

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭТ
_____ А.О. Прокубовская
« _____ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Идентификационный код ВКР: 539

Исполнитель:
студент(ка) группы ЗЭС-404С _____ С.М. Неволин

Руководитель:
ст. преподаватель кафедры ЭТ _____ Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:
ст. преподаватель кафедры ЭТ _____ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 50 листах печатного текста, содержит 40 формул, 10 таблиц, 4 рисунка, 30 источников литературы, а также 5 приложений.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ОСВЕЩЕНИЕ, ОХРАНА ТРУДА, РАСЧЕТ НАГРУЗОК, АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ, РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ.

Неволин С. М. Модернизация системы электроснабжения производственного цеха с применением энергоэффективных технологий: выпускная квалификационная работа/ С. М. Неволин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. Энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 50 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Модернизация системы электроснабжения производственного цеха с применением энергоэффективных технологий».

2. Цель работы: разработка проекта модернизации системы электроснабжения ремонтно-механического цеха.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен расчет электрических нагрузок, выбраны провода и кабельные линии для внутренних электропроводок, произведен расчет и выбор электротехнических устройств, выполнен сравнительный анализ трансформаторов и осветительных приборов, произведен расчет заземляющего устройства.

4. В работе выбрано современное энергоэффективное и безопасное оборудование, для обеспечения необходимой степени надежности системы энергоснабжения.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА | 6 |
| 1.1 Характеристика потребителей электроэнергии, вводимых в эксплуатацию в цехе | 6 |
| 1.2 Описание однолинейной электрической схемы | 11 |
| 1.3 Выбор электротехнического оборудования | 12 |
| 1.4 Экономическое обоснование проекта..... | 20 |
| 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ | 24 |
| 2.1 Расчет электрического освещения | 24 |
| 2.2 Расчет электрических нагрузок | 29 |
| 2.3 Компенсация реактивной мощности..... | 32 |
| 2.4 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов | 34 |
| 2.5 Инструкция по выполнению требований электробезопасности при работе с электроустановками..... | 45 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 47 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 48 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А..... | 51 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 59 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г..... | 66 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д..... | 67 |

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях постоянного повышения цен на энергоресурсы экономия электроэнергии становится неотъемлемой частью энергетической политики производственных предприятий. Эта экономия может быть достигнута за счет применения энергоэффективных технологий и современного оборудования, а также за счет повышения уровня эксплуатации и технического обслуживания оборудования, уменьшения потерь в системе электроснабжения и электроприемниках, снижения электрических мощностей в часы максимума нагрузки на энергосистему. В настоящем проекте для производственного цеха необходимо выбрать энергосберегающее электрооборудование: устройства освещения на основе *LED* технологии, современные трансформаторы, компенсирующие устройства для минимизации потерь в электрических сетях цеха.

Объектом исследования является система электроснабжения ремонтно-механического цеха промышленного предприятия.

Предметом исследования является электрооборудование рассматриваемого цеха.

Цель работы – разработка проекта модернизации системы электроснабжения ремонтно-механического цеха.

Задачи данной выпускной квалификационной работы:

- 1) выполнить модернизацию действующей трансформаторной подстанции, то есть выбрать оптимальную мощность трансформаторов, что позволит обеспечить необходимую степень надежности новой системы электроснабжения;
- 2) выбрать энергоэффективные источники освещения;
- 3) рассчитать освещенность помещения цеха и количество источников света;

- 4) выполнить расчет электрических нагрузок цеха;
- 5) рассчитать и выбрать быстродействующие средства компенсации реактивной мощности;
- 6) выбрать рациональные сечения кабелей и проводов, защитную аппаратуру и оптимизировать режимы работы электрооборудования.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

1.1 Характеристика потребителей электроэнергии, вводимых в эксплуатацию в цехе

В модернизируемом цехе выпускается измерительное оборудование. Кроме этого производится изготовление и ремонт узлов и деталей любой сложности (болты, гайки и наконечников систем насадок на трубы из стали, алюминия, дюралюминия), запасные части, деталей для нестандартного оборудования. Выполняются работы на станках с ЧПУ по металлообработке сложнопрофильных деталей, механическая и гальваническая обработка деталей.

Потребителями электроэнергии являются:

- технологическое и инженерно-техническое оборудование;
- устройства пожарной сигнализации;
- персональные компьютеры.

По степени надежности электроснабжения электроприемники механического производства относятся ко второй категории. Согласно ПУЭ ремонтно-механический (инструментальный) цех относится к классу пожароопасности П-III. Зоны класса П-III расположены вне помещения зон, в которых обращаются горючие жидкости или твердые горючие вещества. Помещение цеха не относится к взрывоопасным, так как в нем отсутствуют взрывоопасные смеси горючих газов или паров легковоспламеняющей жидкости (ЛВЖ) с воздухом.

Питание цеха выполнено линией напряжением 6 кВ. Для внутрицеховых электросетей наибольшее распространение имеет напряжение 380/220В, основным преимуществом которого является возможность совместного питания силовых и осветительных электроприемников. Так как номинальное напряжение электроприемников 380 В, то уровень питающего напряжения внутри цеха принят 380/220В.

Для электроснабжения рассматриваемого цеха наиболее оптимальным считается выбор смешанной радиально-магистральной схемы. Она характеризуется тем, что от источника питания (трансформаторной подстанции), отходят линии, питающие непосредственно отдельные распределительные пункты и шинопроводы, от которых самостоятельными линиями питаются более мелкие электроприемники. Радиально-магистральная схема обеспечивает необходимую надежность питания отдельных потребителей, так как аварии локализуются действием автоматического выключателя поврежденной линии и не затрагивают другие линии.

Все потребители могут потерять питание только при повреждении на сборных шинах ТП, что весьма маловероятно.

По напряжению электроприемники разделяют на низковольтные и высоковольтные. Низковольтные – напряжение их составляет до 1000 В, и высоковольтные – напряжением более 1000 В. Все электрооборудование в цехе относится к потребителям низкого напряжения, так как все установки работают от сети 220/380 В.

По роду тока различают электроприемники работающие от:

- сети переменного тока нормальной частоты 50 Гц;
- сети переменного тока повышенной или пониженной частоты;
- сети постоянного тока.

В ремонтно-механическом цехе все электроприемники работают от сети переменного тока нормальной частоты 50 Гц.

По мощности электроприемники различают: малой мощности – до 10 кВт; средней мощности – до 100 кВт.

По режиму работы электроприемники цеха делятся на две группы:

- с продолжительным режимом работы (режим, в котором электрические машины работают длительное время, при этом не перегреваются). В данном цехе в продолжительном режиме работают такие установки как станки, камера

нагрева, вентиляторы, прессы, электроводонагреватели, ножницы гильотиновые;

- с повторно-кратковременным режимом (режим, в котором рабочие периоды работы чередуются с периодами пауз, а длительность всего цикла не превышает десяти минут). В цехе в этом режиме работают различные кран-балки.

В связи с устареванием токарно-фрезерных, координатно-расточных, вертикально-сверлильных станков производственного цеха, было принято решение об обновлении устаревшего оборудования на новое с технологией ЧПУ (числовое программное управление). Помимо этого, для усовершенствования технологического процесса в цех вводится оборудование лазерной резки, кабина окрасочная, линия полимерно-порошкового окрашивания и т.д. Перечень оборудования приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень электрического оборудования

| № группы | Наименование ЭО | Ток, А | P, кВт | Кол-во, шт. |
|---------------------|--|--------|--------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1.1 | Кабина окрасочная | 2.2 | 5 | 1 |
| 1.2 | Шкаф сушильный | 38.8 | 25 | 1 |
| 1.3 | Линия полимерно-порошкового окрашивания | 71.5 | 40 | 1 |
| 1.4;1.5;5.11 | Электроводонагреватель «ATMOR IN LINE» | 18.6 | 12 | 3 |
| 1.6;5.16;3.11 | Электроводонагреватель «Аристон» | 5.6 | 1.2 | 3 |
| 1.7;3.8;4.4; 9.7 | Технологический резерв для подключения стационарного станочного оборудования | 9 | 5 | 6 |
| 1.8;1.9 | Компрессор | 13.4 | 7.5 | 2 |
| 1.10;4.1б;4.2а;4 | Станок настольно-сверлильный | 1.8 | 0.75 | 4 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|--|------|-------|---|
| 2.1 | Станок токарно-револьверный с ЧПУ | 53.7 | 30 | 1 |
| 2.2 | Станок координатно-расточной | 14.3 | 8 | 1 |
| 2.3 | Станок фрезерный с ЧПУ | 14.3 | 8 | 1 |
| 2.4 | Станок координатно-расточной | 14.1 | 7.9 | 1 |
| 2.5 | Фрезерный обрабатывающий с ЧПУ | 62.6 | 35 | 1 |
| 2.6;3.9 | Электроинструмент | 15.2 | 3 | 2 |
| 3.1 | Станок точильно-шлифовальный ТШ-3 | 7 | 3 | 1 |
| 3.2 | Станок заточной | 3.6 | 1.8 | 1 |
| 3.2а | Станок заточной для фрез | 1.2 | 0.5 | 1 |
| 3.4 | Станок заточной | 1.9 | 0.8 | 1 |
| 3.6 | Станок ленточно-шлифовальный | 5.1 | 2.5 | 1 |
| 3.7 | Станок точильно-шлифовальный | 4.5 | 2.2 | 2 |
| 4.1 | Станок резьбонарезной до М6 | 1.3 | 0.55 | 1 |
| 4.1а | Станок резьбонарезной до М4 | 1.3 | 0.55 | 1 |
| 4.2 | Лобзик настольный электрический | 1.6 | 0.7 | 1 |
| 4.3а | Станок настольный-сверлильный | 1.8 | 0.75 | 1 |
| 4.5 | Станок напольный сверлильный | 1.8 | 0.75 | 1 |
| 4.8 | кулер | 3 | 0.625 | 1 |
| 5.1 | Шкаф вытяжной | 6.1 | 3 | 1 |
| 5.2 | Установка обезжиривающая «Эколайн» | 12.5 | 7 | 1 |
| 5.4 | Агрегат выпрямительный на анодирование | 16.2 | 9.6 | 1 |
| 5.5 | Агрегат выпрямительный | 8.1 | 4.8 | 1 |
| 5.6;5.6а;5.8 | Агрегат выпрямительный | 4.9 | 2.88 | 3 |
| 5.7 | Агрегат выпрямительный | 1 | 0.6 | 1 |
| 5.9 | Ванна гальваническая | 0.14 | 0.005 | 6 |
| 5.10 | Установка очистки сточных вод | 5.1 | 2.5 | 1 |
| 5.12-5.15 | Нагревательный элемент ванны | 9.3 | 6 | 4 |
| 6.1 | Агрегат сварочный | 0.9 | 0.3 | 1 |
| 6.2 | Установка контактной сварки | 95 | 50 | 1 |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|--|------|-----|---|
| 6.3 | Агрегат газосварочный электролизный | 10.9 | 3.6 | 1 |
| 6.4 | Установка сварочная | 15,2 | 5 | 1 |
| 6.5;6.6 | Сварочный пост | 10 | 1.1 | 2 |
| 6.7 | Сварочный пост | 8.3 | 1.1 | 1 |
| 7.1 | Пресс гидравлический | 13.4 | 7.5 | 1 |
| 7.2 | Пресс-ножницы комбинированные | 6.1 | 3 | 1 |
| 7.3 | Станок радиально-сверлильный | 6.1 | 3 | 1 |
| 7.3а | Станок отрезной | 4.5 | 2.2 | 1 |
| 7.3б | Станок отрезной ленточнопильный | 5.3 | 2.6 | 1 |
| 7.4 | Ножницы листовые | 6.5 | 3.2 | 1 |
| 7.5 | Ножницы кривошипные | 13.4 | 7.5 | 1 |
| 7.6 | Ножницы гильотиновые | 11.1 | 5.5 | 1 |
| 7.7 | Кран мостовой Q=3,2т | 8.1 | 4.5 | 1 |
| 7.8 | Пресс однокривошипный | 7.2 | 4 | 1 |
| 7.9 | Камера струйной очистки | 7.2 | 4 | 1 |
| 7.10 | Розеточная сеть | 15.2 | 3 | - |
| 8.1 | Станок вертикально-фрезерный | 23.3 | 13 | 1 |
| 8.2 | Станок круглошлифовальный | 9.3 | 5.2 | 1 |
| 8.3 | Станок вертикально-фрезерный | 13.4 | 7.5 | 1 |
| 8.4 | Станок вертикально-сверлильный | 7.2 | 4 | 1 |
| 8.5 | Станок плоскошлифовальный | 13.4 | 7.5 | 1 |
| 8.6 | Пресс кривошипный | 9.8 | 5.5 | 1 |
| 8.7 | Центр ультразвуковой фрезерный обрабатывающий | 7.2 | 4 | 1 |
| 8.8;8.9 | водогрязепылесос | 12.2 | 2 | 2 |
| 8.11 | Станок гравировально-фрезерный | 3.7 | 1.8 | 1 |
| 9.1;9.1а | Станок токарный | 7.2 | 4 | 2 |
| 9.2 | Станок токарно-винторезный | 20 | 11 | 1 |
| 9.3 | Станок токарно-винторезный | 11.8 | 6.6 | 1 |
| 9.4 | Станок токарный | 16.1 | 9 | 1 |

1.2 Описание однолинейной электрической схемы

Электроснабжение реконструируемого производственного корпуса ремонтно-механического цеха осуществляется от существующей трансформаторной подстанции ТП-14. Трансформаторная подстанция служит для питания силовой и осветительной нагрузок корпуса.

На подстанции установлены два трансформатора ТМ-250-6/0,4 кВ мощностью 250 кВА, которые комплектуется разъединителями РВР-III-10/2000. Защита трансформаторов осуществляется в «голове» питающих линий.

Распределительное устройство 0,4 кВ выполнено двухсекционным, секционированным разъединителем РВР-III-10/2000.

От автоматических выключателей $QF4$, $QF6$, $QF7$, $QF8$, запитываются ВРУ1 и ВРУ2 (вводно-распределительные устройства) отходящими автоматическими выключателями: с ВРУ-1 И ВРУ-2 для питания щитов освещения ($QF20, QF27$), для питания силовых щитов ($QF19$, $QF15$, $QF17$, $QF26$).

От автоматических выключателей $QF16$, $QF25$ питание подается на шинопроводы распределительные ШР-1, 2, которые комплектуются вводными автоматическими выключателями $QF32$, $QF38$ и отходящими автоматическими выключателями, от которых запитываются электроприемники цеха.

Трансформаторы тока ТА1,2,3,4 предназначены для подключения к ним измерительных приборов (счетчики активной мощности).

От автоматических выключателей $QF18$, $QF21$, $QF28$, питание получают двигатели приточно-вытяжной вентиляции.

Для подключения распределительных пунктов, шинопроводов и электроприемников используются кабели марки ВВГнг-LS и провода марки ПВЗ. Однолинейная схема приведена в приложении В.

1.3 Выбор электротехнического оборудования

1.3.1 Сравнительный анализ силовых трансформаторов

Трансформатор – это электромагнитное устройство, которое предназначено для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений) переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты.

По типу силовые трансформаторы делятся на две разновидности: сухой и с жидким диэлектриком (маслом). Как правило, трансформаторы с жидким диэлектриком более эффективные, чем сухие и имеют более продолжительный срок эксплуатации. Примеры трансформаторов приведены на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 – Внешний вид трансформатора марки ТМ-400/6-0,4



Рисунок 2 – Внешний вид трансформатора марки ТСЛ-400/6-0,4

Преимущества сухих трансформаторов:

- экологическая безопасность (отсутствие масла исключает возможность загрязнения окружающей среды при утечке, не выделяются едкие и токсичные газы при горении);
- не требуют дополнительных мер противопожарной безопасности в месте установки;
- устойчивость к воздействию влаги и сырости;
- низкий уровень шума и вибрации;
- снижены эксплуатационные расходы, т.к. не требуется периодическая проверка и диэлектрической жидкости.

Недостатки:

- меньшая перегрузочная способность;
- низкая ремонтпригодность.

Достоинства масляных трансформаторов:

- ремонтпригодность;
- гибкость характеристик – возможно изготовление малошумных, морозостойких, сейсмостойких, экономичных трансформаторов с

уменьшенными потерями, а также трансформаторов в гофробаке, с нестандартными параметрами. Широкий выбор схем соединения обмоток;

- меньшие операционные потери;
- продолжительный срок эксплуатации;
- очень низкое реактивное сопротивление, по сравнению с сухими аналогами с воздушной изоляцией.

Недостатки:

- применение дополнительных мер противопожарной безопасности;
- наличие масла как охлаждающей среды негативно влияет на экологию (утечка масла при потере герметичности бака);
- дополнительные затраты на утилизацию отработавшего мала.

Произведем сравнение сухого и масляного трансформатора по экономическим показателям.

Принимаем мощность трансформатора 400 кВА. Технические характеристики трансформаторов занесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Технические характеристики силовых трансформаторов

| Тип трансформатора | $\Delta P_{x.x}$, кВт | $\Delta P_{к.з}$, кВт | i_0 , % | u_k , % | Цена, руб. |
|--------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|------------|
| ТМ-400/6-0,4 | 830 | 5500 | 1,8 | 4,5 | 224 550,00 |
| ТСЛ-400/6-0,4 | 900 | 2870 | 1,8 | 4 | 630 000,00 |

Определяем потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta P = (\Delta P_{x.x} + K_{И.П} \cdot S_{тр-ра} \cdot \frac{i_0}{100}) + K_3^2 \cdot (\Delta P_{к.з} + K_{И.П} \cdot S_{тр-ра} \cdot \frac{u_k}{100}), \quad (1)$$

где $\Delta P_{x.x}$ – потери мощности холостого хода, кВт;

$\Delta P_{к.з}$ – потери мощности короткого замыкания, кВт;

i_0 – ток холостого хода, %;

u_k – напряжение короткого замыкания, %;

K_3 – коэффициент загрузки;

$K_{и.п}$ – коэффициент изменения потерь, принимается равным 0,1;

$$\Delta P_1 = 3,53 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_2 = 2,31 \text{ кВт}.$$

Определяем годовые потери энергии в трансформаторах:

$$\Delta W = \Delta P \cdot n \cdot T, \quad (2)$$

где ΔP – потери активной мощности в трансформаторе, кВт;

n – количество трансформаторов;

T – время работы трансформаторов в год, час, шт;

$$\Delta W_1 = 3,53 \cdot 2 \cdot 2000 = 14120 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

$$\Delta W_2 = 2,31 \cdot 2 \cdot 2000 = 9240 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

Определяется стоимость годовых потерь:

$$C_{г} = \Delta W \cdot c, \quad (3)$$

где ΔW – мощность годовых потерь энергии в трансформаторах, кВт·ч;

c – стоимость энергии за 1 кВт·ч, руб;

$$C_{1г} = 14120 \cdot 3,11 = 43913,2 \text{ руб};$$

$$C_{2г} = 9240 \cdot 3,11 = 28736,4 \text{ руб}.$$

Капитальные затраты на приобретение и монтаж трансформаторов:

$$K_з = C_{т} \cdot n, \quad (4)$$

где $C_{т}$ – номинальная стоимость трансформатора на момент установки или монтажа;

n – количество трансформаторов, шт;

$$K_{1з} = 224550 \cdot 2 = 449100 \text{ руб};$$

$$K_{2з} = 630000 \cdot 2 = 1260000 \text{ руб}.$$

Определяем приведенные годовые затраты:

$$Z_{г} = 0,15 \cdot K_з + C_{г} \text{ руб}, \quad (5)$$

где $K_з$ – капитальные затраты на приобретение и монтаж трансформаторов;

$C_{г}$ – стоимость годовых потерь, руб;

$Z_{1r} = 111278,2$ руб;

$Z_{2r} = 217736,4$ руб.

В результате проведения технико-экономического расчета установлено, что целесообразнее в трансформаторной подстанции модернизируемого цеха установить два масляных трансформатора ТМ-400/6-0,4.

1.3.2 Выбор светильников для помещений цеха

При выборе источников освещения необходимо учитывать современное состояние развития науки и техники и применять инновационное оборудование. В разрабатываемом проекте предлагается использовать для искусственного освещения светодиодные (*LED*) источники света.

Необходимо рассмотреть и сравнить светодиодный светильник и традиционную лампу ДРЛ, которые необходимо применить для освещения токарно-фрезерного участка, где предъявляются повышенные требования к цветопередаче.

Подвесной потолочный светодиодный светильник *LE-СПО-11-100-0409-54Д* представлен на рисунке 3. Характеристики светильника представлены в таблице 3.



Рисунок 3 – Внешний вид светодиодного светильника типа Эффект *LE-СПО-11-100-0409-54Д*

Таблица 3 – Параметры светильника

| Параметр | Характеристика |
|------------------------------|---------------------------------|
| Производитель | ЛЕД-Эффект |
| Артикул | LE-СПО-11-100-0409-54Д |
| Мощность | 115 Вт |
| Светоотдача | 9100 лм |
| Аналогичная лампа ДРЛ | ~250 Вт |
| Свет | 3700-4800К нейтральный белый |
| Угол рассеивания света | 120° |
| Питание | 220 В, 50 Гц |
| Рабочий диапазон температуры | -10 ... +45 °С |
| Размер светильника | 1027x132x156 мм |
| Тип крепления | Универсальный |
| Степень защиты | IP54 |
| Материал | металлический сплав |
| Цветовое решение | белый |
| Срок службы | 50 000 ч |
| Гарантия | 3 года |
| Цена | 7650 руб. |

Подвесной потолочный ДРЛ светильник представлен на рисунке 4. Характеристики светильника представлены в таблице 4.



Рисунок 4 – Внешний вид светильника с лампой типа ДРЛ РСР 05-250-01

Таблица 4 – Характеристики светильника с лампой типа ДРЛ

| Параметр | Характеристика |
|------------------------|---------------------|
| Производитель | АСТЗ |
| Артикул | РСП 05-250-01 |
| Мощность | 250 Вт |
| Светоотдача | 13000 лм |
| Свет | 3800-К |
| Угол рассеивания света | 120° |
| Питание | 220 В, 50 Гц |
| Размер светильника | 369x425 |
| Тип крепления | Подвесной |
| Степень защиты | IP54 |
| Материал | металлический сплав |
| Цветовое решение | белый |
| Срок службы | 12000 ч |
| Гарантия | 1 год |
| Цена | 1900 руб. |

Рассчитаем затраты на электроэнергию, потребляемую светильниками на токарно-фрезерном участке.

Светодиодные светильники

Энергопотребление 115 Вт·ч.

Время работы – 8 часов.

Энергопотребление одного светильника за смену 920 Вт·ч.

Энергопотребление 9-ти светильников за смену – 8,28 кВт·ч.

Годовое энергопотребление – 2045,16 кВт·ч.

Найдем годовые затраты на освещение по формуле:

$$Z_{\text{осв}} = P_{\text{год}} \cdot T, \quad (6)$$

где $Z_{\text{осв}}$ – затраты на освещение за год, руб;

$P_{\text{год}}$ – потребляемая энергия за год, кВт;

T – тариф на электроэнергию, $T=3,11$ руб;

$$Z_{\text{осв}} = 2045,16 \cdot 3,11 = 6360,45 \text{ руб.}$$

ДРЛ светильники

Энергопотребление 250 Вт·ч.

Время работы – 8 часов.

Суточное энергопотребление одного светильника 2 кВт·ч.

Суточное энергопотребление 9-х светильников – 18,0 кВт·ч.

Годовое энергопотребление – 4446 кВт·ч.

Тогда по формуле (6) годовые затраты на освещение составят:

$$Z_{\text{осв}} = 4446 \cdot 3,11 = 13827,06 \text{ руб.}$$

Расходы на проведение замены ДРЛ ламп на протяжении года:

- среднее количество замен – 6;
- стоимость одной лампы (в среднем) – 200 руб;
- средняя стоимость замены – 1000 руб;
- стоимость утилизации за одну лампу. – 30 руб.

Разница в стоимости ламп:

$$\Delta C_{\text{л}} = 7650 - 1900 = 5750 \text{ руб.}$$

Ежегодная экономия от замены одной ДРЛ лампы на LED-лампу:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 13827,06 - 6360,45 = 7466,61 \text{ руб.}$$

Суммарная ежегодная экономия средств при переходе на LED-лампы:

$$\mathcal{E}_{\text{сум.г}} = 7466,61 + 7200 = 14666,61 \text{ руб.}$$

Проведенное сравнение подтверждает, что наиболее рациональным будет решение о принятии к установке светодиодного светильника LE-СПО-11-100-0409-54Д.

1.4 Экономическое обоснование проекта

1.4.1 Расчет затрат на модернизацию системы электроснабжения

Обеспечение продукции высокого качества требует усовершенствования технической базы производства, разработки и внедрения передовых технологических решений и производства. Новые технологии и производственные процессы должны быть не только технически совершенными, но и экономически выгодными. Для успешного решения этой задачи является модернизация и дальнейшее расширение механизации и автоматизации технологических и производственных процессов.

Разработка и внедрение новых технических проектов требуют значительных капитальных вложений на всех стадиях жизненного цикла производства.

В модернизируемом цехе производится мелкосерийный выпуск измерительного оборудования, изготовление и ремонт узлов и деталей любой сложности (болты, гайки и наконечников систем насадок на трубы из стали, алюминия, дюралюминия) запасные части, деталей для нестандартного оборудования, а также предоставляет услуги (металлообработка с ЧПУ сложнопрофильных деталей, механическая и гальваническая обработка деталей).

1.4.2 Экономическое обоснование модернизации

Основанием для выбора исходных данных, необходимых для расчета экономической эффективности, является технико-экономическая характеристика действующего и нового оборудования.

Экономическая эффективность определяется на основании следующих показателей, поддающихся количественному измерению и денежной оценке:

- годовой выпуск продукции;

- себестоимость продукции;
- затраты, необходимые для осуществления технического мероприятия;
- производительность труда (выработка продукции на одного рабочего или высвобождение рабочих);
- удельный расход сырья, материалов, топлива, энергии;
- улучшение качества продукции (сортность, количество брака и т.п.).

Снижение себестоимости является основным источником дополнительной прибыли предприятий. В цехе основные пути снижения себестоимости продукции следующие:

- улучшение использования сырья, материалов, топлива, энергии, сменного оборудования и инструмента, то есть снижение удельных норм расхода;
- улучшение использования производственных мощностей, установленных агрегатов и другого оборудования;
- повышение качества продукции;
- рост производительности труда;
- повышение степени использования отходов, возвратов и побочной продукции;
- совершенствование организации производства и управления.

1.4.3 Расчет затрат на электроснабжение ремонтно-механического цеха

В таблице Б.1 приложения Б приведена таблица затрат на покупку необходимого электрооборудования.

Определяем затраты на монтажные работы для силового трансформатора.

Определяем среднечасовую тарифную ставку $t_{\text{ср.час}}$, руб.:

$$t_{\text{ср.час}} = \frac{\sum t_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (7)$$

где t_i – часовая тарифная ставка рабочего i – того разряда, руб.;

n_i – количество рабочих по i – тому разряду;

$$t_{\text{ср.час}} = \frac{141,05 + 122,73 + 99,37}{3} = 121,05 \text{ руб.}$$

Определяется заработная плата за единицу:

$$C_{\text{зп}} = T_{\text{шт}} \cdot t_{\text{ср.час}} \cdot n, \quad (8)$$

где $T_{\text{шт}}$ – время, затраченное на монтаж, ч.

$$C_{\text{зп}} = 121,05 \cdot 4,7 \cdot 3 = 1706,81 \text{ руб.}$$

Затраты на монтаж остального оборудования рассчитываются аналогично и заносятся в таблицу Б.2 приложения Б.

Определяем затраты на транспортировку электрооборудования. Они составляют 5 % от общих затрат и определяются по формуле:

$$C_{\text{тр}} = \frac{C_{\text{общ}} \cdot 5\%}{100\%}, \quad (9)$$

где $C_{\text{общ}}$ – затраты на покупку необходимого оборудования.

$$C_{\text{тр}} = \frac{1985676,25 \cdot 5}{100} = 99283,81 \text{ руб.}$$

Определяется величина премии, которая будет начисляться за качественное и количественное выполнение работы. Премия начисляется в размере 20% от тарифной ставки по формуле:

$$C_{\text{пр}} = \frac{\sum z_{\text{п}} \cdot 20\%}{100\%}, \quad (10)$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{185324,72 \cdot 20\%}{100\%} = 37064,94 \text{ руб.}$$

Определяем основную заработную плату с уральским коэффициентом:

$$z_{\text{осн}} = (\sum z_{\text{п}} + C_{\text{пр}}) \cdot 1,15, \quad (11)$$

$$z_{\text{осн}} = (185324,72 + 37064,94) \cdot 1,15 = 255748,11 \text{ руб.}$$

Определяем дополнительную заработную плату:

$$z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 255748,11 = 38362,22 \text{ руб.}$$

Цеховые расходы определяются в размере 200% от основной заработной платы по формуле:

$$C_{\text{ц.р.}} = \frac{\sum Z_{\text{п}} \cdot 200\%}{100\%}, \quad (12)$$

$$C_{\text{ц.р.}} = 76724,44 \text{ руб.}$$

Расчет общезаводских расходов. Определяется в размере 250% от основной заработной платы по формуле:

$$Z_{\text{зав}} = \frac{\sum Z_{\text{п}} \cdot 250\%}{100\%}, \quad (13)$$

$$Z_{\text{зав}} = 95905,55 \text{ руб.}$$

Результаты произведенных вычислений сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Затраты на модернизацию

| Статьи затрат | Сумма, руб. |
|---------------------------------|-------------|
| Стоимость оборудования | 1985676,25 |
| Транспортные расходы | 99283,81 |
| Основная заработная плата | 255748,11 |
| Дополнительная заработная плата | 38362,22 |
| Статьи затрат | Сумма, руб. |
| Накладные расходы | 172629,99 |
| Итого | 2551725,13 |

В результате проведенных расчетов определились общие затраты на проведение электромонтажных работ, определена основная и дополнительная заработная плата персонала производившего работы. Составлена смета затрат на покупку и транспортировку электрооборудования, которое необходимо для реализации проекта.

2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчет электрического освещения

Проектом предусматриваются следующие виды освещения:

- рабочее;
- аварийное эвакуационное и безопасности;
- местное;
- ремонтное.

Светильники аварийного (эвакуационного и безопасности) освещения выделяются из числа светильников общего назначения и помечаются специальными знаками – А(э) и А(б) соответственно.

Нормируемая освещенность и значения показателя дискомфорта в помещениях комплекса принята по нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Согласно ведомости отделочных работ стены и потолки выбраны светлых тонов, при которых коэффициенты отражения составляют $\rho_{\text{стен}}=50\%$; $\rho_{\text{потолка}}=70\%$; рабочей поверхности $\rho_{\text{раб}}=30\%$.

В проекте имеются помещения, у которых показатель дискомфорта не регламентируется согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 – это помещения, длина которых не превышает двойной установки светильников над полом.

Выбор минимальной освещенности производится в зависимости от размера объекта, размещения, контраста объекта с фоном и отражающих свойств фона (рабочей поверхности). В производственном цехе это соответствует минимальной освещенности 300 лк для общего освещения и 30 лк для аварийного освещения.

В процессе эксплуатации осветительной установки освещенность снижается из-за загрязнения ламп, уменьшения светового потока источников света в процессе горения и т.д. Поэтому при расчете мощности источника света, которая должна гарантировать нормированное значение освещенности на

рабочих местах в течение всего времени эксплуатации осветительной установки, вводится коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности. Для производственного цеха коэффициент запаса принимается $K_3 = 1,5$.

В качестве основного источника света для рабочего освещения выбираем светодиодные лампы.

К основным положительным качествам осветительных устройств типа *led* можно отнести:

- продолжительный срок эксплуатации (от 50 тыс. до 100 тыс. часов);
- надежность и безопасность использования;
- стойкость к механическим вибрациям;
- компактные размеры;
- экологичность;
- отсутствие внешней пускорегулирующей аппаратуры;
- возможность эксплуатации в условиях повышенной влажности;
- надежный запуск при низких температурах;
- хороший индекс цветопередачи;
- высокая эффективность светового потока.

При системе общего освещения светильники можно размещать над рабочей освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализовано. В нашем случае светильники располагаем равномерно.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности используют метод светового потока (коэффициент использования), учитывающий световой поток лампы Φ , лм.

Расчет по методу коэффициента использования ведется в следующем порядке:

- определяется требуемая нормами освещенность E , лк, для каждого помещения;
- определяется высота подвеса светильника по формуле:

$$H_{\Pi} = h - (hc + hp), \quad (14)$$

где h – высота помещения, м;

hc – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

hp – высота расчетной поверхности над полом, м.

Высота помещения для участка заточных станков и других $h=4$ м; для участков токарно-фрезерного, станков с ЧПУ, линии порошкового окрашивания $h=6$ м.

Для примера расчета берется токарно-фрезерный участок:

$$H_{\Pi} = 6 - (1,2 + 0,8) = 4 \text{ м.}$$

Определяется индекс помещения по формуле:

$$i_n = \frac{S}{H_{\Pi} \cdot (a + b)}, \quad (15)$$

где S – площадь помещения, м²;

H_{Π} – расстояние от светильника до рабочей поверхности, м;

a и b – длина, и ширина помещения, м;

$$i_n = \frac{648}{4 \cdot (12 + 54)} = 2,45.$$

В зависимости от кривой силы светильника, индекса помещения i_n и коэффициентов отражения стен, потолка и рабочей поверхности определяется коэффициентом использования U , %:

$$U=0,881.$$

Определяется коэффициент минимальной освещенности, Z :

$$Z=1.$$

Определяется необходимый поток каждого светильника $\Phi_{л}$, лм, по формуле:

$$\Phi_{л} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot U}, \quad (16)$$

где E – требуемая нормами освещенность, лк;

S – освещаемая площадь, м²;

K_3 – коэффициент запаса;

Z – коэффициент характеризующий неравномерность освещения;

η – коэффициент использования, %.

$$\Phi_{л} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 648 \cdot 1}{0,881 \cdot 36} = 10115 \text{ лм.}$$

Выбираем мощность лампы так, чтобы световой поток выбранной лампы был равен расчетному или незначительно отличался ($\pm 10\%$) от него:

LE-СПО-11-100-0409-54Д P=115, Вт, Фл=9100 лм.

Аналогично рассчитывается количество светильников для всех остальных помещений и необходимые данные результата расчета сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета светильников

| № пом. | Наименование помещения | S, м ² | E, лк | Тип светильника | n, шт | P, Вт |
|--------|-------------------------|-------------------|-------|-------------------------------------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Склад готовой продукции | 15,7 | 75 | LDSP0-1301-20-K03 | 2 | 40 |
| 2 | Венткамера | 33 | 50 | LDBO0-1004-0-11-K01 | 4 | 44 |
| 3 | Сан. узел | 8,1 | 75 | Varton V1-I0-70210-03N00 | 2 | 36 |
| 4.1 | Коридор | 50,7 | 75 | V-A4-861-018-4100K | 5 | 90 |
| 4.2 | Коридор | 17,8 | 75 | LDBO0-1008- 0-16-K03 | 3 | 48 |
| 4.3 | Коридор | 14,8 | 75 | LDBO0-1007-0-12-K03 | 3 | 36 |
| 4.4 | Коридор | 30,7 | 75 | LDBO0-1008- 0-16-K03 | 5 | 80 |
| 4.5 | Коридор | 15,3 | 75 | LDBO0-1008- 0-16-K03 | 3 | 48 |
| 5 | Инструментальная | 43,6 | 300 | КЛАССИКА LE-СПО- 05-040-0151-54Т | 9 | 360 |
| 6 | Сварочный участок | 40 | 300 | КЛАССИКА LE-СПО- 05-040-0151-54Т | 9 | 360 |
| 7 | Заготовительный участок | 126,1 | 300 | LE-СПО-11-100-0409- | 9 | 1035 |

Окончание таблицы 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------|---------------------------------------|----------|-----|---------------------------------|-----|------|
| 8 | Гальванический участок | 132,9 | 300 | ISK 50-03-C-01 | 18 | 900 |
| 9 | Слесарно-сборочный участок | 65,8 | 300 | PRIDE 42Вт LZ-20U-L | 10 | 420 |
| 10 | Токарно-фрезерный участок | 161,6 | 300 | LE-СПО-11-100-0409-54Д | 9 | 1035 |
| 11 | Участок заточных станков | 25,3 | 300 | Айрон-АГРО V-04-850-036-6500K | 4 | 114 |
| 12 | Умывальная | 8,4 | 75 | LDBO0-1004-0-11-K01 | 2 | 22 |
| 12а | Кладовая | 4,1 | 50 | ZKH-C01-10W | 1 | 10 |
| 13 | Координатно-расточной участок | 25,0 | 300 | Айрон-АГРО V-04-850-036-6500K | 4 | 114 |
| 14 | Уч-к станков с ЧПУ | 80 | 300 | LE-СПО-11-0409-54Д | 9 | 1035 |
| 15 | Линия порошкового окрашивания | 41,4 | 300 | LE-СПО-11-100-0409-54Д | 6 | 690 |
| 16 | Участок ТПП | 25,3 | 300 | Айрон-АГРО V-04-850-036-6500K | 4 | 114 |
| 17 | Лакокрасочный участок | 39,1 | 300 | "ВАРТОН" А4-200-036 36 ВТ | 6 | 216 |
| 18 | Ремонтная группа | 31,6 | 300 | LDSP0-1303-40-K03 | 6 | 240 |
| 19 | Коридор | См. план | 75 | КЛАССИКА LE-СПО-05-023-0142-54Д | 1 | 23 |
| 20 | Пом. универсальной сборки приспособл. | 10,3 | 300 | Титан LE-ССП-15-060-0468-65Д | 2 | 120 |
| 21 | Гардеробная мужская | 31,4 | 75 | LDBO0-1004-0-11-K01 | 6 | 66 |
| 22 | Раздевальная | 4,3 | 75 | LDBO0-1008- 0-16-K03 | 1 | 16 |
| 23 | Душевая | 5,9 | 75 | LDBO0-1003-0-8-K01 | 2 | 16 |
| 24 | Санузел мужской | 4,2 | 75 | LDBO0-1003-0-8-K01 | 2 | 16 |
| 25 | Венткамера | 26,6 | 50 | LDBO0-1009-2-9-k01 | 6 | 54 |
| Итого по цеху | | | | | 153 | 8088 |

2.2 Расчет электрических нагрузок

Цель расчета – определить активную P и реактивную Q мощность группы разнородных потребителей за наиболее загруженную смену.

Сложение всех номинальных мощностей электроприемников (ЭП) приведет к значительному завышению величин P и Q группы потребителей, т.к. в момент прохождения максимума нагрузки цеха отдельные потребители могут не работать в полную мощность или вообще не участвовать в максимуме нагрузки.

При расчете силовых нагрузок важное значение имеет правильное определение величины электрической нагрузки во всех элементах силовой сети. Завышение нагрузки может привести к перерасходу материала, удорожанию строительства; занижение нагрузки – к уменьшению пропускной способности электрической сети и невозможности обеспечения нормальной работы силовых электроприемников.

В настоящее время основным методом расчета электрических нагрузок промышленных объектов является метод упорядоченных диаграмм. Этот метод позволяет по номинальной мощности электроприемников с учетом их числа и характеристик определить расчетную нагрузку любого узла схемы электроснабжения.

К силовому щиту (далее ЩС) № 3 подключены семь станков, которые объединяются в группу.

Определяется коэффициент использования K_u и $\cos\varphi$ для станков малой мощности $K_u=0,16$; $\cos\varphi=0,5$; $\operatorname{tg}\varphi=1,73$.

Определяется суммарная номинальная активная мощность электроприемников, подключенных к ЩС №3:

$$\sum P_{\text{ном}} = 3+2,3+0,8+2,5+4,4+1,0+2,0 = 16 \text{ кВт.}$$

Определяется сменная активная мощность за наиболее загруженную смену по формуле:

$$P_{\text{см}} = K_u \sum_1^n P_{\text{ном}}, \quad (17)$$

где K_u – коэффициент использования;

$P_{\text{ном}}$ – общая рабочая мощность группы станков, кВт;

$$P_{\text{см}} = 0,16 \cdot 16 = 2,56 \text{ кВт.}$$

Определяется сменная реактивная мощность за наиболее загруженную смену по формуле:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi, \quad (18)$$

$$Q_{\text{см}} = 2,56 \cdot 1,73 = 4,43 \text{ кВАр.}$$

Определяется эффективное число электроприемников по формуле:

$$n_3 = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном.макс}}}, \quad (19)$$

$$n_3 = \frac{2 \cdot 16}{4,4} = 7,27.$$

Определяется коэффициент максимума:

$$K_{\text{максимум}} = f(n_3, K_u) = 2,4.$$

Определяется активная максимальная мощность по формуле:

$$P_p = K_{\text{макс}} \sum P_{\text{см}}, \quad (20)$$

$$P_p = 2,4 \cdot 2,56 = 6,14 \text{ кВт.}$$

Реактивная максимальная мощность при $n_3 < 10$ определяется по формуле:

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}}, \quad (21)$$

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot 4,43 = 4,87 \text{ кВАр.}$$

Определяется полная максимальная мощность по формуле:

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{P_{\text{макс}}^2 + Q_{\text{макс}}^2}, \quad (22)$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{6,14^2 + 4,87^2} = 7,84 \text{ кВА.}$$

Определяется максимальный ток нагрузки распределительного шинпровода ЩС № 3 по формуле:

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (23)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электроприемников, кВ;

$S_{\text{макс}}$ – полная максимальная мощность электроприемников, подключенных к ЩС № 3, кВА.

$$I_{\text{макс}} = \frac{7,84}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 11,91 \text{ А.}$$

Аналогично рассчитывается для группы фрезерных станков, токарных станков с ЧПУ, универсально-заточных и результаты сводятся в таблицу 7, которая наглядно показывает нагрузку, затраченную в наиболее загруженную смену.

Таблица 7 – Результаты расчета нагрузок

| Группа | п, шт | $\sum P_{\text{уст}}$, кВт | K_u | $\cos\varphi$ | P_p , кВт | Q_p , кВАр | S_p , кВА |
|--------|-------|-----------------------------|----------|---------------|-------------|--------------|-------------|
| ЩС-1 | 10 | 116 | 0,5-0,75 | 0,65-0,95 | 90,35 | 13,48 | 91,35 |
| ЩС-2 | 8 | 115,4 | 0,06-0,7 | 0,5-0,85 | 56,83 | 136,93 | 148,25 |
| ЩС-3 | 7 | 16 | 0,2 | 0,6 | 6,13 | 23,98 | 24,75 |
| ЩС-4 | 8 | 24,58 | 0,2-0,7 | 0,6-0,8 | 19,19 | 10,29 | 21,77 |
| ЩС-5 | 10 | 53,33 | 0,5-0,7 | 0,8 | 39,52 | 2,48 | 39,61 |
| ЩС-5.1 | 5 | 25,2 | 0,5 | 0,85 | 17,64 | - | 17,64 |
| ЩС-6 | 7 | 87,2 | 0,2-0,5 | 0,4-0,7 | 65,40 | 54,49 | 85,13 |
| ЩС-7 | 10 | 50 | 0,2 | 0,6 | 21,99 | 70,91 | 74,24 |
| ЩС-8 | 10 | 53,5 | 0,2-0,5 | 0,6-0,85 | 21,96 | 74,54 | 77,71 |
| ЩС-9 | 7 | 66,6 | 0,2 | 0,6 | 29,87 | 93,28 | 97,95 |
| ЩВ-1 | 2 | 31,83 | 0,7 | 0,8 | 28,81 | 31,69 | 42,82 |
| ЩВ-2 | 9 | 31,87 | 0,5-0,7 | 0,8-0,85 | 22,24 | 26,3 | 34,44 |
| ЩВ-3 | 9 | 12,11 | 0,7 | 0,8 | 8,44 | 9,99 | 13,08 |
| ЩО-1 | 5 | 4,575 | 0,85 | 0,95 | 4,36 | 4,79 | 6,47 |
| ЩО-2 | 5 | 2,084 | 0,85 | 0,95 | 2,02 | 2,22 | 3 |
| ЩО-3 | 20 | 1,429 | 0,85 | 0,95 | 1,3 | 0,43 | 1,37 |
| ЩО-4 | 4 | 6,51 | 0,7 | 0,8 | 5,61 | 6,17 | 8,33 |
| ЩМП-2 | 2 | 115 | 0,2-0,5 | 0,9 | 47 | 55,7 | 72,88 |
| Итого | 136 | 800,55 | - | - | 488,67 | 617,67 | 860,81 |

2.3 Компенсация реактивной мощности

Для повышения КПД работы систем электроснабжения и улучшения качества электрической энергии применяются устройства компенсации реактивной мощности.

Состав потребителей реактивной мощности показывает, что основную часть реактивной мощности потребляют четыре вида устройств: асинхронные двигатели – 40 % (совместно с бытовыми, производственными электродвигателями и асинхронными электроприводами), электропечные установки – 8 %; вентильные преобразователи – 10 %, трансформаторы всех ступеней трансформации (потери в них) – 35 %, линии электропередачи (потери в них) – 7 %. Так как превалирует индуктивная нагрузка, то одновременно с активной мощностью по сети должна передаваться и реактивная мощность индуктивного характера.

Компенсации реактивной мощности и количества компенсирующих устройств определяется основным методом расчета и рассчитывается по расчетным данным предприятия. Расчетные данные механосборочного цеха представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчетные данные цеха

| P_p , кВт | Q_p , кВАр | $S_{\text{макс}}$, кВА |
|-------------|--------------|-------------------------|
| 488,67 | 617,67 | 860,81 |

Требуемый коэффициент мощности по предприятию $\cos\varphi = 0.92$.

Определяем значение коэффициента мощности до компенсации:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad (24)$$

где P – активная мощность, кВт;

S – полная мощность, кВА;

Q – реактивная мощность, кВАр;

$$\cos \varphi = 0,57.$$

Определяем мощность, которую необходимо скомпенсировать:

$$Q_{\text{ком}} = P_p \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \quad (25)$$

где φ_1 – значение угла до компенсации;

φ_2 – значение угла после компенсации;

$$Q_{\text{ком}} = 493,56 \text{ кВАр.}$$

Выбираем тип конденсаторной установки и заносим данные в таблицу 9.

Таблица 9 – Технические данные компенсирующих устройств

| Тип компенсирующих устройств | Количество, шт. |
|------------------------------|-----------------|
| АУКРМ-0.4-225-25-УХЛ4 | 2 |

Определяется реактивная мощность после компенсации:

$$Q' = Q_p + Q_{\text{ком}}, \quad (26)$$

$$Q' = 617,67 - 450 = 167,67 \text{ кВАр.}$$

Определяем величину полной мощности после компенсации:

$$S' = \sqrt{P'^2 + Q'^2}, \quad (27)$$

$$S' = 516,63 \text{ кВА.}$$

Определяется коэффициент мощности после компенсации:

$$\cos \varphi = \frac{P'}{S'}, \quad (28)$$

$$\cos \varphi = 0,95.$$

2.4 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов

Выбор мощности силовых трансформаторов следует осуществлять с учетом экономически целесообразного режима их работы и соответствующего обеспечения резервирования питания потребителей. Производственный цех относится ко второй категории электроснабжения. В связи с этим на подстанции должно быть установлено два трансформатора.

Номинальную мощность трансформатора определяем по условию:

$$S_{\text{ном.т}} = \frac{S_p}{2 \cdot 0,7}, \quad (29)$$

где S_p – полная мощность предприятия, кВА;

2 – количество трансформаторов;

0,7 – значение коэффициента загрузки;

$$S_{\text{ном.т}} = 369,02 \text{ кВА.}$$

Принимаем к установке трансформаторы с номинальной мощностью 400 кВА.

Проверяем перегрузочную способность трансформаторов в аварийном режиме по условию:

$$1,4 \cdot S_{\text{ном.т}} \geq S_p, \quad (30)$$

$$560 \geq 516,63.$$

Условие (30) выполняется.

Определяем коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p''}{n_1 \cdot S_{\text{н1}}}, \quad (31)$$

где S_p'' – полная мощность предприятия, кВА;

n_1 – количество трансформаторов, n;

$S_{\text{н1}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$$K_3 = 0,65.$$

2.5 Расчет и выбор аппаратов защиты

Для выбора аппарата защиты нужно знать ток в линии, где он установлен и число его фаз.

Токи (в амперах) в линии определяются по формуле:

$$I_T = \frac{S_T}{U_{HT}\sqrt{3}}, \quad (32)$$

где S_T – номинальная мощность трансформатора, кВА;

U_{HT} – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

В сетях напряжением менее 1 кВ в качестве аппаратов защиты могут применяться автоматические выключатели (автоматы), предохранители и тепловые реле. В качестве защитных аппаратов будем использовать автоматы.

Автоматы выбираются согласно условиям:

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.} \geq 1,25I_{д.л.}, \quad (33)$$

где $I_{н.р.}$ – номинальный ток расцепителя, А;

$I_{н.а.}$ – номинальный ток автомата, А,

$$I_T = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577,35 \text{ А};$$

$$I_{н.р.} \geq (1,25 \times 577,35) = 721,69 \text{ А};$$

$$I_{н.а.} \geq 725 \text{ А}.$$

Выбираем выключатель нагрузки ВН-16, 800 А.

Аналогично выбираем остальные автоматические выключатели и заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Выбор автоматических выключателей

| Расположение на схеме | $I_p, \text{ А}$ | $I_{н.а.} \geq 1,25 * I_{д.л.}, \text{ А}$ | Марка выключателя | $I_n, \text{ А}$ |
|-----------------------|------------------|--|-------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| QW1 | 577.35 | 725 | ВН-16, | 800 |
| QW2 | 577.35 | 725 | ВН-16 | 800 |

Окончание таблицы 10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|--------|--------|---------|------|
| QF4 | 489.77 | 612.21 | BA50-39 | 630 |
| QF6 | 362.42 | 453,03 | BA50-39 | 500 |
| QF7 | 409,83 | 512,29 | BA50-39 | 630 |
| QF8 | 23.47 | 29,34 | BA57-35 | 31,5 |
| QF15 | 138.79 | 173.49 | BA57-35 | 200 |
| QF16 | 221.64 | 277.05 | BA50-39 | 320 |
| QF17 | 129.34 | 161.68 | BA57-35 | 200 |
| QF18 | 52,33 | 65,41 | BA57-35 | 80 |
| QF19 | 225,24 | 281,55 | BA50-39 | 320 |
| QF20 | 8,8 | 11 | BA57-35 | 16 |
| QF21 | 65,06 | 81,33 | BA50-39 | 100 |
| QF22 | 143 | 178,75 | BA57-35 | 200 |
| QF23 | 62,5 | 78,13 | BA57-35 | 80 |
| QF25 | 213,6 | 267 | BA50-39 | 320 |
| QF26 | 148,82 | 186,02 | BA57-35 | 200 |
| QF27 | 3,6 | 4,5 | BA57-35 | 16 |
| QF28 | 19,87 | 24,84 | BA57-35 | 25 |

Выбор остальных автоматов производится по номеру группы на соответствующей схеме распределительных щитов сведен в таблицу А.1 приложения А.

2.6 Выбор проводов и кабелей

Расчет сечения провода необходимо производить затем, чтобы убедиться, что выбранный провод соответствует всем требованиям надежности и безопасной эксплуатации электропроводки. Безопасная эксплуатация заключается в том, что если вы выберете сечение не соответствующее его токовым нагрузкам, то это приведет к чрезмерному перегреву провода, плавлению изоляции, короткому замыканию и пожару.

Кабели подразделяют по материалу, из которого изготовлены их токопроводящие жилы (медь, алюминий), изоляции и материалов из которых она изготовлена, степени герметичности и защищенности кабелей от механических повреждений и так далее.

Определяется расчетный ток для кабеля, питающего ЩС-1 по формуле:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (34)$$

где $P_{ном}$ – номинальная активная мощность ЩС-1, кВт;

U_n – номинальное напряжение электроприемников ЩС-1, кВт;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

$$I_p = \frac{116}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,82} = 214,93 \text{ А.}$$

Таким образом, выбирается кабель ВВГнг-LS – кабель с поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами.

Аналогично выбираются все остальные кабели и провода, данные которых заносятся в таблицу А.2 приложения А.

2.7 Расчет сети заземления

Заземляющие устройства должны удовлетворять требованиям обеспечения безопасности людей и защиты электроустановок, а также обеспечения эксплуатационных режимов работы. Все металлические части электрооборудования и электроустановок, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции, заземляют. Каждый элемент установки, подлежащий заземлению, присоединяют к заземлителю или к заземляющей магистрали с помощью отдельного заземляющего проводника.

Сопротивление заземляющего устройства согласно ПУЭ не должно превышать 4 Ом, а в электроустановках с суммарной мощностью параллельно работающих генераторов и трансформаторов 100 кВА и ниже оно не должно быть больше 10 Ом.

Расчет заземляющих устройств сводится главным образом к расчету собственно заземлителя, т.к. заземляющие проводники в большинстве случаев принимаются по условиям механической прочности и устойчивости к коррозии.

Устанавливается необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства R_z . Если заземляющее устройство является общим для нескольких электроустановок, то расчетным сопротивлением заземляющего устройства является наименьшее из требуемых.

Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок напряжением до 1 кВ не должно быть больше 4 Ом, поэтому за расчетное сопротивление принимаем $R_z = 4$ Ом.

С учетом отведенной территории цеха намечается расположение заземлителей. Расстояние между вертикальными электродами 4 м.

В качестве вертикальных заземлителей выбираем прутки диаметром 10 мм и длиной 2,5 м. Верхние концы электродов расположены на глубине

0,7 м от поверхности земли. К ним привариваются горизонтальные электроды стержневого типа из такой же стали, что и вертикальные электроды.

Определяем удельное сопротивление грунта с учетом повышающих коэффициентов, учитывающих высыхание грунта летом и промерзание его зимой.

$$\rho = \rho_{уд} \cdot K_c, \quad (35)$$

где $\rho_{уд}$ – удельное сопротивление грунта, принимается по справочным данным;

$$\rho_{уд} = 200, \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

K_c – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта;

$K_c=1,4$ – коэффициент для вертикальных электродов;

$K_c=2,0$ – коэффициент для горизонтальных электродов.

Расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных электродов

$$\rho_B = 200 \cdot 1,4 = 280 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Расчетное сопротивление грунта для горизонтальных электродов

$$\rho_r = 200 \cdot 2 = 400 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Сопротивление растекания одного вертикального электрода

$$R_B = \frac{\rho_B}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (36)$$

где R_B – сопротивление одного вертикального заземлителя, Ом;

l – длина заземлителя, м;

d – диаметр электрода, м;

t – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя, м;

$$R_B = 116,76 \text{ Ом}.$$

Определяем необходимое количество стержней.

$$n = \frac{R_B}{R_3 \cdot K_u}, \quad (37)$$

где K_u – коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящих от расстояния между ними a , их длины l и количества, $K_u = 0,64$.

$$n = \frac{116,76}{4 \cdot 0,64} = 46.$$

Определяем сопротивление растеканию горизонтальных заземлителей:

$$R_r = \frac{\rho_r}{K_u \cdot 2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}, \quad (38)$$

где l - длина полосы, м;

$$R_r = 19,4 \text{ м};$$

Определяем необходимое сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_B = \frac{R_r \cdot R_3}{R_r - R_3}, \quad (39)$$

$$R_B = \frac{19,4 \cdot 4}{19,4 - 4} = 5 \text{ Ом.}$$

Уточнение количества стержней при $K_u=0,61$.

$$n = \frac{R_B}{r_B \cdot K_u}, \quad (40)$$

$$n = \frac{116,76}{5 \cdot 0,61} = 38,3 \text{ Ом.}$$

Окончательно принимаем к установке 38 вертикальных электродов, расположенных по контуру цеха и соединенных по верхнему краю горизонтальными электродами, выполненными из того же материала.

2.8 Требования к персоналу обслуживающему электроустановки

Оборудование цехов, производственные процессы должны обеспечивать безопасность рабочих и безвредные условия труда. Для решения данных вопросов при проектировании технологических процессов следует руководствоваться межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Для повышения безопасности проведения работ и повышения показателей эффективности работы персонала в данном проекте предлагается модернизация действующего технологического процесса путем установки современного компьютеризированного оборудования и системы комбинированного светодиодного освещения.

Работы в электроустановках разделяются на: выполняемые по наряду-допуску, выполняемые по распоряжению и в порядке текущей эксплуатации.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- утверждение перечней работ, выполняемых по нарядам, распоряжениям и в порядке текущей эксплуатации;
- назначение лиц, ответственных за безопасное ведение работ;
- подготовка рабочих мест;
- допуск к работам;
- надзор во время ведения работ;
- оформление перерывов в работе и ее окончание;
- перевод на другое рабочее место;
- оформление работ нарядом, распоряжением или утверждение перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Работы в электроустановках в отношении мер безопасности подразделяются на три категории:

- со снятием напряжения;

- без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением;

- без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них.

В электроустановках запрещается работать в согнутом положении, если при выпрямлении расстояние до токоведущих частей будет менее 0,6 метра.

При работе вблизи не огражденных токоведущих частей запрещается располагаться так, чтобы эти части находились сзади или с обеих сторон.

Вносить длинные предметы и работать с ними, если не исключена возможность случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением, необходимо вдвоем под постоянным наблюдением руководителя работ.

Установку и снятие предохранителей производить при снятом напряжении. Под напряжением, но без нагрузки, допускается снимать и устанавливать предохранители на присоединениях, в схеме которых отсутствуют коммутационные аппараты, позволяющие снять напряжение. Под напряжением и под нагрузкой допускается снимать и устанавливать предохранители пробочного типа в сетях освещения и во вторичных цепях. При снятии и установке предохранителей под напряжением необходимо пользоваться защитными средствами (клещи, перчатки диэлектрические и очки).

Работнику, который прошел проверку знаний правил, выдается удостоверение, которое он обязан иметь при себе во время работы.

Удостоверение о проверке знаний работника является документом, который удостоверяет право на самостоятельную работу в электроустановках на отмеченной должности по специальности.

Удостоверение о проверке знаний выдается работнику комиссией по проверке знаний предприятия, организации после проверки знаний и являются действительным только после внесения соответствующих записей.

Во время выполнения служебных обязанностей работник должен иметь с собой удостоверение о проверке знаний. При отсутствии удостоверения, или при наличии удостоверения с просроченными сроками проверки знаний, работник к работе не допускается.

Удостоверение о проверке знаний подлежит замене в случае изменения должности или при отсутствии места для записей.

Удостоверение о проверке знаний изымается у работника комиссией по проверке знаний в случае неудовлетворительных знаний, руководителем структурного подразделения - в случае истечения срока действия медицинского осмотра.

Запрещается допускать к работе в электроустановках лиц, которые не прошли обучение и проверку знаний этих правил.

Те работники, занятые выполнением специальных видов работ, к которым выдвигаются дополнительные требования безопасности, должны быть обучены безопасному выполнению таких работ и иметь соответствующую запись об этом в удостоверении проверки знаний по вопросам охраны труда.

Перечень работ с повышенной опасностью утверждается руководством предприятия.

Проверка знаний технологии работ (правила эксплуатации, производственные инструкции) может осуществляться Госэнергонадзором отдельно от проверки знаний по безопасной эксплуатации электроустановок, в этом случае делается отдельная запись в журнале.

Запрещается допускать к работе работников с признаками алкогольного или наркотического опьянения, а также с явными признаками заболевания. Запрещается выполнение распоряжений и заданий, что противоречат требованиям этих правил. Каждый работник лично отвечает за свои действия в части соблюдения требований этих правил.

В случае если работник самостоятельно не в состоянии употребить действенные мероприятия по устранению обнаруженных им нарушений

правил, он обязан немедленно сообщить об этом непосредственному руководителю, а в случае его отсутствия руководителю высшего уровня.

В случае несчастных случаев с людьми снятие напряжения для освобождения пострадавшего от действия электрического тока должно быть выполнено немедленно, без предыдущего разрешения.

Работники, которые нарушили требования этих правил, отстраняются от работы и несут ответственность (дисциплинарную, административную, уголовную) согласно действующему законодательству.

Работники, которые допустили нарушения требований этих правил, без внеочередной проверки знаний к работам в электроустановках не допускаются.

2.9 Соответствие требованиям безопасности и экологичности производственного цеха

Охрана труда имеет важнейшее значение на производстве. Именно от соблюдения правил и норм охраны труда зависит здоровье или жизнь каждого работника в той или иной степени. Забота о своих сотрудниках, о их безопасном труде – одна из основных задач работодателя. Для того, чтобы сделать условия труда безопасными необходимо проводить их оценку.

Основными вредными и опасными факторами для электротехнического персонала в модернизируемом цехе являются, расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли, химически опасные и вредные вещества при пайке, сварке, покраске, работах с антисептированной древесиной и гидроизоляционных работах, физические перегрузки (физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипные рабочие движения, статическая нагрузка, рабочая поза, наклоны корпуса, перемещение в пространстве), недостаточная освещенность рабочего места, повышенное значение напряжения в электрической цепи, поражение током.

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса (далее также - вредные и (или) опасные производственные факторы) и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

2.10 Инструкция по выполнению требований электробезопасности при работе с электроустановками

Мероприятия по электробезопасности разработаны в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.030-96 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление».

Все производственное оборудование работает от сети переменного тока с напряжением 380В. Для предупреждения поражения током и обеспечения безопасности в цехе используются следующие средства защиты:

- электрическая аппаратура и токопроводящие части надежно изолируются и укрываются в корпусе станков;

- металлические конструктивные части, а также отдельно стоящие электрические устройства, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции и замыкания на корпус, подвергаются заземлению;

- электроприборы и электрооборудование, заземляется самостоятельно;

- электроаппаратура и электропровода защищены от воздействия керосина, масла, пыли, механических повреждений;

- в электрических цепях используются автоматы и предохранители;
- при открывании электрощита, внутренние элементы которого находятся под напряжением, включается блокировка;
- электросхема предусматривает релейную защиту, исключающую самопроизвольное включение станка (электропровода) при восстановлении внезапно исчезнувшего напряжения;
- на предприятии устанавливается постоянный контроль за состоянием крышек, кожухов, которыми закрыты электроаппаратура, токоведущие части, и присоединенные к ним неизолированные концы проводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реконструкция действующей схемы электроснабжения инструментального цеха позволяет значительно повысить надежность электроснабжения и производительность труда цеха. Усовершенствованная схема дает возможность сократить время простоя основного технологического оборудования при выводе его из работы в ремонт или при аварийных ситуациях, что составит значительную экономию средств.

В данной работе предусмотрена реконструкция действующей трансформаторной подстанции, то есть демонтаж старых и установка новых силовых трансформаторов. Это позволяет экономить средства и обеспечивает полное заполнение электрической схемы цеха. Предложенная схема обеспечивает бесперебойное питание потребителей даже в пик нагрузок.

Оптимизация системы промышленного электроснабжения заключается в рациональном принятии решений по выбору сечений кабелей и проводов, защитной аппаратуры (автоматических выключателей). Это даст предприятию дополнительные средства за счет сокращения непроизводительных расходов, что ведет к увеличению выпускаемой продукции.

В данной работе была рассмотрена перспектива использования на промышленных предприятиях системы светодиодного освещения. Для этого был произведен соответствующий электротехнический расчет и технико-экономическое обоснование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.1.019-96 (2001 г.) Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
2. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. ГОСТ 12.1.019-96 (2001 г.) Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
4. ГОСТ 12.1.030-96 (2001 г.) Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
5. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (введен в действие Приказом Росстандарта от 12.07.2012 N 191-ст).
6. ГОСТ Р 50345-99 Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения.
7. ГОСТ Р 50571.3-2009 (МЭК 60364-4-41:2005). Национальный стандарт Российской Федерации. Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током (утв. и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 10.12.2009 N 672-ст).
8. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов, – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
9. Инструкция по монтажу и паспорт. Счетчик электрической энергии многофункциональный ЕвроАЛЬФА. – Москва: Эльстер Метроника, 2005. – 35 с.
10. Князевский Б. А., Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб. для студ. вузов по спец. «Электропривод и автоматизация

промышленных установок» – 3 изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1986. – 400 с.

11. Козловская В.Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с.: ил.

12. Колесников А. И., Варфоломеев Ю. М., Федоров М. Н. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях: Учебное пособие / Под общ. ред. М.Н. Федорова. Москва: Издательский Дом «ИНФРА-М», 2010.

13. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. Учебное пособие для студентов. – Москва: Изд-во «Мастерство», 2001.

14. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ – 016 – 2001., с изм. и доп. 2003г. – М.: Изд-во НЦЭНАС.

15. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте. Приложение к указанию МПС России от 31 августа 1998г. № В-1024у.

16. Кузнецов К. Б., Васин В. К., Купаев В. И. Безопасность жизнедеятельности часть 2: Учебник для вузов. – Москва: Маршрут, 2005. – 576 с.

17. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций. Москва, 1977.

18. Неклепаев Б. Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Транспорт, 1978. – 416 с.

19. Почаевец В. С. Электрические подстанции: Учебник для колледжей и техникумов ж.-д. транспорта. – Москва: Желдориздат, 2001. – 512 с.

20. Правила устройства электроустановок ПУЭ (7 издание).

21. Правила технической эксплуатации электроустановок ПТЭ.

22. Приказ от 24 января 2014 г. N 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению».

23. Промышленная энергетика – ежемесячный производственно-технический журнал под ред. Лукин В. Л. – НТФ «Энергоэкспресс» № 10, 2006. – 55 с.

24. Промышленная энергетика – ежемесячный производственно-технический журнал под ред. Лукин В. Л. – НТФ «Энергоэкспресс» № 12, 2007. – 60 с.

25. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование станций и подстанций. – Москва: Издательский центр «Академия», 2013. – 448 с.

26. Сибикин Ю. Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок – Москва: Высшая Школа, 2001.

27. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Том 2 / Под редакцией А. А. Федорова. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.

28. Суворов Г. А. Освещение на производстве: Эколого-гигиеническая оценка и контроль / Г. А. Суворов, Ю. П. Пальцев, Ю. Д. Жилов; Ред. Н. Ф. Измеров. – Москва, 1998. – 135 с.

29. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Метод. пособие для курсового проектирования. – Москва: «Инфра – М, Форум», 2003.

30. Экономика ж. д. транспорта. Под ред. Терешинной Н. П., Лapidуса Б. М. – Москва: Транспорт, 2011. – 256 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Выбор автоматических выключателей по номеру группы

| Щит | № группы | I_p, A | $I_{н.а.} \geq 1,25 \cdot I_{д.л.}, A$ | Марка выключателя | I_n, A |
|------|----------|----------|--|-------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ЩС-1 | 1.1 | 2,2 | 2,75 | BA57-31 | 16 |
| | 1.2 | 38,8 | 48,5 | BA57-31 | 50 |
| | 1.3 | 71,5 | 89,38 | BA57-31 | 100 |
| | 1.4 | 18,6 | 23,25 | BA57-31 | 31,5 |
| ЩС-1 | 1.5 | 18,6 | 23,25 | BA57-31 | 31,5 |
| | 1.6 | 5,6 | 7 | <i>DPN N Vigi</i> | 16 |
| | 1.7 | 9 | 11,25 | <i>iC60N</i> | 16 |
| | 1.8 | 13,4 | 16,75 | <i>iC60N</i> | 20 |
| | 1.9 | 13,4 | 16,75 | <i>iC60N</i> | 20 |
| | 1.10 | 1,8 | 2,25 | <i>iC60N</i> | 3 |
| ЩС-2 | 2.1 | 53,7 | 67,13 | BA57-31 | 80 |
| | 2.2 | 14,3 | 17,88 | BA57-31 | 20 |
| | 2.3 | 14,3 | 17,88 | BA57-31 | 20 |
| | 2.4 | 14,1 | 17,63 | BA57-31 | 20 |
| | 2.5 | 62,6 | 78,25 | BA57-31 | 100 |
| | 2.6 | 15,2 | 19 | <i>DPN N Vigi</i> | 25 |
| | 2.7 | 25,7 | 32,13 | BA57-31 | 40 |
| ЩС-3 | 3.1 | 6,1 | 7,63 | <i>iC60N</i> | 10 |
| | 3.2 | 4,7 | 5,88 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 3.3 | 1,9 | 2,38 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 3.6 | 5,1 | 6,38 | <i>iC60N</i> | 10 |
| | 3.7 | 8,9 | 11,13 | <i>iC60N</i> | 13 |
| | 3.8 | 1,7 | 2,13 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 3.9 | 10,1 | 12,63 | <i>DPN N Vigi</i> | 16 |
| ЩС-4 | 4.1 | 3,9 | 4,88 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 4.2 | 1,7 | 2,13 | <i>iC60N</i> | 3 |
| ЩС-4 | 4.3 | 3 | 3,75 | <i>iC60N</i> | 4 |
| | 4.4 | 12,6 | 15,75 | <i>iC60N</i> | 16 |
| | 4.5 | 1,8 | 2,25 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 4.6 | 23,3 | 29,13 | <i>iC60N</i> | 25 |
| | 4.7 | 3 | 3,75 | <i>iC60N</i> | 4 |
| | 4.8 | 3 | 3,75 | <i>DPN N Vigi</i> | 5 |
| ЩС-5 | 5.1 | 6,1 | 7,63 | BA57-31 | 16 |
| | 5.2 | 12,5 | 15,63 | BA57-31 | 16 |
| | 5.4 | 16,2 | 20,25 | BA57-31 | 25 |
| | 5.5 | 8,1 | 10,13 | BA57-31 | 16 |
| | 5.6 | 9,7 | 12,13 | BA57-31 | 16 |
| | 5.7 | 9,7 | 12,13 | BA57-31 | 16 |
| | 5.8 | 4,9 | 6,13 | <i>iC60N</i> | 10 |
| | 5.9 | 0,14 | 0,18 | <i>iC60N</i> | 0,5 |
| | 5.10 | 5,1 | 6,38 | <i>iC60N</i> | 10 |

Продолжение таблицы А.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|------|------|--------|-------------------|------|
| ЩС-5 | 5.11 | 18,6 | 23,25 | <i>iC60N</i> | 25 |
| | 5.12 | 9,3 | 11,63 | <i>iC60N</i> | 13 |
| | 5.13 | 9,3 | 11,63 | <i>iC60N</i> | 13 |
| | 5.14 | 9,3 | 11,63 | <i>iC60N</i> | 13 |
| | 5.15 | 9,3 | 11,63 | <i>iC60N</i> | 13 |
| | 5.16 | 5,6 | 7 | <i>iC60N</i> | 10 |
| ЩС-6 | 6.1 | 0,9 | 1,13 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 6.2 | 76 | 95 | BA57-31 | 100 |
| | 6.3 | 95 | 118,75 | <i>iC120N</i> | 120 |
| | 6.4 | 10,9 | 13,63 | BA57-31 | 16 |
| | 6.5 | 15,2 | 19 | BA57-31 | 20 |
| ЩС-6 | 6.6 | 20 | 25 | BA57-31 | 31,5 |
| | 6.7 | 10 | 12,2 | BA57-31 | 16 |
| ЩС-7 | 7.1 | 13,4 | 16,75 | BA57-31 | 20 |
| | 7.2 | 6,1 | 7,63 | BA57-31 | 16 |
| | 7.3 | 7,9 | 9,88 | BA57-31 | 16 |
| | 7.4 | 6,5 | 8,13 | BA57-31 | 16 |
| | 7.5 | 12,7 | 15,88 | BA57-31 | 16 |
| | 7.6 | 9,8 | 12,25 | BA57-31 | 16 |
| | 7.7 | 16 | 20 | BA57-31 | 25 |
| | 7.8 | 7,2 | 9 | BA57-31 | 16 |
| | 7.9 | 7,2 | 9 | BA57-31 | 16 |
| | 7.10 | 15,2 | 19 | <i>DPN N Vigi</i> | 16 |
| ЩС-8 | 8.2 | 9,3 | 11,63 | BA57-31 | 16 |
| | 8.3 | 13,4 | 16,75 | BA57-31 | 20 |
| | 8.4 | 7,2 | 9 | BA57-31 | 16 |
| | 8.5 | 13,4 | 16,75 | BA57-31 | 20 |
| | 8.6 | 9,8 | 12,25 | BA57-31 | 16 |
| | 8.7 | 7,2 | 9 | BA57-31 | 16 |
| | 8.8 | 12,2 | 15,25 | <i>iC60N</i> | 16 |
| | 8.9 | 18,2 | 22,75 | <i>iC60N</i> | 25 |
| | 8.10 | 25,4 | 31,75 | BA57-31 | 40 |
| | 8.11 | 3,7 | 4,63 | <i>iC60N</i> | 6 |
| ЩС-9 | 9.1 | 14,3 | 17,88 | BA57-31 | 20 |
| | 9.2 | 20 | 25 | BA57-31 | 31,5 |
| | 9.3 | 11,8 | 14,75 | BA57-31 | 16 |
| ЩС-9 | 9.4 | 16,1 | 20,13 | BA57-31 | 25 |
| | 9.5 | 25,9 | 32,38 | BA57-31 | 40 |
| | 9.6 | 25,9 | 32,38 | BA57-31 | 40 |
| | 9.7 | 15,2 | 19 | <i>DPN N Vigi</i> | 20 |
| ШР-1 | P1.1 | 41,8 | 52,25 | BA57-35 | 63 |
| | P1.2 | 54,1 | 67,63 | BA57-35 | 80 |
| | P1.3 | 10,6 | 13,25 | BA57-31 | 16 |

Продолжение таблицы А.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|--------|------|-------|--------------|-----|
| ШР-2 | P2.1 | 60,8 | 76 | BA57-35 | 80 |
| | P2.2 | 11,2 | 14 | BA57-31 | 16 |
| | P2.3 | 13,9 | 17,38 | BA57-31 | 20 |
| | P2.4 | 16,2 | 20,25 | BA57-31 | 25 |
| | P2.5 | 36,3 | 45,38 | BA57-31 | 50 |
| ЩВ-1 | P1.4В | 24,8 | 31 | <i>iC60N</i> | 32 |
| | P1.5В | 24,7 | 30,88 | <i>iC60N</i> | 32 |
| ЩВ-2 | 2.1(B) | 0,43 | 0,54 | <i>iC60N</i> | 1 |
| | 2.2(B) | 7,2 | 9 | <i>iC60N</i> | 10 |
| | 2.3(B) | 0,46 | 0,58 | <i>iC60N</i> | 1 |
| | 2.4(B) | 0,46 | 0,58 | <i>iC60N</i> | 1 |
| | 2.5(B) | 1,13 | 1,41 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 2.6(B) | 1,14 | 1,42 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 2.7(B) | 2,2 | 2,75 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 2.8(B) | 21,5 | 26,88 | <i>iC60N</i> | 32 |
| | 2.9(B) | 21,5 | 26,88 | <i>iC60N</i> | 32 |
| ЩВ-2 | 3.2(B) | 0,46 | 0,58 | <i>iC60N</i> | 1 |
| | 3.3(B) | 0,71 | 0,89 | <i>iC60N</i> | 1 |
| ЩВ-3 | 3.4(B) | 1,14 | 1,42 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 3.5(B) | 1,14 | 1,42 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 3.6(B) | 1,14 | 1,42 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 3.7(B) | 2,2 | 2,75 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 3.8(B) | 2,2 | 2,75 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 3.9(B) | 16,1 | 20,13 | <i>iC60N</i> | 25 |
| ЩО-1 | 1.1(O) | 0,41 | 0,51 | <i>iC60N</i> | 1 |
| | 1.2(O) | 4,7 | 5,88 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 1.3(O) | 4,7 | 5,88 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 1.4(O) | 4,7 | 5,88 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 1.5(O) | 4,7 | 5,88 | <i>iC60N</i> | 6 |
| ЩО-2 | 2.1(O) | 1,64 | 2,05 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 2.2(O) | 1,64 | 2,05 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 2.3(O) | 0,2 | 0,25 | <i>iC60N</i> | 0,5 |
| | 2.4(O) | 4,09 | 5,11 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 2.5(O) | 1,91 | 2,39 | <i>iC60N</i> | 3 |
| ЩО-3 | 3.1(O) | 1,18 | 1,47 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 3.2(O) | 1,5 | 1,88 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 3.3(O) | 1,19 | 1,49 | <i>iC60N</i> | 2 |

Окончание таблицы А.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|---------|------|-------|-------------------|----|
| ЩО-4 | 4.1(О) | 10,8 | 13,5 | <i>iC60N</i> | 16 |
| | 4.2(О) | 10,1 | 12,63 | <i>DPN N Vigi</i> | 16 |
| | 4.3(О) | 6 | 7,5 | <i>DPN N Vigi</i> | 10 |
| | 4.4(О) | 5,3 | 6,63 | <i>iC60N</i> | 10 |
| ЩОА-1 | 1.1А(э) | 3,14 | 3,93 | <i>iC60N</i> | 4 |
| ЩОА-1 | 1.2А(э) | 3,14 | 3,93 | <i>iC60N</i> | 4 |
| | 1.3А(э) | 2 | 2,5 | <i>iC60N</i> | 3 |
| | 1.4А(э) | 4,2 | 5,25 | <i>iC60N</i> | 6 |
| | 1.5А(э) | 1,21 | 1,51 | <i>iC60N</i> | 2 |
| | 1.6А(э) | 0,52 | 0,65 | <i>iC60N</i> | 1 |
| | 1.7А(э) | 5,14 | 6,43 | <i>iC60N</i> | 10 |

Таблица А.2 – Данные кабелей распределительных устройств

| Трасса | | P_n , кВт | I_p , А | Марка кабеля | S , мм ² | L , м |
|--------|------|-------------|-----------|--------------|-----------------------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ТП | ВРУ1 | 637,69 | 899,6 | ПВ3 | 2(4x185) | 10 |
| | ВРУ2 | 180,88 | 385,89 | ПВ3 | 2(5x95) | 12 |
| ВРУ1 | ВРУ3 | 637,69 | 899,6 | ПВ3 | 2(5x150) 2(5x95) | 3 |
| ВРУ2 | ВРУ4 | 180,88 | 385,89 | ПВ3 | 2x95 2x6 | 3 |
| ВРУ3 | ЩС1 | 116 | 138,79 | ВВГнг-LS | 2x25 | 42 |
| | ШР1 | 135,04 | 221,64 | ВВГнг-LS | 2x50 | 110 |
| | ЩВ2 | 87,2 | 65,4 | ВВГнг-LS | 2x6 | 125 |
| | ЩС2 | 115,4 | 225,24 | ВВГнг-LS | 2x50 | 65 |
| | ЩОА1 | | | ВВГнг-LS | 2x1,5 | 90 |
| | ЩВ1 | 31,83 | 66,06 | ВВГнг-LS | 2x6 | 125 |
| ВРУ4 | ЩМП2 | 115 | 110,73 | ВВГнг-LS | 2x16 | 3 |
| | ШР2 | 100,74 | 213,6 | ВВГнг-LS | 2x50 | 85 |
| | ЩС9 | 66,6 | 148,82 | ВВГнг-LS | 2x25 | 90 |
| | ЩО3 | 1,429 | 3,6 | ВВГнг-LS | 2x1,5 | 55 |
| ЩС-1 | ЩВ3 | 12,11 | 19,87 | ВВГнг-LS | 2x1,5 | 33 |
| | 1.1 | 5 | 2,2 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 11 |
| | 1.2 | 25 | 38,8 | ВВГнг-LS | 5x10 | 24 |
| | 1.3 | 40 | 71,5 | ВВГнг-LS | 5x25 | 30 |
| | 1.4 | 12 | 18,6 | ВВГнг-LS | 5x4 | 20 |
| | 1.5 | 12 | 18,6 | ВВГнг-LS | 5x4 | 35 |
| | 1.6 | 1,2 | 5,6 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 10 |
| | 1.7 | 5 | 9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 11 |
| | 1.8 | 7,5 | 13,4 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 14 |
| | 1.9 | 7,5 | 13,4 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 5 |
| ЩС-2 | 1.10 | 0,75 | 1,8 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 20 |
| | 2.1 | 30 | 53,7 | ВВГнг-LS | 5x16 | 51 |
| | 2.2 | 8 | 14,3 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 16 |
| | 2.3 | 8 | 14,3 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 12 |
| | 2.4 | 7,9 | 14,1 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 13 |
| | 2.5 | 35 | 62,6 | ВВГнг-LS | 5x25 | 40 |
| | 2.6 | 3 | 15,2 | ВВГнг-LS | 5x20 | 28 |
| ЩС-3 | 2.7 | 16,6 | 25,7 | ВВГнг-LS | 5x6 | 4 |
| | 3.1 | 3 | 6,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 10 |
| | 3.2 | 2,3 | 4,7 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 14 |
| | 3.4 | 0,8 | 1,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 9 |
| | 3.6 | 2,5 | 5,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 9 |
| | 3.7 | 4,4 | 8,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 10 |
| | 3.8 | 1,0 | 1,7 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 9 |
| ЩС-4 | 3.9 | 2,0 | 10,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 9 |
| | 4.1 | 1,65 | 3,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 10 |
| ЩС-4 | 4.2 | 1,25 | 1,7 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 15 |
| | 4.3 | 1,3 | 3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 15 |
| ЩС-4 | 4.4 | 0,75 | 1,8 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 15 |

Продолжение таблицы А.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|------|-------|------|----------|----------|-------|
| ЩС-4 | 4.7 | 1,5 | 3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 16 |
| | 4.8 | 0,325 | 3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 4 |
| ЩС-5 | 5.1 | 3 | 6,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 28 |
| | 5.2 | 7 | 12,5 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 40 |
| | 5.4 | 9,6 | 16,2 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 29 |
| | 5.5 | 4,8 | 8,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 31 |
| | 5.6 | 5,76 | 9,7 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 26 |
| | 5.7 | 5,76 | 9,7 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 21 |
| | 5.8 | 2,88 | 4,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 22 |
| | 5.9 | 0,03 | 0,14 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 59 |
| | 5.10 | 2,5 | 5,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 10 |
| | 5.11 | 12 | 18,6 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 24 |
| ЩС-5.1 | 5.12 | 6 | 9,3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 20 |
| | 5.13 | 6 | 9,3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 20 |
| | 5.14 | 6 | 9,3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 33 |
| | 5.15 | 6 | 9,3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 38 |
| | 5.16 | 1,2 | 5,6 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 22 |
| ЩС-6 | 6.1 | 0,3 | 0,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 8 |
| | 6.2 | 25 | 76 | ВВГнг-LS | 5x25 | 13 |
| | 6.3 | 50 | 95 | ВВГнг-LS | 5x50 | 18 |
| | 6.4 | 3,6 | 10,9 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 15 |
| | 6.5 | 5 | 15,2 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 12 |
| ЩС-6 | 6.6 | 2,2 | 20 | ВВГнг-LS | 5x4 | 13 |
| | 6.7 | 1,1 | 10 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 13 |
| ЩС-7 | 7.1 | 7,5 | 13,4 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 24 |
| | 7.2 | 3 | 6,1 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 23 |
| | 7.3 | 3,9 | 7,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 23 |
| | 7.4 | 3,2 | 5,6 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 22 |
| | 7.5 | 7,5 | 12,7 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 14 |
| | 7.6 | 5,5 | 9,8 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 25 |
| | 7.7 | 4,5 | 16 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 28 |
| | 7.8 | 4 | 7,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 25 |
| | 7.9 | 4 | 7,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 30 |
| | 7.10 | 3 | 15,2 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 40 |
| ЩС-8 | 8.1 | 13 | 23,3 | ВВГнг-LS | 5x4 | 25 |
| | 8.2 | 5,2 | 9,3 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 18 |
| | 8.3 | 7,5 | 13,4 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 23 |
| | 8.4 | 4 | 7,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 20 |
| | 8.5 | 7,5 | 13,4 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 16 |
| | 8.6 | 5,5 | 9,8 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 22 |
| | 8.7 | 4 | 7,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 14 |
| | 8.8 | 2 | 12,2 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 14 |
| | 8.9 | 3 | 18,2 | ВВГнг-LS | 3x2,5 | 8 |
| | 8.10 | 8,37 | 25,4 | ВВГнг-LS | 5x4 | 12 |
| | 8.11 | 1,8 | 3,7 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 17 |
| | | | 11 | 20 | ВВГнг-LS | 5x2,5 |

Продолжение таблицы А.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|--------|-------|------|----------|-------|----|
| ЩС-9 | 9.1 | 9 | 16,1 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 7 |
| | 9.2 | 14,5 | 25,9 | ВВГнг-LS | 5x6 | 24 |
| | 9.3 | 14,5 | 25,9 | ВВГнг-LS | 5x6 | 21 |
| | 9.4 | 3 | 15,2 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 28 |
| ШР-1 | P1.1 | 22 | 41,8 | ВВГнг-LS | 5x16 | 4 |
| | P1.2 | 32,2 | 54,1 | ВВГнг-LS | 5x16 | 3 |
| | P1.3 | 6,4 | 10,6 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 15 |
| ШР-2 | P2.1 | 30 | 60,8 | ВВГнг-LS | 5x25 | 14 |
| | P2.2 | 6,25 | 11,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 13 |
| | P2.3 | 8,4 | 13,9 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 13 |
| | P2.4 | 8 | 16,2 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 9 |
| | P2.5 | 16,7 | 36,3 | ВВГнг-LS | 5x10 | 13 |
| ЩВ-1 | 1.1(В) | 16 | 24,8 | ВВГнг-LS | 4x2,5 | 10 |
| | 1.2(В) | 15,9 | 24,8 | ВВГнг-LS | 4x2,5 | 10 |
| ЩВ-2 | 2.1(В) | 2,2 | 0,43 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 14 |
| | 2.2(В) | 4 | 7,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 14 |
| | 2.3(В) | 0,106 | 0,46 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 12 |
| | 2.4(В) | 0,106 | 0,46 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 13 |
| | 2.5(В) | 0,254 | 1,13 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 22 |
| | 2.6(В) | 0,257 | 1,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 25 |
| | 2.7(В) | 0,95 | 2,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 13 |
| | 2.8(В) | 12 | 21,5 | ВВГнг-LS | 5x6 | 25 |
| ЩВ-3 | 3.1(В) | 0,16 | 0,71 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 40 |
| | 3.2(В) | 0,11 | 0,46 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 30 |
| | 3.3(В) | 0,16 | 0,71 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 20 |
| ЩВ-3 | 3.4(В) | 0,26 | 1,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 27 |
| | 3.5(В) | 0,26 | 1,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 17 |
| | 3.6(В) | 0,26 | 1,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 8 |
| | 3.7(В) | 0,95 | 2,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 30 |
| | 3.8(В) | 0,95 | 2,2 | ВВГнг-LS | 5x1,5 | 30 |
| | 3.9(В) | 9 | 16,1 | ВВГнг-LS | 5x2,5 | 16 |
| ЩО-1 | 1.1(О) | 0,090 | 0,41 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.2(О) | 1,035 | 4,7 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.3(О) | 1,035 | 4,7 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.4(О) | 1,035 | 4,7 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.5(О) | 1,035 | 4,7 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| ЩО-2 | 2.1(О) | 0,360 | 1,64 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 2.2(О) | 0,360 | 1,64 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 2.3(О) | 0,044 | 0,2 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 2.4(О) | 0,9 | 4,09 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 2.5(О) | 0,420 | 1,91 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| ЩО-3 | 3.1(О) | 0,260 | 1,18 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 3.2(О) | 0,330 | 1,5 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 3.3(О) | 0,262 | 1,19 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 3.4(О) | 0,194 | 0,88 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |

Окончание таблицы А.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------|---------|-------|------|----------|-------|-----|
| ЩО-4 | 4.2(О) | 2 | 10,1 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 6 |
| | 4.3(О) | 1,185 | 6 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 5 |
| | 4.4(О) | 1,08 | 5,3 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | 7,5 |
| ЩОА-1 | 1.1А(э) | 0,690 | 3,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.2А(э) | 0,690 | 3,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.3А(э) | 0,4 | 2 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.4А(э) | 0,73 | 4,2 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.5А(э) | 0,267 | 1,21 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.6А(э) | 0,114 | 0,52 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |
| | 1.7А(э) | 1,130 | 5,14 | ВВГнг-LS | 3x1,5 | - |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Затраты на покупку электрооборудования

| Наименование | Тип | Единицы измерения | Кол-во | Стоимость | |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|--------|------------|-----------------|
| | | | | За единицу | С учетом кол-ва |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Автоматические выключатели | BA57-31 | шт. | 51 | 2463 | 125613 |
| | BA57-35 | | 13 | 2836,72 | 36877,36 |
| | Acti 9 iC60 | | 77 | 275 | 21175 |
| | DPN N Vigi | | 15 | 7972 | 119580 |
| | iC60NC16 | | 4 | 4035,71 | 16142,84 |
| Щиты распределительные | ЩРН-24з-236 УХЛ3 | шт. | 4 | 1117 | 4468 |
| | ЩРН-36з-074 У2 | | 4 | 2615 | 10460 |
| | ЩРН-18з-074 У2 | | 2 | 920 | 1840 |
| | ЩРН-п-18 | | 1 | 559 | 559 |
| Распределительные пункты | ПР8503-1132-2 | шт. | 9 | 39362,8 | 354265,2 |
| светильники | LDSP0-1301-20-K03 | шт. | 2 | 1380,3 | 2760,6 |
| | LDBO0-1004-0-11-K01 | | 12 | 426,22 | 5114,64 |
| Светильники | V1-Ю-70210-03N00-6501840 | шт. | 2 | 2461,54 | 4923,08 |
| | V-A4-861-018-4100K | | 5 | 6625 | 33125 |
| | LDBO0-1008- 0-16 | | 9 | 1112,96 | 10016,64 |

Продолжение таблицы Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|------------------------|-----|----|---------|----------|
| Светильники | LDBO0-1007-0-12-K03 | | 3 | 1385 | 4155 |
| | LE-СПО-05-040-0151-54Т | | 18 | 4569 | 82242 |
| | LE-СПО-11-100-0409-54Д | | 36 | 7650 | 275400 |
| | ISK 50-03-C-01 | | 18 | 4455,94 | 80206,92 |
| | PRIDE 42Вт LZ-20U-L | | 10 | 3854 | 38540 |
| Светильники | V-04-850-036-6500К | шт. | 12 | 4321 | 51852 |
| | ZKH-C01-10W | | 1 | 835 | 835 |
| | A4-200-036 | | 6 | 5000 | 30000 |
| | LDSP0-1303-40-K03 | | 6 | 2782 | 16692 |
| | LE-СПО-05-023-0142-54Д | | 1 | 2156 | 2156 |
| | LE-ССП-15-060-0468-65Д | | 2 | 5917 | 11834 |
| | LDBO0-1003-0-8-K01 | | 4 | 712 | 2848 |
| | LDBO0-1009-2-9-k01 | | 6 | 1152,78 | 6916,68 |
| Компенсирующие устройства | АУКРМ-0.4-225-25-УХЛ4 | шт. | 2 | 92400 | 184800 |
| Вводно-распределительные устройства | БВРУ-(2БВ-01-630) | шт. | 2 | 57900 | 115800 |
| | ВРУ3СМ-50-00 АУХЛ4 | | 2 | 15500 | 31000 |
| Кабель ПВЗ | 4x185 | м | 20 | 780 | 62400 |
| | 5x95 | | 30 | 397,58 | 59637 |
| | 5x150 | | 6 | 639,83 | 19194,9 |

Окончание таблицы Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|--------------|-----|------|--------|------------|
| Кабель ПВЗ | 2x6 | | 3 | 22,28 | 133,68 |
| Кабель ВВГнг-LS | 5x1,5 | м | 1027 | 49,84 | 51185,68 |
| | 5x2,5 | | 347 | 76,44 | 26524,68 |
| | 5x4 | | 109 | 118,74 | 12942,66 |
| | 5x6 | | 99 | 173,74 | 17200,26 |
| | 5x10 | | 37 | 270,51 | 10008,87 |
| | 5x16 | | 58 | 423,88 | 24585,04 |
| | 5x25 | | 125 | 650,66 | 81332,5 |
| | 5x50 | | 18 | 985,9 | 17746,0 |
| | 4x2,5 | | 20 | 61,43 | 1228,6 |
| | 3x1,5 | | 300 | 21,19 | 6357 |
| Кабель ВВГнг-LS | 3x2,5 | м | 8 | 34,03 | 272,24 |
| | 2x1,5 | | 178 | 22,43 | 3992,54 |
| | 2x6 | | 250 | 65,20 | 16300 |
| | 2x16 | | 3 | 130 | 390 |
| | 2x25 | | 132 | 303 | 39996 |
| | 2x50 | | 260 | 579,64 | 150706 |
| Силовой трансформатор | ТМ-400/6-0,4 | шт. | 2 | 224550 | 449100 |
| Всего | | | | | 1985676,25 |

Таблица Б.2 – Затраты на монтаж электрооборудования

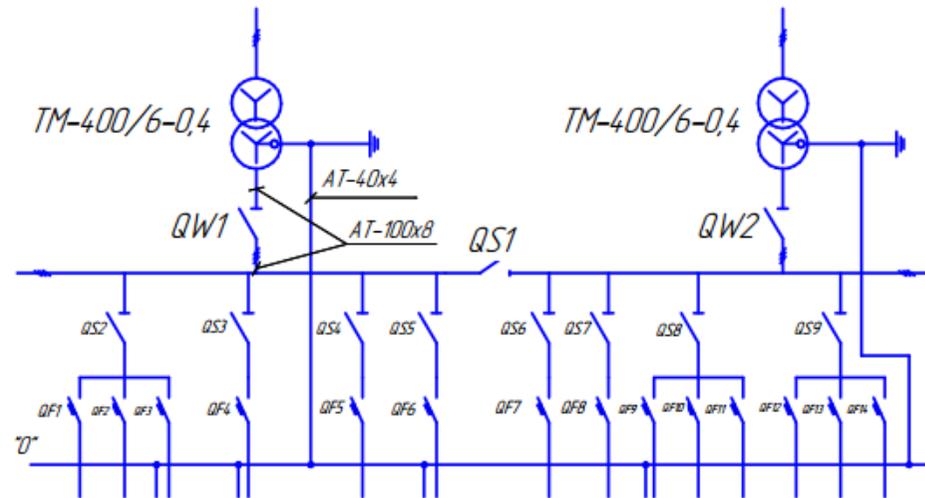
| Наименование | Тип | Кол-во шт., м | Кол-во часов | Тарифная ставка | |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | | | | За единицу | С учетом кол-ва |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Автоматические выключатели | BA57-31 | 51 | 0,3 | 69,52 | 3545,52 |
| | BA57-35 | 13 | | | 903,76 |
| | Acti 9 iC60 | 77 | | | 5353,04 |
| | <i>DPN N Vigi</i> | 15 | | | 1042,8 |
| | iC60NC16 | 4 | | | 278,08 |
| Щиты распределительные | ЩРН-24з-236 УХЛ3 | 4 | 0,43 | 95,5 | 382 |
| | ЩРН-36з-074 У2 | 4 | | | 382 |
| | ЩРН-18з-074 У2 | 2 | | | 191 |
| | ЩРН-п-18 | 1 | | | 95,5 |
| Распределительные пункты | ПР8503-1132-2 | 9 | 1,8 | 653,67 | 5883,03 |
| Монтаж силовых трансформаторов | ТМ-400/6-0,4 | 2 | 4,7 | 1076,81 | 2153,62 |
| Монтаж компенсирующих устройств | АУКРМ-0.4-225-25-УХЛ4 | 2 | 2,7 | 980,51 | 1961,01 |
| Вводно-распределительные устройства | БВРУ-(2БВ-01-630) | 2 | 5 | 2431,75 | 4863,5 |
| | ВРУЗСМ-50-00 АУХЛ4 | 2 | | | |
| Кабель ПВЗ | 4x185 | 20 | 14 | 3109,4 | 621,88 |
| | 5x95 | 30 | | | 932,82 |
| | 5x150 | 6 | | | 186,56 |
| | 2x6 | 3 | | | 93,28 |
| Кабель ВВГнг-LS | 5x1,5 | 1027 | 14 | 3109,4 | 31933,54 |

Окончание таблицы Б.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------|-------|---------|------|--------|-----------|
| Кабель ВВГнг-LS | 5x2,5 | 347 | | | 10789,62 |
| | 5x4 | 109 | | | 3389,25 |
| | 5x6 | 99 | | | 3078,31 |
| | 5x10 | 37 | | | 1150,48 |
| Кабель ВВГнг-LS | 5x16 | 58 | 14 | 3109,4 | 1803,45 |
| | 5x1,5 | 1027 | | | 31933,54 |
| | 5x2,5 | 347 | | | 10789,62 |
| | 5x4 | 109 | | | 3389,25 |
| | 5x6 | 99 | | | 3078,31 |
| | 5x10 | 37 | | | 1150,48 |
| | 5x16 | 58 | | | 1803,45 |
| | 5x50 | 18 | | | 559,69 |
| | 4x2,5 | 20 | | | 621,88 |
| | 3x1,5 | 300 | | | 9328,20 |
| | 3x2,5 | 8 | | | 248,75 |
| | 2x1,5 | 178 | | | 5534,73 |
| | 2x6 | 250 | | | 7773,50 |
| | 2x16 | 3 | | | 93,28 |
| 2x25 | 132 | 4104,41 | | | |
| 2x50 | 260 | 8084,44 | | | |
| Светильники | - | 153 | 0,43 | 103,38 | 15817,14 |
| Всего | | | | | 185324,72 |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Однолинейная электрическая схема



| № фидера | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Назначение | Резерв | Резерв | Резерв | ВРУ-1 обод1 | Резерв | ВРУ-2 обод1 | Секционный рубильник | ВРУ-1 обод2 | ВРУ-2 обод2 | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв |
| Ном. ток | 200 | 100 | 100 | 600 | 600 | 600 | 1000 | 600 | 600 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Тр-р тока | - | TK-20 000/5 | TK-20 000/5 | TK-20 600/5 | TK-20 600/5 | TK-20 600/5 | - | TK-20 600/5 | TK-20 600/5 | TK-20 000/5 | TK-20 000/5 | TK-20 000/5 | TK-20 000/5 | TK-20 000/5 | TK-20 000/5 |
| Марка и сеч. кабеля | - | - | - | ВБЗ 4x105 | - | ВБЗ 5x95 | - | ВБЗ 4x105 | ВБЗ 5x95 | - | - | - | - | - | - |

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

План расположения электрооборудования

