическое сечение для линии электропередач, мм<sup>2</sup>;

## 2.10 Выбор сечений жил кабелей и проводов для трансформаторов подстанций

Для выбора сечений жил проводов и кабелей для трансформаторов подстанции необходимо произвести выбор трансформаторов с учётом суточного графика нагрузок и определить продолжительность использования максимума нагрузок по фактическому графику нагрузок, час/ год, по формуле:

$$T_{\text{М}} = t_{\text{М}} * 365$$

где:  $T_{\text{М}}$  – продолжительность использования максимума нагрузки, определяется из исходных данных или из фактического графика нагрузок определённого, при выборе мощности трансформатора, час/ год, по формуле:

$t_{\text{М}}$  – число часов в фактическом суточном графике нагрузки, когда нагрузка превышает среднюю, час;

365 – число дней в стандартном году, дней;

Затем в зависимости от  $T_{\text{М}}$  (час) и типа токоведущих частей определяется экономическая плотность тока  $J_{\text{ЭК}}$  (А/ мм<sup>2</sup>) по выше приведённой таблице. Рекомендуется для трансформаторов цеховых подстанций с напряжением  $U_{\text{ВН}} = 6-10$

кВ выбирать кабели с алюминиевыми жилами и с бумажной изоляцией, а для ГПП с напряжением  $U_{вн} = 35$  кВ и выше неизолированные провода для ВЛЭП.

После этого определяется максимальный ток, протекающий по питающей линии с учетом максимальной перегрузки трансформаторов по формуле:

$$I_m = (1,4 * S_{ном. тр}) / (\sqrt{3} * U_{ном})$$

где: 1,4 – максимально допустимая перегрузка силового трансформатора в послеаварийном режиме, когда один из трансформаторов двухтрансформаторной подстанции выведен в ремонт;

$S_{ном. тр}$  – номинальная мощность силового трансформатора, определённого в расчёте по выбору трансформаторов, кВА;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение силового трансформатора с той стороны для которого выбирается кабель, провод или вводная шина;

пределяется сечение жилы кабеля или провода для ВЛЭП по формуле:

$$F_{эк} = I_m / J_{эк}$$

Принимается ближайшее стандартное сечение кабеля или провода в  $мм^2$ .

Рекомендуется :

- по экономической плотности тока не выбираются:
- сечения жил проводов и кабелей напряжением до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки до 4000 час;
- осветительные сети зданий и сооружений до 1000 В;
- сборные шины распределительных устройств и подстанций.

Необходимо произвести подробный расчет для одного потребителя электроэнергии, а затем все расчеты свести в общую таблицу:

Таблица

№ объ-екта	$S_{ном.тр}$ кВА	$U_{ном}$ кВ	$I_m$ , А	$t_m$ , час (по гра-фику)	$T_m$ , час	$J_{эк}$ А/мм <sup>2</sup>	$F_{эк}$ , мм <sup>2</sup>	Сечение кабеля или провода F	
								марка	$n * F_f$ , мм <sup>2</sup>

2.11 Проверка сечения жил кабелей и проводов на соответствие с токами срабатывания защитных аппаратов напряжением до 1000 В

Согласно ПУЭ от перегрузок необходимо защищать:



## 2.11 Проверка сечения жил кабелей и проводов по допустимой потере напряжения

Согласно ПУЭ допустимое отклонение напряжения у наиболее удаленного силового электроприёмника или потребителя электроэнергии должно быть не более 105% и не ниже 95% номинального напряжения электрической сети. Для сетей электрического освещения промышленных и общественных зданий допускаются отклонения напряжения не более 105% и не ниже 97,5% номинального напряжения электрической сети.

Номинальное напряжение вторичных обмоток силовых трансформаторов согласно ПУЭ должно быть выше номинального напряжения электрической сети не менее +5% для компенсации потерь напряжения в электрических сетях.

По потере напряжения проверяются все кабели и провода силовых и осветительных сетей напряжением до 1000 В и высоковольтные кабельные и воздушные линии электропередач.

Потерей напряжения называется алгебраическая разность между напряжением источника питания и напряжением в месте подключения электроприёмника или потребителя электроэнергии отнесенная к номинальному напряжению сети.

$$\Delta U\% = [(U_{\text{ип}} - U_{\text{эп}}) / U_{\text{ном сети}}] * 100\%$$

где:  $\Delta U\%$  - потеря напряжения в %;

$U_{\text{ип}}$  -напряжение источника питания, В;

$U_{\text{эп}}$  - напряжение в месте подключения электроприёмника или потребителя электроэнергии, В;

$U_{\text{ном сети}}$  – номинальное напряжение электрической сети, В;

- Отклонением напряжения у электроприёмника или потребителя электроэнергии называется алгебраическая разность между фактическим напряжением сети и номинальным напряжением сети, отнесенная к номинальному напряжению сети.

$$\pm V\% = [(U_{\text{факт}} - U_{\text{ном сети}}) / U_{\text{ном сети}}] * 100\%$$

где:  $\pm V\%$  - отклонение напряжения у электроприёмника или потребителя электроэнергии, %;

Уфакт – фактическое напряжение на зажимах электроприёмника или потребителя электроэнергии, В;

Уном сети – номинальное напряжение электрической сети, В или кВ;

Падением напряжения называется геометрическая разность векторов напряжений переменного тока в начале и в конце рассматриваемого участка электрической сети.

$$U_{\text{нач}} - U_{\text{кон}} = I \cdot (r + jx) = I \cdot z$$

где:  $U_{\text{нач}}$  - вектор напряжения в начале рассматриваемого участка, В;

$U_{\text{кон}}$  - вектор напряжения в конце рассматриваемого участка, В;

$I$  – ток протекающий по линии, А;

Для двухпроводной линии однофазного переменного тока

$$\Delta U\% = 200 \cdot I \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) / U_{\text{ном}} \text{ сети}$$

Для трёхфазной линии переменного тока

$$\Delta U\% = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot I \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) / U_{\text{ном}} \text{ сети}$$

где:  $\Delta U\%$  - потеря напряжения в %;

$I$  – ток, протекающий по рассматриваемой линии, А;

$l$  – длина рассматриваемой линии, км или м;

$r_0$ ,  $x_0$  – удельные активные и индуктивные сопротивления рассматриваемой линии, определяемые в зависимости от предварительно выбранного сечения жилы провода и кабеля по справочной литературе, Ом/ км или мОм/ м;

$\cos\varphi$ ,  $\sin\varphi$  – параметры, характеризующие нагрузку, протекающую по рассматриваемой линии, определяются из пункта расчета электрических нагрузок;

$U_{\text{ном}} \text{ сети}$  – номинальное напряжение электрической сети, В;

- если определяется потеря напряжения на нескольких участках, то необходимо потери напряжения этих участков сложить и сумму потерь сравнить с допустимой потерей напряжения, которая должна быть не более  $\Delta U\% = 5\%$ .

- если же потери напряжения превышают величину  $\Delta U\% = 5\%$ , то необходимо увеличить сечение жилы кабеля или провода на участке, имеющем наибольшую потерю напряжения

Если же предварительно принято несколько параллельно работающих кабелей для прохождения большого тока, то необходимо при определении потерь

напряжения удельные активные и индуктивные сопротивления разделить на количество параллельно работающих кабелей.

Необходимо произвести подробный расчет для одного электроприёмника или узла цеха, а затем все расчеты свести в общую таблицу:

Таблица

№ ЭП узла, объ-екта	Uном В	Iном эп, Iр узл, А	Се-че-ние F'', мм <sup>2</sup>	R <sub>о</sub> Ом/км	X <sub>о</sub> Ом/км	L, км	Cosφ	Sinφ	ΔU %	Окончательное сечение			
										Fокон, мм <sup>2</sup>	марка кабеля	n* Fφ, мм <sup>2</sup>	n*Fn мм <sup>2</sup>

В сетях до 1000 В с глухозаземлённой нейтралью допускается наибольшая потеря напряжения не более 5%. В сетях выше 1000 В с изолированной, компенсированной (6-10-35 кВ) и эффективно-заземлённой нейтралью (110 кВ и выше) допускается наибольшая потеря напряжения не более 8% из-за наличия в силовых трансформаторах переключателя на стороне ВН с системой регулирования напряжения типа ПБВ (переключение без возбуждения), РПН (регулирования под нагрузкой)

Определение располагаемой потери напряжения от шин трансформаторной подстанции до наиболее удаленного потребителя электроэнергии (здания и сооружения) силовой сети.

В зависимости от мощности питающего трансформатора (S<sub>ном</sub>), коэффициента загрузки трансформатора β<sub>тр</sub> и коэффициента мощности нагрузки трансформатора (cosφ) можно определить наибольшие располагаемые потери напряжения от шин трансформаторной подстанции до наиболее удаленного электроприёмника цеха или потребителя электроэнергии (здания, сооружения) силовой сети, при условии что на вторичных обмотках силового трансформатора напряжение в режиме холостого хода составляет U = 400 В, что составляет 105% от номинального напряжения U = 380 В, а у наиболее удаленного электроприёмника или потребителя электроэнергии напряжение составляет не ниже U = 361 В что состав-

ляет 95% от номинального напряжения  $U = 380 \text{ В}$  или  $U = 209 \text{ В}$  что составляет 95% от номинального напряжения  $U = 220 \text{ В}$ .

Для определения располагаемой потери напряжения до потребителей электроэнергии (зданий, сооружений) рекомендуется учитывать потерю напряжения внутри здания около  $U_{зд}\% = 2,0\%$ , поэтому при определении располагаемой потери до потребителей необходимо определять по формуле:

$$U_{расп} \% = U_{справ} \% - U_{зд} \%$$

где:  $U_{справ} \%$  - наибольшая располагаемая потери напряжения от шин трансформаторной подстанции до наиболее удаленного электроприёмника силовой сети, определенная по справочной литературе или ниже приведённой таблице;

$U_{зд} \% = 2,0 \%$  -предполагаемая потеря напряжения силовой и осветительной сети внутри здания сооружения от водно-распределительного устройства (ВРУ) до наиболее удаленного электроприёмника;

$U_{расп} \%$  - наибольшая располагаемая потери напряжения от шин трансформаторной подстанции до наиболее удаленного водно-распределительного устройства (ВРУ) здания или сооружения;

Наибольшие располагаемые потери напряжения от шин трансформаторной подстанции до наиболее удаленного электроприёмника цеха или потребителя электроэнергии силовой сети.

После выбора сечений проводов и кабелей производится расчет токов короткого замыкания, чтобы выбрать коммутационную аппаратуру напряжением выше 1000В и проверить предварительно выбранные защитные аппараты напряжением до 1000В, а также кабелей на термическую стойкость токам КЗ Для проводов воздушных линий электропередач необходимо ещё провести механический расчёт, чтобы определить критический пролет при наиболее сложных климатических условиях, который должен быть больше чем рекомендуемый пролет для данного класса напряжения.

## 2.13 Выбор защитной аппаратуры

В сетях и установках напряжением до 1000 В возможны ненормальные режимы работы электроустановок, связанные с незначительным или чрезмерным увеличением тока в цепи:

- перегрузка – режим работы электроустановки с нагрузкой превышающей номинальную мощность, при котором в электрической цепи возникает ток, превышающий номинальный ток на 5-50%;

- короткое замыкание – преднамеренное или случайное соединение двух точек электрической цепи непосредственно или через малое сопротивление, при котором в электрической цепи возникает значительный ток, превышающий номинальный ток в 10-100 раз.

Для защиты внутрицеховых электрических сетей напряжением до 1000 В применяются следующие защитные аппараты:

1. Предохранитель – коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством плавления и последующего разрушения, специально предусмотренных для этого токоведущих частей (плавкая вставка), под действием проходящего по ним тока, превышающего его калиброванные значения.
2. Автоматический выключатель - коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством срабатывания расцепителей, под действием проходящего по ним тока, превышающего его стандартные значения и воздействующих на отключающий валик, который отключает автоматический выключатель.
3. Тепловые реле магнитных пускателей – коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством срабатывания и размыкания цепи управления магнитного пускателя или контактора.

Автоматические выключатели применяются в низковольтных комплектных распределительных устройствах типа пунктов распределительных, в щитках освещения, в вводно-распределительных устройствах, в закрытых распределительных шинпроводах напряжением до 1000 В).

Тепловые реле, применяемые в электрических сетях напряжением до 1000 В классифицируются по маркам.

#### 2.14.1 Расчет номинальных токов электроприёмников

Номинальные токи электроприёмников определяются по формулам:

$$I_{ном \text{ ЭП}} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos \varphi * \eta} \quad \text{или} \quad I_{ном \text{ ЭП}} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} * U_{ном}}$$

где:  $P_{ном}$ ,  $S_{ном}$  – номинальная активная или полная мощность электроприёмника определяется из исходных данных расчета нагрузок, кВт или кВА;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети, кВ;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности электроприёмника, определяется из расчёта электрических нагрузок;

$\eta$  – коэффициент полезного действия электроприёмника, принимается равным 0,9;

$I_{р \text{ узл}}$  – расчётный ток узла, определяется из расчёта электрических нагрузок, А

#### 2.14.2 Расчет пусковых токов электроприёмников

Пусковые токи электроприёмников определяются по формулам:

$$I_{пуск \text{ ЭП}} = K_{пуск} * I_{ном \text{ ЭП}}$$

где:  $I_{ном \text{ ЭП}}$  = номинальный ток электроприёмника, А

$K_{пуск}$  = кратность пускового тока электроприёмника, которую рекомендуется принимать равной:

7,5 - для конвейеров, кранов, лифтов, дробилок, мельниц, дробилок и т.д;

6 - для сварочных аппаратов;

5 - для металлорежущих станков, вентиляторов, насосов и т.д;

3 - для газоразрядных ламп высокого давления ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ;

2 - для печей сопротивления, нагревательных элементов и т.д;

2 - для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

### 2.14.3 Расчет пикового тока узла

Пиковый ток узла определяется по формуле:

$$I_{\text{пик узл}} = I_{\text{р узл}} + I_{\text{пуск макс}} - K_{\text{и}} * I_{\text{ном ЭП}}$$

где:  $I_{\text{р узл}}$  – расчётный ток узла, определяемый из расчёта электрических нагрузок. А

$I_{\text{пуск макс}}$  – максимальный пусковой ток электроприёмника в узле, А;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле;

$I_{\text{ном ЭП}}$  – номинальный ток электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле, А;

### 2.14.4 Условия выбора защитной аппаратуры

Низковольтные предохранители выбираются по следующим условиям:

- По типу и назначению предохранителя:

Предохранители рекомендуется применять для электроприёмников, имеющие незначительные пусковые токи или малые кратности пускового тока (печи сопротивления, освещение), а также для защиты питающих линий жилых, административных и гражданских зданий.

Предохранители с рубильниками также применяются на подстанциях с потребителями 2 категории в виде защитных аппаратов в панелях ЩО-70.

При выборе токов плавких вставок предохранителей и рубильников, необходимо, соблюдать условия *селективности* (избирательности срабатывания) по номинальным токам рубильников и токам плавких вставок предохранителей:

- рекомендуется, чтобы вводные номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей узлов или зданий должны быть больше, чем токи плавких вставок предохранителей наибольшего электроприёмника в узле или наиболее загруженной питающей линии здания.

- рекомендуется, чтобы номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей отходящих линий на подстанции, которые защищают данный

узел или здание, должны быть больше, чем вводные номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей узла или здания.

- рекомендуется, чтобы номинальный ток секционного рубильника на подстанции должен быть больше, чем номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей отходящих линий на подстанции.

- рекомендуется, чтобы вводные номинальные токи рубильников и токи вводных плавких вставок предохранителей должны быть больше, чем номинальный ток секционного рубильника.

- По напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{сети}$$

- По номинальному току предохранителя:

$$I_{ном пр} \geq I_{ном ЭП} \text{ или } I_{ном пр} \geq I_r \text{ узл}$$

где:  $I_{ном пр}$  – номинальный ток предохранителя (15,60, 100,250,400,600,1000), А

$I_{ном ЭП}$  - номинальный ток электроприёмника, А;

$I_r \text{ узл}$  – расчетный ток узла, А;

- По току плавкой вставки:

$$I_{п в} \geq I_{ном ЭП} \text{ или } I_{п в} \geq I_r \text{ узл}$$

$$I_{п в} \geq I_{пуск ЭП} / \alpha \text{ или } I_{п в} \geq I_{пик узл} / \alpha$$

где:  $I_{пуск ЭП}$  - пусковой ток электроприёмника, который определяется по номинальному току и кратности пускового тока электроприёмника;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий условия и длительность пуска и принимающий значения для одиночных электроприёмников:

2,5 – для лёгких пусков, с длительностью до 2,5 секунд, а также для редких пусков (насосы, вентиляторы, металлорежущие станки и т.д.), а также для жилых, гражданских и административных зданий;

1,6 – для тяжёлых пусков с длительностью более 2,5 секунд, а также для частых пусков и с частыми реверсами (краны, лифты, дробилки, мельницы, дробилки, конвейеры и т. д);

Для узлов  $\alpha$  принимается равный значению для электроприёмника имеющего, максимальный пусковой ток в узле.

Для предохранителей выбирается ближайшая большая стандартная уставка плавкой вставки, которая не может быть больше номинального тока патрона предохранителя. Для одного электроприёмника производится подробный расчет выбора предохранителя и плавкой вставки  $a$ , затем все остальные расчеты сводятся в таблицу.

Если к узлу подключен электроприёмник, у которого токи предохранителя и плавкой вставки совпадают или больше чем токи предохранителя и плавкой вставки, защищающего весь узел, то необходимо по условию селективности увеличить токи предохранителя и плавкой вставки, защищающего весь узел.

Выбранные токи заполняются в таблицу

Таблица

№ эп, узл.	I <sub>p</sub> /I <sub>ном</sub> , А	I <sub>пик</sub> /I <sub>пуск</sub> , А	I <sub>пик</sub> /a А	I <sub>пуск</sub> /a , А	Предохранитель		
					Марка	I <sub>пр</sub> , А	I <sub>п.в.</sub> , А

Автоматические выключатели рекомендуется применять для электроприёмников со значительными пусковыми токами или с большой кратностью пускового тока (кран-балки, лифты, конвейеры и т.д.), а также для защиты питающих линий производственных цехов и зданий.

Автоматические выключатели также применяются в виде защитных аппаратов на подстанциях с потребителями 1 и 2 категории. При выборе автоматических выключателей, необходимо, соблюдать условия селективности (избирательности срабатывания) по токам срабатывания и выдержке времени в зоне перегрузок и КЗ:

- рекомендуется, чтобы токи срабатывания вводных автоматических выключателей узлов должны быть больше, чем токи срабатывания автоматических выключателей наибольшего электроприёмника в узле, при этом автоматические выключатели должны быть неселективными (без выдержки времени);

- рекомендуется, чтобы токи срабатывания автоматических выключателей отходящей линии на подстанции, которые защищают данный узел, должны быть больше, чем вводной автоматический выключатель узла. При этом автоматические выключатели на подстанции могут быть неселективными (без выдержки

времени) для подстанций с потребителями 2 категории или селективными (с выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 категории;

- рекомендуется, чтобы ток срабатывания секционного автоматического выключателя на подстанции должен быть больше, чем токи срабатывания автоматических выключателей отходящих линий на подстанции, а также иметь большую выдержку времени. При этом автоматический выключатель на подстанции должен быть селективным (с регулируемой выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 и 2 категории;

- рекомендуется, чтобы токи срабатывания вводных автоматических выключателей должны быть больше, чем ток срабатывания секционного автоматического выключателя на подстанции, а также иметь большую выдержку времени. При этом автоматические выключатели на подстанции должны быть только селективными (с регулируемой выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 и 2 категории;

Автоматические выключатели выпускаются с различными видами расцепителей и выбираются по :

- напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{сети};$$

- номинальному току автоматического выключателя:

$$I_{ном АВ} \geq I_{ном ЭП} \quad \text{или} \quad I_{ном АВ} \geq I_p \text{ узл}$$

где:

$I_{ном АВ}$  – номинальный ток автоматического выключателя, (16, 25, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000, 2500, 4000), А

$I_{ном ЭП}$  - номинальный ток электроприёмника(А), определяемый по формуле аналогично как для предохранителей.

$I_p$  узл – расчетный ток узла определяемый из расчёта электрических нагрузок, А;

- току теплового расцепителя:

$$I_{т.р.} \geq K_t * I_{ном ЭП} \quad \text{или} \quad I_{т.р.} \geq K_t * I_p \text{ узл}$$

где:  $K_T$  = коэффициент надежности срабатывания теплового или комбинированного полупроводникового расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и от того какие линии они защищают:

1,1 – для защиты узлов и групп силовых электроприёмников;

1,15 - для защиты одиночных силовых электроприёмников, с нерегулируемыми тепловыми расцепителями;

1,25 – для защиты одиночных электроприёмников, с регулируемым комбинированными полупроводниковыми расцепителями;

1,3 – для защиты осветительных сетей с ртутными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ с нерегулируемыми тепловыми расцепителями;

1,0 – для защиты осветительных сетей с лампами накаливания и люминесцентными лампами низкого давления с нерегулируемыми тепловыми расцепителями

- току электромагнитного расцепителя:

$$I_{пв} \geq K_{э} * I_{пуск \ ЭП} \quad \text{или} \quad I_{пв} \geq K_{э} * I_{пик \ узл}$$

где:  $I_{пуск \ ЭП}$  - пусковой ток электроприёмника который определяется по номинальному току и кратности пускового тока электроприёмника по формуле аналогичной как для предохранителей, А;

$I_{пик \ узл}$  – пиковый ток узла, определяемый по формуле аналогичной как для предохранителей, А;

$K_{э}$  = коэффициент надежности срабатывания электромагнитного расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и того, какие линии они защищают:

1,2 – для защиты одиночных электроприёмников с регулируемым комбинированными полупроводниковыми или нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,25 - для защиты узлов и групп силовых электроприёмников с регулируемым комбинированными полупроводниковыми расцепителями;

1,5 - для защиты узлов и групп силовых электроприёмников и узлов с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,3 – для защиты осветительных сетей с ртутными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,0 - для защиты осветительных сетей с лампами накаливания и люминесцентными лампами низкого давления с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями.

Для автоматических выключателей выбирается ближайшая большая стандартная уставка расцепителя.

Для одного электроприёмника производится подробный расчет выбора автоматического выключателя, тепловых, электромагнитных и комбинированных полупроводниковых расцепителей а, затем все остальные расчеты сводятся в таблицу:

№ эп	I <sub>p</sub> /I <sub>ном</sub> , А	I <sub>пик</sub> /I <sub>пуск</sub> , А	K <sub>т</sub> *I <sub>p</sub> /K <sub>т</sub> *I <sub>но</sub> м,А	K <sub>э</sub> *I <sub>пик</sub> /K <sub>э</sub> *I <sub>пуск</sub> , А	Автоматический выключатель			
					Марка	I <sub>ном</sub> , А	I <sub>т.р.</sub> , А	I <sub>у.э.</sub> , А

Если к узлу подключен электроприёмник, у которого токи срабатывания автоматического выключателя совпадают или больше чем у автоматического выключателя, защищающего весь узел, то необходимо по условию селективности увеличить токи срабатывания автоматического выключателя, защищающего весь узел.

Тепловые реле выбираются по следующим условиям:

- по типу и назначению теплового реле;
- по напряжению;

$$I_{ном} \geq I_{сети}$$

- по номинальному току теплового реле;

$$I_{ном ТР} \geq I_{ном.ЭП}$$

где: I<sub>ном ТР</sub> – номинальный ток теплового реле, А

I<sub>ном ЭП</sub> - номинальный ток электроприёмника(А), определяемый по формуле аналогично как для предохранителей.

- по току нагревателя теплового реле;

$$I_{нагрев} \geq K_t * I_{ном ЭП}$$

где:  $I_{нагр}$  – ток нагревательного элемента теплового реле, который не может быть больше номинального тока теплового реле, А

$K_T$  - коэффициент надежности срабатывания теплового реле:

1,1 – для защиты одиночных электроприводов;

Для тепловых реле выбирается ближайшая большая стандартная уставка реле.

Для одного электроприёмника производится подробный расчет выбора теплового реле, тепловых нагревателей а, затем все остальные расчеты сводятся в таблицу

Таблица

№ эп	$I_{ном}$ , А	$K_T * I_{ном}$ , А	Тепловое реле		
			Марка реле	$I_{ном тр}$ , А	$I_{нагр}$ , А

После выбора защитного аппарата в соответствии с выбранным низковольтным распределительным устройством и определения токов срабатывания тепловых, электромагнитных, комбинированных расцепителей автоматических выключателей или плавких вставок предохранителей, необходимо:

1. Произвести выбор марки и сечения жил проводов и кабелей по нагреву допустимым током с учётом температуры окружающей среды и количества кабелей на одной трассе (ориентировочное сечение жилы кабеля или провода);
2. Произвести проверку сечений жил проводов и кабелей на соответствие с токами срабатывания защитных аппаратов напряжением до 1000В (предварительное сечение жилы кабеля и провода);
3. Произвести проверку сечения жил проводов и кабелей для наиболее удаленного электроприёмника по допустимой потере напряжения (окончательное сечение жилы кабеля или провода).

## 2.15 Расчет осветительной сети

### 2.15.1 Основные показатели электрического освещения

Источники электрического света преобразуют электрическую энергию в энергию лучистую, мощность которой характеризуется лучистым потоком. Часть лучистого потока, воспринимаемая зрением как свет называется световым потоком, за единицу которого принят люмен.

Каждая электрическая лампа создает определенный световой поток, зависящий не только от ее мощности, но и от экономичности. Поэтому между световым потоком и мощностью не существует прямой пропорциональности. В общем случае можно считать, что световой поток, испускаемый светящимся телом, распределяется в пространстве неравномерно. Об интенсивности свечения источника света в заданном направлении судят по так называемой пространственной плотности светового потока, создаваемой источником внутри единичного телесного угла, измеряемого в стерadianах.

Величина телесного угла определяется отношением площади поверхности, ограниченной телесным углом на сфере произвольного радиуса, к квадрату этого радиуса:

$$\omega = \frac{S}{r^2}$$

Отношение светового потока  $F$  к заключающему его телесному углу называется силой света:

$$J = \frac{F}{\omega}$$

За единицу силы света принята кандела (1 свеча = 1,005 кд)

Световой поток, падающий на какую либо поверхность, освещает ее. Об интенсивности освещения поверхности судят по плотности распределения по ней светового потока, называемой освещенностью. Освещенность  $E$  определяется отношением светового потока, упавшего на поверхность, к ее площади

$$E = \frac{F}{S}$$

За единицу освещенности принят люкс. Люксу соответствует плотность светового потока, равная 1 лм/м<sup>2</sup>

Зрительное ощущение определяется не только величиной освещенности, но и отражательной способностью освещаемой поверхности. Световое ощущение оце-

нивается яркостью поверхности  $\text{кд/м}^2$ , которая характеризуется отношением силы света элемента поверхности в данном направлении к площади проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению

$$B = \frac{J}{S} * \cos \alpha$$

где  $\alpha$ - угол между направлением светового потока в данной точке и перпендикуляром, опущенным на освещаемую поверхность в этой точке.

Световой поток  $F$ , падая на какое либо тело, в общем случае частично им поглощается  $F_{\alpha}$ , частично им отражается  $F_{\rho}$  и частично проходит через тело  $F_{\tau}$ .

С учетом этого световой поток, падающий на освещаемое тело, может быть представлено как сумма

$$F = F_{\alpha} + F_{\rho} + F_{\tau} = 1$$

Для оценки световых свойств тел пользуются коэффициентами отражения, пропускания и поглощения.

Коэффициент отражения определяется отношением отраженного потока  $F_{\rho}$  ко всему световому потоку

$$\rho = \frac{F_{\rho}}{F}$$

Коэффициент пропускания определяется отношением потока, прошедшего через тело, ко всему световому потоку

$$\tau = \frac{F_{\tau}}{F}$$

Коэффициент поглощения определяется отношением поглощенного телом потока ко всему потоку

### 2.15.2 Выбор системы освещения

Требования к освещению предъявляются в зависимости от характера производственного предприятия и характера выполняемой на нем работы.

С учетом этого могут быть применены: общее равномерное освещение, общее локализованное освещение и комбинированное освещение.

Системой общего равномерного освещения называется система, когда световой поток излучаемой осветительной установки распределяется без учёта размещения оборудования

Общее освещение предназначено для создания равномерного освещения с равномерным распределением освещенности по всей поверхности освещаемого помещения.

Такое освещение обеспечивается светильниками одинаковой мощности, равномерно распределенными по всей площади на одной высоте.

Достоинством также является то, что в сравнении с другими системами освещения оно обеспечивается при меньших первоначальных затратах на оборудование осветительной установки и в большинстве случаев допускает возможность применения ламп большой мощности, обладающих повышенной световой отдачей, по сравнению с лампами малой мощности, обычно устанавливаемых в светильниках местного освещения.

Системой общего локализованного освещения (ОЛО) называется система, когда световой поток излучаемой осветительной установки распределяется с учётом размещения оборудования.

ОЛО предназначено для освещения помещений при необходимости получения неравномерного распределения освещенности. Это достигается применением не одинаковых по мощности светильников, неравномерно распределенных и подвешенных на разных высотах.

Системой комбинированного освещения называется система, когда к световому потоку излучаемой общей осветительной установки добавляется световой поток излучаемой местной осветительной установки освещающее непосредственно рабочее место. Комбинированное освещение целесообразно использовать в помещениях при наличии определенных рабочих мест ограниченной площади.

### 2.15.3 Выбор освещённости

Электрическое освещение должно создавать благоприятные условия для зрения, обеспечивая наибольшую надежность, экономичность и безопасность работы. Качество освещения рабочей поверхности нормируется величиной освещенности. за,

Нормы СНиП основаны на шкале освещенности:

0.2 – 0.3 – 0.5 – 1.0 – 2.0 – 3.0 – 5.0 – 10 – 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 400 – 500 – 600 – 750 – 1000 – 1250 – 1500 – 2000 – 2500 – 3000 – 4000 – 5000 – 6000 – 7500

Данные нормы устанавливают наименьшую освещенность, имея в виду, что она должна иметь место в наихудших точках освещаемой поверхности перед очередной чисткой светильников.

В процессе эксплуатации и в зависимости от производственной среды помещения снижается освещенность, что приводит к более напряженной зрительной работе. Коэффициент запаса учитывает снижение освещенности в процессе эксплуатации вследствие запыления и загрязнения осветительных приборов, уменьшение коэффициентов отражения стен и потолка и снижение светового потока. Для газоразрядных ламп  $K_3 = 2,0 - 1,5$  для ламп накаливания  $K_3 = 1,7 - 1,3$ . Значение номинальной освещенности приведено в приложении 2.

Требуемая для заданных условий работы освещенность зависит от контраста между деталью и фоном, на котором в процессе работы рассматриваются детали, от наименьшего размера различимой детали и расстояния от нее до глаза, от относительной длительности зрительного напряжения и степени подвижности рабочей поверхности.

При выборе освещенности в ряде случаев приходится учитывать и условия светового комфорта, независимо от характера выполняемых работ.

#### 2.15.4 Выбор источников электрического света

Электрические источники света, применяемые в настоящее время, можно разделить на две группы: лампы накаливания и люминесцентные лампы. Лампы нака-

ливания относятся к тепловым источникам электрического света, основанным на принципе излучения.

На работу ламп накаливания значительное влияние оказывает изменение напряжения питающей сети. С увеличением напряжения происходит возрастание светового потока и увеличение световой отдачи лампы при резком снижении срока ее службы. Так при увеличении напряжения на 5% в сравнении с номинальным значением срок службы ламп накаливания уменьшается вдвое.

Снижение же напряжения приводит к значительному уменьшению экономичности и ухудшению освещения.

Люминесцентные лампы представляют собой вакуумную стеклянную трубку с находящимися в ней парами ртути при низком давлении. В качестве вспомогательного вещества в трубке используется газ аргон. Внутренняя поверхность лампы покрыта слоем кристаллического вещества (люминофора). Спектральный состав излучаемого лампой света зависит от состава применяемого в лампе люминофора. При включении лампы происходит накал электродов, в результате чего последние испускают электроны.

В зависимости от применяемого в качестве люминофора вещества возможно менять спектральный состав излучаемого лампой света.

Эта особенность люминесцентных ламп сделала их пригодными не только для освещения бытовых и производственных помещений, но и для оборудования рекламного освещения зданий и других объектов.

Люминесцентные лампы обладают малой тепловой инерцией при питании от сети переменного тока, в результате чего световой поток, испускаемый лампой, пульсирует. Недостатком являются относительно малая мощность при довольно больших размерах и зависимость параметров ламп от температуры окружающей среды.

#### 2.15.5 Выбор светильников

Светораспределение светильника является основной характеристикой, определяющей светотехническую эффективность применения светильника в заданных условиях.

Распределение светового потока светильника в нижней и в верхней полусфере окружающего пространства и форма кривой силы света являются основными показателями для выбора светильника для освещения помещений различной высоты и с разными отражающими свойствами поверхностей, ограничивающих заданное помещение.

Для освещения помещений, стены и потолка, которые имеют невысокие отражающие свойства (например, производственные помещения с большим процентом остекления стен) целесообразно применение светильников прямого света типа. В таких условиях светильники, излучая световой поток вниз, на рабочие поверхности гарантирует минимальные потери и максимальное использование светового потока. Однако применение светильников прямого света вызывает неравномерное распределение яркости в поле зрения, возникновение резких падающих теней от посторонних предметов в связи с незначительной ролью отражённых стен и потолков. Поэтому светильники прямого света получили широкое применение при освещении территории.

При освещении производственных помещений, стены и потолки которых обладают достаточно высокими отражающими свойствами, целесообразно применение светильников преимущественно прямого света с подсветкой потолков, что даёт благоприятное распределение яркости в поле зрения.

Светильники рассеянного света типа не экономичны в производственных помещениях с низкими коэффициентами отражения стен и потолков, поэтому они получили применение для освещения вспомогательных помещений и производственных помещений со световой отделкой стен и потолков.

Светильники отражённого света, применение которых связано с наибольшими потерями светового потока источников света используются исключительно в установках архитектурного освещения, в которых предъявляются требования к распределению яркости в поле зрения.

Люминесцентные лампы обладают лучшими светотехническими характеристиками в сравнении с лампами накаливания. Они позволяют создать освещение, незначительно отличающееся по качеству от дневного света, что особенно важно, когда необходима правильная светопередача.

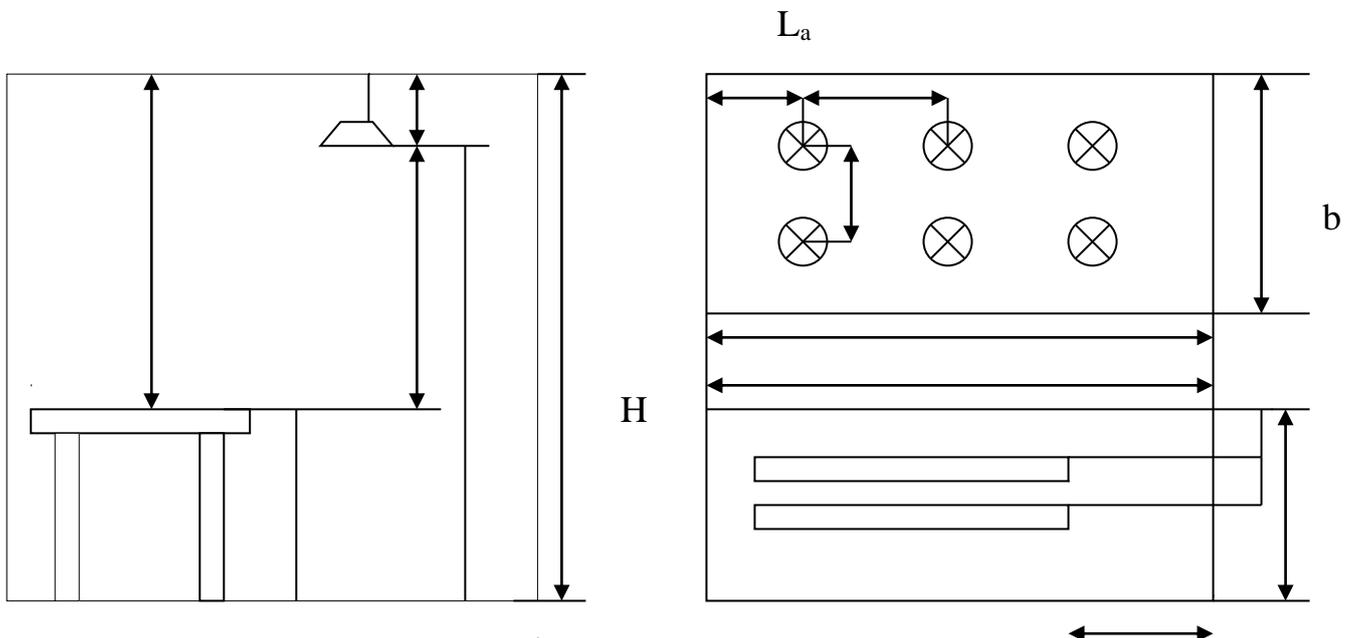
Широкое применение люминесцентное освещение получило для архитектурно-художественного оформления. Во многих случаях применение люминесцентного освещения диктуется производственно-гигиеническими условиями. Это относится, главным образом, к помещениям с точными и напряженными для глаза работами.

Существует два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное.

При проектировании локализованного способа размещения вопрос выбора места размещения и расположения светильника должен решаться в каждом конкретном случае индивидуально на основе подробного знакомства с характером производственного процесса и конструктивными особенностями оборудования цеха.

При проектировании равномерного освещения следует руководствоваться рядом общих положений, которые должны являться отправными при решении этого вопроса.

Размещение светильников в плане и в разрезе помещения определяется следующими размерами



$H$  – высота помещения  
 $a$  – длина помещения  
 $b$  – ширина помещения

} задаётся заданием на проектирование

$h_c$  – расстояние между светильниками потолком называемое также свесом, колеблется в пределах 0.3 – 1.5 м, при этом низший предел относится к низким помещениям, а брать  $h_c$  более 1.5 м нецелесообразно. Выбирая  $h_c$  для светильников рассеянного и преимущественно прямого света, необходимо учитывать равномерность освещения потолка, т.к. при малых  $h_c$  потолок освещается неравномерно. В этом случае рекомендуется принимать  $h_c = 0.2 + 0.25H_0$  или  $h_c \geq 0.2L$ .

$H_0$  – высота потолка над рабочей поверхностью

$$H_0 = H - h_p$$

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом (в основном задаётся в нормах)

$h_{\Pi}$  – высота подвеса светильника над полом

$$h = H - h_c$$

$h$  – расчётная высота – это расстояние от светильника до рабочей поверхности и выражается формулой:

$$h = H - (h_c + h_p) = h_c - h_p$$

$L, L_a, L_b$  – расстояние между соседними светильниками или рядами люминесцентных ламп (если по длине и ширине помещения расстояния различны, то они обозначаются

$l, l_a, l_b$  – расстояние от крайних светильников, рядов люминесцентных ламп и крайнего светильника ряда люминесцентных ламп от стены (если по длине и ширине помещения расстояния различны, то они обозначаются  $l_a$  и  $l_b$ ). Рекомендуется применять значение  $l = (0.3 + 0.5)L$  в зависимости от наличия вблизи рабочих мест.

Светильники с лампами накаливания и ДРЛ располагаются по вершинам квадратных, прямоугольных или треугольных полей, также для данных светильников применимо расположение рядами и в шахматном порядке.

В узких помещениях допустимо однорядное расположение. При прямоугольных полях рекомендуется  $L_a / L_b \leq 1.5$  причём увеличение  $L$  в одном направлении следует компенсировать увеличением в другом.

Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется устанавливать рядами преимущественно параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами.

#### 2.15.6 Выбор метода расчета осветительной сети

Расчёт осветительной установки может быть произведён несколькими методами:

1. Метод удельной мощности
2. Метод коэффициента использования светового потока
3. Точечный метод

Наиболее приближенным и простым методом расчёта осветительной установки является метод удельной мощности. Он применяется при расчёте общего равномерного освещения незаграмождённых помещений, длина которых не более чем в 2.5 раза превышают ширину.

Более точным методом расчёта осветительной установки является метод коэффициента использования светового потока, который предназначен для расчёта общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. При расчёте по этому методу учитывается, как прямой, так и отражённый свет.

Самым точным методом расчёта осветительной установки является точечный метод, который предназначен для расчёта освещения, как угодно расположенных поверхностей при любом расположении освещённости. Затенение, если они имеют место, могут быть учтены, но отражённая составляющая освещённости учитывается приближённо. По этому методу рассчитываются: общее локализованное освещение, комбинированное освещение и общее равномерное освещение при наличии существенных теней. Для выполнения ДП, чаще всего применяется метод коэффициента использования светового потока.

### 2.15.7 Метод коэффициента использования для расчета осветительной сети

Для расчета необходимо заполнить таблицу

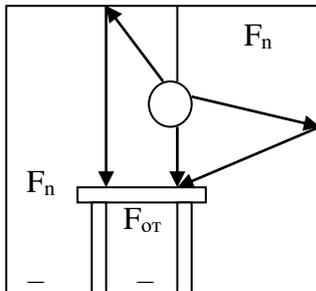
Наименование помещения	Длина помещения, м	Ширина помещения, м	Высота помещения, м	Освещенность E, лк	h <sub>р</sub> , м

Данный метод предназначен для более точного расчёта осветительной установки с учётом прямого и отражённого света общего равномерного освещения производственных, административных общественных, вспомогательно–бытовых помещений других помещений с различной длиной, шириной и высотой помещения.

Световой поток, падающий на рабочую поверхность S представляет собой сумму потоков  $F = F_n + F_{от}$

где  $F_n$  – световой поток, непосредственно падающий на поверхность от светильника

$F_{от}$  – световой поток, падающий на поверхность в результате отражения от стен и потолка



Обозначим световой поток одной лампы  $F_{л}$ , а число светильников через n.

Коэффициент использования светового по

тока падающего на рабочую поверхность к суммарному световому потоку источников света, т.е. показывает степень использования светового использования ламп.

$$K_u = \frac{F}{nF_{л}} = \frac{F_n + F_{от}}{nF_{л}}$$

откуда  $F = nF_{л} * K_u$

Средняя освещённость  $E_{cp} = \frac{F}{S} = \frac{n * F_{л} * K_u}{S}$  ( лк)

Наименьшая освещённость по нормам можно определить

$$E_{\text{мин}} = \frac{E_{\text{сп}}}{Z} \quad \text{или} \quad E_{\text{мин}} = \frac{n * F_{\text{л}} * K_{\text{и}}}{S * Z}$$

где  $Z$  – коэффициент минимальной освещённости.

Так как фактическая освещённость обычно меньше наименьшей из-за загрязнённости ламп и светильников, поэтому для учёта данного фактора в формулу вводится коэффициент запаса ( $K_3$ ), который обратно пропорционален минимальной освещённости.

$$E_{\text{мин}} = \frac{n * F_{\text{л}} * K_{\text{и}}}{S * Z * K_3} \quad (\text{лк})$$

Исходя из этой формулы, мы можем определить световой поток одной лампы

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{мин}} * S * Z * K_3}{n * K_{\text{и}}} \quad (\text{лм})$$

Определяются величины входящие в данную формулу.

$E_{\text{мин}}$  – минимальная освещённость, определяется по нормам освещённости;

$S = a * b$  – площадь помещения;  $a$  – длина помещения;  $b$  – ширина помещения;

$n$  – количество светильников с лампами накаливания и ДРЛ или количество рядов с люминесцентными лампами;

$Z$  – коэффициент минимальной освещённости характеризующий неравномерность освещения, который в наибольшей степени зависит от наивыгоднейшего относительного расстояния между светильниками.

При выборе рекомендуемых расстояний можно принимать равным 1.15 для ламп накаливания и ДРЛ и 1.1 для люминесцентных ламп при расположении светильников в виде светящихся линий.

$K_3$  – коэффициент запаса, который зависит от типа ламп и окружающей среды в помещении принимается по нормам освещённости или таблицам значений коэффициента запаса.

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования светового потока, который зависит от типа светильника, т.к. он учитывает к.п.д. светильника, от коэффициентов отражения потолка  $\rho$ , стен  $\sigma$ , пола или рабочей поверхности  $\pi$  и индекса помещения.

$i$  – индекс помещения – это коэффициент, который зависит от величины площади, формы помещения и высоты подвеса светильника над рабочей поверхностью.

1) Для прямоугольных помещений он определяется по формуле

$$i = \frac{a * b}{h(a + b)} = \frac{S}{h(a + b)} = \frac{S}{h * \frac{P}{2}}$$

где  $a$  – длина помещения

$b$  – ширина помещения

$h$  – расчётная высота светильника над рабочей поверхностью

$S$  – площадь помещения

$P$  – периметр помещения

2) Для помещений практически неограниченной длины

$$i = \frac{b}{h}$$

3) Для помещений непрямоугольной формы, например с выступами

$$i = \frac{S}{h * \frac{P}{2}} \quad \text{где } P \text{ – периметр помещения}$$

4) Для круглых помещений радиусом

$$i = \frac{S}{h * \frac{L}{2}} = \frac{\pi R^2}{h * \frac{2\pi R}{2}} = \frac{R}{h}$$

Последовательность расчёта методом коэффициента использования светового потока:

- 1 В зависимости от наименования помещения и выполняемых в них работ, и среды выбираем источник света;
- 2 В зависимости от наименования помещения и среды выбираем тип светильника;
- 3 Определяем расчётную высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью;

- 4 В зависимости от типа светильника и расчётной высоты определяем наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками с ЛН и ДРЛ или рядами люминесцентных ламп и размещаем светильники на плане;
- 5 Определяем количество светильников с лампами накаливания и ДРЛ или рядов с люминесцентными лампами  $n$ ;
- 6 В зависимости от наименования помещения и разряда зрительной работы определяем по нормам освещённости минимальную освещённость  $E_{\text{мин}}$  и коэффициент запаса  $K_3$ ;
- 7 В зависимости от формы помещения и расчётной высоты определяем индекс помещения  $I$ ;
- 8 В зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка, стен, пола, а также индекса помещения определяем по таблицам коэффициент использования светового потока  $K_u$ ;
- 9 Определить площадь помещения  $S$ ;
- 10 Определить световой поток одной лампы накаливания или ДРЛ, или ряда люминесцентных ламп

$$F_{\text{ряда}} = F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{мин}} * S * Z * K_3}{n * K_u} \text{ (лм)}$$

- 11 По таблицам выбираем ближайшую стандартную лампу, поток которой не должен отличаться от рассчитанного потока лампы больше чем на 10% в сторону меньшего потока и 20% в сторону большего потока. При невозможности выбора с таким приближением корректируется количество светильников, и их расположение на плане.
- 12 При расчёте люминесцентного освещения необходимо определить количество светильников в одном ряду. Для этого необходимо выбрать тип и мощность лампы и определить по таблицам их поток, после чего необходимо определить количество светильников

$$N = \frac{F_{\text{ряда}}}{F_{\text{ном}}}$$

где  $F_{\text{ном}}$  – световой поток лампы в одном светильника .

Если невозможно выбрать лампы, тогда определяется количество светильников по формуле:

$$N = \frac{E_{мин} * S * Z * K_3}{K_u * n * m * F_l} \text{ (шт)}$$

где  $n$  – количество рядов люминесцентных ламп

$m$  - количество рядов люминесцентных ламп в одном светильнике

$F_l$  – световой поток одной люминесцентной лампы.

13 Определяем суммарную длину  $N$  светильников в ряду, для чего по таблицам определяем длину одного светильника и умножаем на количество светильников.

$$A_n = A * N \quad \text{где } A \text{ – длина одного светильника}$$

14 Сопоставляем длину помещения  $a$  с суммарной длиной  $N$  светильников.

Если  $A_n = a$ , то необходимо устройство непрерывного ряда светильников.

Если  $A_n > a$ , то необходимо или применить более мощные лампы (у которых поток на единицу длины больше), или увеличить число рядов или компоновать ряды из сдвоенных, строенных светильников.

Если  $A_n < a$ , то принимается ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами между светильниками. Рекомендует, чтобы разрывы между светильниками не превышали половины расчётной высоты.

15 Определяется фактическая освещённость для ламп накаливания и ДРЛ:

$$E_{факт} = \frac{n * F_{ном} * K_u}{S * Z * K_3} \text{ (лк)}$$

где:  $n$ - количество ламп;

16 Определяется фактическая освещенность для люминесцентных ламп%

$$E_{факт} = \frac{n * N * m * F_{ном} * K_u}{S * Z * K_3} \text{ (Лм)}$$

где:

$n$ - количество рядов;

$N$ - количество светильников в ряду;

$m$ - количество ламп в светильнике.

17 Определяем отклонение освещённости :

$$\Delta E = (E_{\text{факт}} - E_{\text{min}}) / E_{\text{min}} (\%)$$

Отклонение не должно быть более чем 10% в сторону уменьшения и 20% в сторону увеличения.

После светотехнического расчета необходимо заполнить таблицу:

Наименование Помещения	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Тип светильников и их количество, шт.	Мощность лампы, кВт	Общая мощность всех светильников, кВт	Число тепловых розеток, шт.	Общая мощность розеток, кВт	Общая мощность по- мещения, кВт
---------------------------	--------------------------------------	--	------------------------	---	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------

## 2.16 Расчёт и выбор сечений осветительной сети по допустимой потере напряжения

При проектировании сетей электрического освещения следует руководствоваться следующими основными положениями: от щита низкого напряжения подстанции прокладывается самостоятельная 4-х проводная питающая сеть до вводно-распределительного устройства, расположенного в здании. От вводно-распределительного устройства через распределительную сеть питаются щитки и силовой пункт, к которым подключаются отдельные группы светильников и силовое электрооборудование через групповую сеть.

В качестве групповых щитков применяются осветительные щитки. Групповые щитки устанавливаются в местах, удобных для обслуживания, при этом радиус действия щитков с однофазными линиями находится в пределах 20-30м, с 3-х фазными линиями – 60-80 м. Предельная нагрузка на групповые линии – 20 А, при числе светильников не более 20.

Расчёт сети электрического освещения сводится к выбору сечения и марки проводов и кабелей с проверкой на допустимую потерю напряжения и проверкой по нагреву допустимым током.

Рассчитывается сеть электрического освещения до самого удалённого участка. Последовательность выполнения расчета

1. Составляется расчетная схема.
2. Определяем момент приведения по формуле:

$$M_{\text{ПРИВ}} = \sum P_n * l_n + \alpha m P_n^{\circ} * l_n^{\circ},$$

Где  $P_n$  – мощность трехфазной линии, кВт;

$l_n$  – длина участка трехфазной линии;

$P_n^{\circ}$  – мощность ответвления от трехфазной линии;

$l_n^{\circ}$  – длина участка ответвления от трехфазной линии

$m$  – количество ответвлений с одинаковой мощностью и длиной;

$\alpha$  – коэффициент приведения мощности, зависящий от типа линий и ответвления.

Для расчета выбираем соответствующие значения коэффициентов

$U_{\text{ном}}, \text{В}$	Сеть	Коэффициенты			Линия	Ответвление	Коеф. $\alpha$
		Медь	Алюминий	Сталь			
380/220	3ф+0	83	50	10,1	3ф+0	ф+0	1,85

3. Определяются приведенные моменты ответвлений для ЩО<sub>і</sub>:

Данные для расчета заполняются в таблицу

Освещения			Розетки		
$P_i, \text{кВт}$	$l_i, \text{м}$	$M, \text{кВт*м}$	$P_i, \text{кВт}$	$l_i, \text{м}$	$M, \text{кВт*м}$

Итого по ЩО<sub>і</sub>  $\Sigma, P_{\text{РОЗ}}, \Sigma, P_{\text{ОСВ}}, \Sigma, P_{\text{ОБЩ.ЩО}}, \Sigma, M_{\text{ЩО}}$

Определяется приведенный момент участков

Рассчитывается сечение проводника по формуле

$$F = \frac{M}{C * \Delta U}; \text{ где:}$$

$\Delta U$  - это потеря напряжения на данном участке, для первого участка принимают потери напряжения на трансформаторе, которые зависят от мощности трансформатора, определяется из справочной литературы.

$C$  - это коэффициент зависящий от напряжения сети, системы сети, рода тока, удельного сопротивления, проводимого материала, определяется в зависимости от применения проводимого материала ( для осветительной сети применяется только медные кабели и провода)

Выбираем стандартное сечение кабеля или провода

Определяем фактическую потерю напряжения на данном участке

$$\Delta U = M_i / C * F (\%)$$

Производим расчет для групповой сети до самого удаленного электроприемника

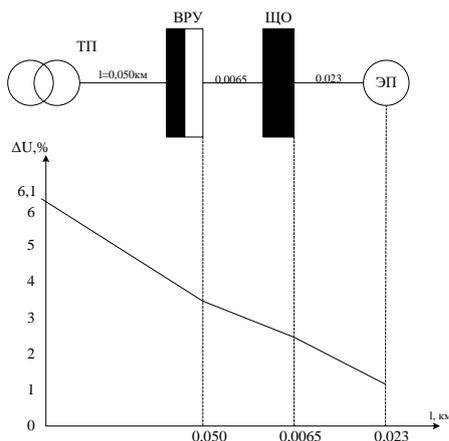
$M_{г.с.} = P_n * l_n$  (самого удаленного участка)

По рекомендации ПУЭ принимаем стандартное сечение провода не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Для остальных участков расчет проводится аналогично, данные расчета приводятся в таблицу:

№ участка	Приведенный момент $M, \text{ кВт} * \text{м}^2$	$\Delta U_{\text{факт}}, \%$	Марка и сечение кабеля
-----------	---	------------------------------	---------------------------

После расчета строится график на потерю напряжения



## 2.17 Проверка выбранных сечений проводов и кабелей по нагреву допустимым током

Для этого определяем  $P_p = P_{осв} K_c + P_p * K_c + P_{СП} * K_c$

где  $K_c$ - коэффициент спроса освещения и розеток определяются по справочной литературе.

Находим расчетный ток

$$I_p = P_p / \sqrt{3} * U * \cos\phi, (A)$$

где  $\cos\phi$  (из справочника)

Определяем уточненный допустимый ток с учетом поправочных коэффициентов. Производим расчет для самого удаленного электроприемника

Для отдельных электроприемников при расчетах используется номинальная мощность, с учетом КПД

$$I_p = \frac{P}{U_c \cos \varphi \eta},$$

где  $\eta$  ( из справочника)

Данные расчета по нагреву допустимым током сводим в таблицу

Участок	Ток расчетный, $I_p, A$	Ток допустимый, $I_{доп}, A$	Сечение и марка кабеля, $мм^2$
---------	----------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

## 2.18 Выбор аппаратуры защиты для осветительной сети

Автоматические выключатели предназначены для автоматического размыкания электрической цепи при перегрузках и коротких замыканиях, а так же для резких включений и отключений.

Автоматические выключатели бывают одно, двух, трех полюсные, для цепей постоянного и переменного тока.

Автоматические выключатели характеризуются следующими показателями:

$U_{ном}$ - номинальное напряжение, предназначенное для нормального режима работы.

$I_{н.а.}$ - номинальный ток автомата

$I_{у.т.}$ - ток уставки теплового расцепителя

$I_{у.э.}$ - ток уставки электромагнитного расцепителя

Автоматические выключатели выбираются по трём условиям

$$I_{н.а.} > I_p$$

$$I_{у.т.} > 1 \cdot I_p$$

$$I_{у.э.} > 1 \cdot I_{пик}$$

$$I_{пик} = 3 \cdot I_p$$

Одновременно с электроприемниками надо защищать от токов КЗ и перегрузок питающие и распределительные сети, сечение которых выбраны по нагреву длительным током нагрузки.

Согласно ПУЭ от перегрузок необходимо защищать:

- силовые и осветительные сети, выполненные внутри помещений;
- силовые сети, когда по условиям технологического процесса или режима их работы могут возникнуть длительные перегрузки:

Сечение проводника выбранного по нагреву ( $I_{доп} > I_p$  или  $I_{доп} > I_{ном}$ ) проверяется по условию соответствия выбранному аппарату защиты  $I_{доп} > K_t * I_{ут}$ ; где  $K_t$  – коэффициент надежности срабатывания теплового расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и от того какие линии они защищают.

Для защиты осветительных сетей  $K_t$  (из справочника)

После всех расчетов делается вывод.

Вывод: Произвели расчет силовой сети, светотехнический расчет, выбрали сечение проводов и кабелей по потере напряжения, произвели проверку по допустимому нагреву электрическим током, выбрали автоматические выключатели, проверили на соответствии аппаратов защиты, с учетом селективности выбираем наибольшее значение из всех полученных расчетов, данные заносим в таблицу.

Наименование участка	$M_{прив.}$ кВт*м	$\Delta U,$ %	$I_{рас},$ А	$I_{доп},$ А	Марка автомата И.А. (А); И.т. (А); И.э. (А);	Марка, сечение проводов и кабелей

## 2.19 Выбор ВРУ, СП, ЩО

Вводно-распределительные устройства служат для приема, распределения и учета осветительных и силовых нагрузок. Существует множество конструктивных исполнений и схем вводно - распределительных устройств.

Вводно-распределительные устройства состоят из элементов вводной и распределительной частей в разных сочетаниях. Выполняются ВРУ в виде щитов одностороннего или двухстороннего обслуживания, которые собирают из панелей или шкафов. Простейшие ВРУ выполняются в виде одиночных панелей, шкафов и распределительные пункты и щитки подразделяются:

- а) по типам аппаратов на отходящих линиях – с предохранителями, с автоматическими выключателями;

- б) по схемам электрических соединений – для четырех-, трех- и двухпроводных отходящих линий, с вводными, или без вводных аппаратов;
  - в) по роду защиты от воздействия окружающей среды;
  - г) по способу установки – навесные, напольные и утопленные;
  - д) по наличию аппаратуры для дистанционного управления освещением.
- ОП, ОЩ, ОЩВ;
- во взрывоопасных помещениях следует брать щитки типа ЩОВ;
  - для утопленной установки следует применять щитки типа ЩО 31 – ЩО 33, ОПВ 18 и другие.
- Силовой пункт ШР 11

## 2.20 Расчет заземляющих устройств

Заземление – это преднамеренное соединение частей электроустановки с землей с помощью заземляющего устройства, состоящее из вертикальных заземлителей и горизонтальных заземляющих проводников.

Зануление – это преднамеренное соединение частей электроустановки, которые в нормальном состоянии не находятся под напряжением (нейтраль обмотки трансформатора, соединенная в схему «ЗВЕЗДА» для сетей с глухозаземлённой нейтралью напряжением до 1000В) с заземляющим устройством, состоящее из вертикальных заземлителей и горизонтальных заземляющих проводников.

Нулевым рабочим проводником ( $N$ ) называется проводник, предназначенный для питания однофазных электроприёмников переменного тока в сетях с глухозаземлённой нейтралью напряжением до 1000 В и присоединяемый к нейтрали трансформатора или генератора.

Нулевым защитным проводником (РЕ) называется проводник, предназначенный для электробезопасности электроустановок и присоединяемый к заземляющему устройству электроустановки непосредственно.

ПУЭ регламентирует следующие значения сопротивлений заземляющих устройств, которые зависят от напряжения электроустановки и режима работы нейтрали :

- не более 0,5 Ом для электроустановок с эффективно-заземлённой нейтралью напряжением 110 кВ и выше;
- не более 4,0 Ом для электроустановок с глухозаземлённой нейтралью напряжением 380/220 В;
- не более 2,0 Ом для электроустановок с глухозаземлённой нейтралью напряжением 660/380 В;
- не более 8,0 Ом для электроустановок с глухозаземлённой нейтралью напряжением 220/127 В;
- не более 10 Ом для электроустановок с изолированной или компенсированной нейтралью напряжением 6-10-35 кВ
- не более 30 Ом для грозозащитного заземления электроустановок независимо от напряжения электроустановки;

Конструктивное исполнение заземляющих устройств бывает естественным или искусственным. Естественными заземлителями могут быть находящиеся в земле металлические конструкции и трубы, а также оболочки и броня кабельных линий. Искусственные заземлители обычно выполняются из вертикальных и горизонтальных электродов соединенные посредством сварки с длиной сварного шва не менее 100 мм. Вертикальные заземлители изготавливаются из черного металлопроката длиной 1-5 метров круглого сечения с наименьшим диаметром 12 мм или углового сечения с наименьшими размерами 50x50x5 мм. Длина вертикального заземлителя рекомендуется не более 5 метров по технологии выполнения монтажа. Горизонтальный заземлитель изготавливается из черного металлопроката полосового сечения с наименьшими размерами 40x4 или круглого сечения с наименьшим диаметром 12 мм. Минимальные размеры вертикальных и горизонтальных заземлителей приняты, потому что заземляющее устройство рассчитано на срок эксплуатации не менее 25 лет. Трубы в виде вертикальных заземлителей применять не допускается. Искусственное заземляющее устройство может выполняться в виде замкнутого контура или расположение в ряд. Замкнутый контур должен располагаться на расстоянии 1-2 м от фундамента здания или под ограждением ГПП, расположение в ряд рекомендуется для длинно-

мерных зданий или в тех случаях, когда расположение в замкнутый контур невозможно. Рекомендуется применение замкнутого контура, потому что вся территория находящаяся внутри контура и за пределами контура на расстоянии 1-2 метра подлежит растеканию потенциала заземляющего устройства, а при расположении в ряд территория растекания потенциала составляет полосу шириной 2-4 метра. Горизонтальный заземлитель устанавливается на глубине 0,7 метра, а вертикальные заземлители заглубляются в траншею, так чтобы над дном траншеи находился вертикальный заземлитель длиной 100 мм необходимый для присоединения горизонтального заземлителя.

#### Методика выполнения расчета заземляющего устройства

Исходными данными для расчёта являются:

- периметр здания или сооружения, который определяется в зависимости от схемы подстанции и расположения электрооборудования или габаритов здания или сооружения (а - длина здания или сооружения, b - ширина здания или сооружения);
- тип грунта, который определяется из исходных данных или в зависимости от региона, где проектируется электроустановка. В зависимости от типа грунта определяется удельное сопротивление грунта по справочной литературе (руд - удельное сопротивление грунта);
- климатическая зона, определяется из исходных данных или в зависимости от региона, где проектируется электроустановка. В зависимости от климатической зоны определяется коэффициенты сезонности для вертикальных и горизонтальных заземлителей ( $K_{с.в}$  - коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей,  $K_{с.г}$  - коэффициент сезонности для горизонтальных заземлителей);
- необходимое сопротивление заземляющего устройства определяется в зависимости от напряжения электроустановки и вида нейтрали, при этом необходимо учитывать все напряжения на подстанции в том и числе напряжение собственных нужд подстанции системой 380/220 В, из всех сопротивлений заземляющих устройств для расчёта принимается наименьшее из сопротивлений ( $R_з$ );
- определяем параметры вертикального заземлителя, которые выбираются в зависимости от типа грунта. Если удельное сопротивление грунта составляет до 100

Ом\*м, то рекомендуется диаметр круглого заземлителя диаметром до 12-16 мм и длина вертикального заземлителя до 3 метров. Если удельное сопротивление грунта составляет более 100 Ом\*м, то рекомендуется диаметр круглого заземлителя диаметром не более 20-30 мм и длина вертикального заземлителя не более 4-5 метров:

- если применяется вертикальный заземлитель углового сечения, то рекомендуется приводить ширину полки углового заземлителя к диаметру круглого заземлителя по формуле  $d = 0,95 * b$ . ( $d$  - диаметр круглого вертикального заземлителя,  $b$  - ширина полки углового вертикального заземлителя,  $L_v$  – длина вертикального заземлителя);

- определяются параметры горизонтального заземлителя, которые определяются в зависимости от периметра здания или сооружения. Определяется глубина заложения горизонтального электрода в основном глубина заложения вертикального электрода принимается 0,7 метров, для подстанций напряжением ВН 110 кВ и выше, а также опор ВЛ напряжением 35 кВ и выше рекомендуется применять глубину заложения, но не более 1 метра. Длина горизонтального заземлителя принимается равной периметру контура заземления. Длина горизонтального заземлителя для ГПП с напряжением 35 кВ и выше, а также опор ВЛ равна периметру сооружения. Длина горизонтального заземлителя для зданий принимается больше периметра фундамента здания, потому что длина и ширина периметра заземления больше на 1-2 метра чем длина и ширина периметра фундамента здания. ( $t$  – глубина заложения горизонтального заземлителя,  $G$  – длина горизонтального заземлителя,  $b$  – ширина полосы горизонтального заземлителя)

1. Определяем глубину заложения горизонтального заземлителя  $t$  (м)

2. Определяем глубину заложения вертикального электрода:

$$H = (L_v/2) + t \quad (\text{м})$$

3. Определяем расчетное сопротивление грунта вертикальных и горизонтальных заземлителей, в зависимости от климатической зоны:

$$\rho_{\text{расч.в}} = \rho_{\text{уд.}} * K_{\text{с.в.}} \quad (\text{Ом*м})$$

$$\rho_{\text{расч.г}} = \rho_{\text{уд.}} * K_{\text{с.г.}} \quad (\text{Ом*м})$$

4. Определяем периметр заземляющего устройства или длину горизонтального заземлителя:

$$G = [(a + (1 \div 2)) + (b + (1 \div 2))] * 2 \quad (\text{м})$$

5. Определяем сопротивление одного вертикального заземлителя:

$$R_{\text{о.в.}} = [(0,366 * \rho_{\text{расч.в.}}) / L_{\text{в}}] * [0,5 * (\lg(2 * L_{\text{в}}) / d) + 0,5 * \lg [(4H + L_{\text{в}}) / (4H - L_{\text{в}})]] \quad (\text{Ом})$$

6. Определяем сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{\text{г}} = [0,366 * \rho_{\text{расч.г}} / G] * \lg[(2 * G^2) / (b * t)] \quad (\text{Ом})$$

7. Принимаем приближённое количество вертикальных электродов  $N_{\text{пр}}$  (шт). Рекомендуется принимать приближённое количество равное 4,6,10,20,30 шт

8. Определяем расстояние между вертикальными электродами для приближённого количества вертикальных электродов:

$$j_{\text{пр}} = G / N_{\text{пр}} \quad (\text{м})$$

9. Определяем отношение расстояние между электродами к длине вертикального электрода:

$$j_{\text{пр}} / L_{\text{в}}$$

10. В зависимости от отношения расстояния между электродами к длине вертикального электрода ( $j_{\text{пр}} / L_{\text{в}}$ ), принятого приближённого количества вертикальных электродов ( $N_{\text{пр}}$ ), и конструкции заземляющего устройства в замкнутый контур или в ряд по справочной литературе определяется коэффициент использования вертикальных электродов ( $\eta_{\text{в}}$ ).

11. Определяем необходимое количество вертикальных электродов:

$$N_{\text{необ.расч.}} = R_{\text{о.в.}} / (R_{\text{з}} * \eta_{\text{в}}) \quad (\text{шт})$$

Принимаем ближайшее наибольшее целое количество вертикальных электродов  $N_{\text{необ.уст.}}$  (шт)

12. Определяем расстояние между вертикальными электродами для необходимого количества вертикальных электродов:

$$J_{\text{необ}} = G / N_{\text{необ}} \quad (\text{м})$$

13. Определяем отношение расстояние между электродами к длине вертикального электрода:

$$J_{\text{необ}} / L_{\text{в}}$$

14. В зависимости от отношения расстояния между электродами к длине вертикального электрода ( $j_{\text{необ}}/L_B$ ), принятого приближённого количества вертикальных электродов ( $N_{\text{необ}}$ ), и конструкции заземляющего устройства в замкнутый контур или в ряд по справочной литературе определяется коэффициент использования вертикальных электродов ( $\eta'_B$ ) и коэффициент использования горизонтальных электродов ( $\eta'_Г$ ).

15. Определяем сопротивление горизонтального заземлителя в контуре из необходимого количества вертикальных электродов:

$$R_{\Pi} = R_{Г} * \eta'_Г \quad (\text{Ом})$$

16. Определяем необходимое сопротивление вертикальных заземлителей с учетом горизонтальных заземлителей:

$$R_{\text{н.в.}} = (R_{\Pi} * R_3)/(R_{\Pi} + R_3) \quad (\text{Ом})$$

17. Определяем уточненное количество вертикальных электродов обвязанных горизонтальным электродом:

$$N_{\text{ут.расч}} = R_{\text{о.в.}}/(R_{\text{н.в.}} * \eta'_B) \quad (\text{шт})$$

18. Принимаем окончательное ближайшее наибольшее целое количество вертикальных электродов  $N_{\text{окон}}$  (шт)

19. Определяем расстояние между вертикальными электродами для окончательного количества вертикальных электродов:

$$J_{\text{окон}} = G/N_{\text{окон}} \quad (\text{м})$$

20. Определяем отношение расстояние между электродами к длине вертикального электрода:

$$J_{\text{окон}}/L_B$$

21. В зависимости от отношения расстояния между электродами к длине вертикального электрода ( $j_{\text{окон}}/L_B$ ), принятого приближённого количества вертикальных электродов ( $N_{\text{окон}}$ ), и конструкции заземляющего устройства в замкнутый контур или в ряд по справочной литературе определяется коэффициент использования вертикальных электродов ( $\eta''_B$ ).

22. Определяем сопротивление заземляющего устройства при выбранном количестве вертикальных электродов:

$$R_{\text{з.у.окон}} = R_{\text{о.в.}}/(N_{\text{окон}} * \eta''_B) \quad (\text{Ом})$$

23. Производится проверка проведённого расчёта заземляющего устройства:

$$R_3 \geq R_{3,у.окон}$$

Если данное условие выполняется, тогда расчёт количества заземляющих устройств выполнен верно, а если не выполняется расчёт выполнен с ошибками. Рекомендуется чтобы расстояние между вертикальными электродами должно быть не менее 1 метра, для этого необходимо увеличить длину горизонтального заземлителя путём установки дополнительных горизонтальных электродов параллельно ширине территории ОРУ-110 кВ и вертикальных электродов, или увеличить диаметр вертикального электрода, или увеличить длину вертикального электрода, или увеличить глубину заглубления до допустимых пределов. Затем необходимо произвести перерасчёт заземляющего устройства, чтобы условие проверки выполнялось и затем составляется таблица выбранного заземляющего устройства.

Вид заземлителя	Количество Нокон , шт	Тип профиля	Параметры заземлителей		Сопротивление РЗУ, Ом
			габариты, мм	Длина, м	
Вертикальный		Круглый	∅		
Горизонтальный	1	Полоса			

### III ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Организационно- технологическая часть начинается с составления ведомости объемов ЭМР. Ведомость объемов ЭМР составляется в виде таблицы.

Таблица

№ п/п	Наименование электрооборудования и работ	Единицы измерения	Количество на объект	Примечание
1	Кабель до 1 кВ ААБ 3*10 +1*6 в трубах	м	100	∅ 20мм 200 к/км ∅тр = 25 мм

#### 3.2. Рекомендации по технологии производства ЭМР (Л.1.п.3.4)

Данный пункт делится на два подпункта

3.2.1. Выбор технологии производства.

3.2.2. Рекомендации по технологии производства ЭМР по этапам и стадиям.

В пункт 3.2.1. необходимо ответить на вопросы (Л.1) стр .51-55 и определить:

для освещения:

- способы монтажа светильников, щитков освещения, розеток и выключателей;
- способы присоединения проводов к строительным основаниям;
- способы оконцевания и присоединения проводов к электрооборудованию

для ОРУ, ТП, КТП, ЗРУ:

- какие работы производятся в МЭЗ;
- как производятся такелажные работы;
- каким способом производится крепление электрооборудования к строительным конструкциям;
- как выполняется заземление электрооборудования и соединения шин;
- способы оконцевания и присоединения кабелей, шин к электрооборудованию;
- какие пусконаладочные работы производятся;

для кабельных линий:

- способ прокладки кабелей и монтаж кабельных сооружений;
- способ соединения кабелей в муфтах;
- способы оконцевания и присоединения кабелей к электрооборудованию;
- тип муфты, которая выбирается в зависимости от типа кабеля;

для цеховых электрических сетей:

- тип электропроводки или способ прокладки проводов и кабелей;
- работы, выполняемые в МЭЗ;
- способ монтажа низковольтных, комплектных устройств;
- пусконаладочные работы;

для воздушных линий:

- способ монтажа опор;
- работы в МЭЗ;
- способ соединения проводов в пролетах;
- способ оконцевания проводов и подключение к электрооборудованию;
- способ монтажа заземления.

В пункте 3.2.2. необходимо определить, какие работы выполняются на различных этапах

I этап – подготовительный:

- изучение технической документации;
- подготовка механизмов. Приспособлений, инструментов. Средств подмащивания;
- составление проекта производства ЭМР;
- приемка электрооборудования, изделий и электроматериалов в монтаже;
- приемка зданий, сооружений, вод в монтаж.

II этап, I стадия работы вне зоны монтажа в МЭЗ

- изготовление различных нестандартных опорных изделий;
- подготовка к монтажу комплектных устройств;
- предварительная наладка электрооборудования;
- изготовление «закладных» деталей;
- стендовая заготовка проводов, электропроводок.

II этап, I стадия работы в зоне монтажа:

- подготовка трасс электропроводок;
- установка закладных деталей;
- изготовление контуров заземления;
- установка трубных электропроводок.

II этап, II стадия работы в зоне монтажа:

- установка электрооборудования;
- прокладка проводов;
- ошиновка ОРУ;
- оконцевание и присоединение проводов к электрооборудованию.

Все подпункты выполняются в виде таблицы:

## Пункт 3.2.1 Выбор технологии производства ЭМР

Таблица

№ п/п	Вопрос по технологии ЭМР	Выбранная технология выполнения операции
1	Способ прокладки трубной разводки	В МЭЗ отрезка, нарезание резьбы, изгибание. Соединение при помощи трубных муфт. Крепление к строительным конструкциям при помощи двух лапчатых скоб

Пункт 3.2.2. Рекомендации по технологии производства ЭМР по этапам и стадиям

Таблица

№ п/п	Наименование этапа или стадии	Когда и где выполняются работы	Содержание работ название операции
1	II этап I стадии	Работа выполняется до заливки чистого пола в зоне монтажа	Транспортировка, соединение длинных трубных разводов, крепление скобами, установка заглушек

Пункт 3.3 Ведомость изделий и работ в МЭЗ (Л.1, п.3.7)

В данном пункте необходимо определить:

- какой материал используется для установления изделий;
- какие изделия изготавливаются из материалов;
- количество изделий;
- технологию изготовления;
- место установки изделий.

Данный пункт выполняется в виде таблицы:

Таблица

Наименование материала	Ед. изм	Кол-во	Наименование изделия	Ед. изм	Кол-во	Технология изготовления	Место установки
Труба стальная тонкостенная Ø15 мм	м	66	Блок модульной трубкой заготовки длиной до 5 м	шт.	25	Разметка, отрезка, нарезание резьбы, изгибание, окраска, маркировка	Скрыто в полу

Пункт 3.4. Перечень машин, механизмов и инструментов применяемых при производстве ЭМР (Л.1, таблица 3.6,3.8)

В данном пункте необходимо определить:

- машины, механизмы и инструменты для производства ЭМР;
- средства подмащивания и механизмы работы на высоте;
- количество машин, механизмов и инструментов, а также стояков в МЭЗ;
- назначение и технические данные.

Данный пункт должен быть выполнен в виде таблицы:

Таблица

№ п/п	Наименование машин, механизмов, инструментов	Тип, марка	Количество, шт. комплекты	Назначение, технологические данные, примечание
1	Монтажный пистолет	ПЦ-84	2	Для выполнения крепежных работ скоб к черному полу

Количество определяется в зависимости от количества персонала в бригаде и количества звеньев в бригаде.

Пункт 3.5. Перечень материалов в электромонтажных изделий (Л.1.таблица 3.16)

В данном пункте необходимо определить:

- какой прокат черных металлов необходим для производства ЭМР (угловая, листовая, круглая, швеллер);
- какие трубы необходимы для ЭМР (стальные, асбестоцементные, полимерные и т.д.);
- какие электромонтажные изделия необходимы (опоры, стойки, подножки);
- какие электромонтажные изделия необходимы (скобы, муфты, лотки, коробки и т.д.);
- количество материалов и электромонтажных изделий необходимых для ЭМР;
- назначение материалов, область применения изделий.

Данный пункт должен быть выполнен в виде таблицы:

Таблица

№ п/п	Наименование материала или электромонтажного изделия	Единица измерения	Количество	Назначение, область применения
1	Труба стальная водопроводная Ø25 мм	м	100	Для изготовления блоков модульной трубной разводки

Пункт 3.6. Организация материально-технической комплектации

В данном пункте необходимо определить:

- поставки оборудования и материалов от заказчика;

- поставки материалов от строительных организаций (генподрядчика)
- поставки электромонтажных изделий от заводов НПО Электромонтаж;
- количество оборудования, материалов и электромонтажных изделий;
- куда производится поставка оборудования материалов и электромонтажных изделий ( в МЭЗ или непосредственно в зону монтажа);
- в каких контейнерах производится перевоз на оборудования, материалов и электромонтажных изделий. Данный пункт выполняется в виде таблицы

Наименование электрооборудования, материала, изделия	Тип, марка	Ед. изм.	Количество			Способ доставки	Примечание
			Всего	В зону монтажа	В МЭЗ		
Поставки заказчика:							
Шкаф ВРУ	ПР9141	шт.	1	-	1	В контейнере	На машине
Поставки генподрядчика:							
Швеллер	№5	м	2,5	-	2,5	КСД-2,5	Для опорных и закладных рам

### Пункт 3.7. Технологическая карта на монтаж электрооборудования

Пункт 3.7.1. В данном пункте необходимо:

- подробно описать технологию монтажа ревизии, сушки наиболее сложного оборудования;
- для электроосвещения технологическая карта составляется на щитки освещения, светильники, электропроводки, выключатели, розетки;
- для электрооборудования ТП,ЗРУ, ОРЗ. КТП технологическая карта монтажа составляется на ячейки КРУ или КСО, трансформаторы силовые и измерительные выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, ошиновку, заземление, грозозащиту, освещение, кабельные сети управления защиты и сигнализации;
- для внутри цеховых электрических сетей технологическая карта на монтаж составляется на шинопроводы, трубные электропроводки шины и шкафы, оконцевание проводов и кабелей и присоединение к электрооборудованию, электрические машины;

- для внутризаводских электрических сетей составляется технологическая карта на монтаж кабельных сооружений прокладки кабелей, монтаж соединительных муфт и концевых заделок, разделку кабелей оконцевание и соединение кабелей;

- для воздушных линий электропередач составляется технологическая карта на монтаж концевых и промежуточных опор изоляторов, проводов, гасителей вибрации, тросов, заземления концевых и анкерных опор, соединение и оконцевание проводов в пролетах и на анкерных работах опор;

- для наружного освещения составляется технологические карты на монтаж опор уличного освещения, изготовление ящиков, кронштейнов, прокладку проводов и кабелей.

Пункт 3.7.2. В технологической карте необходимо указать:

- какие нормативные документы необходимо использовать для создания технологической карты (Л.1. стр. 50-51);

- во входном контроле качества необходимо указать, что проверить перед выполнением монтажа, а также указать, в каком состоянии должно находиться сооружение или здание;

- название операции, которые должны начинаться с изготовления закладных деталей в МЭЗ, затем должно следовать операции по установки закладных деталей, установке электрооборудования, прокладке кабелей и проводов, оконцевание и присоединение к электрооборудованию;

- при описании технологического процесса необходимо принять технические термины и вести описание в строгой технологической последовательности техническим языком;

- механизмы, инструменты и приспособления необходимо указать для каждой операции, даже если инструмент повторяется в нескольких операциях;

Пункт 3.7.3. В технологической карте не указываются пункты:

- состав нормокомплекта;

- техника безопасности;

- оценка качества работы;

- технико-экономические показатели.

Технологическая карта должна быть сведена в таблицу

Таблица

Наименование операций	Описание технологического процесса	Механизмы, инструмент, приспособление
1. Нормативные документы	Инструкция по монтажу электропроводок в трубах. Инструкция по оконцеванию и соединению алюминиевых и медных проводов и кабелей	
2. Входной контроль качества	В зданиях должен быть черный пол, должны быть определены места установки силовых шкафов	
3. Технология выполнения	Трубы должны быть чистыми без вмятин	
4. Изготовление модуля трубной разводки	Согласно чертежам определяется длина труб от силового пункта до электроприемника, если длина до 6 м, то производится одно соединение при помощи муфты на резьбе. Измерение необходимой длины при помощи рулетки. Отрезание по метке на отрезном станке. На одном конце трубы нарезают трубную резьбу. А затем производят изгибание на трубогибе, затем внутреннюю часть трубы окрашивают и устанавливают на трубе маркировочную бирку с указанием места установки	Рулетка, чертилка, отрезной станок, нарезной станок, трубогиб, кисточка

### Пункт 3.8. Технологическая карта на наладку электрооборудования

Пункт 3.8.1. В данном пункте необходимо:

- подробно описать технологию проведения пусконаладочных работ наиболее сложного электрооборудования с указанием схем наладки;

- для электроосвещения составляется технологическая карта на наладку автоматических выключателей, магнитных пускателей, тепловых реле, контакторов, измерение сопротивления изоляции и фазировки электропроводки, люминесцентных ламп;

- для электрооборудования ТП, ЗРУ, ОРУ, КТП составляется технологическая карта на наладку, трансформаторов силовых и измерительных, выключателей, отделителей, короткозамкателей, заземления, устройства релейной защиты и автоматики;

- для внутри цеховых сетей составляется технологическая карта на наладку автоматических выключателей, кабелей, заземления, магнитных пускателей, контакторов, тепловых реле, электрических машин;

- для внутри заводского электроснабжения технологические карты на наладку составляются на кабели, трансформаторы силовые, высоковольтное электрооборудование;

- для воздушных линий электропередач составляется технологическая карта на наладку заземления концевых и анкерных опор;

- для наружного освещения составляется технологическая карта на наладку кабельных линий;

Пункт 3.8.2. В технологической карте необходимо указать:

- какие нормативные документы;

- необходимо использовать при наладке электрооборудования (ПУЭ. Справочник по наладке электрооборудования) руководство по наладке электрооборудования заводов изготовителей;

- в подготовительных мероприятиях указывается, что необходимо подготовить, изучить, составить до начала пусконаладочных работ;

- название операций должны начинаться с внешнего осмотра, с проверки монтажа, затем операции по измерению сопротивления изоляции, испытание повышенным напряжением, различные измерения затем индивидуальное опробование электрооборудования и наконец анализ проведенных измерений и испытаний;

- при описании технологического процесса необходимо вести описание в строгой последовательности техническим языком с применением технологических терминов. В конце операции дать контрольные значения, которые будут определять годность электрооборудования к эксплуатации. Так же здесь должны быть указаны формулы по которым должны быть произведены расчеты и получены значения. Приборы и приспособления необходимо указывать для каждой операции.

Пункт 3.8.3. В технологической карте на наладку не указываются пункты (Л.1 таблица 3.10):

- контроль качества пусконаладочных работ;
- техника безопасности.

Технологическая карта должна быть сведена в таблицу

Таблица

Наименование операций	Описание технологического процесса	Приборы приспособления
1. Нормативная документация	Правила устройства электроустановок. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий.	
2. Подготовительные мероприятия	Изучение паспорта автоматического выключателя марки АЕ 2000 на номинальный ток $I_{НОМ} = 40$ А, уставка теплового расцепителя $I_{УТ} = 32$ А, уставка электромонтажного расцепителя $I_{УЭ} = 400$ А..	
3. Технология выполнения работ	Подготавливаются приборы, приспособления и защитные средства.	
3.1 Внешний осмотр	Проверяется отсутствие трещин, сколов на корпусе, целостность всех деталей	Визуально Отвертка
3.2. Измерение сопротивления изоляции	Измерение производится при включенном автоматическом выключателе между фазами. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 Ом. Затем измерение производится между разомкнутыми контактами.	Мегаомметр на 1000 В типа М 4101/4

Пункт 3.9. Организация приемки- сдачи выполненных ЭМР и ПНР ( Л.1- 3.10) данный пункт делится на два подпункта

3.9.1. Контроль качества выполненных ЭМР и ПНР.

3.9.2. Перечень приемо-сдаточной документации

В подпункте 3.9.1. необходимо определить требования предъявляемые к смонтированному и отлаженному электрооборудованию.

Для ЭМР :

- надежность крепления;
- правильность выбора электрооборудования с учетом среды в помещении;
- герметичность электрооборудования;
- удобства в управлении электрооборудованием;
- возможность ремонта и эксплуатации;
- правильность выполнения заземления ;
- эстетичность выполнения монтажа;
- возможность демонтажа и реконструкции электрооборудования.

Для ПНР

- правильность выполнения фазировки электрических цепей;
- правильность срабатывания устройств релейной защиты;
- полнота выполнения пусконаладочных работ;
- соответствие нормам приемо-сдаточных испытаний;
- правильность выполнения наладочных схем;
- правильность выполнения анализа и заключения о пригодности электрооборудования к эксплуатации.

Пункт 3.9.1. составляется в виде таблицы

№ п/п	Наименование электрооборудования и работ	Требования предъявляемые к электрооборудованию
I 1.1	ЭМР Трубная электропроводка	Трубы должны быть надежно закреплены скобками к черному полу и залиты бетоном. При выходе проводов и труб на них должны быть установлены гибкие вводы, которые должны быть закреплены на трубе бандажом. А при вводе в оболочки электроприемников гайками
II 2.1	ПНР Измерение изоляций электрических сетей	Сопротивление изоляции между проводами. А также между проводом и трубой должно быть не менее 0.5 МОм

В пункте перечень приемо-сдаточной документации необходимо определить:

- наименование документа;
- какая организация данный документ подготавливает, т.е. сдает выполненные работы;
- какая организация или комиссия подписывает данный документ, т.е. принимает выполненные работы;
- какие чертежи необходимо предоставить;
- какая документация заводов-изготовителей предоставляется.

Подпункт 3.9.2. составляется в виде таблицы;

Таблица

№ п/п	Наименование документа	Оформление документов		Примечание
		Сдача (подготовка)	Приемка (подписание)	
1	Акт приемки электрооборудования	Электромонтажная организация (ЭМО)	Приемная комиссия	
2	Акт готовности объекта строи-	Строительная ор-	ЭМО	

3	тества к производству ЭМР Акт приемки электрооборудования под монтаж	ганизация (ген- подрядчик) Заказчик	ЭМО	Отмечается наличие наружных дефектов
4	Ведомость смонтированного электрооборудования	ЭМО	Пусконаладочная организация (ПНО)	
5	Протокол измерения сопротивления изоляции	ПНО	Приемная комиссия	Комплектное оборудование записывается без детализации
6	Исполнительные чертежи размещения электрооборудования	Заказчик	ЭМО	Комплект чертежей

### Пункт 3.10 Организация эксплуатации и ремонта электрооборудования

В данном пункте необходимо определить::

- требования к эксплуатации электрооборудования;
- сроки и объем проведения осмотров, обходов технического обслуживания;
- сроки проведения текущего, среднего и капитального ремонтов;

Данный пункт должен выполняться в виде таблицы;

Таблица

№ п/п	Наименование электрооборудования	Требования к эксплуатации
1	Внутрицеховые электрические сети	Осмотр производится один раз в 6 месяцев. При осмотре проверяют общее состояние наружной части электрической изоляции. отсутствие тления в контактах и надежность контактных соединений

## IV ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При выполнении экономической части дипломного проекта студент должен иметь практический опыт:

- по составлению смет;
- по определению фонда оплаты труда;
- по расчету численного и квалификационного состава бригады;

должен уметь:

- составлять калькуляции затрат на производство и реализацию продукции;
- составлять сметную документацию, используя нормативно-справочную литературу;
- рассчитывать основные показатели производительности труда.

Выполнение студентом экономической части дипломного проекта проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и освоения практических навыков экономических расчетов на предприятии;
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования умения применять теоретические знания при решении поставленных задач;
- формирования умения использовать справочную, нормативную и правовую документацию;
- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности.

В процессе написания работы выполняется комплекс плановых расчетов, которые должен проводить экономист предприятия для определения основных результатов работы планируемого года и ресурсов, необходимых для достижения этих результатов.

Порядок изложения расчетной части определяется характером рассчитываемых величин.

Каждый расчет в общем случае должен содержать:

- задачу (с указанием, что требуется определить при расчете);
- исходные данные для расчета;
- расчет.

Для расчета составляется спецификация материалов и монтажных изделий

Данную спецификацию целесообразно заполнять по основным видам ЭМР, которые выполняются на данном объекте.

Необходимые материалы и монтажные изделия целесообразно группировать по видам: кабели, провода, шины; сталь, трубы, металлоизделия; изоляционные изделия и материалы и т.д.

При составлении спецификации учитывают следующее:

- в графе 1 приводятся наименование основных материалов и монтажных изделий, их параметры и другие технические данные;
- в графе 2 указываются единицы измерения принятые в справочниках и каталогах, а именно: кабели и провода (в м.); шины алюминиевые (в кг.); монтажные изделия и детали (в шт.); стальной прокат (в кг.); трубы водогазопроводные стальные (в т.); трубы тонкостенные электросварные (в м.); муфты соединительные трубные (в шт.); изоляторы (в шт.); изоляционные материалы (в кг.);
- в графе 3 проставляется количество материалов и монтажных изделий;
- в графе 4 указывается примечание.

Таблица

Наименование электрооборудования	Ед. изм.	Количество на объект	Примечание
1.			
2.			
3.			

#### Определение сметной стоимости работ по монтажу оборудования

Для определения сметной стоимости монтажа ресурсным методом рекомендуется применять формы локального сметного расчета (локальной сметы) и локальной ресурсной ведомости.

В локальных ресурсных сметных расчетах (локальных ресурсных сметах) производится группировка данных по видам работ и устройств: приобретение и монтаж технологического оборудования, технологические трубопроводы; технологические металлические конструкции (связанные с установкой), электромонтажные работы и т.д.

Оценку выделенных ресурсов в локальном сметном расчете (локальной смете) следует производить в текущем уровне цен.

Для определения прямых затрат рекомендуется предварительно составлять ресурсную ведомость, в которой выделяются и суммируются ресурсные показатели, а затем, на основе итоговых показателей расхода однородных ресурсов, составляется локальная смета, в которой производится оценка ресурсных показателей, определение суммы прямых затрат и сметной стоимости работ по монтажу оборудования.

В локальной ресурсной ведомости указываются:

1) шифр, номера нормативов и коды ресурсов – шифр нормы из сборника ГЭСНм (или другого применяемого норматива) и коды соответствующих ресурсов;

2) наименование оборудования (или виды монтажных работ), а вслед за каждым наименованием оборудования (работ) – наименование ресурсов в следующей последовательности: затраты труда рабочих монтажников; средний разряд работы; затраты труда рабочих, занятых управлением машин, механизмов и механизмируемого инструмента; наименование применяемых материалов, изделий и конструкций;

3) единица измерения оборудования и ресурсов;

4) расходы материалов на единицу измерения оборудования (вида работ) к которому они относятся;

5) количество оборудования по проекту, а против наименований соответствующих ресурсов – их количество, рассчитанное как произведение удельного расхода на объем работ.

Ресурсные показатели, выделяемые из нормативов, принимаются со всеми необходимыми поправками (коэффициентами), которые приведены в сборниках сметных норм.

В локальной ресурсной ведомости производится суммирование показателей расхода однородных ресурсов (имеющих одинаковые коды).

Таблицы ГЭСНм содержат следующие нормативные показатели:

- затраты труда рабочих-монтажников, в чел-ч;
- средний разряд работы;

- состав и время эксплуатации строительных машин, монтажных механизмов, приспособлений, механизированного инструмента;

- перечень материалов, изделий, конструкций используемых в процессе монтажа, и их расход в физических (натуральных) единицах измерения.

Коды технических и материальных ресурсов приняты в соответствии с номенклатурой строительных машин и механизмов и номенклатурой материалов, изделий и конструкций.

В качестве приложений к отдельным сборникам ГЭСНм приводятся расход или перечень материальных ресурсов, не учтенных в таблицах сметных норм, и другие необходимые сведения, связанные с применением конкретного сборника ГЭСНм.

В сметных нормах учтен расход ресурсов на выполнение комплекса работ по монтажу оборудования установленного нормативными и техническими документами на поставку и монтаж оборудования.

В сметных нормах на монтаж оборудования, как правило, не учтены затраты (расход ресурсов), определяемые по отдельным сборникам ГЭСНм, в том числе на:

- электромонтажные работы;
- монтаж приборов и средств автоматизации;
- контроль качества монтажных сварных соединений;
- горизонтальное и вертикальное перемещение оборудования и материалов сверх расстояний.

В сметных нормативах не учтены затраты на отдельные виды строительных работ, связанных с монтажом оборудования, определяемые по соответствующим сборникам ГЭСНм на строительные работы:

- монтаж технологических металлических конструкций, не входящих в комплект поставки оборудования;
- окраску мостовых кранов;
- устройство и разборку инвентарных лесов, необходимость которых установлена проектом производства;

- подготовку оборудования под антикоррозионные покрытия и работы по этим покрытиям;
- земляные работы по рытью траншей для кабельных линий;
- подливку фундаментных плит, заливку фундаментных и закладных частей в колодцах.

Затраты на указанные работы учитываются в сметных расчетах (сметах) на монтаж оборудования.

При суммировании затрат труда рабочих-монтажников средний разряд рассчитывается как средневзвешенный.

Выделение и суммирование ресурсных показателей производится непосредственно в локальной ресурсной смете.

При определении сметных прямых затрат оценке подлежат суммарные показатели.

Форма сметной документации составляется при ресурсном методе определения сметной стоимости монтажа оборудования.

Особое значение при определении сметной стоимости работ по монтажу оборудования имеет локальный сметный расчет, который составляется следующим образом (см. таблицу )

Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Количество по нормам	Сметная стоимость	
				на ед.	общая
Итого по смете:					
С учетом коэффициента – 1,35					
Накладные расходы – 65%					
Итого:					
Зимнее удорожание – 1,872%					
Итого по смете:					
НДС – 18%					
Всего по смете:					

Линейный график производства электромонтажных работ

Линейный график производства ЭМР является составной частью проекта производства ЭМР и должен представлять реальную картину производства работ, увязанную в пространстве и во времени с техническими и организационными решениями, принятыми в проекте производства работ.

Линейный график составляется на основании «Рекомендаций по технологии производства ЭМР» и представляет собой реальную таблицу со следующими графами:

В графе «Наименование работ» составляется перечень работ в технологической последовательности, рекомендуется производить в начале наиболее трудоемкие работы, но в технологической последовательности.

В графе «Единица измерения по нормам» указываются единицы измерения согласно нормативным документам.

В графе «Количество по нормам» указывается количество в соответствии с единицей измерения по нормативным документам.

В графе «Трудозатраты на единицу» указываются трудозатраты в человеко-днях взятые из нормативных документов.

В графе «Трудозатраты на количество» указываются трудозатраты в человеко-днях затрачиваемые на выполнение всего объема работ путем умножения графы «Количество по нормам» на графу «Трудозатраты на единицу».

В графе «Количество рабочих» указывается количество рабочих в бригаде.

В графе «Продолжительность работ» указывается продолжительность выполнения работ, которая определяется путем деления графы «Трудозатраты на количество» на графу «Количество рабочих».

В графе «Дни выполнения работ» указывается, какая бригада выполняет работы и за какой срок. Рекомендуется, чтобы бригада в начале выполняла трудоемкие работы, а затем могла поделиться на звенья для выполнения мелких работ.

Таблица

Наименование работ	Ед. изм. по нормам	Кол-во по нормам	Трудозатраты, чел-дней		Кол-во рабочих, чел.	Продолжительность работ, дни	Дни выполнения работ													
			Ед. изм.	Кол-во			2	4	6	8	10	12	14	16	18	...				

### Расчет заработной платы

Расчет заработной платы осуществляется на основе линейного графика, где учитывается продолжительность работ.

Оплата труда монтажника за один час – 73 руб.

Количество рабочих дней – \_\_\_\_.

Рабочий день – 8 часов.

Надбавка к заработной плате – 50% (экологические):

Налог на доходы физических лиц – 13%

Всего по бригаде:

### Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Единица измерения	Обоснование	Показатели
1 Продолжительность работ	дни	П.3.3	
2 Количество работников	чел.	П.3.3	
3 Сметная стоимость	руб.	П.3.2	
4 Заработная плата	руб.	П.3.4	

## V ОХРАНА ТРУДА

Основной задачей раздела «Охрана труда» является разработка в дипломном проекте решений, направленных на снижение вероятности возникновения аварий, взрывов, пожаров, производственного травматизма и профессиональных заболеваний

Оформление дипломной работы регулируется ГОСТ 7.32-2001.

Используемая терминология должна соответствовать действующей законодательной и нормативно-технической документации по охране труда.

Раздел «Охрана труда» должен состоять из следующих подразделов:

1. Идентификация вредных и опасных факторов в проектируемом объекте.
2. Требования охраны труда при организации и проведении электромонтажных работ на проектируемом объекте.
3. Требования охраны труда при организации и проведении пусконаладочных работ на проектируемом объекте.
4. Требования охраны труда при эксплуатации электрооборудования.

Материал раздела «Охрана труда» излагается в виде подразделов, соответствующей тематики (например, 1.1; 1.2;...4.1;4.2)

В перечне использованной литературы при выполнении дипломного проекта обязательно должна быть указана литература по охране труда.

Используемая литература в разделе «Охрана труда» должна соответствовать действующей на территории России законодательной и нормативно-технической документации (ГОСТ, ССБТ, СНиП, ПОТ, ПТБ, СанПиН и т.п.).

При ссылке на литературу в тексте указывается порядковый номер источника в квадратных скобках (например, [1]).

5.1 Подраздел «Идентификация вредных и опасных факторов в проектируемом объекте»

В данном подразделе должна быть рассмотрена идентификация вредных и опасных производственных факторов применительно к объекту проектирования, которые необходимо производить в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74.

При этом следует выделить физические, химические, биологические и психофизиологические факторы, с указанием какие конкретно элементы проектируемого объекта содержат эти факторы.

Физические факторы включают: движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы, разрушающиеся конструкции, повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, изделий, материалов и воздуха рабочей зоны, по-

вышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте, повышенную или пониженную влажность и подвижность воздуха, повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное напряжение в электрических цепях, замыкание которых может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитного и электрического полей; недостаточную освещенность рабочей зоны; повышенный уровень инфракрасной или ультрафиолетовой радиации; острые кромки, заусенцы на поверхности инструментов, оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно земли (пола); возможность возникновения пожаров и взрывов.

К химическим факторам относятся: токсичные, раздражающие, сенсибилизирующие (являющиеся катализаторами), канцерогенные, мутагенные и влияющие на репродуктивную функцию твердые, жидкие и газообразные вещества.

Биологические факторы включают: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы и т. д.) и продукты их жизнедеятельности.

Психофизиологические факторы включают: статические и динамические физические перегрузки и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов), монотонность труда и эмоциональные перегрузки.

5.2 Подраздел «Требования охраны труда при организации и проведении электромонтажных работ на проектируемом объекте»

В данном подразделе должны быть определены меры безопасности при организации и проведении электромонтажных работ и требования охраны труда, предъявляемые к организации рабочих мест на проектируемом объекте.

При этом подраздел может иметь следующие подпункты:

5.2.1 Меры безопасности при выполнении электромонтажных работ осветительной и силовой сети.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

глава 2, п.2.4 Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. - 192с.

5.2.2 Меры безопасности при работе на высоте.

Ссылка на нормативные докумен- ты по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (глава 2, п. 3.1).

Правила по охране труда при работе на высоте (Приложение к приказу Министерства тр5.2.3 Меры безопасности при работе с ручным инструмен- том

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ№ 552н от 17.08.2015).

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2, п.4.1, пп.4.1.1-4.1.8).

5.2.4 Меры безопасности при работе с пороховым инструментом

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.4.1 пп.4.1.9 - 4.1.29)

5.2.5 Меры безопасности при работе с ручными электрическими и пневматическими машинами.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ№ 552н от 17.08.2015).

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 44)

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.4.1 пп.4.1.37-4.1.52)

5.2.6 Меры безопасности при работе с электрической сваркой.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Работы электросварочные. Требования безопасности. ГОСТ 12.3.003-86 от 01.01.1988.

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.4.4 пп.4.4.12-4.4.19).

5.2.7 Меры безопасности при работе с электрифицированным инструментом  
Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ № 552н от 17.08.2015).

Сборник инструкций по охране труда для рабочих, выполняющих работы по монтажу систем автоматизации, электротехнического оборудования, связи, пожарной и охранной сигнализации (ИОТ 11233753-001-2007).

5.2.8 Меры безопасности при такелажных работах.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 45)

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 4 п.4.2)

ССБТ. Работы такелажные. ОСТ 36-28-78.

5.2.9 Меры безопасности при выполнении сварочных работ.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Требования безопасности при выполнении сварочных и иных работ в строительстве. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве».

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (Минэнерго России № 6 от 13.01.03. (Раздел 3, гл. 3.1).

5.2.10 Меры безопасности при монтаже электрооборудования ГПП.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей Минэнерго России № 6 от 13.01.03 (п.2.2)

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок от 01.07.2001г. ПОТ Р М-016-2001. (п. 3.5, 3.6, 3.7)

#### 5.2.11 Меры безопасности при монтаже кабельных линий.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (Глава 37)

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.2.5)

#### 5.2.12 Меры безопасности при ремонте кабеля.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 37).

5.2.13 Меры безопасности при монтаже воздушных линий электропередачи.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 38).

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.2.7; п.3.4)

5.2.14 Меры безопасности при монтаже контактных сетей промышленного и городского электротранспорта

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.2.7.22).

#### 5.2.15 Меры безопасности при монтаже электрических машин

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.2.2)

#### 5.2.16 Меры безопасности при монтаже аккумуляторных батарей

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) - глава 35

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.2.3)

#### 5.2.17 Меры безопасности при термитной сварке.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.4.4 пп.4.4.52-4.4.68)

5.2.18 Меры безопасности при работе с паяльными лампами и газовыми горелками.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.4.1 пп. 4.1.30-4.1.36)

5.3 Подраздел «Требования охраны труда при организации и проведении пусконаладочных работ на проектируемом объекте»

В данном подразделе должны быть определены меры безопасности при организации и проведении пусконаладочных работ на проектируемом объекте.

При этом подраздел может иметь следующие подпункты:

#### 5.3.1 Меры безопасности при испытании изоляции электрооборудования

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 39).

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (Минэнерго России № 6 от 13.01.03. (Глава 3.6).

### 5.3.2 Меры безопасности при испытании трансформаторов

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) - глава 42.

### 5.3.3 Меры безопасности при наладке распределительных устройств.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.5.4)

### 5.3.4 Испытания и измерения с помощью мегаомметра.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 от 01.07.2001 (п. 5.4)

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) - глава 39.

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 2 п.5.3).

### 5.3.5 Испытание повышенным напряжением

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 39).

5.3.6 Меры безопасности при наладке и испытании электрооборудования ГПП.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н) (глава 39).

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 5 п.5.2).

5.3.7 Меры безопасности при эксплуатации электрооборудования ГПП.

Ссылка на нормативные документы по охране труда:

Правила техники безопасности при электромонтажных наладочных работах, 2-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 1992. -192с. (Глава 3 п.3.4)

## VI ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Общие положения

6.1.1 Текстовые документы выполняют на формах, установленных соответствующими стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

6.1.2 Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

- машинописным, при этом следует выполнять требования ГОСТ 13.1.002. Шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета.

- рукописным – чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм.

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (шрифт текста 14) (ГОСТ 2.004-88).

6.1.3 Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом,

отдельные слова, формулы, условные знаки ГОСТ 2.105-95 (рукописным способом), а также, выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

6.1.4 Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк не менее 5 мм (отступ от края левой стороны для основного текста - 25 мм, справа - 10 мм). Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должны быть не менее 10 мм (параметры страниц сверху и снизу от рамки 10 мм). Абзацы в тексте начинаются отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15-17 мм).

6.1.5 Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе

выполнения документа. Допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Повреждения

листов текстовых документов, помарки, следы не полностью удаленного прежнего текста не допускается.

6.2 Требования к текстовым документам, содержащим в основном сплошной текст.

6.2.1 Текст документа, при необходимости, разделяют на разделы и подразделы. Листы документа нумеруют в пределах каждой части, каждую часть начинают на листах с основной надписью по форме ГОСТ 2.104-68 и форме 3 ГОСТ Р 21.1101 – 92 СПДС.

6. 2.2 Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа (шрифт раздела 18). Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой (шрифт подраздела 16). В конце номера подраздела точки не ставятся (например: 2.1 Расчет токов короткого замыкания).

6. 2.3 Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

3.1 Монтажная часть

3.1.1 Установка трансформаторов

6.2.4 Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например:

6.4.1.1, 6.4.1.2 и т. д.

6.2.5 Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

6.2.6 Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

6.2.7 Расстояние между заголовком и текстом при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

6.2.8 Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

6.2.9 Если документ состоит из нескольких разделов, то к нему оформляют содержание, включающее номера и наименование разделов и подразделов с указанием номеров листов (страниц).

6.2.10 Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) по центру, с прописной буквы. Наименования пунктов, подпунктов, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы. Разделы записываются с прописной буквы.

6.2.11 В конце текстового документа приводится список литературы, которая была использована при его составлении. Список литературы включают в содержание документа.

6.2.12 Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная.

6.2.13 В тексте документа не допускаются:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы.
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии.
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр в тексте.

6.2.14 В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков не допускается:

- применять математический знак минус (-), перед отрицательными значениями величин (следует писать слово минус)
- применять без числовых значений математические знаки, например: > (больше), < (меньше), = (равно) и т. д.

6.15 Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ .

В формулах можно использовать простые дроби в одну строчку через косую черту, например:  $5/32$ ,  $(50A - 4C)/(40B + 20)$ .

### 6.3 Оформление формул

6.3.1 В формулах, в качестве символов, следует применять обозначения, установленные соответствующими Государственными стандартами.

6.3.2 Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения начинается со слова «где» без двоеточия после него.

Пример:  $I = U/R,$  (1)

где  $U$  - напряжение источника, в;

$R$  - сопротивление источника, Ом.

$$I=100/20=5 \text{ А.}$$

6.3.3 Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют при переносе формулы на знаке умножения применяют знак «\*».

6.3.4 При выполнении документов рукописным способом формулы записывают шрифтом чертежным.

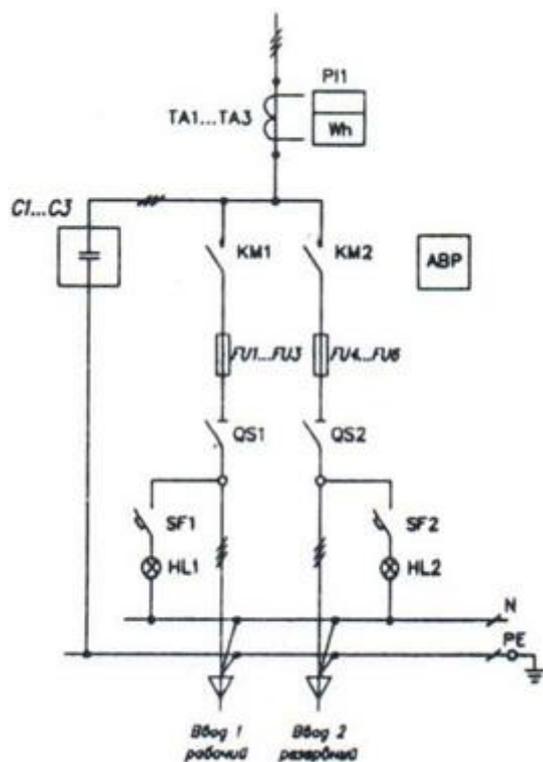
6.3.5 Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Допускается нумерация формул в пределах раздела.

6.3.6 Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (1).

## 6.4 Оформление иллюстраций

6.4.1 Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа, так и в конце его. Иллюстрации выполняют в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

6.4.2 Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела номера иллюстрации, разделенных точкой .



Например: Рисунок 6.1 Схема ВРУ

6.4.3 В тексте, при ссылках на иллюстрации следует писать: ... в соответствии с рисунком.

6.4.4 Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают таким образом:

а) -

б) -

Рисунок 6.1 –Схема ВРУ

6.4.5 На приводимых в документе электрических схемах около каждого элемента указывают его позиционные обозначения, установленное соответствующими стандартами и при, необходимости, номинальное значение величины.

6.4.6 Образец выполнения иллюстрации показан на рисунке 6.1

## 6.5 Приложения

6.5.1 Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ решаемых на ЭВМ.

6.5.2 Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

6.5.3 В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

6.5.4 Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения, а под ними в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного - «рекомендуемое» или «справочное».

6.5.5 Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста, с прописной буквы, отдельной строкой.

6.5.6 Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

6.5.7 Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

6.5.8 Приложения выполняются на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А4\*3, А4\*4, А2 и А1.

6.5.9 Все приложения должны быть перечислены в содержании документа, с указанием их номеров и заголовков. Пример приложения смотрите в конце пособия.

## 6.6 Построение таблиц

6.6.1 Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при ее наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей.

6.6.2 При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

6.6.3 Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами, сквозной нумерацией. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией, арабскими цифрами, с добавлением перед цифрой обозначение приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

6.6.4 Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

6.6.5 Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

6.6.6 Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

6.6.7 Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера таблицы, разделенных точкой, образец таблицы показан на рисунке 6.1

6.6.8 Головка таблицы (шапка) должна быть отделена линией от остальной части таблицы, высота головки таблицы не менее 15 мм. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Таблица 6.1

Диаметр стержня крепежной детали, мм	Масса 1000 шт. стальных шайб, кг	Диаметр стержня крепежной детали, мм	Масса 1000 шт. стальных шайб, кг
1.1	0.045	2.0	0.192
1.2	0.043	2.5	0.350
1.4	0.111	3.0	0.553

6.6.9 Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями таблицы пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы.

6.6.10 Если строки или графы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. Образец выполнения таблицы на рисунке 6.3.

Таблица 6.2

Размеры в миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы					
		легкой		нормальной		тяжелой	
		a	b	a	b	a	b
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5	—	—
2,5	2,6	0,6	0,8	0,6	0,6	—	—

Продолжение таблицы 6.2

Размеры в миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы					
		легкой		нормальной		тяжелой	
		a	b	a	b	a	b
4,0	4,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,6
...	...	...	...	...	...	...	...
42,0	42,5	---	---	9,0	9,0	---	---

Примечание — Здесь (и далее по тексту) таблицы приведены условно для иллюстрации соответствующих требований настоящего стандарта

6.6.11 Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижней горизонтальной линией, ограничивающую таблицу, не проводят.

6.6.12 Графу «номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

6.6.13 Если в графе таблицы помещены значения одной и той же физической величины, то обозначение единицы физической величины указывают в заголовке (подзаголовке) этой графы в соответствии с рисунком 6.4

Таблица 6.3

Размеры в миллиметрах

Условный проход Ду	D	L	L1	L2	Масса, кг, не более
1	2	3	4	5	6
50	160	130	525	600	160
80	195	210			170

Рисунок 6.4 Образец оформления таблиц

6.6.14 Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения марок материалов и типоразмеров изделий, не допускается.

## 6.7 Оформление списка литературы по ГОСТ 7.32 – 2015

6.7.1 Перечень литературы, нормативно-технической и другой документации, используемой при составлении текстового документа, помещают в конце документа и включают его в содержание.

6.7.2 Общие правила оформления списка:

6.7.2.1 Нормативная документация;

6.7.2.2 Оформление книг с 1 автором: Для книг написанных одним автором в начале указываются фамилия и инициалы автора. При этом после фамилии ставится запятая и уже после неё указываются инициалы отделённые точками. Затем следует полное название книги, после которого ставится «слеш» (косая черта “ / “) и далее повторяется ФИО автора, но сначала указываются инициалы, а затем фамилия.

После фамилии ставится точка, а за ней – тире.

После тире указывается: город, двоеточие, название издательства, запятая, год издания, точка.

После точки пишем тире, за ним указываем количество страниц в данной книге, букву «с» и точка.

Схематичный пример: Иванов, И.И. Название книги / И.И. Иванов. – Город: Название издательства, год – 552 с.

Реальный пример: Жабина С.Г. Основы экономики, менеджмента и маркетинга в общественном питании / С.Г. Жабина. - М.: Академия, 2016. - 336 с. Сразу разьясним как обозначаются города. В практике сложились сокращённые обозначения крупных городов (обычно столиц и региональных центров). Приведём расшифровки: Название города. Обозначение в списке литературы. Комментарий: Москва М. Санкт-Петербург СПб. Ростов-на-Дону Ростов н/Д. Нижний Новгород Н.Новгород. Ленинград Л.

Для литературы выпущенной в СССР. Аналогично и для зарубежных городов: Париж - Р., Нью-Йорк - N.Y., Берлин - В., Лондон - L.

Обратите внимание, после сокращённого наименования сразу ставится точка. После неё без пробела сразу пишется двоеточие и указывается название издательства. М.:\_\_ Спб.:\_ и т.д. Для остальных городов в списке литературы указываются их полные наименования, после чего сразу идёт двоеточие (а не точка, как в случая с сокращёнными наименованиями).

#### 6.7.2.3. Оформление книг с 2 и 3 авторами

Если книга написана авторским коллективом из 2-3 человек, то в начале библиографического описания указываются фамилия и инициалы одного (первого) автора. После фамилии ставится точка. Далее следует полное название книги. Затем ставится «слеш» и идёт повторение данных авторов, но сначала указываются инициалы, а потом фамилия. После последней фамилии ставится точка, а за ней – тире. После тире указывается: город, двоеточие, название издательства, запятая, год издания, точка. После точки пишем тире, за ним указываем количество страниц в данной книге, букву «с» и точка. Пример: Волков, М.В. Современная экономика/ М.В. Волков, А.В. Сидоров. - СПб.: Питер, 2016.- 155 с.

#### 6.7.2.4 Оформление книг с 4 и более авторами

Для книг, у которых 4 и более авторов действует особый порядок оформления. В целом он аналогичен тому, что применяется в книгах с 2 и 3 авторами, но с одним исключением: При повтором перечислении авторов после наименования книги и «слеша» указываются не все авторы, а опять лишь первый. При этом его ФИО дополняется заключённой в квадратные скобки припиской [и д.р.] Пример: Коробкин, М.В. Современная экономика/ М.В. Коробкин [и д.р.] -СПб.: Питер,

2014.- 325 с. Оформление учебников и учебных пособий Если в списке литературы указываются учебные пособия, учебники, учебно-методические комплексы и прочие виды специальной литературы, необходимо дополнить общие правила оформления элементом обозначения типа издания. Для этого в указанные выше правила оформления книг, сразу после наименования издания ставится двоеточие и пишется тип издания.

Пример: Волков, М.В. Современная экономика: учебное пособие / М.В. Волков. - СПб.: Питер, 2014.- 225 с. или если используется общее обозначение материала Волков, М.В. Современная экономика [Текст]: учебное пособие / М.В. Волков. - СПб.: Питер, 2014.- 225 с. Оформление учебников и учебных пособий под редакцией Для оформления учебного пособия под редакцией одного автора, объединившего труды нескольких авторов, нужно сначала написать наименование издания, далее двоеточие и тип издания (учебник / учеб. пособие), далее «слеш» и фраза «под ред.». После этого указываются сначала инициалы, а затем фамилия редактора. Далее следует стандартный порядок оформления, приведённый выше. гост список литература Пример: Фармацевтическая химия: учеб. пособие для студ. вузов/под ред. И.Н. Сovenko. -М.: Риор, 2014. - 323 с. Если в пособии несколько авторов с общим редактором. Пример: Фармацевтическая химия: учеб. пособие для студ. вузов / Л.Н. Протасова., М.И. Иванов, А.А. Сидоров; под ред. И.Н. Сovenko. - М.: Риор, 2014. -323 с. Для многотомных книг необходимо указывать номер тома, который был использован в работе. Для этого сразу после названия издания делается приписка «Т.1.», где 1 – это номер тома. Пример: Боков, АН. ЭкономикаТ.2. Микроэкономика[Текст] / А.Н. Боков. - М.: Норма, 2015. - 532 с. Оформление в списке литературы статей из журналов и периодических сборников Для описания статей из периодических изданий действует следующий порядок указания элементов описания библиографического источника: фамилия и инициалы автора; название статьи; «слеш» и снова ФИО автора, но сначала инициалы, а потом фамилия; затем две косые черты; название периодического издания или сборника, в котором размещена статья (кавычки).

## 6.8. Оформление графических материалов

6.8.1 Конструкторская документация выполняется в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Чертежи и схемы выполняются на белой бумаге форматов, установленных ГОСТом 2.301-68, карандашом или черной тушью. Содержание, расположение и размеры граф основных надписей, дополнительных граф к ним, а также размеры рамок на чертежах и схемах должны соответствовать ГОСТу 2.104-68.

Основная надпись для чертежей (форма 1), для листа «СОДЕРЖАНИЕ» (форма 2 и 2а)

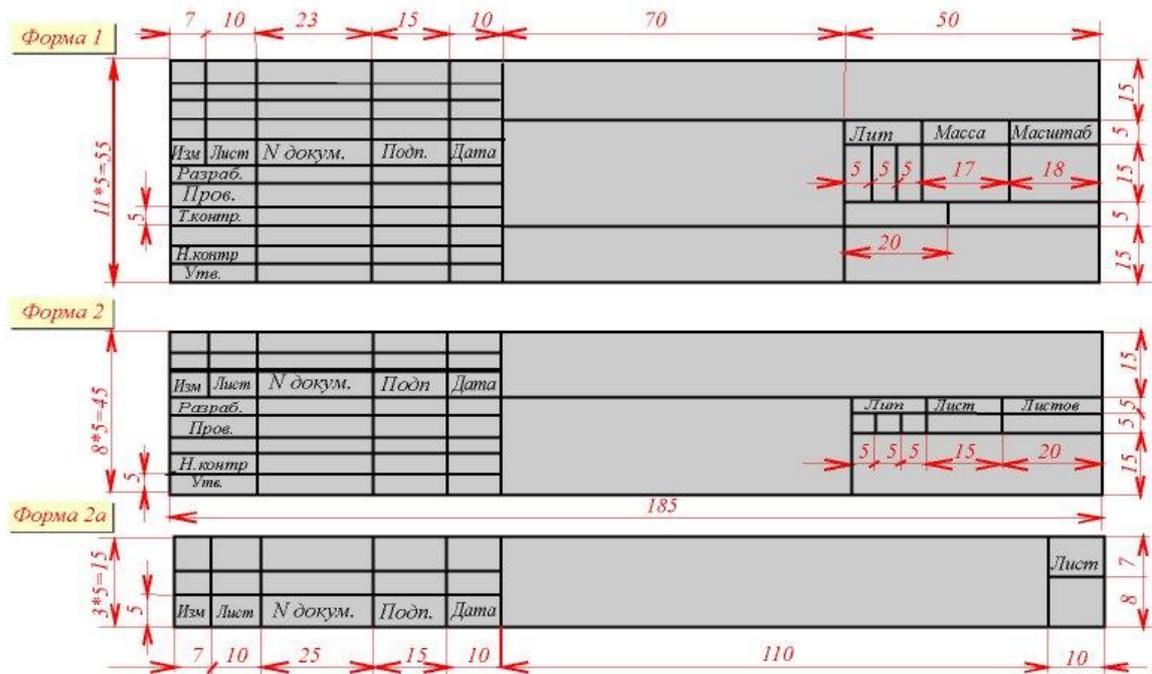


Рисунок 6.5. Основная надпись по ГОСТ 2.104-68

6.8.2 К графической части дипломных и курсовых проектов относятся чертежи и демонстрационные плакаты.

К чертежам ДП и КП по специальности 08.02.09 относятся:

- схемы электрические принципиальные;
- схемы соединений;
- монтажные схемы;
- строительные чертежи (планы и разделы зданий).

Количество чертежей определяет руководитель дипломного проекта в количестве от 3 до 6 плакатов. Вся графическая часть должна выполняться с соблюдением стандартов и требований, предъявляемых к чертежам.

### 6.8.3 Общие правила выполнения чертежей

#### 6.8.3.1 ГОСТ 2.301-68 Форматы

ГОСТ 2.301-68 устанавливает определенные форматы на листе бумаги. Обозначение и размеры форматов приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.4

Обозначение формата	A4	A3	A2	A1	A0
Размеры сторон формата	297x210	297x420	594x420	594x841	1189x841

#### 6.8.3.2 ГОСТ 2.302-68. Масштабы

Изображение на чертежах выполняются в следующих масштабах (см. таблицу 6.7)

Таблица 6.5

Масштаб увеличения	2:1;	(2,5:1), 4: 1,5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1 и т.д.
Натуральная величина		1:1
Масштаб уменьшения	1:2; 1:2,5;	1:4; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:100; 1:150; 1:200; 1:250; 1:400; 1:500 и т. д.

#### 6.8.3.3 ГОСТ 2.304-81. Шрифт чертежный

Все надписи на чертежах выполняются шрифтом чертежным, основная надпись также заполняется шрифтом.

### 6.8.4 Общие сведения о схемах

6.8.4.1 Схемой называют конструкторский документ, на котором, в виде условных графических обозначений, показаны составляющие части изделия и показаны связи между ними.

В дипломном и курсовом проектах по специальности 08.02.09 используют электрические принципиальные схемы, схемы соединений (монтажные), поэтому подробнее остановимся на этих схемах.

Электрическая принципиальная схема определяет полный состав элементов и связей между ними, дает детальное представление о принципах работы изделия (установки).

Схема соединений (монтажная) - схема, показывающая соединение составных частей изделия (установки) и проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода.

Чертежи схем содержат: схему (условные графические обозначения элементов), таблицу - перечень элементов, основную надпись (Рисунок 6.6).

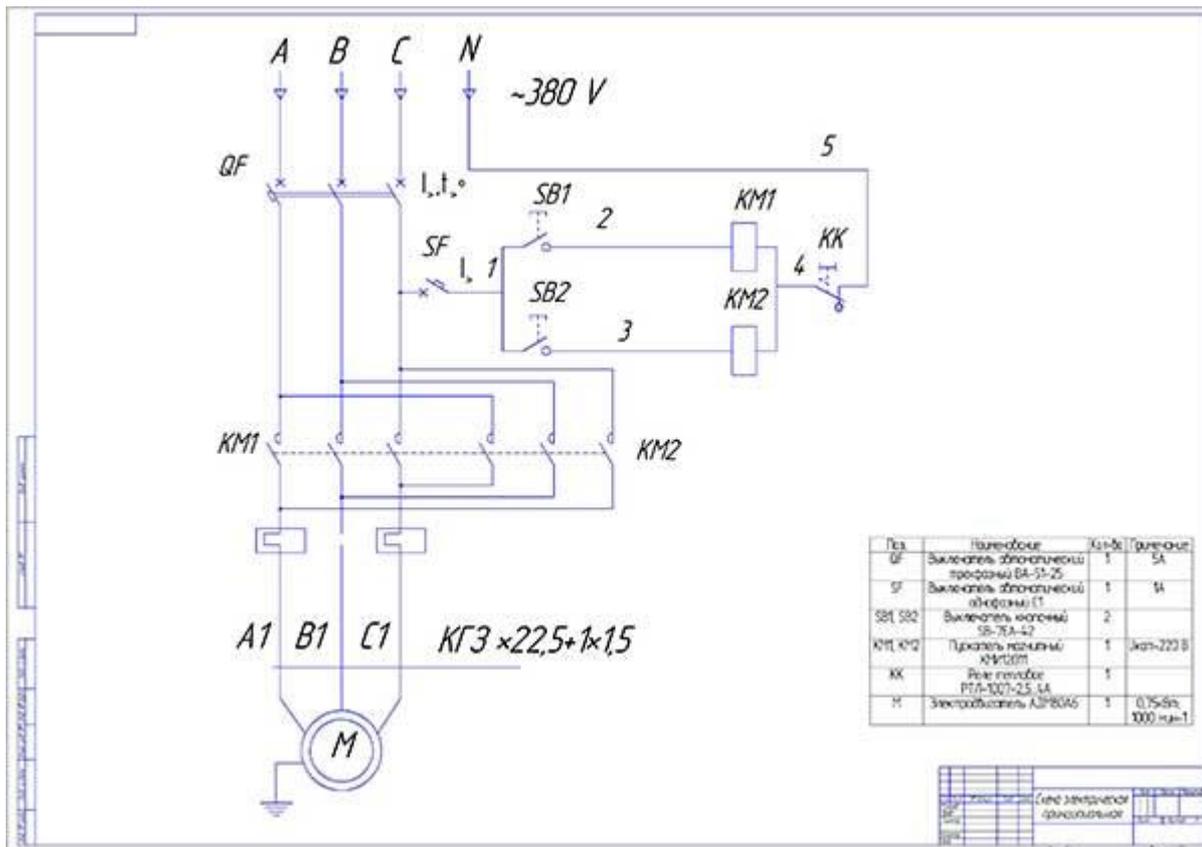


Рисунок 6.6 Электрическая принципиальная схема

#### 6.8.4.2 Общие требования к выполнению схем

Схемы выполняют без соблюдения масштаба на форматах, установленных ГОСТ 2.301-68. Схемы вычерчивают для изделий находящихся в отключенном положении. Элементы на схеме изображают в виде условных графических изображений. Размеры условных графических изображений приведены в ГОСТ 2.721-2.756-79.

Линии связи должны составлять, как правило, из горизонтальных и вертикальных отрезков с расстояние между ними не менее 3 мм. При этом количество изломов и взаимных пересечений должно быть минимальным.

Всем элементам на схеме присваивают буквенно-цифровые коды по ГОСТ 2.710-81, которые проставляют над элементами или справа от него. Номер шрифта для букв и цифр кода берется один

Нумерация элементов производится слева направо, сверху вниз.

Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. Перечень элементов помещают над основной подписью, либо выполняют в виде самостоятельного документа на формате А4.

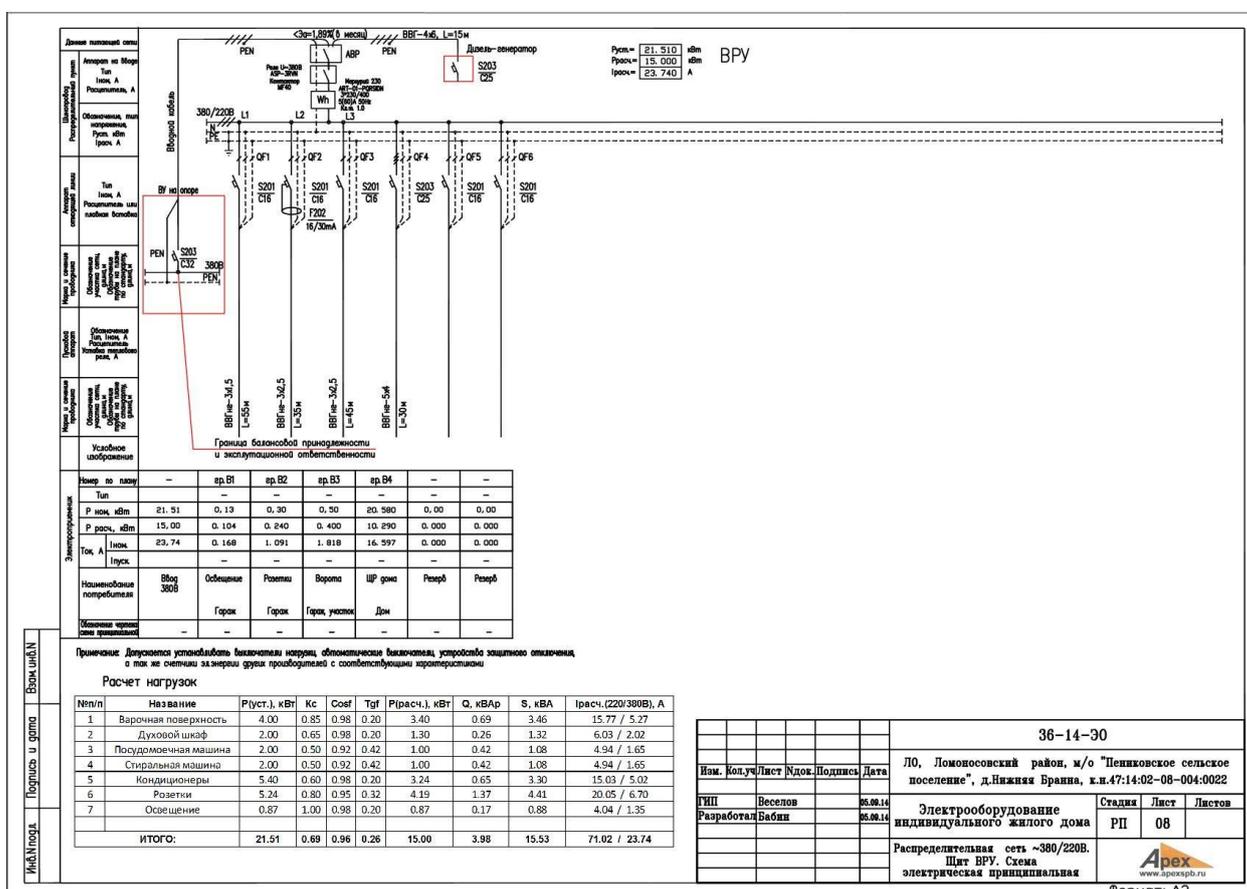


Рисунок 6.7

### 6.8.4.3 Перечень элементов

Все сведения об элементах, входящих в состав изделия и изображенных на схеме, записываются в перечень элементов, который помещают над основной надписью, на расстоянии не менее 12 мм от нее, если таблице требуется продол-

жение, продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя шапку таблицы:

В графах перечня указывают следующие данные:

- в графе «Поз. обозначение» - позиционное обозначение элемента;
- в графе «Наименование» - наименование элемента, марку элемента;
- в графе «Количество» - количество однотипных документов;
- в графе «Примечание» - указание технических данных элемента, не содержащихся в его наименовании (при необходимости).

Элементы записываются в перечень группами в алфавитном порядке буквенных обозначений (согласно, латинского алфавита). В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Размеры таблицы и пример заполнения показаны на рисунке 6.8

#### 6.8.4.4 Правила выполнения электрических схем соединений (монтажных схем)

На схеме соединений изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их соединения - провода, жгуты, кабели, входные и выходные элементы. На схеме соединений изображают:

устройства — в виде прямоугольников или внешних очертаний;

элементы - в виде условных графических обозначений, геометрических фигур или внешних очертаний. В общем случае провода, группы проводов, жгуты и кабели показывают на схеме отдельными линиями с толщиной до 1 мм. Провода, идущие на схеме в одном направлении, допускается сливать в общую линию с изображением при входе к контактам, каждого провода отдельно.

Одножильные провода, жгуты и кабели должны быть обозначены порядковыми номерами в пределах изделия. При этом провода, проходящие в жгут, нумеруются в пределах жгута, а жилы кабеля - в пределах кабеля.

На схеме должны быть указаны:

для проводов - марка, сечения и при необходимости количество занятых жил.

Схема должна содержать сведения о проводах, кабелях (марку, сечение провода, количество и сечение жил в кабеле и др.), которые помешают либо около

линий, изображающих провода и кабели, либо в таблице соединений. Форма и размеры показаны

## Приложение А

### УГО в энергетических схемах. Коммутационные устройства

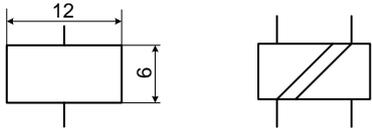
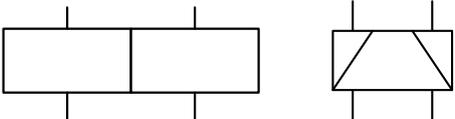
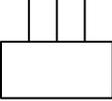
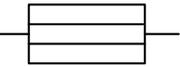
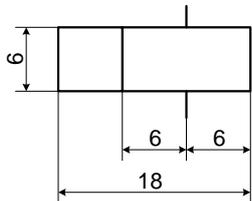
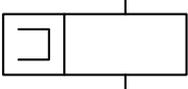
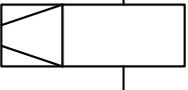
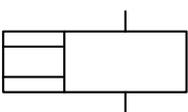
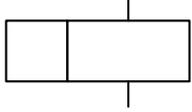
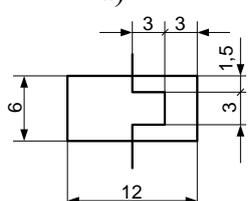
М 2:1

<p>а) <math>30^\circ</math> 6 б) <math>30^\circ</math> 3 5 6</p>	<p>SA Q</p>	<p>а) Замыкающий контакт б) Переключающий контакт в силовых цепях</p>
<p>R 2,5 7 1,5</p>	<p>SBS</p>	<p>а) Контакт замыкающий с замедлителем при сбрасывании б) при срабатывании и возврате</p>
<p>7</p>	<p>SB QN</p>	<p>Кнопочный контакт Короткозамыкатель</p>
	<p>QS QR</p>	<p>Выключатель-разъединитель Отделитель</p>
	<p>QK</p>	<p>Замыкающие контакты без самовозврата</p>
	<p>SB</p>	<p>Контакт автоматического срабатывания в цепях управления</p>
<p>10</p>	<p>Q</p>	<p>Контакт дугогасительный Высоковольтный выключатель (масляный)</p>
	<p>QS QF</p>	<p>Контакт разъединителя Выключатель автоматический в силовых цепях</p>

## Условные графические обозначения в энергетических схемах

	M	<p>Машина энергетическая:</p> <p>а) - ротор</p> <p>б) – статор</p>
	L LR	<p>а) Катушка индуктивности, дроссели</p> <p>б) Дроссель с ферромагнитным сердечником</p> <p>в) Реактор</p>
	T TA	<p>а) Трансформатор однофазный с ферромагнитным сердечником</p> <p>б) Трансформатор тока</p>
	FU	<p>а) Предохранитель плавкий</p> <p>б) Разъединитель предохранителя</p> <p>в) Пробивной предохранитель</p>
	FV	<p>а) Разрядник (общее обозначение)</p> <p>б) Разрядник трубчатый</p>

### Условные графические обозначения воспринимающих частей электроμηχανических устройств

<p>a) </p> <p></p>	К	<p>a) Общее обозначение катушек (реле, пускателей, контакторов)</p>
<p>a) </p> <p>б) </p>	К	<p>a) - Катушка трехфазного тока, б) - Катушка нечувствительная к переменному току</p>
<p>a) </p> <p>б) </p>	К	<p>a) Общее обозначение катушек б) Катушки поляризованных электроμηχανических устройств</p>
<p>a) </p> <p>б) </p>	К	<p>a) - Катушки устройств имеющих блокировку б) Устройства работающие с ускорением</p>
<p>a) </p> <p>б) </p>	К	<p>a) Катушка устройств работающая с заземлением при срабатывании б) Воспринимающая часть электротеплового реле</p>

Образцы графической части дипломных проектов

Осветительная сеть 2 этажа. План. М1:100

Розеточная сеть 2 этажа. План. М1:100

Экспликация помещений

№	наименование	площадь м <sup>2</sup>
1	Санузел	7,5
2	Холл	20,8
3	Кухня	13,5
4	Балкон	31,5
5	Спальня	15,6
6	Спальня	11,9

1. Осветительная и розеточная сети выполняются кабелем ВВГ нг-LS сечением 3x1,5 и 3x2,5 мм<sup>2</sup> соответственно.  
 2. Проводка выполняется: по деревянному потолку скрыто за деревянной обшивкой в заземляемых стальных трубах, по стене из пенобетона в гофрированных ПВХ трубах, скрыто под обшивкой из гипсокартона.  
 3. Нормируемая освещенность достигается за счет местного освещения.

4ЭС	
Электроснабжение жилого дома, расположенного по адресу: г. Смоленск, ул. XXXXXX	
Стадия	Лист
ЧП	2
Листов	
3	

Внутренние электрические сети.	Электро Проект Смоленск
--------------------------------	-------------------------

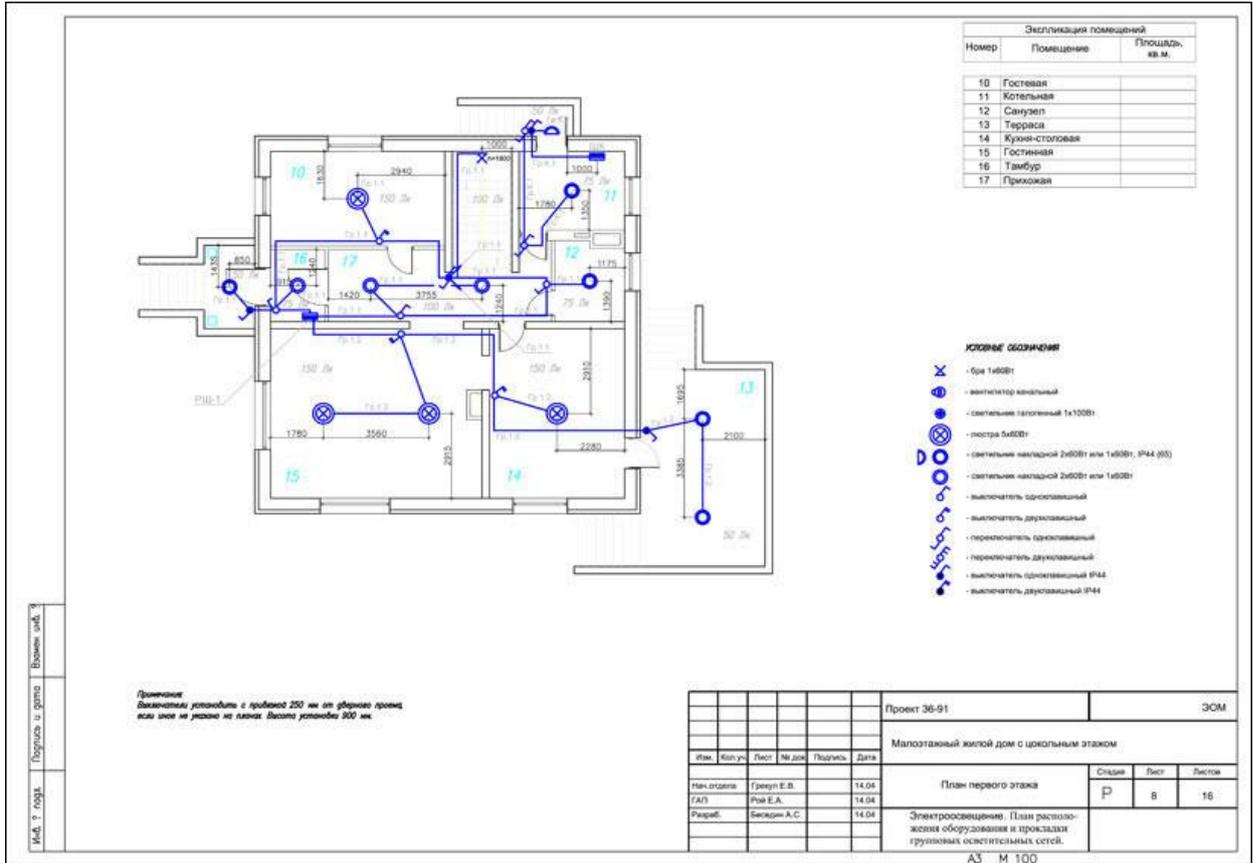
Проектные работы по электроснабжению

<http://elect-proect.web-box.ru/>

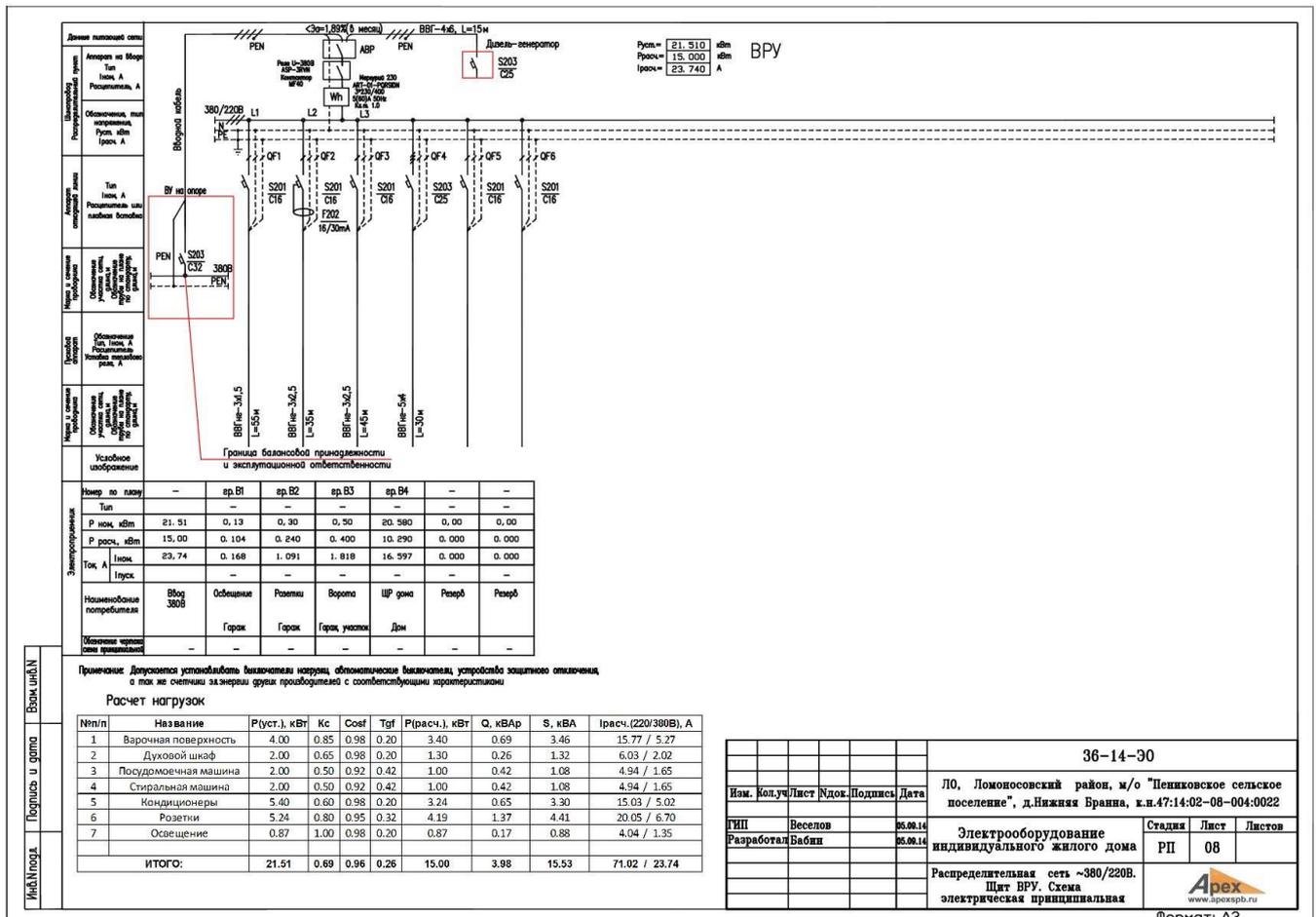
[elect.proect@yandex.ru](mailto:elect.proect@yandex.ru)

тел. +7(915)645 73 89

Имя, № гос. зап.	Дата и время	Время	Лист	Листов	
------------------	--------------	-------	------	--------	--



Приложение Б



## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

08.02.09

№№ п/п	Наименование тем
1	Проект электроснабжения завода (металлургический, механический, станкостроительный, строительных материалов, инструментальный, машиностроительный, ткацкие, трикотажные фабрики, мясокомбинаты, молокозаводы, хлебозаводы и т.д.)
2	Проект электроснабжения объекта (теплоцентраль, площадки, аэропорт, склад, монтажно-испытательный корпус, котельная, автобаза, гараж, земснаряд, автозаправочная станция, пожарное депо, угольная шахта, типография, издательства, районная электрическая сети, ремонтная база и т.д.)
3	Проект электроснабжения цеха (механического, штамповочного, электромеханического, котельного, турбинного, ремонта автомобилей, лесопильный, мастерские СТО)
4	Ионтаж, наладка и эксплуатация ГПП -110/35/10 (( 110/35/6, 110/10, 35/10, 35/6, 220/110/10, 220/110/6, 220/35/10, 220/35/6 )кВ
5	Проект электроснабжения компрессорной станции
6	Монтаж, наладка и эксплуатация ТП-10/0,4 (6/0,4) кВ
7	Монтаж, наладка и эксплуатация КТП -10/0,4 (6/0,4) кВ
8	Проект воздушной линии электропередач напряжением 220(110, 35) кВ
9	Проект воздушной линии электропередач напряжением 10(6, 0,4) кВ
10	Проект кабельной линии электропередач напряжением 10(6, 0,4) кВ
11	Проект электроснабжения насосной станции
12	Проект электроснабжения административных зданий (узел связи, телецентр, база, заводоуправление, администрация и т.д.)
13	Проект электроснабжения детского сада (школы)
14	Проект электрического освещения гражданских зданий
15	Проект электрического освещения административных зданий
16	Проект электрического освещения детского сада (школы)
17	Проект электрического освещения цеха (механического, штамповочного, электромеханического, турбинного, ремонта автомобилей, механосборочный)
18	Проект осветительной сети электрического освещения насосной (компрессорной) станции
19	Проект электроснабжения жилого дома (газофицированного, электрофицированного)
20	Проект электроснабжения больничного комплекса (госпиталя, диспансера, больницы)
21	Проект электроснабжения микрорайона (жилого массива, поселка городского типа)
22	Проект электроснабжения собственных нужд ГПП 110/6 (ТЭЦ, РП-6-10 кВ)
23	Проект наружного освещения объекта (теплоцентраль, площадки, аэропорт, склад, монтажно-испытательный корпус, котельная, автобаза, гараж, земснаряд, автозаправочная станция, пожарное депо, угольная шахта, типография, издательства, районная электрическая сети, ремонтная база и т.д.)
24	Проект наружного освещения завода (металлургический, механический, станкостроительный, строительных материалов, инструментальный, машиностроительный, ткацкие,

	трикотажные фабрики, мясокомбинаты, молокозаводы, хлебозаводы и т.д.)
25	Проект наружного освещения микрорайона (жилого массива, поселка городского типа)
26	Проект электрооборудования мостового крана (кран-балки, модели мостового крана)
27	Проект электрооборудования лифта
28	Проект электрооборудования металлообрабатывающего станка (пресса, штампа)(
29	Проект электрооборудования автоматизированного электропривода насосной установки( компрессорной установки, воздухоудвки, поточно- транспортной системы)
30	Проект электрооборудования автоматизированной электротермической установки
31	Проект электрооборудования автоматизированной электросварочной установки
32	Проект электрооборудования автоматизированной поточно- транспортной системы

### Образец заполнения дипломного задания

ТЕМА : Проект электроснабжения завода и электрооборудование подстанции

Исходные данные: План завода с перечнем электрооборудования, его номинальными мощностями или перечень цехов завода с его номинальными, установочными мощностями. Источники питания завода. Тип грунта. Отрасль промышленности.

#### ВВЕДЕНИЕ

#### 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика потребителей электроэнергии и определение категории электроснабжения.

1.2. Выбор схемы электроснабжения завода.

#### II РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Расчет электрических нагрузок по цехам и по заводу.

2.2. Расчет и выбор мощности трансформаторов цеховых подстанций 6/0,4 кВ.

2.3. Расчет и выбор мощности трансформаторов на ГПП .

2.4. Выбор принципиальной электрической схемы ГПП (ТП)

2.5. Расчет токов короткого замыкания ( на ГПП; ТП).

2.6. Выбор основного оборудования (ГПП, ТП) с учетом действия токов короткого замыкания.

2.7. Расчет и выбор питающей сети завода по допустимому нагреву электрическим током, проверка на потерю напряжения.

2.8. Расчет заземления (ГПП, ТП, цеха).

## III ОРГАНИЗАЦИОННО-

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Ведомость объемов ЭМР

3.2. Рекомендации по технологии производства ЭМР.

3.3. Ведомость изделий и работ в МЭЗ.

3.4. Перечень нормокомплектов, инструментов, приспособлений и механизмов

3.5. Перечень изделий и материалов.

3.6. Организация материально-технической комплектации.

3.7. ТК на монтаж ЭО.

3.8. ТК на наладку ЭО.

3.9. Контроль качества выполненных ЭМР и ПНР.

3.10. Организация сдачи-приемки выполненных ЭМР и ПНР.

3.11. Организация эксплуатации ЭО.

## IV. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

## V. ОХРАНА ТРУДА

## VI. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
2. ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основные надписи
3. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие правила к текстовым документам
4. ГОСТ 2.106-68 ЕСКД. Текстовые документы
5. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Общие требования к чертежам
6. ГОСТ 2.32-91 ЕСКД. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу.
7. Ганенко А.П., Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов/ Ганевский А.П., Миловская Ю. В, Лапсарь М. .И.- М.: Изд. Центр Академия, Изд. 2-е.-2000.- 352с.
8. Государственные экономические стандарты и нормы на монтаж оборудования, ГЭСНм, Сборники №8, №33; 2001.

9. Грузинов В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 1997.
10. Кнорринг Г.М. Проектирование электрического освещения, М: Энергия, 2000,- 383 с.
11. Коновалов Л.А., Рожков Л.Д. Электроснабжение предприятий и гражданских зданий, М:, Энергоиздат, 2001.
12. Липкин Б.Ю. Энергоснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий, М: Высшая школа, 2000.
13. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, М:, Энергоатамиздат 2003.
14. Требования к разработке методических указаний для студентов по выполнению курсовой работы (проекта). – М.: Издательский отдел НМЦ СПО, 2000. – 16 с.
15. Федеральные единые расценки на монтаж оборудования, ФЕРм, Сборники №8, №33; 2001 г.
16. Шеховцов В.П Расчет и проектирование ОУ и электроустановок предприятий

