

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Повышение энергоэффективности предприятия малой мощности

Студент

М.А. Кандикова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н., профессор, П.А. Николаев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Общая часть	8
1.1 Краткая характеристика объекта	8
1.2 Исходные данные для составления проекта.....	23
1.3 Выводы по разделу 1.....	25
2 Проектная часть.....	27
2.1 Выбор схемы электроснабжения	27
2.2 Расчет электрических нагрузок	29
2.3 Светотехнический расчет	31
2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов	39
2.5 Расчет и выбор компенсирующего устройства.....	40
2.6 Выбор пусковой аппаратуры	43
2.7 Выбор защитной аппаратуры.....	45
2.8 Расчеты сетей напряжением 0,4 кВ.....	46
2.9 Выбор силового электрооборудования напряжением 0,4 кВ	47
2.10 Расчетная однолинейная схема сети 0,4 кВ	48
2.11 Выводы по разделу 2.....	49
3 Организационно-технологическая часть	50
3.1 Приемка объекта под монтаж	50
3.2 Объем электромонтажных работ	51
3.3 Основные решения по организации ЭМР.....	52
3.4 Материально-техническое обеспечение объекта.....	60
3.5 Организация работ в МЭЗ	64
3.6 Перечень приемо-сдаточной документации	65
3.7 Рекомендации по технологии ЭМР.....	67
3.8 Технологическая карта на один из видов ЭМР.....	72
3.9 Операционный контроль качества	73
3.10 Ведомость механизмов, приспособлений и инструментов, применяемых при выполнении ЭМР	78

3.11 Мероприятия по охране труда	79
3.12 Указания по технике безопасности	82
3.13 Указания по пожарной безопасности.....	85
3.14 Схема уравнивания потенциалов	86
3.15 Определение сметной стоимости	88
3.16 Выводы по разделу 3.....	92
Заключение	93
Список используемых источников.....	94

Введение

Основной вид деятельности предприятия малой мощности ОАО «Памир» - механическая обработка металлов резанием. Для этого на предприятии используются токарные, фрезерные и сверлильные станки.

Основной целью в производстве является минимизация времени производства, затрат, энергии и ресурсов при сохранении или даже улучшении производительность. Основное влияние на эффективность процесса при резке металла может быть связано с параметрами обработки, а производительность также зависит от параметров деформации материала, таких как скорость деформации, температура обработки и силы резания [1].

В недавнем прошлом, обрабатывающая промышленность повышала свою эффективность, главным образом, используя более высокие темпы производства, достигнутые за счет более высоких скоростей резания [26]. Сейчас на главные роли вышли другие способы повышения производительности труда, объединенные общим понятием «высокоэффективная резка». В этой стратегии важную роль играют, например, дизайн инструмента и материал инструмента, износ и срок службы инструмента, стратегии охлаждения, в том числе сухая резка, промывка под высоким давлением и т.д. [27] С другой стороны, важную роль стало играть внедрение энергосберегающих технологий.

Сегодня основные проблемы в резке металла лежат в области разработки и применения инновационной стратегии, направленной, в первую очередь, на сокращение цикла времени на обработку, снижение затрат на повышение производительности труда, повышение рентабельности производства, повышение эффективности использования энергии и ресурсов, но при этом улучшение экологических показателей производства. Например, при обработке легких материалов или сплавов с высокой температурой плавления, использование высокоскоростной обработки (HSM) и высокопроизводительной резки (HPC) часто ограничены производительностью

станка, износом инструмента и обрабатываемостью заготовки. В целом, использование высокой скорости может привести к снижению силы резания, мощности и энергии, которая в свою очередь окажет положительное влияние на форму и конструкцию инструмента и станка. Тем не менее, более высокая подача и глубина резания требуют больших усилий и мощности, хотя они могут сократить время резки, стоимость и количество потребленной энергии.

Другой возможностью повысить эффективность металлообрабатывающего производства является снижение расхода электроэнергии. Коррекция коэффициента мощности является одной из лучших инвестиций для снижения затрат на электроэнергию с коротким сроком окупаемости [28]. Во многих случаях работа по проектированию и определению размеров реактивной мощности затруднена из-за того, что низковольтные установки (в первую очередь металлообрабатывающие станки), а также ее питающие источники энергии, повышают долю высоких гармоник. Силовые преобразователи, приводы с электронным управлением, статические преобразователи частоты, компьютеры вырабатывают гармонические токи в сеть питания. Эти гармоники могут быть усилены импедансами сети и паразитными емкостями.

Коррекция коэффициента мощности формирует входной ток автономных источников питания, чтобы обозначить реальную мощность, взятую от сети. В идеале электрический приемник должен представлять приемник, которая имитирует активный резистор, и в этом случае неактивная мощность, потребляемая прибором, равна нулю. Данному сценарию присуще отсутствие гармоник входного напряжения – а форма тока является копией входного напряжения (обычно синусоидальной) и точно совпадает с ним. В данном случае ток, забираемый в сети, считается минимальным для полной мощности, необходимой для выполнения необходимого действия, и это дает минимум утечек и затрат, обусловленных не только распределением мощности, но также с производимой работой технологического оборудования, участвующего в процессе. Если ток и напряжение имеют

форму синусоиды и синфазные, коэффициент мощности равен 1,0. Если оба являются синусоидальными, но не в фазе, коэффициент мощности считается косинусом фазового сдвига. Это иногда выдается как определение коррекции мощности, но оно применяется только в особом случае, если и ток, и напряжение являются полностью синусоидальными волнами. Такое бывает, когда потребители состоят из RCL- элементов, и они являются линейными.

Актуальность работы.

В настоящее время снижение энергетических затрат, наряду с повышением экологической безопасности производств, являются ключевыми задачами стоящими перед промышленным производством. Это касается не только крупных производителей, но и достаточно небольших. Динамика внедрения проектов по повышению энергетической эффективности в международных компаниях нарастает с каждым годом, заставляя многие Российские компании также уделять повышенное внимание данной проблеме. Особенно актуальность данной проблемы повышается во время очередного экономического кризиса. В мире уже сформирован развитый и достаточно стандартизированный в международном масштабе энергетический менеджмент, основная задача которого уже на стадии бизнес-проектов закладывать оптимальную политику предприятий в области энергетических сбережений. Востребованы методики совершенствования энергетической эффективности для отдельных, различных видов производств и методики их экономической оценки.

Таким образом, разработка мероприятий по энергосбережению предприятия малой мощности ОАО «Памир» является актуальной задачей.

Цель работы.

Целью данной работы является разработка мероприятий по энергосбережению предприятия малой мощности ОАО «Памир», позволяющие понизить расход электрической энергии на действующем металлообрабатывающем производстве.

Объектом исследования является электрическое хозяйство предприятия малой мощности ОАО «Памир».

Предметом исследования является энергосберегающие технологии, направленные на снижение расхода электроэнергии.

Задачи исследования.

1. Проанализировать электропотребление предприятия, выявить ресурсы для снижения расхода энергии.

2. Разработать мероприятия по снижению электропотребления.

Практическая значимость.

Разработанные мероприятия по снижению электропотребления позволяют снизить себестоимость продукции, повысить рентабельность производства.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Мероприятия по снижению электропотребления на предприятии малой мощности ОАО «Памир».

Новизна магистерской диссертации.

1. Новизна работы заключается в практическом применении разрабатываемых энергосберегающих мероприятий на действующем промышленном производстве.

Структура и объём работы.

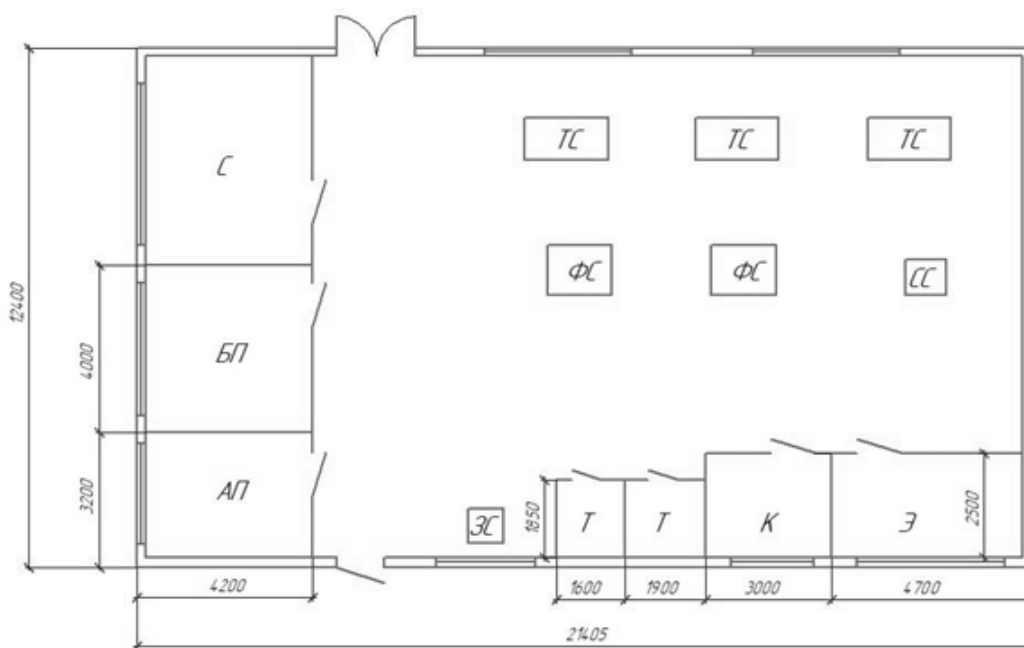
Структура: введение, 3 раздела, заключение, список использованной литературы.

Пояснительная записка содержит 97 страниц машинописного текста.

1 Общая часть

1.1 Краткая характеристика объекта

Объектом исследования является электрическое хозяйство предприятия малой мощности ОАО «Памир» (см. рис. 1).



С- складское помещение; БП- бытовое помещение; АП- административное помещение; Т- туалетная комната; К- компрессорная; Э- электрическая щитовая; ТС- токарный станок с ЧПУ; ФС- фрезерный станок с ЧПУ; СС- сверлильный станок; ЗС- заточной станок

Рисунок 1- План расположения помещений и основного технологического оборудования ОАО «Памир»

Общая площадь производственного корпуса 265 м². Площади производственных и бытовых помещений, а также характеристики освещенности показаны в таблице 1.

Основные технические параметры основного технологического оборудования показаны в таблице 2.

Таблица 1- Характеристика производственных и бытовых помещений

№ п/п	Наименование помещения	Площадь, м ²	Норматив освещенности, Лк
1	Складское помещение	21,84	30
2	Бытовое помещение	16,8	200
3	Административное помещение	13,44	300
4	Туалетная комната №1	2,96	50
5	Туалетная комната №2	3,52	50
6	Компрессорная	7,5	30
7	Электрическая щитовая	11,75	30
8	Зона производства	187,19	200

Таблица 2- Технические параметры основного технологического оборудования

№ п/п	Обозначение на плане	Наименование оборудования	Тип применяемого электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Коэффициент мощности
1	2	3	4	5	6
1	ТС	Токарный станок с ЧПУ типа KE40	АИР 160S8	7,5	0,65
2	ФС	Фрезерный станок с ЧПУ типа ТМ20 0906	АИР 80В6	3,0	0,71
3	СС	Сверлильный станок типа 2С125	АИР71В6	1,5	0,68
4	ЗС	Заточной станок типа МВ111	АИР56В4	0,18	0,68
5	К	Компрессорная установка КМК-2200	АИР112МА8	2,2	0,71
			Итого	14,38	

Применяемое на производстве основное технологическое оборудование имеет низкий $\cos\varphi$ от 0,65 до 0,71.

Коэффициент мощности системы электроснабжения переменного тока определяется как отношение активной (истинной или реальной) мощности к полной мощности.

Активная (реальная или истинная) мощность измеряется в ваттах (Вт) и представляет собой мощность, потребляемую электрическим сопротивлением системы, выполняющей полезную работу

Полная мощность измеряется в вольт-амперах (ВА) и представляет собой напряжение в системе переменного тока, умноженное на весь ток, протекающий в ней. Это векторная сумма из активной и реактивной мощности.

Требуемый для питания электрических цепей источник питания характеризуется полной мощностью и представляет собой комплексную величину, которая может быть выражена в соотношении пифагорова треугольника, как показано на рис. 2 [29]. Полная мощность - это мощность, подаваемая в электрическую цепь - как правило, от поставщика энергии в сеть - для покрытия реальной и реактивной потребляемой мощности в нагрузках.

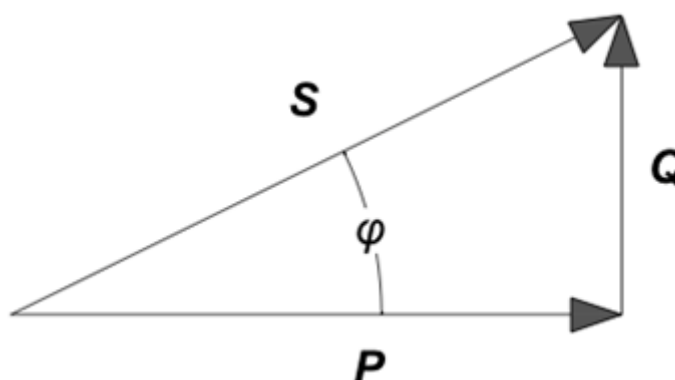


Рисунок 2- Соотношение мощностей электрической сети

Реактивная мощность измеряется в вольт-ампер реактивный (вар). Реактивная мощность - это энергия, которая накапливается и разряжается асинхронными двигателями, трансформаторами и соленоидами [30].

Реактивная мощность требуется для намагничивания электродвигателя, но не выполняет никакой работы. Реактивная мощность, необходимая для индуктивных нагрузок, увеличивает количество полной мощности - и требуемую подачу в сеть от поставщика энергии к распределительной системе.

Реактивная мощность - это мнимая мощность в емкостной или индуктивной нагрузке. Реактивная мощность представляет собой обмен энергией между источником питания и реактивными нагрузками, при котором полезная мощность не увеличивается и не теряется. Чистая средняя реактивная мощность равна нулю. Реактивная мощность накапливается и разряжается индуктивными двигателями, трансформаторами, соленоидами и конденсаторами.

Реактивная мощность должна быть сведена к минимуму, поскольку она увеличивает общий ток, протекающий в электрической цепи, не оказывая никакой нагрузки на нагрузку. Увеличение реактивных токов обеспечивает только невозстановимые потери мощности из-за сопротивления линии электропередачи.

Увеличение реактивной и полной мощности приведет к снижению коэффициента мощности $\cos\varphi$ или PF - косинус фазового угла φ между напряжением и током.

Коэффициент мощности, определенный IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – институт инженеров электротехники и электроники) и IEC (International Electrotechnical Commission – международная электротехническая комиссия, МЭК), представляет собой отношение между приложенной активной (истинной) мощностью и полной мощностью, и в целом может быть выражен как:

$$PF = \cos\varphi = P / S \quad (1)$$

где PF - коэффициент мощности;

P - активная (истинная или реальная) мощность (Вт)

S - полная мощность (ВА, вольт·ампер)

Низкий коэффициент мощности является результатом индуктивных нагрузок, таких как трансформаторы и электродвигатели. В отличие от нагрузок сопротивления, создающих тепло за счет потребления киловатт, индуктивные нагрузки требуют протекания тока для создания магнитных полей, чтобы произвести желаемую работу.

Коэффициент мощности является важным измерением в электрических системах переменного тока, потому что общий коэффициент мощности менее единицы указывает на то, что поставщик электроэнергии должен обеспечить больше генерирующих мощностей, чем фактически требуется.

Искажение формы волны тока, которое способствует снижению коэффициента мощности, вызвано искажением формы напряжения и перегревом в нейтральных кабелях трехфазных систем.

Международные стандарты, такие как МЭК 61000-3-2, были установлены для контроля искажения формы тока путем введения ограничений на амплитуду гармоник тока.

Если коэффициент мощности близок к единице (чисто резистивная схема), система питания с трансформаторами, кабелями, распределительным устройством/м и источниками бесперебойного питания может быть значительно меньше (с меньшей мощностью).

Любой коэффициент мощности меньше единицы означает, что проводка цепи должна пропускать больше тока, чем необходимо при нулевом реактивном сопротивлении в цепи, чтобы подавать такое же количество (истинной) мощности на резистивную нагрузку.

Зависимость площади поперечного сечения проводника от коэффициента мощности приведено в таблице 3.

Таблица 3- Требуемая площадь поперечного сечения проводника с меньшим коэффициентом мощности

PF (cosφ)	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0,5	0,4	0,3
Поперечное сечение, мм ²	1	1.2	1,6	2,04	2,8	4,0	6,3	11,1

Низкий коэффициент мощности является финансово дорогим и неэффективным, и некоторые коммунальные компании могут взимать дополнительную плату, когда коэффициент мощности меньше 0,95. Низкий *cosφ* уменьшает распределительную способность электрической системы, увеличив ток и вызвав падение напряжения.

Коэффициент мощности может обозначаться как «опережающий» или «запаздывающий», в зависимости от знака фазового угла.

При чисто резистивной нагрузке ток и напряжение постепенно изменяют полярность, и коэффициент мощности будет равен единице. Электрическая энергия течет в одном направлении через сеть в каждом цикле.

Индуктивные нагрузки - трансформаторы, двигатели и намотанные катушки - потребляют реактивную мощность, а форма волны тока отстает от напряжения.

Емкостные нагрузки - конденсаторные батареи или скрытые кабели - генерируют реактивную мощность с фазой тока, опережающей напряжение.

Индуктивные и емкостные нагрузки накапливают энергию в магнитных или электрических полях устройств во время частей циклов переменного тока. Энергия возвращается к источнику питания в течение остальных циклов.

В системах с преимущественно индуктивными нагрузками - как правило, на промышленных предприятиях с большим количеством электродвигателей - запаздывающее напряжение компенсируется батареями конденсаторов.

Так как основными силовыми потребителями на ОАО «Памир» являются трехфазные электродвигатели рассмотрим коэффициент мощности для трехфазного двигателя.

Общая мощность, требуемая для индуктивного устройства, такого как двигатель или ему подобное, состоит из активной и реактивной мощности. Их соотношение определяется коэффициентом мощности и для трехфазного электродвигателя может быть выражено как:

$$PF = \cos\varphi = P / [3^{1/2} \cdot U \cdot I], \quad (2)$$

где PF - коэффициент мощности;

P - приложенная мощность, Вт;

U – напряжение, В;

I – ток, А.

Альтернативное выражение может быть записано как

$$P = 3^{1/2} \cdot U \cdot I \cdot PF = 3^{1/2} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad (3)$$

U, I и $\cos\varphi$ являются паспортными данными и обычно указаны на паспортной табличке двигателя.

Определим преимущества коррекции коэффициента мощности:

- 1) сокращение счетов за электроэнергию - исключение штрафа за низкий коэффициент мощности от энергокомпании;
- 2) увеличенная пропускная способность системы - дополнительные нагрузки могут быть добавлены без перегрузки системы;

3) улучшенные рабочие характеристики системы за счет уменьшения потерь в линии - благодаря меньшему току;

4) улучшение рабочих характеристик системы за счет повышения напряжения - исключаются чрезмерные падения напряжения.

Наиболее распространенным способом коррекции коэффициента мощности является применение конденсаторов. Для примера, в таблице 4 представлены рекомендуемые размеры блоков KVAR (конденсаторных блоков), необходимых для коррекции асинхронных двигателей до коэффициента мощности приблизительно 95%.

Таблица 4- Рекомендуемая мощность конденсаторных блоков для коррекции коэффициента мощности для нагрузки асинхронными двигателями

Номинальная мощность асинхронного двигателя, (л.с.)	Номинальная скорость двигателя (об / мин)					
	3600		1800		1200	
	Мощность конденсаторов, (квар)	Уменьшение тока в линии, (%)	Мощность конденсаторов, (квар)	Уменьшение тока в линии, (%)	Мощность конденсаторов, (квар)	Уменьшение тока в линии, (%)
3	1,5	14	1,5	23	2.5	28
5	2	14	2.5	22	3	26
7,5	2.5	14	3	20	4	21
10	4	14	4	18	5	21

Таким образом, первая задача, которую необходимо решить в моей работе – выполнить коррекцию коэффициента мощности.

Определим теоретический годовой расход энергии в производственной зоне. Результат расчета представим в виде таблицы 5. В качестве исходных данных примем данные из таблицы 2:

- наименование оборудования заносим в столбец №2;

- номинальную мощность производственного оборудования заносим в столбец №3;

- значение $\cos\varphi$ заносим в столбец №5.

Количество электрических приемников принимаем по плану расположения оборудования (см. рис. 1) и заносим в столбец №4. Согласно рис. 1 основным технологическим оборудованием являются металлорежущие станки – токарные, фрезерные, сверлильный и заточной.

В столбец №6 заносятся данные рассчитанные по формуле (4)

$$\varphi = \arccos\cos\varphi \rightarrow tg\varphi \quad (4)$$

Коэффициент использования оборудования принимается по [3] и заносится в столбец 7: металлорежущие станки с ЧПУ – $K_{и}=0,6$, остальные станки - $K_{и}=0,14$.

В столбец №8 заносятся данные о средней часовой потребленной активной мощности, рассчитанные по формуле (5)

$$P_C = k_{и} \cdot \sum P_H, \quad (5)$$

В столбец №9 заносятся данные о средней часовой потребленной реактивной мощности, рассчитанные по формуле (6)

$$P_C = tg\varphi \cdot P_C, \quad (6)$$

С целью определения общей определяемой полной мощности технических потребителей S_C , ВА, применим формулу (7). Результаты расчета вносим в столбец №10.

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}, \quad (7)$$

Таблица 5- Потребление электроэнергии производственным оборудованием

№, п/п	Наименование оборудования	Номинальная мощность, кВт	Количество, шт	cosφ	tgφ	K _и	Часовая расчетная нагрузка		
							P, кВт	Q, квар	S, кВА
1	2	3	4	5	6	7			
1	Токарный станок с ЧПУ типа KE40	7,5	3	0,65	1,17	0,6	13,5	15,8	20,8
2	Фрезерный станок с ЧПУ типа ТМ20 0906	3,0	2	0,71	0,99	0,6	3,6	3,56	5,06
3	Сверлильный станок типа 2С125	1,5	1	0,68	1,08	0,14	0,21	0,22	0,3
4	Заточной станок типа МВ111	0,18	1	0,68	1,08	0,14	0,03	0,032	0,04
5	Компрессорная установка КМК-2200	2,2	1	0,71	0,99	0,85	1,87	1,85	2,63
	Итого						19,21	21,27	28,75

Теоретическое годовое потребление электрической энергии $\mathcal{E}_{ТГ}$ производственным оборудованием рассчитаем по формуле (8)

$$\mathcal{E}_{Т.Г} = t_{\text{год.об}} \cdot \mathcal{E}_p, \quad (8)$$

где \mathcal{E}_p – часовой расход соответствующего вида энергии (P, Q, S);

$t_{\text{год.об}}$ – годовой фонд работы производственного оборудования.

По [4] принимаем $t_{\text{год.об}} = 4140$ ч для металлорежущего оборудования при двухсменном режиме работы.

$$P_{\text{ТГ}} = 4140 \cdot 19,21 = 79529,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ТГ}} = 4140 \cdot 21,27 = 88057,8 \text{ квар}$$

$$S_{\text{ТГ}} = 4140 \cdot 28,75 = 119025 \text{ кВА}$$

Проанализируем систему освещения.

В производственной зоне основным освещением является комбинация из естественного освещения через оконные проемы и 6 газоразрядных ламп, расположенных под потолком. Тип применяемых ламп – ДРЛ : лампы высокого давления, ртутные, дуговые [5]. Мощность каждой лампы 250 Вт. Лампы имеют цоколь E40, используются совместно со светильником РСП 99-250-300 ДРЛ 250Вт E40 подвесной с ПРА без стекла (см. рис. 3).



Рисунок 3- Светильник РСП 99-250-300 ДРЛ 250Вт E40

Данные светильники также имеют низкий $\cos\varphi = 0,55$. До появления светодиодного промышленного освещения, данный тип ламп был наиболее распространён среди промышленных и городских систем освещения.

Ртутная лампа является газоразрядной лампой высокой интенсивности [31]. Он использует дугу через испаренную ртуть в трубке высокого давления для создания очень яркого света непосредственно из своей собственной дуги (см. рисунок 4). Это отличается от флуоресцентных ламп, которые

используют ртутную дугу для создания более слабого света, который в основном создает ультрафиолетовый свет для возбуждения люминофоров.

Преимущества:

- хорошая эффективность (лампы после 1980-х годов имеют высокий показатель эффективности люмен на ватт);
- цветопередача лучше, чем у натриевых ламп высокого давления;
- некоторые лампы работают намного дольше, чем отметка 24000 часов, иногда 40 лет.

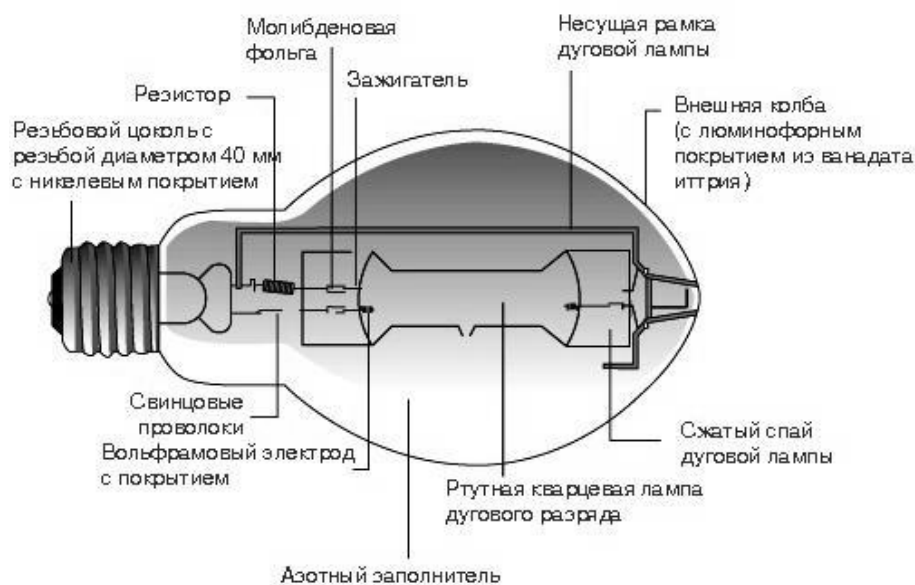


Рисунок 4- Устройство дуговой ртутной лампы

Недостатки [6]:

- как и многие лампы, она содержит ртуть, которая должна быть утилизирована надлежащим образом;
- светодиодные светильники имеют лучшую эффективность;
- плохая цветопередача: кожа человека выглядит немного зеленой при свете, она плоха для цветной фотографии.
- длительное время разогрева, необходимое для запуска лампы.

Основные показатели:

- CRI от 20 (прозрачная колба) до 60 (с люминофорным покрытием);
- цветовая температура - 6800 К (прозрачная лампа);
- эффективность от 30 до 60 Лм\Вт;
- срок службы лампы: 24 000 - 175 000 часов;
- ряд мощностей от 40 до 1000 Вт.

Рекомендуемое использование: большие площади, такие как парки, уличное освещение, здания с высокими потолками, спортивные залы. Лампы низкого давления с кварцевой колбой используются для бактерицидных целей, поскольку они пропускают ультрафиолетовый свет

Принцип действия (см. рис. 4). Есть несколько версий лампы, но основной принцип один и тот же.

«Лампы низкого давления: первые ртутные лампы находились в трубе низкого давления. Электрические контакты на каждой стороне лампы будут передавать электричество через жидкую ртуть, которая «запускает» лампу. После этого лампа будет быстро нагреваться, и ртуть станет паром. Свет усиливался, когда дуга становилась сильнее в трубе.

Лампы высокого давления: на сегодняшний день это лампы высокого давления с внутренней газоразрядной трубкой из плавленого кварца. Высокое давление помогает повысить эффективность, и это было разработано ещё в 1936 году, через 35 лет после появления ламп низкого давления.

Запуск этой лампы начинается с небольшой дуги между стартовым электродом и основным электродом. Эта дуга проходит через газ аргон, который легко испаряется даже в холодную погоду. Эта маленькая дуга нагревает трубку, и в течение нескольких минут трубка становится достаточно горячей, чтобы испарять твердую ртуть, прилипшую к стенкам. Испаренная ртуть создает сильный свет между двумя основными электродами» [6]. Чтобы предотвратить бесконечное усиление дуги, балласт ограничивает ток. Некоторые лампы используют нить накаливания в качестве резистора, ограничивая ток. В светильниках для дома обычно

используется балластный тип, где в больших светильниках для городского освещения используются более дорогие, но более эффективные балластные лампы [7].

Определим часовую потребляемую мощность светильников с лампой ДРЛ над зоной производства.

Расчетная активную мощность

$$P = P_p \cdot N, \quad (9)$$

где P_p – активная мощность одного светильника.

N – количество светильников» [8].

$$P = P_p \cdot N = 250 \cdot 6 = 1,5 \text{ кВт}$$

Расчётная реактивная мощность освещения Q_p , квар, вычисляют по формуле:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (10)$$

где « P_p – активная расчётная мощность освещения, кВт, (6)

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент мощности для освещения с лампами ДРЛ» [8]. Для $\cos \varphi$ светильников равного 0,55 $\operatorname{tg} \varphi = 1,52$.

$$Q_p = 1,5 \cdot 1,52 = 2,27 \text{ квар}$$

Полную расчётную мощность освещения S_p , кВА, вычисляют по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (11)$$

где P_p - активная расчётная мощность освещения, кВт (6);

Q_p - расчётная реактивная мощность освещения Q_p , квар (7)

$$S_p = \sqrt{1,5^2 + 2,27^2} = 2,72 \text{ кВА}$$

Расчётный ток освещения I_p , Авычисляют по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (12)$$

где S_p - полная расчётная мощность освещения, кВА (8);

$U_H=220$ - номинальное напряжение сети, В.

$$I_p = \frac{2720}{\sqrt{3} \cdot 220} = 7,14 \text{ А}$$

Согласно [1] время работы искусственного освещения при наличии в помещении естественного освещения составляет $t_{\text{год}}=4150$ ч. Тогда годовое потребление электроэнергии светильниками ДРЛ определяется по формуле (10)

$$S_{p.\Gamma} = t_{\text{год}} \cdot S_p, \quad (13)$$

$$S_{p.\Gamma} = 4150 \cdot 2,27 = 11288 \text{ кВА}$$

В остальных помещениях расположены следующие светильники:

- в складском помещении ЛСП42-2x18 – 3 шт;
- в бытовом помещении ЛСП42-2x18 – 2 шт;
- в административном помещении ARS/R-2x18 – 4 шт;
- в туалетной комнате светильник НПП04-40 – 4 шт;
- в компрессорной ЛСП42-2x18 – 1 шт;

- в электрической щитовой ЛСП42-2x18 – 2 шт.

Данные об энергопотреблении перечисленными светильниками сведены в таблицу 6.

$$S_{Б/А.Г} = 4150 \cdot 6,02 = 24983 \text{ кВА}$$

Таким образом, суммарные годовые затраты электроэнергии на освещение составляют:

$$S_{\Sigma.ОСВ.Г} = S_{Р.Г} + S_{Б/А.Г}, \quad (14)$$

$$S_{\Sigma.ОСВ.Г} = 11288 + 24983 = 36271 \text{ кВА}$$

Таблица 6- Электропотребление административных, бытовых и вспомогательных помещений

Тип светильника	Количество светильников, шт	Суммарная расчетная нагрузка (часовая)		
		P _p , кВт	Q _p , вар	S _p , кВА
НПП04-40	4	1,6	0	1,6
ARS/R-2x18	4	1,44	0,29	1.47
ЛСП42-2x18	8	2,88	0.64	2.95
Итого		5,92	0.93	6.02

1.2 Исходные данные для составления проекта

«Исходными материалами для составления плана производства работ (ППР) служат рабочие чертежи, сметная документация и проект организации строительства; данные о заказе и сроках поставки основного оборудования и материалов заказчиком и генеральным подрядчиком; сведения о наличии необходимых машин, механизмов и возможности их использования; действующие нормативные документы – ПУЭ, СНиП, строительные нормы,

технологические инструкции и документы, а также руководящие материалы по технике безопасности» [9].

Материалы ППР позволяют электромонтажникам, изучив проектную документацию, своевременно заказать расходные материалы, приспособления и инвентарь, а также произвести контроль за приобретением оборудования, организацией и выполнением работ. ППР бывают типовые, персональные, по составу – полные и сжатые.

«Типовые ППР составляют для объектов, строительство которых ведется по привязываемым типовым проектам или документам повторного применения. Сокращенные ППР разрабатывают для объектов при технически несложном и небольшом объеме работ. Полный ППР разрабатывают для крупных комплексов строительства, возводимых по индивидуальным проектам с применением новых технических решений. ППР должен быть минимальным по объему и конкретным по содержанию, в нем не должны повторяться материалы проектной документации» [9].

По надежности электроснабжения объект относится ко II категории. Напряжение сети 0,4 кВ. Тип сети - TN-C-S.

Потери напряжения в сетях не более 2%.

Силовые и осветительные сети выполнены кабелем ВВГнг скрыто:

- за подвесными потолками;
- в трубах;
- в стробах, под слоем штукатурки.

Нормируемая освещенность, количество и тип светильников необходимо принять в соответствии с назначением помещений, согласно СП 31-110-2003, СНиП 23-05-95 и СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03. Расчет освещения выполнить с применением современного программного обеспечения.

В проекте необходимо учитывать следующие виды освещения:

- рабочее;
- аварийное.

В качестве источников света принять светодиодные лампы и светильники.

Заземление светильников и электрооборудования выполнить на защитный РЕ-проводник.

Защитные меры безопасности, принятые в производственном корпусе, должны соответствовать системе TN-C-S. На объекте применить систему фазного уравнивания, соединяющая в сети защитный проводник фазной линии, каркас помещения, входящие в стены металлические трубы системы отопления. В качестве проводника использовать специальные жилы кабеля и отдельно проложенные изолированные одножильные кабели. Соединение указанных проводящих частей между собой выполнить при помощи кабеля ВВГ и главной заземляющей шины, расположенной в специальном ящике рядом с вводным шкафом.

1.3 Выводы по разделу 1

Исследование производственного металлообрабатывающего комплекса ОАО «Памир» показало следующие результаты, связанные с потреблением электрической энергии:

- годовое потребление электроэнергии основным производственным оборудованием составило 119025 кВА из них:

- активная энергия 79529,4 кВт;
- реактивная энергия 88057,8 квар.

Общие затраты на освещение составили 36271 кВА из них:

- активная энергия 30793 кВт;
- реактивная энергия 13280 квар.

Большой объем реактивной энергии связан с отсутствием компенсации реактивной мощности, что связано с тем, что первоначальное производственное оборудование, установленное в цеху, не использовало в своей работе так много реактивной энергии, за исключение освещения

лампами ДРЛ, поэтому и не была предусмотрена её компенсация. Оборудование, представленное на рис. 1, было смонтировано позднее, но при этом реактивную мощность также не компенсировали.

Система освещения давно не модернизировалась, многие светильники не выдают паспортную величину светового потока, мерцают, что отрицательно сказывается как на освещенности, так и на напряжении органов зрения работников.

Защитная и коммутационная аппаратура, установленная в электрической щитовой, уже давно выработала свой рекомендуемый срок эксплуатации и требует замены.

На производстве применяется устаревшая система контроля и учета потребления электроэнергии.

По результатам анализа, сформулированы следующие задачи по повышению энергосбережения:

- 1) усовершенствовать защиту персонала и оборудования от внештатных и аварийных режимов работы (КЗ, замыкание на массу и т.д.)
- 2) внедрить компенсацию реактивной мощности;
- 3) разработать современную систему освещения с коэффициентом пульсации менее 1%: применить светодиодные светильники и интеллектуальную систему управления;
- 4) разработать и внедрить современную систему контроля и учета электрической энергии.

2 Проектная часть

2.1 Выбор схемы электроснабжения

По роду тока в здании производственного промышленного комплекса применяются потребители, работающие от линии переменного тока стандартной промышленной частоты (50 Гц).

Распределение электричества внутри здания возможно выполнить по 3-м схемам:

- радиальной;
- магистральной;
- смешанной.

Выбор обеспечивается категорией надежности установок, их территориальным расположением, особенностями режимов использования и техническими показателями системы.

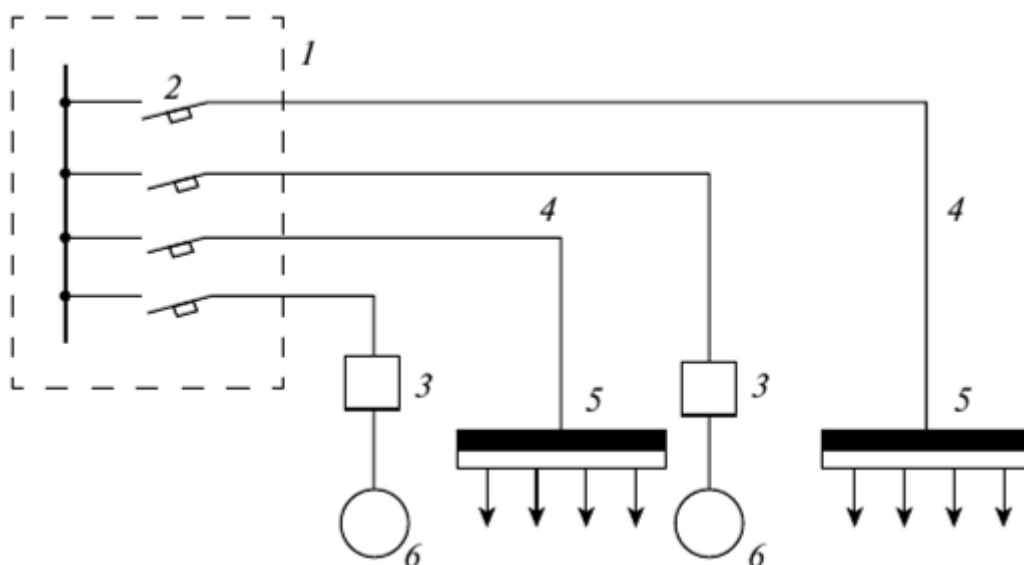
Линии распределения электроэнергии:

- должны обеспечивать необходимое качество электроснабжения приемников электричества в зависимости от их категории;
- являться удобными и надежными в эксплуатации;
- выполнены в конструктивном исполнении, позволяющее применение индустриальных и скоростных методов сборки.

Магистральная схема применяется на большие I (до 6300А), есть возможность подключаться непосредственно к трансформатору без дополнительного устройства на низшем напряжении, и выполняются с одинаковым распределением электроэнергии к отдельным потребителям. Магистральные схемы обладают многофункциональностью, гибкостью (позволяют подключить технологическое оборудование без изменения электрической линии).

Радиальная схема подключения приемников энергии представляет собой множество линий электрической цепи здания, отходящих от

распределительных устройств вторичного напряжения трансформаторного пункта и предназначенных для питания небольших объединений приемников электроэнергии, смонтированных в различных частях здания (см. рисунок 5). Распределение электричества к отдельным приемникам при радиальных соединениях осуществляется самостоятельными кабелями от силовых точек, располагаемых в центре электрических нагрузок группы потребителей.



1- распределительный щит; 2- автоматический выключатель; 3- пусковой аппарат;
4- линия; 5- распределительный пункт; 6- электрический приемник

Рисунок 5 - Радиальная схема электроснабжения

В проектируемом предприятии пункты приема электроэнергии расположены в различных направлениях от центра питания, поэтому я приняла для проектирования радиальную схему.

Проектируется четырехпроводная разветвленная система напряжением 380/220 В с глухой заземлённой нейтралью, генератором которой является обмотка низшего напряжения трансформатора с заземленной нейтралью 3-ф переменного тока, стандартной частотой 50 Гц. Основным достоинством

предлагаемой сети является способность осуществлять совместное питание технологического оборудования и освещения.

Достоинствами радиального соединения являются высокая надежность электроснабжения, удобство монтажа и обслуживания, возможность применения недорогих и надежных устройств автоматизации. Но такие схемы не обладают необходимой универсальностью и требуют дополнительных затрат на распределительные щиты низкого напряжения.

2.2 Расчет электрических нагрузок

Каждой ступени распределения энергии какой-либо сети соответствует своя электрическая нагрузка. Один из методов расчета – метод упорядоченных графических схем. Для определения активной нагрузки той и иной ступени раздающей и питающей системы используют данные о коэффициенте максимума использования и его величине нагрузке.

Зная присоединенное число потребителей энергии и число фактических электрических приемников, можно использовать приближенные методы расчета. В справочниках содержатся данные о коэффициентах применения K и коэффициентах мощности $\cos\varphi$ некоторых потребителей электроэнергии.

Для проектирования освещения зданий проектируемого объекта можно руководствоваться нормами расчета искусственного проектирования с использованием метода данных об использовании, нормами света на поверхности технологического объекта. Обычными допущениями при этом являются равномерное распространение света по отражающим поверхностям, диффузность светимости, средняя величина коэффициентов отражения.

По результатам ожидаемых потреблений энергии и токов разрабатываемого объекта выбирается количество трансформаторов. Расчет силовых нагрузок выполнен ранее в подпункте 1.1 (см. таблица 3), расчет электрического потребления светильниками выполнен далее в п.п. 2.3. Распределение нагрузки по силовым щитам произведем в виде таблицы 7.

Таблица 7- Расчет электрических нагрузок

Наименование электроприемников (ЭП)	Кол-во ЭП	Установленная мощность приведенная к ПВ=100%		$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Расчетная нагрузка			I _p , А
		Одного ЭП	Всех ЭП		P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа электроприемников ЩС-1								
Токарный станок	3	7,5	22,5	$\frac{0,65}{1,17}$	13,5	15,8	20,8	31,6
Итого	3	7,5	22,5		13,5	15,8	20,8	31,6
Группа электроприемников ЩС-2								
Фрезерный станок	2	3,0	6,0	$\frac{0,71}{0,99}$	3,6	3,56	5,06	
Сверлильный станок	1	1,5	1,5	$\frac{0,68}{1,08}$	0,21	0,22	0,3	
Итого	3	4,5	7,5		3,81	3,78	5,36	8,1
Группа электроприемников ЩС-3								
Заточной станок	1	0,18	0,18	$\frac{0,68}{1,08}$	0,03	0,032	0,04	
Компрессорная установка	1	2,2	2,2	$\frac{0,71}{0,99}$	1,87	1,85	2,63	
Итого					1,9	1,88	2,67	4,0
Группа электроприемников ЩО-1								
Розетки	-	-	-	-				
Итого					6,0	-	-	9,1
Группа электроприемников ЩО-2								
Розетки	-	-	-	-				
Итого					6,0	-	-	9,1
Освещение	-	-	-	-	1,76	0,56	1,85	4,8
Итого без освещения					31,2	21,46	53,36	61,9
					1			

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа электроприемников ЩО-3								
Итого по зданию с освещением					32,97	22,02	55,21	66,7

2.3 Светотехнический расчет

«Исторически, главным требованием к системам освещения являлось равномерность освещенности на всем рабочем месте. Однако теперь это считается расточительством энергии. Например, в офисе за рабочую поверхность была принята вся площадь комнаты на уровне высоты столешницы. Освещенность варьировалась от 300 до 500 люкс, в зависимости от того, была ли работа главным образом на ПК или бумажный. Это привело к появлению большого количества источников света, которые обеспечивали высокий уровень освещения по всему пространству, независимо от того, требуется оно или нет. Сегодня такая энергетическая эффективность неприемлема.

Хорошее качество и эффективное освещение в зданиях начинается с необходимости обустройства комбинированного освещения – естественное и искусственное. Использование дневного света открывает возможности для экономии энергии. Люди также предпочитают естественный свет. Таким образом, освещение должно быть спроектировано таким образом, чтобы минимизировать общее потребление энергии в здание, обеспечив приемлемую освещенность» [10].

Выбор источника освещения.

Люминесцентные лампы за счет высокого светового потока, большому сроку работы, а также относительно хорошей цветопередачи массово применяют для применения в помещениях: где требуется правильное различение цветовых оттенков; производственных, в которых выполняется

технологические операции большой и высокой точности; где нет естественного света, применяемых для постоянного нахождения людей; где необходимо создать хорошие благоприятные условия для зрения.

В зависимости от назначения освещаемых помещений и вида производимых в них работ выбирают соответствующие типы люминесцентных ламп.

Лампы ЛБ, имеющие наиболее высокую световую отдачу, следует применять в помещениях административных, общественных и производственных зданий, не требующих повышенных требований к цветопередаче.

Лампы накаливания благодаря невысокой цене, простоте обслуживания, компактному размеру и независимости их работы от условий внешней среды являются источниками освещения массового применения, несмотря на то, что К.П.Д. и световой поток у них ниже, чем у люминесцентных ламп.

Выбор типа светильника.

Для безотказной работы осветительной техники и ее затратности большое значение придается правильному выбору источника света. При выборе системы освещения должна учитываться окружающая среда, в которой будет эксплуатироваться светильник, требуемая КСС светового потока в зависимости от функции и характера стен помещения и стоимость самого светильника. В случае, если выбранный светильник функционально не соответствует внешней среде эксплуатации, то это может вызвать его повышенное загрязнение (в пыльных помещениях), вследствие этого уменьшится количество света, излучаемое им; в пожар взрывоопасных помещениях — к пожару или чрезвычайной ситуации.

Неправильный выбор источников света по свет распределению может вызвать неэкономичное использование светового потока светильника и повышению установленной мощности всей системы освещения. При одинаковых условиях предпочтительнее фонари с высоким К.П.Д., даже в

случае их более высокой их стоимости. Данные дополнительные затраты окупаются за счет экономии потребленной электрической энергии.

При выборе моделей светильников для помещений в зависимости от их назначения необходимо также учитывать другую важную классификацию светильников (по свет распределению в пространстве и формы кривых силы света).

Светильники классов Н и Р с кривыми Д и Л применяют для освещения административно-конторских, учебных помещений, лабораторий и др. Светильники классов В и О применяют в тех случаях, когда необходимо создавать архитектурное освещение помещений в общественных зданиях, а светильники с кривой силы света Ш — только для освещения наружных территорий.

Электропромышленность выпускает большое количество светильников, различных по светотехническим и эксплуатационным характеристикам. Для возможности использования при проектировании освещения того или иного светильника в каталогах на светильники даны технические данные для каждого типа и в том числе его класс по свет распределению и форма кривой силы света.

Размещение светильников.

При системе общего освещения светильники можно размещать «над освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализовано. При равномерном освещении светильники располагают правильными симметричными рядами, создавая при этом относительно равномерную освещенность по всей площади. При локализованном освещении светильники располагаются индивидуально для каждого рабочего места или участка производственного помещения, создавая при этом требуемые освещенности только на рабочих местах. Минимальная высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью определяется условиями ограничения ослеплённости. Установлено, что расстояние между светильниками зависит от на выгоднейшей величины отношения L/H_p , где L

— расстояние между светильниками или рядами, м; H_p — высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м» [11].

Ряды люминесцентных светильников следует располагать параллельно длинной стороне помещения со световыми проемами. Если проемы расположены на короткой стороне, то ряды светильников можно расположить как угодно. Расстояние от крайнего ряда светильников до стен не должно превышать 0,3 (как исключение — до 0,5) расстояния между рядами светильников (L).

Управление электроосвещением.

Управление общим освещением может быть местным — выключателями, установленными при входе в помещение (внутри и снаружи), централизованным — с осветительных щитков обычно автоматическими выключателями, защищающими групповые линии; автоматическим — обеспечивающим включение и отключение освещения без участия человека по заданному суточному режиму (в определенные часы или с наступлением темноты и рассвета, применяемое в наружном освещении, освещении лестничных клеток и коридоров жилых и административных зданий, а также на некоторых предприятиях). На лестничных клетках и в коридорах применяют также систему кратковременного включения части или всех светильников с помощью автоматических выключателей с выдержкой по времени до 5 минут. Автоматические выключатели устанавливают при входе в здание, на лестничных площадках и в коридорах у выходов из помещений.

Способы управления освещением выбирают с учетом удобства эксплуатации, простоты и экономичности. В данном проекте управление освещением предусмотрено со щитков освещения автоматами выключателями, установленными у входов в помещение.

Производим расчет электрического освещения для помещения «АП» (административное помещение) методом коэффициента использования светового потока.

Размеры помещения: 4200 х 3200 мм (см. рисунок 1). Высота помещения 3,6 м.

Освещенность принимаем для офисных помещений $E = 200$ лк.

Выбираем для установки два светильника типа ARS/R-2x18 (офисный накладной типа Армстронг, 36 Вт, 3200 Лм).

По справочнику определяем коэффициенты отражения поверхностей помещения: $\rho_{\text{п}}=70\%$, $\rho_{\text{с}}=70\%$, $\rho_{\text{пол}}=70\%$.

По расчетной формуле находим индекс помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (15)$$

где $A=4200$ мм – длина помещения;

$B=3200$ мм – ширина помещения

$H_p=3600$ мм – высота помещения.

$$i = \frac{4,2 \cdot 3,2}{3,6(4,2+3,2)} = 0,504.$$

Зная индекс помещения по справочной таблице находим коэффициент использования светового потока $\eta = 51\%$

Определим необходимое количество светильников N , шт, по формуле

$$N = \frac{E_{\text{min}} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{п}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (16)$$

где E_{min} - минимальная нормированная освещенность, лк. Принимаем 200 Лм.;

k - коэффициент запаса (для светодиодных светильников $k=1,3$);

S - освещаемая площадь 13,44 м²;

Z - коэффициент неравномерности освещения. Принимаем

$$Z = 1,1;$$

Φ_{Π} – световой поток одного светильника равный 3200 Лм;

n - число ламп в светильнике, $n=1$

η - коэффициент использования светового потока в долях единицы, зависит от индекса помещения, отражающих поверхностей и типа ламп.

$$N = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 13,44 \cdot 1,1}{3200 \cdot 1 \cdot 0,51} = 1,95.$$

Принимаем $N=2$ светильника.

Расчетная активную мощность

$$P = P_p \cdot N = 36 \cdot 2 = 0,072 \text{ кВт}, \quad (17)$$

где P_p – активная мощность светильника.

Расчётная реактивная мощность освещения Q_p , квар, вычисляют по формуле:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (18)$$

где P_p – активная расчётная мощность освещения, кВт, (14);

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент мощности для освещения с лампами накаливания. Для $\cos \varphi$ светильников равного 0,95, $\operatorname{tg} \varphi = 0,32$.

$$Q_p = 0,072 \cdot 0,32 = 0,023 \text{ квар}.$$

Полную расчётную мощность освещения S_{pp} , кВА, вычисляют по формуле:

$$S_{pp} = \sqrt{P_{pp}^2 + Q_{pp}^2}, \quad (19)$$

где P_p - активная расчётная мощность освещения, кВт, (14);

Q_p - расчётная реактивная мощность освещения Q_p , квар, (15)

$$S_p = \sqrt{0,072^2 + 0,023^2} = 0,075 \text{ кВА.}$$

Расчётный ток освещения I_{pp} , А вычисляются по формуле:

$$I_{pp} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (20)$$

где S_p - полная расчётная мощность освещения, кВА, (2.16);

$U_H=220$ - номинальное напряжение сети, В.

$$I_p = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,196 \text{ А.}$$

Результаты расчета системы освещения для других помещений сведём в таблицу 8 и 9. После этого данные из таблицы 9 занесём в таблицу 5.

Таблица 8- Освещение помещений производственного предприятия

Наименование помещения	Требуемая освещённость, лк	Площадь помещения, м ²	Тип светильника	Кол-во светильников	Примечание
1	2	3	4	5	6
Складское помещение	30	21,84	ARS/R-2x18	3	
Административное помещение	200	13,44	ARS/R-2x18	2	

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Туалетная комната №1	50	2,96	HBO LED	1	
Туалетная комната №2	50	3,52	HBO LED	1	
Бытовое помещение	200	16,8	ARS/R- 2x18	3	
Компрессорная	30	7,5	ARS/R- 2x18	1	
Электрическая щитовая	30	11,75	ARS/R- 2x18	2	
Зона производства	200	187,19	Типа ДКУ	9	

Таблица 9- Результаты расчета электропотребления

Тип светильника	Количество светильников, шт	Суммарная расчетная нагрузка			Расчет- ный ток, А
		P _p , кВт	Q _p , вар	S _p , кВА	
Типа ДКУ (150Вт, 11500 Лм)	9	1,350	0,432	1,417	3,72
Типа ARS/R-2x18 (36Вт, 3200 Лм)	11	0,396	0,127	0,416	1,09
Типа HBO LED (10 Вт, 1100 Лм)	2	0,02	0,006	0,021	0,05
Итого	22	1,766	0,565	1,853	4,86

До реконструкции освещения полная потребляемая мощность составляла 8,74 кВА, суммарный ток 14,4 А. После реконструкции: полная потребляемая мощность составила 1,85 кВА, суммарный ток 4,86 А. Таким образом экономия электроэнергии на освещение в 4,7 раза, ток уменьшился в 3 раза.

2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов

Число установки трансформаторов на подстанции определяется категорией надежности электроснабжения.

В системе электроснабжения предприятий мощность силовых трансформаторов должна обеспечить в нормальных условиях питание всех приемников электроэнергии. Наиболее просты и дешевы одно трансформаторные подстанции. Если основную часть нагрузки составляют потребители первой и второй категории, не допускающие перерыва в электроснабжении, то устанавливаются двух трансформаторные подстанции. Мощность каждого трансформатора такой подстанции рассчитывают по условию обеспечения питания всех потребителей первой категории и основных нагрузок второй категории.

Электрические приемники предприятия по металлообработке относятся к III категории по надежности электроснабжения, поэтому устанавливаем один трансформатор.

Мощность трансформатора следует выбирать исходя из максимальной расчетной нагрузки по объекту

$$S_{\text{номтр}} = \frac{P_{p \max}}{N \cdot \beta_m \cdot \cos \varphi} \quad (21)$$

где $S_{\text{тр}}$ – мощность трансформатора;

$P_{p \max}$ – максимальная расчетная мощность объекта;

N – число трансформаторов;

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов;

Принимаем продолжительность максимума нагрузки $t=2$ часа.

По справочным данным выбираем рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора $\beta_T = 0,95$.

Определим мощность трансформатора

$$S_{\text{ном.тр}} = \frac{55,21}{0,95 \cdot 0,85 \cdot 1} = 68,37 \text{ кВА.}$$

По справочнику выбираем трехфазный трансформатор типа ТМ–100/10/0,4 номинальной мощностью 100 кВА.

Определяем коэффициент загрузки в нормальном режиме

$$K_3 = \frac{S_{p \text{ max}}}{S_{\text{ст.тр}}} , \quad (22)$$

$$K_3 = \frac{55,21}{100} = 0,55.$$

Проверим перегрузочную способность трансформатора в аварийном режиме:

$$1,4S_T > 0,75P_{\text{pmax}},$$

$$1,4 \times 100 > 0,75 \times 55,21,$$

$$140 > 41,4.$$

Предварительно принимаем к установке трехфазный трансформатор типа ТМ-100/10/0,4.

2.5 Расчет и выбор компенсирующего устройства

Электрическим приемникам предприятий необходимы для своей эксплуатации как активная, так и реактивная энергия. Реактивная мощность генерируется, как и активная, синхронными генераторами и передается по сети электроснабжения к приемникам. Величина активной части энергии, отдаваемой в линию источником тока, задается соотношением (20):

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi. \quad (23)$$

Величина полной мощности связана с величиной активной и реактивной мощности соотношением (21):

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (24)$$

Реактивная мощность не является частью полезной работы электрических приемников и затрачивается на создание полей в электрических двигателях, трансформаторах, линиях. Протекание в электрических линиях реактивных токов формирует добавочные потери активной мощности, дополнительные расходы напряжения, что в свою очередь уменьшает пропускную способность системы электроснабжения.

Чтобы снизить потребление реактивной мощности применяют естественные меры компенсации без применения специальных компенсирующих устройств и искусственную компенсацию, т.е. применяют специальные компенсирующие устройства, являющиеся источниками реактивной энергии.

Основным нормативным показателем, характеризующем потребляемую предприятием реактивную мощность является коэффициент мощности $\cos \varphi$. Если полученное значение ниже оптимального ($\cos \varphi_{\text{оп}} = 0,92 - 0,95$), то следует повысить расчетный $\cos \varphi$ объекта до оптимального. Для этого необходимо установить компенсирующее устройство.

Исходные данные для выбора и расчета КУ берутся из таблицы 5. Для удобства сведем их в таблицу 10.

Определяется расчетная мощность КУ $Q_{\text{к.р}}$, квар, по формуле

$$Q_{\text{к.р}} = \alpha \cdot P_{\text{м}} (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi_{\text{к}}), \quad (25)$$

где $\alpha = 0,9$ коэффициент, принимается по [17] ;

$\operatorname{tg} \phi$, $\operatorname{tg} \phi_{\kappa}$ – величины перед компенсацией реактивной мощности и после неё. Принимается $\cos \phi_{\kappa} = 0,95$, тогда $\operatorname{tg} \phi_{\kappa} = 0,33$.

$$Q_{\kappa,p} = 0,9 \cdot 32,97 \cdot (1,08 - 0,33) = 22,25 \text{ квар.}$$

Таблица 10- Исходные данные к расчету КУ

Показатель	$\cos \phi_{\text{cp}}$	$\operatorname{tg} \phi$	P_{M} , кВт	Q_{M} , квар	S_{M} , кВ·А
На стороне низкого напряжения без компенсации	0,68	1,08	32,97	22,02	55,21

Выбирается УК4-0,4-25-У3 не регулируемый.

Новые скомпенсированные значения соотношения активного и реактивного сопротивлений $\operatorname{tg} \phi_{\phi}$ и $\cos \phi_{\phi}$:

$$\operatorname{tg} \phi_{\phi} = \operatorname{tg} \phi - \frac{Q_{\kappa,\text{CT}}}{\alpha \cdot P_{\text{M}}}, \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \phi_{\phi} = 1,08 - \frac{25}{0,9 \cdot 32,97} = 0,237;$$

$$\cos \phi_{\phi} = 0,97.$$

Тогда:

$$S_p = 0,7S_{(BH)} = 0,7 \cdot 55,21 = 38,6 \text{ кВ·А};$$

$$\Delta P_m = 0,02S_{(HH)} = 0,02 \cdot 55,21 = 1,1 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m = 0,1S_{(HH)} = 0,1 \cdot 55,21 = 5,5 \text{ квар};$$

$$\Delta S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{1,1^2 + 5,5^2} = 5,61 \text{ кВ·А.}$$

Расчетные данные заносим в таблицу таблица 11.

Таблица 11 – Сводная ведомость нагрузок

Параметр	cosφ	tgφ	P_M , кВт	Q_M , квар	S_M , кВ·А
На стороне низкого напряжения без компенсации	0,62	1,19	32,97	22,02	55,21
Компенсация				25	
На стороне низкого напряжения с компенсацией	0,97	0,237	32,97	7,81	33,88
Потери			1,1	5,5	5,61
На стороне высокого напряжения с компенсацией			34,07	13,31	39,49

Уточняем мощность трансформатора с учетом КУ:

$$S_{\text{ном.тр}} = \frac{39,49}{0,95 \cdot 0,85 \cdot 1} = 48,9 \text{кВА.}$$

Выбираем трансформатор стандартной большой мощности: типа ТМ-63-10/0,4: $\Delta P_{xx} = 0,230$ кВт; $\Delta P_{кз} = 1,2$ кВт; $u_{кз} = 4,5$ %; $i_{xx} = 2,8$ %.

Определяется:

$$K_3 = \frac{S_{\text{нн}}}{N_T \cdot S_T} = \frac{39,49}{1 \cdot 63} = 0,62.$$

Окончательно принимаем к расчету УК4-0,4-25-У3. Применение устройств компенсации реактивной мощности позволила уменьшить номинальную мощность требуемых к установке трансформаторов.

2.6 Выбор пусковой аппаратуры

В проектируемой системе электроснабжения цеха металлообработки пусковая аппаратура не требуется, так как станки имеют свою встроенную

пусковую аппаратуру. Но к ЩС-3 предусматривается подключение маломощного ручного технологического оборудования: шлифовальная машинка, голтовка, вентилятор и т.п.. Они не имеют встроенную пусковую аппаратуру. Для их включения/выключения, а также для защиты сети от возможной перегрузки, используем силовой автоматический выключатель (САВ). САВ выбирают по роду тока, напряжению, мощности или току электрического приемника, по исполнению. По исполнению аппараты выбираются в зависимости от условий окружающей среды, в которой они должны работать. Номинальный ток защищающего от перегрузки нагревательного элемента теплового реле магнитного пускателя выбирается только по длительному расчетному току линии. Т.к. по мощности подключаемое оборудование в среднем $P_{\text{ном}}=0,5$ кВт, то принимаем расчету ток $I_{\text{ном}}=2,3$ А.

Выбираем САВ АП50Б :

- блочный автоматический 2 полюсный выключатель переменного/постоянного тока с предельной коммутационной способностью при переменном токе 30 кА на номинальный ток 4 А;

- частота тока (Гц): 50/60;

- номинальное рабочее напряжение переменного тока U_n : 400В;

- предельная коммутационная способность переменного тока I_{cu} : 0,60 кА;

- номинальное рабочее напряжение постоянного тока U_n : 220 В;

- предельная коммутационная способность постоянного тока I_{cu} : 1 кА;

- вспомогательные (свободные) контакты: отсутствуют;

- привод ручной;

- диапазон регулировки теплового расцепителя: $(0,7...1) \cdot I_n$, А.

- уставка расцепителей токов короткого замыкания: $3,5I_n$;

- имеется регулировка максимальных расцепителей тока для более точной настройки автоматического выключателя.

- вид расцепителей: тепловой и электромагнитный.

2.7 Выбор защитной аппаратуры

В соответствии с ПУЭ все элементы электрооборудования должны защищаться от токов короткого замыкания и токов перегрузки.

Для этого используем автоматические выключатели, которые встраиваются в силовые (серии ЩС) и осветительные (ЩО) распределительные шкафы.

При выборе параметров защитных аппаратов следует учитывать, что аппарат, выбранный для защиты двигателя или другого электрического приемника, должен также защищать и провода, питающие этот электрический приемник.

Для примера подробно рассмотрим выбор входного автомата в силовой распределительный щит ЩС-1 ($P_{уст}=13,5$ кВт; $P_p=13,8$ кВт; $I_p=31,6$ А).

Расчетные данные для выбора автомата:

- $I_{дл} = I_{ном} = 31,6$ А;
- $I_{т.р.} = 1,35 \cdot I_{дл} = 1,35 \cdot 31,6 = 42,6$ А;
- $I_{ср.эл.} = 1,25 \cdot I_{р.мах.} = 1,25 \cdot 31,6 = 39,5$ А.

Выбираем модель автомата: ВА24-28-3-УХЛ3-380В-50А. Его параметры:

- тип защитной характеристики: С;
- ток срабатывания электромагнитного расцепителя: $10I_H$;
- ток срабатывания теплового расцепителя: $1,45I_H$.

Автомат ВРУ выбираем по полной суммарной мощности равной 66,7 кВА: ВА 47-100 ЗР 120А 10кА со следующими основными электрическими параметрами:

- число полюсов – 3;
- кривая тока – С;
- ток срабатывания КЗ: $10I_H$.

2.8 Расчеты сетей напряжением 0,4 кВ

Расчет электрических линий ведется по нагреву и по потере напряжения. Выбранное сечение питающей линии должно удовлетворять условиям нагрева и токам защитного аппарата.

Выбираем сечение проводника между ВРУ и распределительным щитом ЩС-1. Данная линия имеет длину 25 м. Выбираем кабель исходя из двух условий:

- 1 условие: $I_{н.доп} > I_{дл}$;
- 2 условие: $I_{н.доп} > k_z \cdot I_z$.

Выбираем кабель марки ВВГнг–5х6: кабель силовой медный с 5 медными ток несущими жилами сечением 6 квадратных миллиметров, в изоляции и оболочке из негорючего поливинилхлоридного пластика.

Токовые нагрузки кабеля ВВГнг 5х6:

- допустимый ток при прокладке ВВГнг 5*6 на воздухе - 46 А;
- допустимый ток при прокладке в земле - 59 А;
- допустимый ток односекундного короткого замыкания - 650 А;
- активное сопротивление жилы - 3,06 Ом на километр.

Проверяем выполнение условий:

- 1 условие: $46 > 11,4$;
- 2 условие: $46 > 1 \times 20$.

Способ прокладки – гофрированная труба.

Определяем потерю напряжения на участке ВРУ – ЩС-1

$$\Delta U_1 = \frac{10^5 \cdot P \cdot l}{U_{ном}^2 \cdot \gamma \cdot S}, \quad (27)$$

$$\Delta U_1 = \frac{10^5 \cdot 2,5 \cdot 80}{380^2 \cdot 54 \cdot 35} = 0,21\% .$$

Сечение выбрано, верно, так как в соответствии с ПУЭ допустимая потеря напряжения в линии не должна превышать $\pm 5\%$.

Для остальных электрических приемников выбор аналогичен.

2.9 Выбор силового электрооборудования напряжением 0,4 кВ

В электрической щитовой установлены вводная панель типа ВРУ8-3Н-308-31УХЛЗ, $I_n=100\text{А}$. От его щитка питание подается на силовые распределительные шкафы ЩС1, ЩС-2, ЩС-3 щиты освещения ЩО-1, ЩО-2, ЩО-3, ЩАО.

ВРУ8-3Н-308-31УХЛЗ предназначено для приема и учета электрической энергии напряжением 380/220 В трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в сетях с глухо заземлённой нейтралью, а также для защиты линий от перегрузок и токов КЗ.

Устройство серии ВРУ8 состоит из металлического шкафа и дверцы, снабженной защелкой или замком. В зависимости от тип исполнения в шкафах устанавливается определенное количество автоматических выключателей, счетчиков и другой аппаратуры. В моей системе: счетчик энергии типа СА4 И678, с 1 автоматом серии ВА-47-100-3 на входе и 10 автоматами серии ВА-24-29-3 на линиях. Крепление автоматических выключателей предусматривается к DIN-рейкам, остальная аппаратура и приборы крепятся при помощи специальных планок и монтажных панелей. Для защиты обслуживающего персонала от случайного прикосновения к токоведущим элементам предусмотрена фальш-панель. Управление аппаратов выведено на внешнюю сторону панели. За фальш-панелью находятся также нулевая шина и шина заземленная. Отличительной особенностью конструкции являются небольшие габариты, применение высококачественной порошковой краски, гарантирующей долговечность.

Магистральные и распределительные сети выполнены кабелем марки ВВГнг, прокладываемым скрыто в ГВЛ стенах, в конструкциях подвесных потолков, в стробах, открыто по стенам в кабель-канале. Марки и сечения кабелей выбраны согласно расчетов.

2.10 Расчетная однолинейная схема сети 0,4 кВ

Эта схема представляет собой схематичное изображение силового распределительного шкафа, от которого питаются одиночные электроприемники. Узел изображается нанесением шин и защитных аппаратов в одну нитку. На отходящих питающих линиях указывается: марка и сечение провода или кабеля, длина в метрах. В качестве аппаратов управления устанавливаются магнитные пускатели, ящики и пульты управления, автоматические выключатели. Для технологического оборудования аппараты управления и проводники от них до электродвигателя поставляются комплектно, поэтому не выбираются, а на схеме обозначаются „компл”. К силовому распределительному шкафу подходит магистральная питающая линия, на ней указывается марка и сечение провода или кабеля, способ прокладки, направление откуда приходит линия. В левой части шин шкафа, шинопровода указывается: номер шкафа, тип.

В правой части изображения указывается:

- $P_{уст}$ (активная установленная или номинальная мощность);
- $P_{р.мах}$ (активная расчетная максимальная мощность);
- $I_{р.мах}$ (ток расчетный максимальный).

В графе „электроприемник” указывается: графическое изображение электроприемника, его номер на плане, тип, номинальная мощность в кВт, токи - номинальные и пусковые, а также подписывается наименование каждого электроприемника. Однолинейная схема системы электроснабжения малого предприятия показана на рисунке 6.

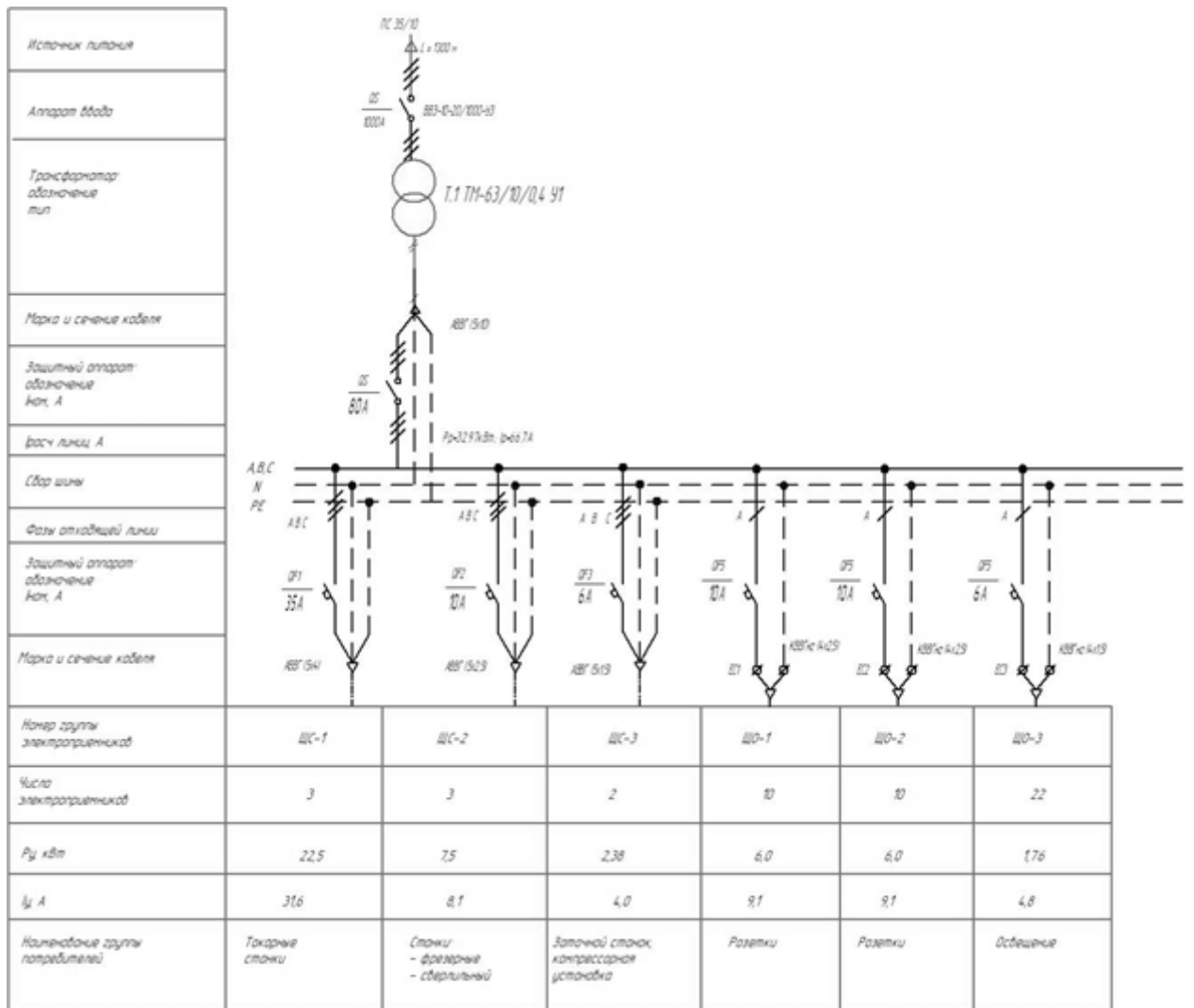


Рисунок 6- Однолинейная схема проектируемого малого предприятия

2.11 Выводы по разделу 2

Электрические потребители объединены в три силовые группы ЩС-1, ЩС-2 и ЩС-3. Полная расчетная мощность предприятия составила 55,21 кВА, из которых активная энергия 32,97 кВт. До реконструкции освещения полная потребляемая мощность составляла 8,74 кВА, суммарный ток 14,4 А. После реконструкции: полная потребляемая мощность составила 1,85 кВА, суммарный ток 4,86 А. Таким образом экономия электроэнергии на освещение в 4,7 раза, ток уменьшился в 3 раза.

3 Организационно-технологическая часть

3.1 Приемка объекта под монтаж

Для повышения качества и сокращения сроков монтажа, большое внимание уделяют приемке помещений и сооружений под электромонтажные работы. Приёмку объектов с составлением актов, разрешающих производство электромонтажных работ, осуществляется комиссией. Такой порядок предусмотрен с СНиП.

Выполнения электромонтажных работ без приемки помещений часто приводит к повреждениям смонтированных электротехнических устройств или удлинению сроков ввода их в эксплуатацию.

При приемке объектов под монтаж электрооборудования оценивается выполнение требований по созданию безопасных условий труда.

Приемка помещения для монтажа электропроводок «заключается в проверке окончания всех строительных работ, включая штукатурные и отделочные работы, строительно-монтажные работы смежных организаций в местах размещения трасс; устройство борозд, каналов и ниш в строительных элементах здания (полы, перекрытия и стены), установку закладных деталей и монтаж труб, предусмотренных в строительных чертежах. Учитывают наличие на трассе не более четырех изгибов с углами поворота в середине трассы более 90° . При приемке под монтаж жилых и общественных зданий проверяют окончание в них строительных работ, включая перегородки, перекрытия, наличие предусмотренных проектом отверстий для прохода проводов и ниш для установки этажных щитков» [12]. С учетом специфики работ по монтажу освещения, находит применение совмещение строительных и электромонтажных работ.

При наличии в помещениях специальных конструкций для крепления светильников, сооружаемых строительной организацией, комиссии предъявляют акты об испытании на прочность

3.2 Объем электромонтажных работ

Ведомость объемов электромонтажных работ (ЭМР) составляется на основе материалов полученных в процессе проектирования электроустановки или на основе спецификаций включенных в состав рабочих чертежей экономической части проекта. Перечень оборудования, которое необходимо смонтировать на предприятии, представлен в таблице 12.

Таблица 12- Спецификация электрооборудования

Наименование работ	Ед. изм.	Кол.	Примечание
1	2	3	4
Вводно-распределительное устройство типа ВРУ	компл.	1	
Распределительные пункты	шт	6	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 1х16 мм	м.	25	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 5х10 мм	м.	10	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 5х6 мм	м.	23	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 3х4 мм	м.	10	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 3х2,5 мм	м.	61	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 4х1,5 мм	м.	20	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 3х1,5 мм	м.	11	
Кабель с медными жилами ВВГнг сеч. 2х1,5 мм	м.	10	
Коробка ответвительная У-198	шт.	12	
Выключатель скрытой установки, одноклавишный, 10А, 250В типа С16	шт.	14	
Выключатель скрытой установки, двухклавишный, 10А, 250В типа С56	шт.	20	
Коробка ответвительная У-411	шт.	6	
Коробка для установки выключателей и розеток КУВ-1М	шт.	40	

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
Выключатель открытой проводки, защищенный, IP54, типа 0-1-IP44-17-6/220	шт.	2	
Блок из двух розеток, скрытой установки, с заземлением, 10А, 250В, типа РС10-826	шт.	20	
Труба стальная Т25х1,6, d25 мм, ГОСТ 10704-91	м.	3	
Труба стальная Т32х1,8, d25 мм, ГОСТ 10704-91	м.	17	
Труба стальная Т50х2,0, d25 мм, ГОСТ 10704-91	м.	1	
Труба гофрированная ПВХ 16 мм с протяжкой	м.	120	
Труба гофрированная ПВХ 25 мм с протяжкой	м.	80	
Кабель-канал 5х15 мм	м	28	
Технологическое оборудование - подключение	шт	8	

3.3 Основные решения по организации ЭМР

Основанием начала работ по монтажу системы подачи электроэнергии любого здания является «Акт технической готовности...» сооружения к производству работ. К акту прилагают исполнительные картографические схемы с обозначением выполненных проемов, ниш, каналов и прочих элементов для размещения сетей электроснабжения.

Ниши, пустоты, каналы, стробы, отверстия в перегородках и в потолочных перекрытиях, необходимые при монтаже электрооборудования и проводок, уже должны предусмотрены быть в конструкторских чертежах и реализованы строительной организацией в процессе строительства.

Перед тем как приступить к монтажным работам, требуется провести подготовительные операции: разметочные, заготовительные и пробивочные работы. Перед началом монтажа следует определить точки ввода кабелей в помещение, разметить места крепления электрооборудования (электроприборов), переключателей, штепсельных розеток, монтажных и соединительных элементов, светильников. После планирования размещения

электрооборудования сразу отображаются трассы (линии) размещения электропроводов. Затем размещается место установки щитка с распределительным оборудованием. Обычно, его устанавливаем около ввода, в отапливаемом помещении, на высоте 1,5-1,7 м от пола.

До начала производства монтажных работ на объекте должны быть выполнены следующие мероприятия:

- получена проектно-сметная документация;
- согласованы графики поставки оборудования, изделий и материалов с учетом технологической последовательности производства работ;
- приняты необходимые помещения для размещения бригад рабочих, инженерно-технических работников, производственной базы, а также для складирования материалов и инструмента с обеспечением мероприятий по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды;
- осуществлена приемка по акту строительной части объекта под монтаж электроосвещения.

Для разработки рассмотренной выше документации следует обращаться только в организации, которые должны иметь опыт выполнения аналогичных работ. Производство же самих необходимых работ также следует проводить только монтажникам, которые уже приобрели опыт по работ по креплению электроосветительных конструкций и оборудования. При разработке проекта электроосвещения здания необходимо учитывать ключевые условия использования пространства и работы машин и механизмов, такие как продолжительность нагрузки, температурные предельные режимы, влияния величины влажности на эксплуатацию осветительных и технологических электроприборов. На стадии проектирования также учитываются возможности управления электрическим освещением, подбирается требуемое оборудование, и задаются слаботочные управляющие цепи.

Электромонтажные работы производятся в несколько этапов.

На первой стадии внутри зданий и сооружений производятся работы по установке конструкций под светильники, кабели, монтажу стальных и пластмассовых труб для электропроводок, прокладке проводов скрытой проводки до штукатурных и отделочных работ. Работы первой стадии следует выполнять в зданиях и сооружениях по совмещенному графику одновременно с производством основных строительных работ, при этом должны быть приняты меры по защите установленных конструкций и проложенных труб от поломок и загрязнений.

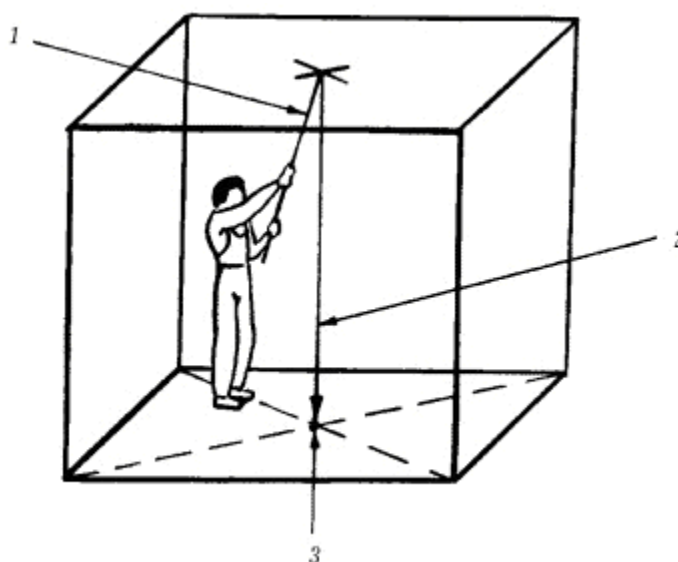
На второй стадии выполняются работы по монтажу светильников, прокладке кабелей и проводов и подключению кабелей и проводов к светильникам. В электротехнических помещениях объектов работы второй стадии выполняются после завершения комплекса общестроительных и отделочных работ и по окончании работ по монтажу сантехнических устройств, а в других помещениях и зонах - после установки оборудования и других электроприемников, монтажа технологических, санитарно-технических трубопроводов.

Изделия и материалы поставляются по согласованному с электромонтажной организацией графику, который должен предусматривать первоочередную поставку материалов и изделий, включенных в спецификации на блоки, подлежащие изготовлению на сборочно-комплектовочных предприятиях электромонтажной организации. При приемке оборудования, светильников в монтаж производится их осмотр, проверка комплектности (без разборки), проверка наличия и срока действия гарантий предприятий-изготовителей.

Современной и индустриальной является внутренняя проводка, устанавливаемая в специальных каналах спроектированных и выполненных на стадии изготовления строительных элементов на заводе строительных изделий. Если же этого нет, то проводится разметка подрозетников, выключателей, коробок в нужных точках и по рекомендациям правил ПУЭ, т.е. с учетом требуемой высоты от плинтуса (для выключателя 1,5 м). Точки

установки ламп освещения, вводных щитков, панелей квартирных, вводной панели, намечаются места, куда нужно выполнить стробильные работы (например, перевод проводов через перегородку), отверстие в перекрытии потолка с целью выполнения подвеса светильника с лампой или люстрой (см. рисунок 7).

Рассчитывается расстояние между монтажными коробками, квартирными и вводными щитками, интервал между распределительными коробками и выключателями. Разбивку производят с учетом строительных чертежей.



1 - метка пересечения диагоналей на полу комнаты; 2 - отвес; 3 – линейка для переноса метки

Рисунок 7- Разметка места установки светильника

Выполнение разметочных работ по электропроводке начинается с прокладки пути главного пучка проводов, разделений от него, места поворотов и переходов сквозь стены. Для этого обязательно выполняется правило, что кабели на стене прокладываются либо под углом 0° С, либо под углом 90° С к поверхности пола. Горизонтальные участки с проводами желательно проложить на 20 см от потолка, параллельно между стыком потолка и стеной (это уменьшает вероятность механического воздействия на

электропроводку). При смене направления трассы электропроводки градус угла поворота должен соответствовать 90° . Размечать точки креплений проводников возможно с крайних мест крепления. Но по междуэтажным или потолочным перекрытиям трассы прокладывать по кратчайшему расстоянию от точки ответвления до места монтажа потолочного светильника. В случае нанесения разметки наружной и скрытой линий электропередач можно использовать веревку. Для этого окрашиваем её известью, углем, синькой. Затем закрепляем первую из её сторон, а другую сторону натягиваем параллельно стене или потолку. Затем оттягиваем веревку от разметочной поверхности и резко бросаем её. Ударяясь о стену, веревка оставляет на ней четкий вертикальный след. Таким способом, можно разметить точки крепления проводов к стене или межэтажной перегородке.

Пробивные работы производятся при наличии точек кернения. Выполняться пробивочные операции могут вибратором. Перфоратором делают отверстие в стенах, где прокладываются провода. Гофр обеспечивают возможность доступа к проводке. Заготовка ниш под осветительные приборы и установку коммутационных аппаратов и розеток выполняется также с применением вибратора. Параллельно выполняется пробивка борозд и закрепления туда трубопровода, подготовка каналов под щитки.

Монтажные работы.

После предварительных работ в стробы закладываются провода и прикрепляют их пластинками, хомутами из непроводящего материала, а на стенах примораживают их алебастром. Установка коммутационных аппаратов, розеток выполняется в специальных нишах, и примораживаются алебастром. Наружные коробки крепятся дюбелями. Предприятия выпускают различные крепежные детали и изделия: дюбеля, винты, болты, штыри и т.д. Дюбель капроновый представляет полиэтиленовую втулку с несколькими продольными разрезами. Закрепляется в отверстии за счет того, что при ввертывании винта стенки дюбеля расширяются и фиксируют его в отверстии. Дюбель-гвоздь фиксируется при помощи ударной техники.

Дюбеля с наружной резьбой вворачиваются при помощи монтажного пистолета.

Прокладка кабелей.

Прокладка проводов и готовых узлов кабельных линий, крепление проводов и кабелей, затяжки в проходы и гофры. При этом необходимо учитывать, чтобы линии к розеткам и т.д. имели необходимый эксплуатационный запас. Ответвления и соединения выполняются исключительно в коробках и на контактах штекерных розетках и аппаратов. Сопротивление изоляции изново смонтированных электропроводок возможно не менее 0,5 МОм. Проводка должна прокладываться проводами необходимой толщины и изоляции, соответствовать нормам ПУЭ.

В соединительных коробках (см. рисунок 8) соединение выполняем с применением сварки, а затем изоляции места соединения изоляционными элементами.

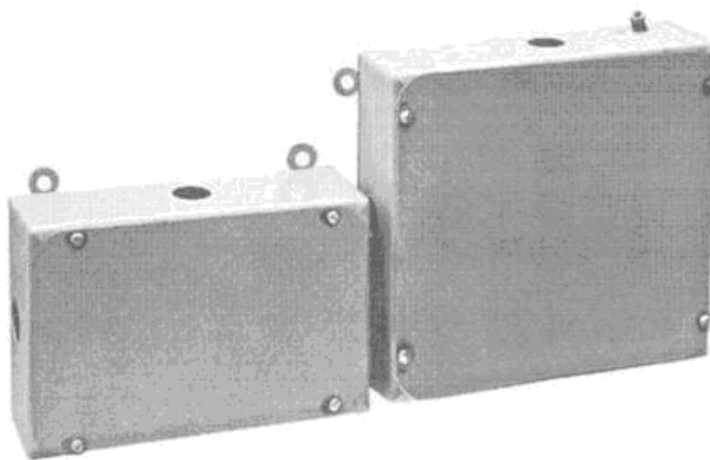


Рисунок 8- Внешний вид монтажной коробки

В местах ввода проводников в коробки используются втулки из изолирующих материалов. Вместо втулок часто используют куски поливинилхлоридной трубки. В помещениях с низкой влажностью можно размещать ответвления проводов в нишах стен и перекрытий или в пустотах

перекрытий. Стенки гнезд при этом следует выполнять гладкими, а крышки выбирать из негорючего материала.

В зависимости от «исполнения выключателя и штепсельные розетки бывают открытого и скрытого исполнения. Для монтажа розеток и выключателей открытого исполнения используются подрозетники. Они изготавливаются из ток непроводящего материала (дерево, текстолит, гетинакс, оргстекло и т.д.) и выпускаются в виде дисков, диаметром 60-70 мм, толщиной не менее 10 мм. Подрозетники следует крепить к стене саморезами или шурупами с потайной головкой или с помощью клея БМК-5 или КНЭ-2/60. При установке подрозетников на кирпичных или бетонных стенах их закрепляют с помощью шурупов, сначала просверлив отверстие в стене и установив дюбель или деревянную пробку. При использовании горючих оснований, рекомендую монтировать под подрозетники подкладки из асбеста толщиной 2-3 мм. Розетки или выключатели крепятся на подрозетник двумя шурупами с полукруглой головкой. Выключатели, как правило, устанавливаются в разрыв фазного провода. Это обеспечивает электробезопасное выполнение работ при замене ламп и патронов. Обратите внимание на то, чтобы включение освещения производилось при нажатии на верхнюю часть клавиши или верхнюю кнопку выключателя. Для скрытой проводки проводов, используют выключатели и розетки для скрытой установки. Их монтируют в металлические или пластмассовые установочные коробки типа У-196, КП-1,2. Их габариты обычно не превышают 70 мм в диаметре и высотой 40 мм. Устанавливаются коробки в специальных отверстиях в стене и замазываются алебастровым раствором» [14].

Светильники с люминесцентными лампами должны передаваться "Заказчиком" в монтаж в исправном состоянии и проверенными на световой эффект. Крепление светильника к опорной поверхности (конструкции) должно быть разборным. Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрации и сотрясениям, должны быть установлены с применением амортизирующих устройств (см. рисунок 9).



Рисунок 9- Монтаж светильников и наружных патронов на ровные основания

Присоединение светильников к групповой сети должно быть выполнено с помощью клеммных колодок, обеспечивающих присоединение как медных, так и алюминиевых проводов сечением до 4 мм. Концы проводов, присоединяемых к светильникам, счетчикам, автоматам, щиткам и электроустановочным аппаратам, должны иметь запас по длине, достаточный для повторного подсоединения в случае их обрыва.

Вводы проводов и кабелей в светильники и электроустановочные аппараты при наружной их установке должны быть уплотнены для защиты от проникновения пыли и влаги. Электроустановочные аппараты при открытой установке в производственных помещениях должны быть заключены в специальные кожухи или коробки.

В точках ответвлений, при их снижениях к розеткам, патронам, устанавливаются ответвительные элементы. Для скрытой линии чаще всего используются выключатели и штекерные розетки скрытой реализации. Их монтируют в установочные коробки размером 70 мм. Выключатель обычно устанавливают у входа в помещение либо внутри помещения, либо вне ее, а место монтажа выбирают со учетом размещения дверной ручки. Приборы монтируют на уровне до 1 м, но таким образом, что дверь его не касалась. Для этого контролируется расстояние от проводов, подходящих к выключателю, до края двери. Оно стандартно выбирается не ниже 100 мм, и такой же интервал должен быть в прокладке проводов около окна.

Существует несколько стандартов для размещения выключателей: один из них 50-80 см, а второй 150 см от пола. Но в детских комнатах приборы можно устанавливать на высоте 80 см от пола. Расстояние от пола до места, на котором монтируются розетки, не регламентируется. Но не советуют размещать розетки очень близко к полу. Во первых, это критично, если произойдет попадание воды в квартиру, также, ими неудобно пользоваться. А современные розетки и выключатели не испортят внешнее восприятие квартиры, даже в самых заметных точках. Выключатель желательно применять с подсветкой и располагать в начале комнаты. Когда розетки устанавливаются вблизи письменного стола, то желательно размещать их выше края столешницы. На этой же высоте (80 см от пола) рекомендуется располагать и те розетки, куда будет присоединяться пылесос. В столовой имеет смысл применить двойную или более розетку и рекомендуется выполнить отводы под дополнительного освещения в районе мойки и для питания воздухоочистителя.

Высота установки над уровнем пола:

- групповых щитков - 1,5м;
- выключателей - 1,8м;
- настенных светильников - 2,3м;
- штепсельных розеток, в помещениях с пребыванием детей, - 1,8м;
- штепсельных розеток в служебных помещениях - 0,1м.

3.4 Материально-техническое обеспечение объекта

Поставочный пакет является основной стандартизируемой единицей поставки в зону монтажа комплектующих и изделий МЭЗ, необходимого и подтвержденного для единовременной реализации законченного объема ЭМР одной хозяйственной единицей, бригадой или звеном. Состав поставочного пакет определяется разработчиком ППР на основании общих данных: разбивка проекта на монтажно - объемные зоны, графика

выполнения ЭМР, количественного состава бригад, привлеченных к выполнению ЭМР. Предоставляемые материалы необходимые в производстве ЭМР, условно делятся на материалы и оснастку первой необходимости, определяемые проектной документацией на вспомогательные и электромонтажные материалы.

Материалы и оснастка комплектуются на базе лимитно-комплектовочных ведомостей (ЛКВ), которые формируются отдельно на оснастку и материалы, предоставляемые заказчиком, подрядчиком и на материалы предоставляемые генподрядчиком (см. таблица 13)

Таблица 13- Лимитно-комплектовочная ведомость на материалы и оборудование

Наименование работ	Тип, марка, сечение	Ед. изм.	Кол.	Прим.
1	2	3	4	5
Шкаф вводно-распределительный In=100А, с автоматическим выключателем на вводе ВА47-100-3, Ip=80А, с автоматическими выключателями на линиях ВА24-29-3, Ip=35А – 1 шт, ВА24-29-3, Ip=10А – 3 шт, ВА24-29-3, Ip=6А – 2шт, со счетчиком СА4 И678, 10-100А	ВРУ8-3Н-308-31УХЛЗ	шт	1	ВРУ
Шкаф силовой распределительный In=63А, с автоматическим выключателем на вводе ВА24-29-3, Ip=63А, с автоматическими выключателями на линиях ВА24-29-3, Ip=16А – 2 шт, ВА24-29-3, Ip=10А – 3 шт, ВА24-29-3, Ip=6А – 1 шт,	ВРУ8-3Н-302-31УХЛЗ	шт	1	ЩС-1

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Шкаф силовой распределительный In=16А, с автоматическим выключателем на вводе ВА24-29-3, Ip=16А, с автоматическими выключателями на линиях ВА24-29- 3, Ip=10А – 5 шт,	ВРУ8-3Н-302- 31УХЛЗ	шт	2	ЩС-2, ЩС-3
Щит освещения, с автоматическим выключателем на вводе ВА24-29-3, Ip=10А, с автоматическими выключателями на линиях ВА24-29- 3, Ip=6А – 12 шт	ОЩВ-12 16А (ЩРН)/63А/ІР31	шт	1	ЩАО
Щит освещения, с автоматическим выключателем на вводе ВА24-29-3, Ip=10А, с автоматическими выключателями на линиях ВА24-29- 3, Ip=6А – 12 шт	ОЩВ-12 16А (ЩРН)/63А/ІР31	шт	2	ЩО-1, ЩО-2
Кабель с медными жилами сеч. 5x10 мм	ВВГнг	м.	10	
Кабель с медными жилами сеч. 3x2,5 мм	ВВГнг	м.	61	
Кабель с медными жилами сеч. 4x1,5 мм	ВВГнг	м.	20	
Кабель с медными жилами сеч. 5x6 мм	ВВГнг	м.	23	
Кабель с медными жилами сеч. 3x4 мм	ВВГнг	м.	10	
Щит освещения, с автоматическим выключателем на вводе ВА24-29-3, Ip=10А, с автоматическими выключателями на линиях ВА24-29- 3, Ip=6А – 12 шт	ОЩВ-6 25А (ЩРН)/43А/ІР31	шт	1	ЩО-3

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Кабель с медными жилами сеч. 3x1,5 мм	ВВГнг	м.	11	
Кабель с медными жилами сеч. 2x1,5 мм	ВВГнг	м.	10	
Кабель с медными жилами сеч. 1x16 мм	ВВГнг	м.	25	
Коробка ответвительная	У-198	шт.	12	
Коробка ответвительная	У-411	шт.	6	
Коробка для установки выключателей и розеток	КУВ-1М	шт.	40	
Выключатель скрытой установки, одноклавишный, 10А, 250В	С16	шт.	14	
Труба стальная Т25x1,6, d25 мм, ГОСТ 10704-91	-	м.	3	
Труба стальная Т32x1,8, d25 мм, ГОСТ 10704-91	-	м.	17	
Труба стальная Т50x2,0, d25 мм, ГОСТ 10704-91	-	м.	1	
Труба гофрированная ПВХ 16 мм с протяжкой	-	м.	120	
Выключатель скрытой установки, двухклавишный, 10А, 250В	С56	шт.	20	
Выключатель открытой проводки, защищенный, IP54	0-1-IP44-17-6/220	шт.	2	
Труба гофрированная ПВХ 25 мм с протяжкой	-	м.	80	
Блок из двух розеток, скрытой установки, с заземлением, 10А, 250В,	РС10-826	шт.	20	

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Кабель-канал 5x15 мм	-	м	28	
Главная заземляющая шина (в комплект входят: шина медная 50x4, болт М8x30 – 11 шт., гайка М8 – 11 шт., шайба 8 – 22 шт.)	ГЗШ	компл	1	
Блок зажимов	БЗ-24-4П25-В/В У3	шт.	10	
Колодка клеммная	С-3-2,5/220У3	шт.	45	
Колодка клеммная	С-2-2,5/220У3	шт.	45	
Сизы (коммутация кабелей в распаечных коробках)	О – А Jr44 – 01 – 6/220	шт.	25	
Колпачки полиэтиленовые	К441	шт.	166	
Колпачки полиэтиленовые	К442	шт.	16	
Наконечник	SC-6	шт.	14	
Наконечник	SC-25	шт.	15	
Сталь полосовая 4×25	ГОСТ 103-76	м	10	
Сталь полосовая 4×40	ГОСТ 103-76	м	20	
Светильник	Типа ДКУ	шт.	9	
Светильник	Типа ARS/R-2x18	шт.	11	
Светильник	Типа HBO LED	шт.	2	

3.5 Организация работ в МЭЗ

Максимально переносим объем выполняемых работ в МЭЗ, где изготавливаются крепления электрооборудования к строительным основаниям, производятся заготовки проводов и кабелей пучками, а также заготовки стальных и полиэтиленовых труб, производится полная комплектация шкафов и ящиков (см. таблицу 14).

Таблица 14 - Объем работ выполняемых в МЭЗ

Наименование	Ед. измерения	Кол.	Место установки	Примечания
1	2	3	4	5
Ревизия вводно-распределительного устройства	шт.			
Конструкция для установки вводно-распределительного устройства	шт.	1	на стене	
Ревизия шкафов распределительных	шт.			
Конструкции для установки шкафов распределительных:				
ВРУ8-3Н-302-31УХЛЗ	шт.	6	на стене	
Ревизия силовых автоматических выключателей	шт.			
Конструкции для установки магнитных пускателей и кнопочных постов				
АП50Б-2МТ	шт.	11	на стене	
Ревизия светильников	шт.	22	потолок	
Резка кабеля на отрезки мерной длины: в соответствии с кабельным журналом				
Резка труб на отрезки мерной длины: в соответствии с эскизом трубной заготовки				

3.6 Перечень приемо-сдаточной документации

Ведомость изделий и работ МЭЗ разрабатывается на основе типовой документации на монтаж промышленных электроустановок, выдаваемой проектными институтами НПО Электромонтаж, и альбомов типовых изделий МЭЗ, разработанных в электромонтажных трестах и управлениях (см. таблицу 15).

Таблица 15- Перечень приемо-сдаточной документации

Наименование	№ формы	Примечание
1	2	3
Содержание комплекта технологической документации по сдаче-приемке ЭМР	1	
Акт приемки аппаратуры	2	Акт утверждается приемной комиссией
Ведомость смонтированного электрооборудования, сданного в эксплуатацию	4	Комплектное оборудование заносится в детализацию
Акт готовности объекта к производству ЭМР	5	Акт утверждается строительной организацией
Акт приемки оборудования в монтаж	6	Фиксируется наличие обнаруженных отклонений
Протокол измерения R изоляции	44	У силовых кабелей и проводов напряжением до 1000В сопротивление не меньше 0,5 Мом
Протокол фазировки	45	Протокол заполняется у всех видов силовых кабелей до 1000 В и выше питающих РУ от источников электроэнергии
Акт проверки осветительной сети на правильность зажигания и горения ламп	46	
Протокол прогрева кабелей на барабане перед прокладкой при низких температурах	52	Оформляется по п. 3.86 и п. 3.87
Акт осмотра и проверки состояний открыто проложенных заземляющих проводников	48	

Продолжение таблицы 15

1	2	3
Акт освидетельствования скрытых работ по монтажу заземляющих устройств и присоединений к естественным заземляющим устройствам	47	Акт на измерение сопротивления растекания постоянного тока заземлителя представляется наладочной организацией
Акт осмотра кабельной канализации в траншеях и каналах перед закрытием	53	Протоколы испытания повышенным напряжением кабелей после монтажа представляет пусконаладочная организация

3.7 Рекомендации по технологии ЭМР

В рекомендации по порядку производства электрических монтажных работ рекомендуется включать краткую информацию об основных использованных технологических решениях по всем видам операций, представляемых в планах производства электрических монтажных работ (см. таблицу 16). Необходимо указывать вид и тип производимых работ, описание технологии выполнения электрических технологических работ, применяемые механизмы, оборудование и инструмент. Рекомендуется указывать нормативные документы, которыми руководствуются при выполнении электрических монтажных работ. Вся документация должна быть по формам, утвержденным в соответствующих Правилах выполнения электромонтажных работ, должны соответствовать утвержденным стандартам по строительству. И нужно учитывать, что работы на объекте выполняются в две стадии.

Таблица 16- Рекомендации по технологии производства ЭМР

Вид работ	Технология выполнения	Механизмы, приспособления, инструмент	Шифр нормативного документа
1	2	3	4
<p>1.Монтаж наружного контура заземления с использованием искусственных заземлителей</p>	<p>Глубина прокладки верха вертикальных заземлителей должна быть равна 0,6-0,7 м от уровня планировочной отметки земли и заземлитель должен выступать над дном траншеи на 0,1-0,2 м для удобства приварки к ним соединительных горизонтальных, круглых стержней. Горизонтальные заземлители и соединительные стержни между вертикальными заземлителями укладываются в траншеи глубиной 0,6-0,7 м от уровня планировочной отметки земли. Рытьё траншей производится землеройными машинами.</p> <p>Проложенные заземлители, заранее произведенные в МЭЗ, размещаются на дне траншей под фундаменты зданий и сооружений при производстве строительных работ. Вертикальные заземлители из круглой стали ввертываются в грунт или вдавливаются.</p> <p>Для этих целей используют различного рода передвижные механизмы и ручные приспособления. Наиболее эффективен метод вдавливания.</p>	<p>Монтажный пистолет, сварочный аппарат</p>	<p>СНиП 3.05.06 - 85</p>

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
	<p>Соединения заземляющих проводников и присоединения их к металлическим конструкциям зданий выполняются сваркой, за исключением разъемных мест, предназначенных для измерений. Длину нахлестки для сварки проводников принимают равной 2-х кратной ширине полосы при прямоугольных сечении; шести диаметром при круглом сечении.</p>		
<p>2.Монтаж низковольтных комплектных устройств НКУ</p>	<p>Расположение распределительных пунктов в помещении и способ по установки и крепления определяют в соответствии с рабочим чертежом. Закладные крепежные элементы для установки пункта необходимо установить в период выполнения основных строительных работ до выполнения чистых полов и отделочных работ. После окончания строительных работ, включая отделочные, пункты устанавливают и закрепляют в соответствии с рабочим чертежом, выверяя по уровню и отвесу, при этом отклонения от вертикали не должно превышать $\pm 5^0$. После этого производят подсоединения внешних сетей. Ящик устанавливают по отвесу в вертикальном положении. Проверку внутренних соединений производят в МЭЗ.</p>	<p>Набор электромонтажника</p>	<p>ВСН 386-77</p>

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
<p>3.Прокладка проводов и кабелей напряжением до 1000 В</p>	<p>В период подготовки строительной части помещения. Доставку ящика производят грузовым или легковым автомобилем</p> <p>Заготовка кабелей и проводов пучками, заготовка тросовых проводов с указанием марки троса или тросового провода, длины заготовки, количество ответвительных коробок перед затяжкой проводов в трубы.</p> <p>Рекомендуется провести подготовительные работы, такие как: вдувка талька в трубы, установка изолирующих втулок: трубы, отрезки труб, гибкий ввод.</p> <p>После ввода необходимо измерить сопротивление изоляции, сопротивление изоляции измеряют мегомметром. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.</p>	<p>Набор электро монтажника</p>	<p>СНиП 3.05.06-85</p>
<p>4. Оконцевание жил проводов и кабелей, подключение к электрооборудованию</p>	<p>Оконцевание и соединение жил медных изолированных проводов и кабелей производят опрессовкой, болтовым и винтовым сжимами. Область применения различных способов оконцевания и соединения медных проводов и кабелей, контактные соединения и присоединения шин определена стандартами, нормами, правилами, инструкциями и ГОСТ 10434-82.</p> <p>Оконцевание многопроволочных жил 1-2,5 мм² выполняется в виде кольца. Однопроволочные жилы 25-240 мм², оконцованные штамповкой наконечника на жиле.</p>	<p>Ручной механический пресс РМП-7М1; Пресс клещи ПК-3</p>	<p>МСН 139-83</p>

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
5. Прокладка трубной разводки из стальной трубы	При заготовке стальных труб для электропроводок производят работы по резке труб и снятию фасок, гнутью и соединению труб, комплектованию и маркировке заготовок. При укладке в борозды трубы крепят алебастровым раствором через 0,7-0,8 м. При укладке в стенах нескольких труб их предварительно крепят деревянными рейками или проволокой.	Набор электро монтажника	ВСН 370-86
6. Монтаж электроосвещения	Открытая проводка выполняется по поверхности стен, потолков и другим строительным элементам зданий, а скрытая – по внутренним конструкциям элементов зданий. В поэтажных коридорах многоэтажных зданий устанавливаются этажные щиты в утепленном состоянии, а также с помощью конструкций для установки (которые заказываются в МЭЗ). Закрепить светильники, можно заказав в МЭЗ - специальные крюки и шпильки. Для поднятия блоков на проектную высоту и установки - используют телескопический подъемник «ПТП-1», лестницы с площадкой, стремянки и т.д.	Набор электро монтажника; Стремянка ЛСМУ-1	СНиП
7. Производство пусконаладочных работ	Проверяют величины защитного заземления приборами – МС-08, М-416, Ф4103. Испытывают изоляцию, проверяют целостность обмоток.	МС-08; М-416; Ф4103	СНиП

3.8 Технологическая карта на один из видов ЭМР

Для примера рассмотрим последовательность операций на монтаж силового распределительного щитка, от которого питаются светильники (см. таблицу 17). Карта предназначена для организации труда рабочих электромонтажников по монтажу осветительных щитков. Методы и приемы труда, рекомендуемые в настоящей карте, способствуют качественному выполнению работ. Карта может быть использована при проведении операционного контроля качества монтажа осветительных щитков, разработки ППЭР и для обучения рабочих.

Таблица 17- Последовательность технологических операций

Вид работ	Описание технологического процесса	Механизмы, приспособления, инструменты
1	2	3
Нормативные документы	1. Техническая документация на силовой распределительный щит 2. Инструкция по монтажу осветительных щитков ВСН-180-84	
Входной контроль качества	При получении щитка убедиться в его целостности, в наличии всех механизмов.	
Подготовительные мероприятия	1. Изучается электрическая часть проекта и паспортные данные щитка освещения. 2. Согласовывается график производства работ. 3. Подготавливаются необходимые материалы и инструменты для дальнейшего проведения работ.	
Технология выполнения	1. Разметка. В местах установки щитков, указанных на плане делают разметку точек крепления конструкции,	Отвес Метр складной

Продолжение таблицы 17

1	2	3
	<p>высота от пола до нижней части конструкции не должна превышать 1,5 метра</p>	
	<p>2. Установка конструкции. С помощью строительного пистолета, перфоратора закрепить конструкцию по заранее размеченной трассе дюбель винтами</p>	<p>ПЦ-84 ИЭ-4713</p>
	<p>3. Крепление щитков на конструкции. Перед тем, как начать присоединение щитка к конструкции необходимо снять переднюю крышку щитка. Приставить щиток к конструкции и закрепить его на 4 винта М6</p>	<p>НЭ</p>
	<p>4. Присоединение проводов. По схеме, которая имеется на передней крышке щитка с его внутренней стороны, определить назначение проводов и жил кабеля.</p>	<p>НЭ ПК-3</p>
	<p>5. Отмерить длину проводов с учетом ремонтного запаса. Отрезать и снять изоляцию с концов жил. Присоединить с учетом конструкции жилы к контактам щитка. Выполнить укладку проводов (кабелей).</p>	
<p>Техника безопасности</p>	<p>1. Монтаж осветительных щитков производится с соблюдением общих требований техники безопасности 2. Особое внимание нужно соблюдать при работе с пиротехническим инструментом.</p>	

3.9 Операционный контроль качества

На всех этапах работ необходимо выполнять «производственный контроль качества строительного-монтажных работ, который включает в себя

входной контроль рабочей документации, конструкций, изделий, материалов и оборудования, операционный контроль отдельных строительных процессов или производственных операций и приемочный контроль промежуточных и окончательных циклов работ. Состав контролируемых показателей, объем и методы контроля должны соответствовать требованиям СНиП 3.05.06-85 "Электротехнические устройство", СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение", СНиП 12-01-2004 "Организация строительства" и др» [15].

Контроль качества строительно-монтажных работ должен осуществляться специалистами или специальными службами, оснащенными техническими средствами, обеспечивающими необходимую достоверность и полноту контроля.

При входном контроле рабочей документации должна производиться проверка ее комплектности и достаточности содержащейся в ней технической информации для производства работ. При входном контроле строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования следует проверять внешним осмотром их соответствие требованиям стандартов или других нормативных документов и рабочей документации, а также наличие и содержание паспортов, сертификатов и других сопроводительных документов. Результаты входного контроля фиксируются в Журнале учета результатов входного контроля по ГОСТ 24297-87.

«Операционный контроль осуществляется в ходе выполнения строительных процессов или производственных операций с целью обеспечения своевременного выявления дефектов и принятия мер по их устранению и предупреждению. Качество производства работ обеспечивается выполнением требований технических условий на производство работ, соблюдением необходимой технической последовательности при выполнении взаимосвязанных работ, техническим контролем за ходом работ» [16].

При операционном контроле следует проверять соблюдение заданной в проектах производства работ технологии выполнения строительно-монтажных процессов; соответствие выполняемых работ рабочим чертежам, строительным нормам и правилам. Особое внимание следует обращать на выполнение специальных мероприятий при строительстве на просадочных грунтах, в районах с оползнями и карстовыми явлениями, вечной мерзлоты, а также при строительстве сложных и уникальных объектов.

«Схема операционного контроля качества работ приведена в таблице 18. Результаты операционного контроля фиксируются также в Общем журнале работ (СНиП 12-01-2004 "Организация строительства")» [17].

Таблица 18- Схема операционного надзора за качеством электромонтажных операций

Технологический процесс	Контролирующее лицо	Состав операционного контроля	Метод и средства выявления	Время контроля	Документация	Составитель документа
1	2	3	4	5	6	7
Входной контроль	Мастер участка	1. Наличие сертификатов на осветительную арматуру и соответствие проектной документации. 2. Осмотр светильников на наличие повреждений	Визуально	До начала работ	Акты входного контроля	Мастер участка

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7
Операционный контроль	Мастер участка	Контроль за установкой светильников по проекту и	Визуально	В течении выполнения работ	Журнал выполнения электромонтажных работ	Мастер
		рекомендаций завода-изготовителя				
Приемочный контроль	Начальник участка	Проверка светильников на зажигание, правильность фазировки	Визуально	По окончании работ	Акты согласно нормативной литературе	Начальник участка

Входной контроль производится в случае проверки и подтверждения качества законченных объектов или их частей, и окончания скрытых строительных работ и отдельных ответственных элементов.

На каждом объекте строительства надлежит:

- вести Общий журнал работ, специальные журналы по отдельным видам работ, перечень которых устанавливается генподрядчиком по согласованию с субподрядными организациями и заказчиком, и Журнал авторского надзора проектных организаций (СП 11-110-99 "Авторский надзор за строительством зданий и сооружений");

- составлять Акты освидетельствования скрытых работ, Акты промежуточной приемки ответственных конструкций, испытания и

опробования оборудования, систем, сетей и устройств. Записи в журналах должны контролироваться заказчиком и представителем авторского надзора;

- оформлять другую производственную документацию, предусмотренную строительными нормами и правилами.

Все скрытые операции подлежат приемке с составлением актов их освидетельствования, которые необходимо составляться на отдельный завершённый процесс, законченный самостоятельным подразделением.

Освидетельствование скрытых работ и составление акта в случаях, когда последующие работы должны начинаться после перерыва, следует производить непосредственно перед производством последующих работ. Запрещается выполнение последующих работ при отсутствии актов освидетельствования предшествующих скрытых работ.

Отдельные ответственные конструкции по мере их готовности подлежат приемке в процессе выполнения монтажных работ с составлением акта промежуточной приемке этих конструкций. При возведении сложных и уникальных объектов акты приемки ответственных конструкций и освидетельствования скрытых работ должны составляться с учетом особых указаний и технических условий проекта (рабочего проекта).

«Контроль и приемка работ и конструкций осуществляется производителем работ (электромонтажной организацией), представителем заказчика, представителем проектной организации (авторского надзора) с привлечением, при необходимости, соответствующей специализированной научно-исследовательской организации. Приемку готовых схем и конструкций оформляют актом, в котором должны быть отмечены все выявленные отступления от проекта, предусмотрены способы и сроки их устранения, дается общая оценка качества выполненных работ. Требования, не предусмотренные проектом, а также действующими ПУЭ и СНиП, не являются недоделками и не могут служить основанием для отказа от приемки работ и оформления акта» [16].

Оценку выполнения и приемку работ осуществляют на основании перечня документов:

- проекта плана электрооборудования объекта;
- реестров приемки материалов, оснастки и конструкций;
- реестров лабораторных испытаний;
- реестров контрольной проверки материалов;
- актов на внутренние работы;
- акта по проведенным испытаниям;
- исполнительной схемы расположения с указанием отклонений от

проектного положения, ПУЭ и СНиП.

3.10 Ведомость механизмов, приспособлений и инструментов, применяемых при выполнении ЭМР

Все инструменты, механизмы, приспособления и средства подмащивания сводятся в единый нормоконспект, необходимый для производства (см .таблицу 19).

Таблица 19- Ведомость механизмов, приспособлений и инструментов

Наименование	Тип	Примечание
2	3	4
Стремянка	ЛСМУ-1	Для работы на высоте до 6 м.
Тележка	ТПК	Для перевозки грузов массой до 2,5 т
Монтажный пистолет	ПЦ-85	Для выполнения крепежных работ металлоизделий по кирпичным, железобетонным и металлическим основаниям (патроны типов Д и К)
Электроперфоратор	Мakita HR 2400	Для выполнения отверстий диаметром до 24мм. под установку крепежных деталей

Продолжение таблицы 19

2	3	4
		и сквозных отверстий в бетонных, кирпичных и деревянных основаниях
Шуруповерт аккумуляторный	Makita BDF 442 RFE	Для закручивания саморезов, шурупов, а также для выполнения отверстий диаметром до 24мм.
Ножницы секторные	НС-2М	Для перерезания алюминиевых и медных проводов и кабелей сечением до 35 мм ²
Ручной механический пресс	РМП-7М1	Для опрессовки кабельных наконечников на жилах сечением 16-240 мм ²
Пресс-клещи	ПК-3	Для опрессовки алюминиевых жил гильзами 7,5-4-1-А-00, медных жил сечением 4-6 мм ² наконечниками 4-5-3-Ма, гильзами ГМ и оконцеванием жил сечением 1,5 и 2,5 мм ²
Кабельный нож	НК- 1, НК- 2	Для снятия полимерной изоляции с проводов и кабелей наружным диаметром 8-20 мм; 32-48 мм
Набор инструментов электромонтажника	PSTS28A	В комплект входят: инструмент, кусачки, плоскогубцы, молоток, отвертки, нож, ключи гаечные, очки защитные, отвертка, пробник, круглогубцы, рулетка

3.11 Мероприятия по охране труда

«Производство работ должно выполняться с обязательным соблюдением правил техники безопасности, пожарной безопасности, охраны труда в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001, СНиП 12-04-2002, СП 12-133-2000, СП 12-135-2003, МДС 12-11.2002 и нормативных

актов других организаций, требования которых не противоречат вышеназванным нормативным документам в строительстве» [17].

Ответственность за выполнение мероприятий по технике безопасности, ОТ, промсанитарии, безопасности ЧС возлагается на руководителя работ, в соответствии с приказом по подразделению - производителю работ. Охрана труда рабочих должна обеспечиваться выдачей администрацией необходимых средств индивидуальной защиты (специальной одежды, обуви и др.), выполнением мероприятий по коллективной защите рабочих (ограждения, освещение, вентиляция, защитные и предохранительные устройства и приспособления и т.д.), санитарно-бытовыми помещениями и устройствами в соответствии с действующими нормами и характером выполняемых работ. Рабочим должны быть созданы необходимые условия труда, питания и отдыха.

Решения по охране труда должны учитываться и находить отражение в организационно-технологических планах на производство ЭМР.

Сроки выполнения планов, их последовательность, необходимость в трудовых резервах устанавливается с целью обеспечения безопасного производства работ и затрат на соблюдение состава плана, обеспечивающих безопасное выполнение работ, чтобы каждая из выполняемых работ не содержала признаки производственной опасности от одновременно выполняемых и последующих работ.

Для разработки методов и последовательности выполнения плана следует учитывать технические зоны, возникающие в процессе работ. Для необходимости выполнения операций в опасных местах должны предусматриваться меры по защите исполнителей работ. На границах таких зон должны находиться установленные предохранительные знаки и сигнальные элементы, предупредительные надписи, видимые во все времена суток.

При устройстве электрических сетей необходимо предусматривать возможность отключения всех электроустановок в пределах данного объекта

и квартиры. Работы, связанные с присоединением (отсоединением) проводов, ремонтом, наладкой, профилактикой и испытанием электроустановок и приборов, должен выполнять электротехнический персонал, имеющий соответствующую квалификационную группу по технике безопасности.

Присоединение к электрической сети передвижных электроустановок, ручного электрофицированного инструмента и переносных электрических светильников при помощи штепсельных соединений, удовлетворяющих требованиям электробезопасности, разрешается выполнять персоналу, допущенному к выполнению данных работ. Устройство и техническое обслуживание временных и постоянных электрических сетей следует осуществлять силами электротехнического персонала, имеющего соответствующую квалификационную группу по электробезопасности. Применять стационарные светильники в качестве ручных запрещается. Следует пользоваться ручными светильниками только промышленного изготовления.

Штепсельные розетки на номинальные токи до 20 А, расположенные вне или внутри помещений и предназначенные для питания переносного электрооборудования и ручного инструмента с применением вне помещений, должны быть защищены устройствами защитного отключения (УЗО) с током срабатывания не более 30 мА. Штепсельные розетки и вилки, применяемые в сетях напряжением до 42 В, должны иметь конструкцию, отличную от конструкции розеток и вилок напряжением более 42 В.

«Санитарно-бытовые помещения, автомобильные и пешеходные дороги должны размещаться вне опасных зон. В случае нахождения автомобильных дорог в зоне перемещения краном груза необходимо, кроме защитных и сигнальных ограждений, предусматривать установку дорожных знаков о въезде в опасную зону. Освещенность строительной площадки и участков производства работ должна обеспечивать безопасное ведение работ. Освещение должно предусматриваться рабочим, охранным и аварийным» [17].

Запрещается сушить ветошь и другие изделия на отопительном оборудовании. Промасленную спецодежду и ветошь, тару из под легковоспламеняющихся материалов необходимо хранить в закрытых металлических боксах и удалять их по окончании смены.

Рабочие и ИТР, занятые на производстве электромонтажных работ, обязаны:

- соблюдать на производстве требования электробезопасности и пожарной безопасности, а также соблюдать и поддерживать противопожарной режим;

- выполнять меры предосторожности при пользовании опасными в пожарном отношении веществами, материалами, оборудованием;

- в случае пожара сообщать о нем в пожарную охрану и принять меры к спасению людей и ликвидации пожара.

3.12 Указания по технике безопасности

Травматизм при выполнении электромонтажных операций – явление достаточно массовое. Ни большой опыт работы, ни достаточная квалификация специалистов не гарантируют отсутствие травм. Наоборот. Статистика показывает, что в 65% травм, происходящих при монтаже, наладки аппаратуры, страдают высококвалифицированные работники.

Виды возможных травм:

- ушибы, повреждения тканей вращающимися деталями приборов,
- электроожоги в результате прямого или дугового контакта тела с источником тока,

- травмы слизистой оболочки глаз от попадания пыли и мелкой стружки при сверлении,

- проблемы с лёгкими при попадании в них пыли от некоторых композитных материалах (МДФ, стеклопластики и т.д.).

Избежать перечисленного можно только следуя неукоснительному соблюдению основ безопасности, регламентированной КЗОТом и соответствующими стандартами. Ниже приведены главные правила, при соблюдении которых, монтаж, ремонт, наладка электроприборов различной сложности пройдёт, минуя травмы.

Требования к рабочей одежде:

«- не должна быть слишком свободной, чтобы не касаться вращающихся свёрл инструментов,

- обязательно надевание защитных очков с небьющимися стёклами и рукавиц,

- при необходимости использование респиратора и средств защиты органов слуха,

- при работе без снятия напряжения в электроустановках напряжением до 1000 В или вблизи них необходимы диэлектрические галоши» [19].

При производстве пусконаладочных и строительных работ любого уровня разрешено применять проверенный исправный инструмент. Инструмент не должен быть со сколами, трещинами, раковинами, без заусениц и зубцов в месте прилегания руки и на затылочной части. Рукоятки кувалд и молотков должны быть заклинены клиньями из металла. Насадка тяжелого ударного инструмента осуществляться через верхний конец ручки.

Монтаж под напряжением до 1000 В допускается проводить инструментом с изолированными рукоятками, реализованных в виде «напальчников» или несъёмного материала из влаго-, термо-бензостойкого электроизоляционного вещества. По общему утверждению, длина изоляции элементов должна быть не меньше 100 мм, а изоляция пассатижей оканчиваться на отрезке не больше 10 мм от начала лезвия.

Перед началом работы с электроинструментом необходимо удостовериться «в том, что:

- пробивать борозды и отверстия в стенах, перекрытиях со скрытой электропроводкой, выполнять другие работы, чреватые повреждением

изоляционного покрытия кабелей (монтировать водопроводные трубы, например), можно только после отключения их от источников питания;

- винты, крепящие его детали, хорошо затянуты;
- редуктор исправен (отключите электродвигатель и поверните рукой шпиндель инструмента);
- провода и изоляция электроинструмента не имеют повреждений и изломов жил;
- заземление и выключатели исправны (инструменту с двойной изоляцией заземление не требуется)» [20].

Применять неисправный электроинструмент нельзя категорически.

Если в работе используется источник тепла, следите, чтобы в рабочем состоянии он постоянно находился в безопасной зоне действия. Страхивать припой во время пайки нельзя, а его излишки снимаются на специальной подставке. Во время коротких перерывах в работе электропаяльник размещают на подставку с металлическими скобами. В помещении, где выполняется пайка, нельзя хранить пищу.

При производстве монтажных работ применяются паяльники, питающиеся АС током напряжением не выше 42 В. Допускается использование паяльников на 220 В, если подача напряжения к ним происходит от разделительного трансформатора или через прибор УЗО.

При проверке уже установленных приборов и аппаратов принимают следующие предосторожности:

- пробную подачу питания производят при отсутствии людей в районе токоведущих частей прибора;
- пробное включение аппарата возможно только после глубокой проверки соответствия результатов монтажа проектной схеме и надёжности соединений во всех элементах схемы.

3.13 Указания по пожарной безопасности

Распространенной пожароопасной разновидностью аппаратов является проводка. В основном именно в ней происходят короткие замыкания и перегрузки. В некоторых случаях причиной пожара проводов и кабелей (вернее, их поверхностного слоя) являются наружные источники.

Правила пожарной безопасности при электромонтажных работах четко регламентированы положениями ГОСТ 12.3.032-84. Текст этого стандарта полностью соответствует Стандарту Совета экономической взаимопомощи за номером 4032-83.

Действие данного стандарта распространяется на полный комплекс ЭМР, выполняемых в процессе установки комплектов и аппаратов. При этом его содержание не может быть использованы в случае, когда работы производятся в шахтах, под водой или на рудниках.

Подробнее о требованиях.

Чтобы пожарная безопасность при электромонтажных работах была соблюдена, «требуется:

- обеспечить защиту каждого исполнителя от возможного воздействия производственных факторов, характеризующихся вредностью и даже опасностью;

- соблюдение определенных требований (стандарты 12.1.004-76 (013-78, 019-79, 030-81, 038-82), 12.2.012-75, 12.3.003-75 (009-76), и, конечно же, Стандарт СЭВ 3230-81) в процессе монтажа электроустановок и аппаратов;

- использовать установки или некоторые их части, ранее принятые в эксплуатацию;

- в ходе выполнения производственного задания не выполнять действия, которые могут расцениваться как эксплуатация электроприборов или установок;

- при монтаже электрооборудования неукоснительно соблюдать ППБ, разработанные для исполнителей строительно-монтажных, сварочных и иных огневых работ» [23].

Требования безопасности в обязательном порядке содержатся в нормативной, проектной и технической литературе.

Может случиться и так, что ЭМР будут вестись одновременно с иными действиями. Это допускается, но только в случае составления графика общего проведения. Его передают каждому производителю работ. График, кстати, содержит общие мероприятия по ТБ.

Любые операции могут быть реализованы только тогда, когда выполнены необходимые мероприятия по основам безопасности, в том числе, пожарной.

В случае возникновения ЧС в помещениях с проводкой, механизмами, имеющими электропривод, и другие электроприборы, следует более оперативно все обесточить.

При тушении пожара применять воду, а также пенные огнетушители, в случае наличия напряжения в сети категорически нельзя. Во-первых, данные средства характеризуются большим уровнем электропроводимости. Во-вторых, их использование способствует дальнейшему росту огня. Поэтому при ликвидации пламени, бушующего в помещении, подходят песок, либо углекислотные огнетушители.

3.14 Схема уравнивания потенциалов

В здании, в котором размещен КДЦ, предусмотрена главная заземляющая шина (шина РЕ в ВРУ) к которой присоединено (см. рисунок 10):

- нулевой защитный PEN – проводник питающей линии;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электрооборудования;

- заземляющий проводник, присоединенный к контуру повторного заземления;
- металлические трубы инженерных коммуникаций;
- металлические части каркаса здания;
- металлические части системы вентиляции;
- заземляющее устройство системы молниезащиты.

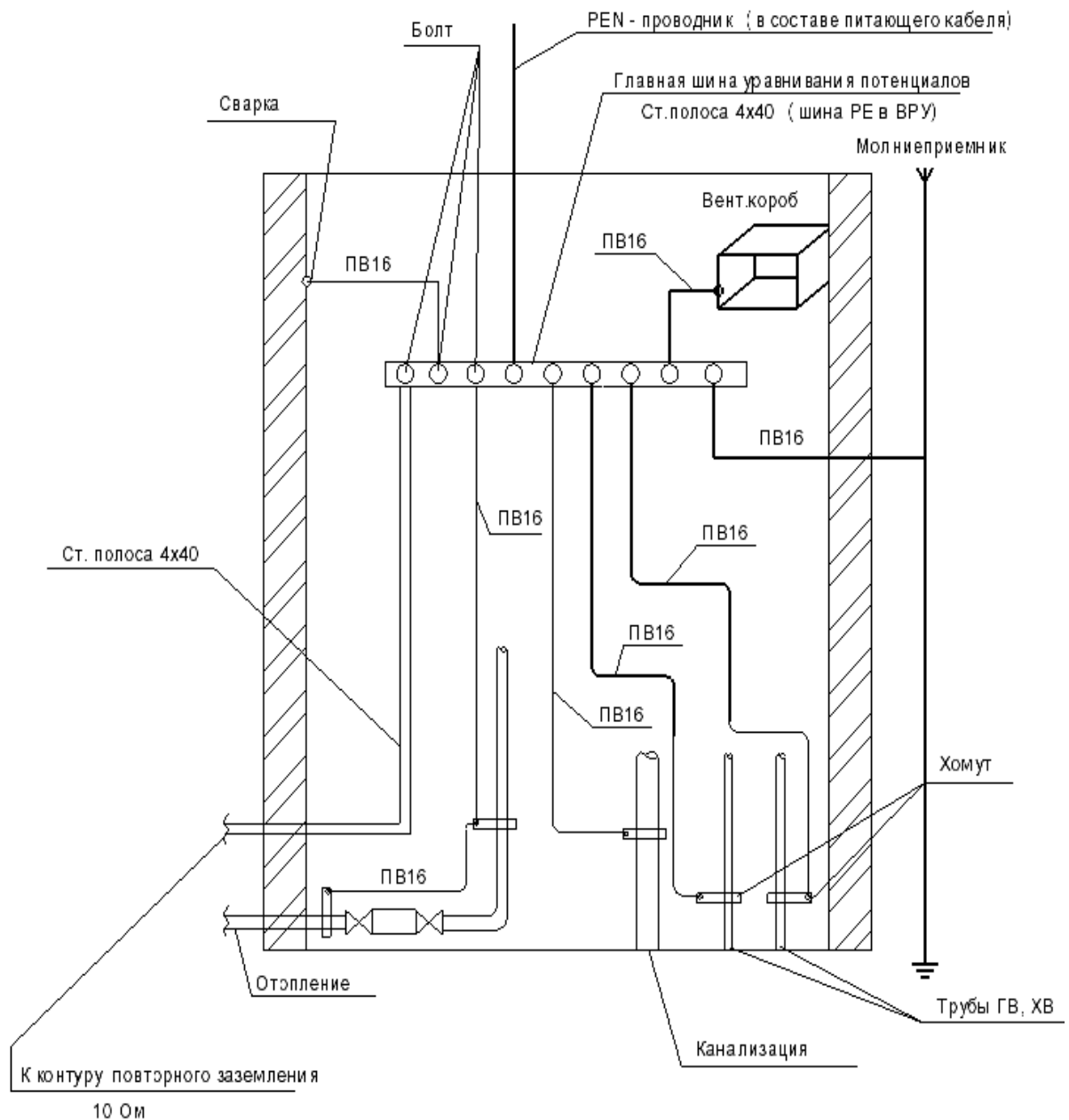


Рисунок 10- Схема уравнивания потенциалов

3.15 Определение сметной стоимости

Смета представляет собой комплекс расчетов для определения размеров затрат необходимых для осуществления строительства. На основании графических материалов проекта, спецификации и пояснительной записки к ним, в процессе проектирования составляют смету, на основании которой предварительно до начала монтажных работ определяется размер денежных средств необходимых для его осуществления. Смета является основным документом на весь период реконструкции, на основании которого осуществляется планирование капитальных вложений, расчет между подрядчиком и заказчиком за выполненные работы.

Любое строительство, как правило, подразумевает и производство электромонтажных работ. Одним из важных и довольно сложных этапов таких работ является составление сметы.

Смета на электромонтажные работы составляется на основе сметно-нормативной базы. Смета на электромонтажные работы рассчитывается с применением текущих цен и действующих коэффициентов на материалы и трудозатраты, которые используются при производстве электромонтажных работ и содержатся в соответствующих сборниках.

Смета на электромонтажные работы относится к локальным сметам (т.е. сметам на отдельные виды работ). Необходимо учитывать следующие параметры, по которым рассчитывается *смета на электромонтажные работы*:

- параметры здания;
- объемы работ;
- номенклатура оборудования и его количество;
- действующие сметные нормативы на все виды работ, на конструктивные элементы;
- цены на оборудование и инвентарь.

Грамотное, качественное, соответствующее всем нормативам составление сметы позволяет учесть все необходимые расходы и, одновременно, позволяет оптимизировать затраты на проведение электромонтажных работ.

Сметная документация состоит из пояснительной записки к смете, локальной сметы на монтаж электрооборудования, ведомости договорной цены.

Накладные расходы и плановые накопления устанавливаются централизованно. Накладные расходы составляют 95% от фонда оплаты труда, плановые накопления составляют 65% от фонда оплаты труда. Нормативы для расчета трудовых затрат показаны в таблице 20.

Таблица 20- Трудоемкости и машиноемкости электромонтажных работ

Наименование технологической операции	Ед. изм	Объ- ем работ	Обосно- вание (ГЭСН)	Нормы времени		Затраты труда	
				рабочих, чел.-час	работа машин маш.- час	рабочих чел.-час	работа машин, маш.-час
1	2	3	4	5	6	7	8
Кронштейны специальные	шт.	4	08-02-363-4	1,02	0,29	4,08	1,16
Установка светильников	шт.	4	08-03-593- 11	1,21	1,01	4,84	4,04
Установка выключателей	100 шт.	0,12	08-03-591-5	32,8	0,08	3,94	0,01
Прокладка проводов осветительных сетей	100 п.м.	1,02	08-02-403-2	20	3,45	20,4	3,52

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8
Установка щитка	шт.	1	08-02-370-1	1,08	0,26	1,08	0,26
Установка розеток	100 шт.	0,09	08-03-591-11	73,4	0,24	6,61	0,02
Затягивание проводов в плинтус	100 п.м.	0,24	08-02-422-2	26,2	0,03	6,29	0,01
Коробки ответвительные	100 шт.	0,06	08-02-420	23,4	10,9	1,4,8	0,65
			Всего			52,5	13,32

Общая сметная стоимость работ по локальной смете «Реконструкция систем силового электроснабжения», $C_{\text{общ}}$, определяется по формуле

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{стр}} + C_{\text{монт}} + C_{\text{пуск}} + C_{\text{мат}}, \quad (28)$$

где $C_{\text{стр}}$ – стоимость строительных работ (строительство стен, укладка лотков и т.д.). Принимаем $C_{\text{стр}} = 85697$ руб;

$C_{\text{монт}}$ – стоимость монтажных работ (основная заработная плата).

Принимаем к расчету 221558 руб;

$C_{\text{пуск}}$ – стоимость пусконаладочных работ. Принимаем к расчету 30000 руб;

$C_{\text{мат}}$ – стоимость материалов, необходимых для электромонтажа.

Средняя рыночная стоимость работ составляет 239520 руб.

$$C_{\text{общ}} = 85697 + 221558 + 30000 + 239520 = 576775 \text{ руб}$$

С учетом налога НДС – 20% общая сметная стоимость работ по локальной смете $C_{\text{общ}}$ НДС определяется по формуле

$$C_{\text{общ}} * \text{НДС} = C_{\text{общ}} * 1,2, \quad (29)$$

где НДС – налог на добавленную стоимость, %

$C_{\text{общ}}$ - общая сметная стоимость работ, руб.

$$C_{\text{общ}} = 576775 * 1,2 = 692130 \text{ руб}$$

Общие накладные расходы $C_{\text{накл}}$, руб, определяются по формуле (30)

$$C_{\text{накл}} = C_{\text{монт}} * K_{\text{накл}} \quad (30)$$

где $K_{\text{накл}}$ – процент накладных расходов. Принимаем 95% от основной заработной платы.

$$C_{\text{накл}} = 221558 * 0,95 = 210480 \text{ руб}$$

Сметная стоимость проекта «Электроснабжения объекта» представлена в таблице 21.

Таблица 21 - Сметная стоимость проекта

Наименование	Значение показателя	
	Абсолютное, руб.	Относительное, %
1	2	3
Общая сметная стоимость с НДС, руб.	692130	100
Сметная стоимость без НДС, руб.	576775	80

Продолжение работы 21

1	2	3
Общая заработная плата, руб.	221558	48
Общая стоимость материалов, руб.	239520	52
Общие накладные расходы, руб.	210480	46
Общая сметная стоимость с учетом накладных расходов, руб.	902610	30
Трудоемкость, чел.ч	276 чел/ч	

3.16 Выводы по разделу 3

По результатам расчетов можно сделать выводы о процентном соотношении отдельных составляющих. Наибольший удельный вес в затратах проекта занимают материалы - 52%.

Снижение сметной стоимости реконструкции систем электроснабжения может быть достигнуто за счет применения материалов и комплектующих изделий достаточно высокого качества, но имеющих меньшую стоимость по сравнению с теми материалами, которые применялись в данном проекте.

Заключение

Данная магистерская диссертация посвящена разработке системы электроснабжения малого предприятия «Памир», занимающегося металлообработкой.

Расчет электрических нагрузок предприятия показал следующие данные:

- суммарная активная нагрузка 32,97 кВт;
- суммарная реактивная нагрузка 22,02 квар;
- суммарная полная нагрузка 55,21 кВА;
- полный ток 66,7 А.

До реконструкции освещения полная потребляемая мощность составляла 8,74 кВА, суммарный ток 14,4 А. После реконструкции: полная потребляемая мощность составила 1,85 кВА, суммарный ток 4,86 А. Таким образом экономия электроэнергии на освещение в 4,7 раза, ток уменьшился в 3 раза.

Предварительно до расчета компенсирующего устройства был выбран трехфазный трансформатор типа ТМ–100/ 10/0,4 номинальной мощностью 100 кВА. Введение КУ позволило уменьшить полную мощность трансформатора до 39,49 кВА, что в свою очередь позволило применить трансформатор меньшей мощности – ТМ-63/10/0,4.

До реконструкции освещения полная потребляемая мощность составляла 8,74 кВА, суммарный ток 14,4 А. После реконструкции: полная потребляемая мощность составила 1,85 кВА, суммарный ток 4,86 А. Таким образом экономия электроэнергии на освещение в 4,7 раза, ток уменьшился в 3 раза. Выбрано следующее электротехническое оборудование: силовой автоматический выключатель АП50Б, автоматический воздушный выключатель ВА24-28-3-УХЛ3-380В-50А, ВА 47-100 ЗР 120А 10кА; вводная панель типа ВРУ8-3Н-308-31УХЛ3, $I_n=100$ А с одним автоматом серии ВА-47-100-3 на входе и десятью автоматами серии ВА-24-29-3 на линиях.

Список используемых источников

1. ГОСТ 32498-2013 Здания строения сооружения. Методы определения показателей энергетической энергоэффективности искусственного освещения [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108757> (дата обращения 10.03.2020)
2. Жуков В.В. Бизнес-планирование в электроэнергетике [Текст] : учебное пособие для вузов / В. В. Жуков. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - 566 с.
3. ГОСТ Р 54430-2011 Оборудование металлообрабатывающее и деревообрабатывающее. Показатели энергоэффективности. Номенклатура. Методы определения и нормирования значений [Электронный ресурс] / URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094159> (дата обращения 18.03.2020)
4. Номинальные годовые фонды работы рабочих и оборудования [Электронный ресурс] / Электронная библиотека технической литературы. URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/5k/148.htm> (дата обращения 18.03.2020)
5. Пискунов В.М. Общая энергетика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Пискунов ; Нац. минерально-сырьевой ун-т. - Санкт-Петербург, 2016. - 135 с.
6. Красник В.В. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств [Электронный ресурс] : произв.-практ. пособие / В. В. Красник. - Москва : ЭНАС, 2016. - 319 с.
7. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетике : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлениям "Электромеханика, электротехника и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / Г. Ф. Быстрицкий. - 4-е изд., стер. ; гриф УМО. - Москва : Кнорус, 2017. - 350 с.
8. Молодежь. Наука. Общество [Электронный ресурс] : Всерос. науч.-практ. междисциплинар. конференция : Тольятти, 5 дек. 2018 г. : сб.

студенческих работ / [отв. за вып. С. Х. Петерайтис]. - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 893 с.

9. Правила Устройства электроустановок. 7-е издание. [Электронный ресурс] / Электронный ресурс «PUE-7». URL: <http://pue7.ru/pue7/punkt.php?n=6.4.1&k=6.4.9> (дата обращения 18.03.2020)

10. Потери энергии в электрических сетях и установках [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. В. Маслакова [и др.]. - Липецк : Липец. гос. техн. ун-т : ЭБС АСВ, 2018. - 79 с.

11. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. - 2-е изд. - Москва : Инфра-Инженерия, 2018. - 148 с.

12. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии [Электронный ресурс] : руководство для практ. расчетов / Ю. С. Железко. - Москва : ЭНАС, 2016. - 456 с.

13. Холянов В.С. Основы электроэнергетики : учеб.-метод. комплекс / В. С. Холянов, О. М. Холянова. - Москва : Проспект, 2015. - 190, [3] с.

14. Вахнина В.В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

15. Расчет режимов распределительных электрических сетей [Электронный ресурс] : учеб. пособие для магистров / П. О. Гуков [и др.] ; Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I. - Воронеж : ВГАУ им. Петра I, 2017. - 105 с.

16. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем [Текст] : учебник для вузов / Н. И. Овчаренко. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - 475 с.

17. Библия электрика : ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. - 3-е изд. - Москва : [Эксмо], 2016. - 750, [1] с.

18. Соловьев А.Л. Релейная защита городских электрических сетей 6 и 10 кВ [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Л. Соловьев, М. А. Шабад; под ред. А. В. Беляева. - Санкт-Петербург : Политехника, 2016. - 175с.

19. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений" / Э. А. Киреева. - Гриф УМО. - Москва : КНОРУС, 2016. - 233с.

20. СТО 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. [Электронный ресурс]. Дата введения: 20.12.2007. <http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.30.010-2008.pdf> (дата обращения 08.04.2020)

21. Кандикова М.А. Особенности проведения сметных расчетов при проектировании систем электроснабжения: Международная научно-практическая конференция: Казань, 24 янв. 2020 г : сб. статей в 2 ч. Ч.2. – Уфа: Omega Science, 2020.- 279 с.

22. СТО 56947007- 29.240.10.248-2017 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС.) [Электронный ресурс]. Дата введения: 25.08.2017. http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/СТО_56947007-29.240.10.248-2017.pdf (дата обращения 08.04.2020)

23. Кандикова М.А. Энергосберегающие мероприятия машиностроительных предприятий: Международная научно-практическая конференция: Казань, 24 янв. 2020 г : сб. статей в 2 ч. Ч.2. – Уфа: Omega Science, 2020.- 279 с.

24. Балаков Ю.Н. Безопасность электрических сетей в вопросах и ответах [Текст] : практическое пособие. В 2 ч. Ч. 2. Техническое

обслуживание электрических сетей / Ю. Н. Балаков. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - 562 с.

25. Хорольский В.Я. Организация и управление деятельностью электросетевых предприятий : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, В. Г. Жданов. - Москва : Форум : [ИНФРА-М], 2016. - 142 с.

26. Экономика электроэнергетики : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Электротехника" / А. В. Пилюгин [и др.]. - 3-е изд., стер. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 358 с.

27. Neugebauer R, Drossel W. Resource and Energy Efficiency in Machining Using High-Performance and Hybrid Processes. 5th CIRP Conference on High Performance Cutting 2017. Procedia CIRP 1 (2017) 3 – 16

28. Bouzakis, K.-D., Denkena, B., Klocke, F., Sterzing, A., Tekkaya, A.E., Wertheim, R., Velocity Effects in Metal Forming and Machining Processes, Annals of CIRP Vol. 60/2, 2015, p. 627-650.

29. Reactive Power Compensation [Electronic resource] / informational portal «Power Needs Control». URL: <https://www.etigroup.eu/solution/reactive-power-compensation> (дата обращения 15.03.2020)

30. Power Factor Improvement [Electronic resource] / Books Principles of Power System. Chapter 6. URL: http://ocw.nthu.edu.tw/ocw/upload/124/news/5%85%85%E6%95%99%JNCT-tech_Power%20Factor%20Improvement..pdf (дата обращения 16.03.2020)

31. Power Factor – Inductive Load. Inductive loads and power factors for electrical three-phase motors [Electronic resource] / informational portal «The Engineering ToolBox». URL: https://www.engineeringtoolbox.com/kva-reactive-d_886.html (дата обращения 17.03.2020)

32. Van Bommel W. (2016) High-Pressure Mercury Lamp. In: Luo MR (eds) Encyclopedia of Color Science and Technology. Springer, New York, NY.