

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра по
направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профилю подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 641

Екатеринбург 2018

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

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

Исполнитель:
студент группы ЗЭС-404С

В.А. Фальтин

Руководитель:
ст. преподаватель кафедры ЭТ

Н.В. Шайхадарова

Нормоконтролер:
ст. преподаватель кафедры ЭТ

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 61 странице, содержит 1 рисунок, 10 таблиц, 31 источник литературы, а также 2 приложения на 12 страницах.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО, РЕМОНТНЫЙ ЦЕХ, СВАРОЧНЫЙ АППАРАТ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, РЕКОНСТРУКЦИЯ.

Фальтин В. А. Реконструкция системы электроснабжения цеха централизованного ремонта оборудования: выпускная квалификационная работа / В.А. Фальтин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 61 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Реконструкция системы электроснабжения цеха централизованного ремонта оборудования». В работе произведен сравнительный анализ оборудования цеха и предложена реконструкция системы электроснабжения за счет внедрения нового более современного оборудования.

2. Цель работы: выполнить разработку рациональной системы электроснабжения цеха централизованного ремонта оборудования.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы определены электрические нагрузки цеха, рассчитаны мощности трансформаторов подстанции, определены величины потерь электроэнергии.

4. Результаты данной разработки обеспечивают выход на новый уровень производства за счет увеличения мощности цеха.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ДАННЫЕ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА	7
1.1. Характеристика цеха.....	7
1.2. Сравнительный анализ оборудования	9
2 РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК	15
2.1 Выбор силовых трансформаторов.....	16
2.1.1. Виды силовых трансформаторов.....	16
2.1.2. Расчет и выбор силового трансформатора.....	17
2.2 Выбор и расчёт компенсирующего устройства.....	26
2.2.1 Виды и характеристики компенсирующих устройств.....	26
2.2.2. Расчёт и выбор компенсирующего устройства.....	26
2.3 Выбор аппаратов защиты и кабельных линий.....	28
2.3.1 Виды аппаратов защиты	28
2.3.2 Виды кабельных линий электроснабжения.....	29
2.3.3 Расчёт и выбор аппаратов защиты	30
2.4 Расчёт токов короткого замыкания	36
2.4.1 Общие сведения о выключателях нагрузки 10 кВ	36
2.4.2 Расчёт токов короткого замыкания.....	37
2.4.3 Выбор и проверка силовых выключателей	38
2.5 Расчет заземляющего устройства электроустановок.....	42
3. РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛУАВТОМАТА ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПДГ-251 УЗ.1	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Уральская горно-металлургическая компания – один из крупнейших производителей катодной меди, обеспечивающая около 38% российского производства. Медные катоды УГМК зарегистрированы на Лондонской бирже металлов под брендами UMMC и UMMC II.

Помимо медных катодов УГМК производит медную катанку, медные порошки и изделия из них, селен, теллур, медный купорос, серноокислый никель, серебро и золото в слитках, концентрат металлов платиновой группы. Отдельным направлением деятельности компании также является производство рафинированного цинка и цинк-алюминиевых сплавов.

В дивизион цветной металлургии Уральской горно-металлургической компании входят 7 предприятий, расположенных в Свердловской, Челябинской, Оренбургской областях, а также в Республике Северная Осетия – Алания.

Произведенный на горно-обогатительных комбинатах компании медный концентрат отправляется для дальнейшей переработки на медеплавильные заводы, где производят черновую медь: ООО «Медногорский медно-серный комбинат» (г. Медногорск, Оренбургская область), АО «Святогор» (г. Красноуральск, Свердловская область), ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» (СУМЗ), филиал «Производство полиметаллов» АО "Уралэлектромедь".

В данной работе я буду обосновывать необходимость реконструкции Цеха Централизованного Ремонта Оборудования (ЦЦРО) находящегося в филиале УГМК в городе Кировград Свердловской области.

Филиал «Производство полиметаллов» АО «Уралэлектромедь» черновую медь производит с мая 1914 года.

Филиал «производство полиметаллов» вошел в состав АО «Уралэлектромедь» в 2001 г. Сегодня филиал прочно интегрирован в технологическую цепочку УГМК и является уникальным производством по

переработке широкого спектра медьсодержащего сырья, как первичного – руда и концентраты, так и вторичного – лом и отходы меди (шлаки, шламы, кеки, пыли и др.). На производстве разработана уникальная технология, позволяющая перерабатывать сырье с содержанием меди от 3% и доводить его до 97,5% в черновой меди.

Основная продукция – черновая медь – отгружается на верхнепышминскую площадку для получения катодной меди. Полученные при производстве оксиды металлов вовлечены в технологические цепочки предприятий УГМК, где из них извлекают ценные компоненты. Технология дает возможность перерабатывать концентраты, лом и отходы, содержащие драгоценные металлы, с целью дальнейшего извлечения из них золота и серебра на верхнепышминской площадке [1].

Объектом исследования является цех централизованного ремонта оборудования.

Предметом исследования является электрооборудование цеха централизованного ремонта оборудования.

Цель работы: выполнить разработку рациональной системы электроснабжения цеха централизованного ремонта оборудования.

Задачи работы:

- определить электрические нагрузки цеха;
- рассчитать мощности трансформаторов подстанции;
- определить величину потерь электроэнергии;
- выбрать сечение шин, кабелей в соответствии мощности электрических нагрузок;
- рассчитать заземляющее устройство электроустановок.

1. ДАННЫЕ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА

1.1. Характеристика цеха

Одним из подразделений филиала "Производство полиметаллов" ОАО "Уралэлектромедь" является цех централизованного ремонта оборудования (далее ЦЦРО).

Основная задача данного цеха - выполнение комплекса работ по обеспечению безаварийной работы технологического оборудования, своевременного и качественного проведения всех видов ремонтов, соответствующих требованиям нормативной документации, условиям договоров и контрактов.

Организационная структура управления цеха централизованного ремонта оборудования:

1. Ремонтно-механическая мастерская занимается изготовлением нового и ремонтом старого оборудования в подразделениях филиала "Производство полиметаллов" ОАО "Уралэлектромедь" в том числе: изготовлением винтового шнека для УРФ металлургического цеха; ремонтом изношенных ковшей медеразливочного производства; изготовлением металлоконструкций для ремонта шахтных печей метцеха; изготовлением и ремонтом ковшей погрузчиков, кузовов автомобилей автотранспортного цеха.

2. Служба электромеханика производит работы по ремонту и техническому обслуживанию основного технологического и энергетического оборудования цеха.

3. Участок по ремонту оборудования производит капитальные и текущие ремонты основного технологического оборудования в основных и вспомогательных цехах (шахтные печи, конвертора, стержневые и шаровые мельницы, энергетического оборудования, ремонт трубопроводов и вентиляции).

4. Участок защитных покрытий занимается изготовлением: резино-технических изделий методом прессования; резиновых чуней; изделий из винипласта для работы в кислотной и щелочной средах; резино-технических изделий методом обкладки дублированной резины.

Кроме того, здесь производятся работы по покраске стеновых панелей из профилированного листа, антикоррозийная защита металлоконструкций и оборудования, гуммирование сдвоенного обратного клапана.

5. Участок по ремонту газоочистного оборудования производит капитальные и текущие ремонты пылеаппаратов, газоходов, ремонт приточных и вытяжных вентиляций, ремонт металлоконструкций, ленточного конвейера.

6. Ремонтно-строительный участок выполняет капитальные и текущие ремонты основного технологического оборудования (шахтные печи, конвертора), передаточных устройств (трубопроводы, газоходы), производственных зданий и сооружений, работы по мероприятиям экспертизы промышленной безопасности.

7. Механическом участке цеха осуществляется механическая обработка металлов методом холодного резания: листа, проката, поковок, металлоконструкций. Участок характеризуется большой номенклатурой изготавливаемых деталей при единичном производстве. Только при изготовлении нормализованных деталей, имеющих общее назначение и частую применимость в конструкциях различного оборудования (болты, гайки, шпильки, и т.д.), работа участка приближается к условиям мелкосерийного производства [28].

Цех централизованного ремонта не является самостоятельным субъектом хозяйствования, поэтому его план гораздо уже бизнес-плана работы филиала "Производство полиметаллов". До всех цехов нет необходимости доведения показателей по маркетингу, рекламе, реализации продукции, материально-техническому обеспечению, прибыли, финансам. Планы по этим направлениям составляются для предприятия в целом, а их выполнение контролируется соответствующими функциональными службами предприятия.

1.2. Сравнительный анализ оборудования

В этом разделе своей работы я хочу проанализировать характеристики нового и старого оборудования для того чтобы была видно, что старое оборудование устарело не только морально, но и технически. Также при планировании реконструкции цеха выходящего на новые уровни производства была видна необходимость увеличения мощности цеха за счёт внедрения нового более современного оборудования отвечающего всем требованиям нормативных документов для промышленности.

Проанализируем характеристики нескольких единиц оборудования.

1. Сварочный аппарат ТДМ-401.

Оборудование выпущено в 1980 году за это время пришли в негодность все его основные узлы и параметры его работы не соответствуют паспортным данным. Вследствие этого он подлежит постоянному ремонту. Трансформаторы сварочные типов ТДМ-401У2, предназначены для использования в качестве источника питания одного сварочного поста однофазным переменным током частотой 50 Гц при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов [12]. Данные по техническим характеристикам ТДМ-401 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики ТДМ-401

Наименование	Параметры
Номинальный ток, А при ПН=60%	400
Номинальная продолжительность нагрузки ПН, %	60
Пределы регулирования сварочного тока, А	
Диапазон малых токов	70-200
Диапазон больших токов	200-460
Напряжение холостого хода, В	64-78
Напряжение сети, В	380
Номинальная частота, Гц	50
Коэффициент полезного действия не менее, %	80
Мощность потребляемая при номинальной нагрузке, кВА не более	26,6
Номинальный потребляемый ток из сети, А	70
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	560x590x860
Масса, кг не более	

Оборудование для сравнения - выпрямитель сварочный ВДУ-506.

Выпрямитель сварочный типа ВДУ-506 УЗ предназначен для комплектации сварочных автоматов и полуавтоматов однопостовой механизированной сварки в среде углекислого газа и под флюсом, а также для сварки порошковой проволокой. Выпрямитель может быть использован для работы со сварочными роботами и манипуляторами, а также для ручной дуговой сварки штучными электродами [12]. Данные по техническим характеристикам сварочного выпрямителя ВДУ-506 приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-506

Номинальное напряжение питающей сети трехфазного переменного тока, В	220 или 380
Номинальная частота, Гц	50
Первичная мощность, кВА, не более	40
Первичный ток, А, не более:	
-при исполнении на 220, В	105
-при исполнении на 380, В	62
Номинальное рабочее напряжение, В:	
-для жестких внешних характеристик	50
-для падающих внешних характеристик	46
Пределы регулирования рабочего напряжения, В:	
-для жестких внешних характеристик	18-50
-для падающих внешних характеристик	22-46
Номинальный сварочный ток, А	500
Пределы регулирования сварочного тока, А:	
-для жестких внешних характеристик	60-500
-для падающих внешних характеристик	50-500
Продолжительность цикла сварки, мин	10
Отношение продолжительности включения нагрузки к продолжительности цикла сварки, (ПВ), %	60
Коэффициент полезного действия, %, не менее	80
Уровень звука на опорном радиусе 3 м, дБА, не более	85
Крутизна наклона жестких внешних характеристик, В/А, не более	85
Габариты (длина x ширина x высота), мм, не более	830x620x1080
Масса, кг, не более	300
Содержание драгоценных металлов, гр:	
-серебро	37,4
-золото	0,06338

Сравнивая технические характеристики этого оборудования мы видим, что сварочный выпрямитель ВДУ-506 выигрывает по характеристикам. Он мощнее, современнее и его технические характеристики в полной мере универсальны. Что отвечает требованиям реконструируемого цеха.

2. Сверлильный станок 2Н135.

Модель вертикально-сверлильного станка 2Н135, характеризующегося условным диаметром сверления 35 мм, была в свое время спроектирована и разработана специалистами Одесского конструкторского бюро. Выпуском станка 2Н135, которым оснащались преимущественно небольшие предприятия, занимался станкостроительный завод в Стерлитамаке.

Нередко в процессе эксплуатации у вертикально-сверлильных станков между подшипниками скольжения (бронзовые втулки) вертикального перемещения пиноли и самой пинолью попадает стружка, грязь и другие посторонние частицы, вследствие чего возникают задиры на подшипниках и пиноли, что, в свою очередь, затрудняет или делает невозможным подачу сверла к обрабатываемой детали.

Износ направляющих, шпинделя, а также регулирующего и блокирующего устройства агрегата, сбой параллельности салазок, перпендикулярности шпиндельного узла и укреплению движущейся аппаратуры.

Оборудование для сравнения - Станок радиально-сверлильный ГС-545.

Станок радиально сверлильный ГС545 предназначен для обработки отверстий в мелких и средних деталях и позволяет выполнять:

- сверление;
- рассверливание;
- зенкерование;
- зенкование;
- развертывание;
- нарезание резьб.

Конструкция станка обеспечивает широкие возможности и позволяет:

- поворачивать сверлильную головку и при необходимости рукав вокруг своих осей;
- вести обработку отверстий расположенных ниже уровня "пола"

Данные сравнения оборудования на примере радиально-сверлильного станка указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики станков

Технические характеристики	Наименование станка	
	2Н135	ГС545
Наибольший диаметр отверстия, мм	35	50
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы	-	M24
Вылет шпинделя, мм	750/30	1100/320
Расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	1120/700	1250/80 (80 ниже основания)
Ход шпинделя, мм	250	250
Суммарный угол поворота	-	360
Размеры рабочей поверхности плиты, мм	450x500	1250x760
Количество скоростей вращения	12	12
Мощность привода главного движения, кВт	4	3
Производительность устройства охлаждения, л/мин	22 л/мин	не менее 2,5 л/мин
Привод подъёма рукава по колонне	электромеханический	Механический
Габаритные размеры, мм	2535x825x1030	1800x925x2260
Масса станка, не более кг	1200	1380

3. Ручные рычажные ножницы для профильного материала Proma NPP-7 предназначены для резки листового металла, а также прутков, труб небольшого диаметра, квадратного профиля, уголков и Т-образного профиля. Такие ножницы применяются в ремонтных целях, на стройках или мелкосерийных производствах. Ножи из высококачественной стали обеспечивают эффективность реза. Рукоять оптимальной длины и передаточный механизм снижают усилие необходимое оператору для выполнения операции. Станок крепится к столу или верстаку болтами, что делает его устойчивым.

У этих станков множество преимуществ:

- режет листовую сталь до 10 мм толщиной;
- торсионная пружина для возврата рукояти в исходное положение;
- массивная конструкция не деформируется при больших усилиях;
- ножницы не требуют специального обслуживания;
- ножи меняются легко и быстро.

Но самый главный их недостаток - это эксплуатация, только ручное использование. Данные технических характеристик Proma NPP-7 приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики Proma NPP-7

Технические характеристики	Наименование станка
	Proma NPP-7
Максимальная толщина листового металла, мм	10
Максимальный размер квадрата, мм	20
Максимальное сечение полосы, мм	90x14
Максимальное сечение прутка, мм	22
Максимальный размер уголка, мм	60x7
Вес, кг	111

Оборудование для сравнения - ножницы кривошипные модели АКНА-3225, предназначенные для прямолинейного раскроя листового материала. Возможна резка неметаллических листовых материалов, исключаящих быстрое затупление режущих кромок ножей и растрескивание вырезаемой заготовки [12].

Ножницы могут быть использованы в заготовительных цехах машиностроительных предприятий, использующих листовые заготовки. Ножницы аттестованы по первой категории качества.

Данные технических характеристик кривошипных ножниц модели АКНА-3225 указаны в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики кривошипных ножниц модели АКНА-3225

Технические характеристики	Наименование станка
	Ножницы кривошипные модели АКНА-3225
Размеры разрезаемого металла с временным сопротивлением 500 МПа, мм: - наибольшая толщина / наименьшая толщина / наибольшая ширина	32/6/3150
Наибольшая длина отрезаемой полосы при работе с задним упором, мм	1000
Частота ходов ножа, мин ⁻¹ , не менее	3,5
Наибольшее усилие реза, кН, не менее	2251
Грузоподъемность рольганга, кг, не более	6000
Суммарная мощность всех электродвигателей, кВт	53
Габаритный размеры, мм	10800x5185x2950
Масса, кг	35725

2. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Самым важным этапом реконструкции системы электроснабжения цеха является расчёт максимальных нагрузок, а не простое сложение всех номинальных мощностей электроприёмников этого цеха.

Расчётная максимальная мощность, которая потребляется оборудованием цеха, всегда меньше суммы номинальных мощностей этого оборудования. Это можно объяснить не полной загрузкой оборудования, неравномерностью работы по времени, обеспечением условий труда обслуживающего персонала.

От того, как правильно оценим ожидаемые электрические нагрузки будет зависеть степень капиталовложений при организации электроснабжения. Увеличение этих расчётов приведёт к большим затратам на строительство, перерасходу материала, необоснованному увеличению питающих мощностей.

Специальное уменьшение нагрузок или расчёт электроснабжения без учёта перспективы роста производства может привести к дополнительным потерям мощности, к повышенной загруженности оборудования или к повторной реконструкции всей системы электроснабжения цеха.

Для определения расчетных максимальных нагрузок используется метод упорядоченных диаграмм [21].

Метод применяется только когда известны все номинальные данные всех единиц оборудования с учётом их расположения на территории цеха.

Порядок расчёта:

1. Перевод однофазных нагрузок к условным трёхфазным нагрузкам.
2. Перевод трёхфазного повторно-кратковременного режима к длительному.
3. Распределение нагрузок по распределительным устройствам.
4. Определение силовых показателей сборки каждой группы электроприёмников.

5. Определение активной, реактивной и полной мощности группы электроприёмников.
6. Определение коэффициента использования, мощности и тангенса φ для каждой группы электроприёмников.
7. Определение эффективного количества электроприёмников и коэффициента максимума для каждой группы электроприёмников.
8. Определение средней и максимальной загрузки за смену.
9. Расчёт и выбор компенсирующего устройства.
10. Расчёт и выбор силового трансформатора.

Таким образом весь метод расчёта упорядоченных диаграмм сводится к тому чтобы выбрать силовой трансформатор по расчётной мощности всего электрооборудования цеха.

2.1 Выбор силовых трансформаторов

2.1.1 Виды силовых трансформаторов

Рассмотрим несколько видов трансформаторов и их общие характеристики [29].

1. Трансформаторы распределительные трёхфазные масляные типа ТМ:

- диапазон мощности 25-2500 кВА;
- регулирование напряжение ПБВ со стороны ВН - $\pm 2 \times 2,5\%$;
- климатическое исполнение У1, У3, УХЛ1.

Трансформаторы силовые, трёхфазные, двухобмоточные с расширителем с естественным охлаждением масла. Маслорасширитель установленный на крышке бака имеет вентиляционное отверстие, соединённое через воздухоосушитель. Давление масла в трансформаторе остаётся постоянным и не зависит от температуры.

2. Трансформаторы распределительные трёхфазные масляные типа ТМГ:

- диапазон мощности 25-2500 кВА;
- регулирование напряжение ПБВ со стороны ВН - $\pm 2 \times 2,5\%$;
- климатическое исполнение У1, У3, УХЛ1.

Трансформаторы силовые, трёхфазные, двухобмоточные с расширителем с естественным охлаждением масла. Трансформаторы этого типа выполнены в герметичном исполнении с полным заполнением маслом под вакуум. Температурные изменения объёма масла компенсируются изменением объёма гофрированных стенок за счёт пластичной их деформации. Преимуществом герметичных трансформаторов является то, что масло не имеет непосредственного контакта с атмосферой, исключая попадание влаги из окружающей среды.

3. Трансформаторы распределительные трёхфазные масляные типа ТМЗ:

- регулирование напряжение ПБВ со стороны ВН - $\pm 2 \times 2,5\%$;
- климатическое исполнение У1, У3, УХЛ1.

Трансформаторы силовые трёхфазные, двухобмоточные, масляные герметичные с защитой азотной подушкой.

2.1.2 Расчёт и выбор силового трансформатора

Размеры цеха А x В x Н = 92 x 35 x 12м.

Вспомогательные помещения двухэтажные высотой 9м.

Резервные электроприёмники в расчёте электрических нагрузок учитываться не будут. Полный перечень электрооборудования цеха приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Перечень электрооборудования цеха централизованного ремонта оборудования

№ на плане	Наименование оборудования	Мощность Р _{эп} , кВт	Примечание
1	Пресс горизонтальный насадочный модель 3938	21,1	-
2	Станок профилегибочный	7	-
3	Ножницы кривошипные модели Н-3121	7	-
4	Сварочный пост ВКСМ-1000	76	75%
5	Комбинированные пресс-ножницы НВ5222 (ИБ-5222)	2,2	-
25	Ножницы кривошипные модели АКНА-3225	53,09	-
6	Компрессор ГСВ-0,6/12	2,2	-
30	Трубогиб ИВ-3430	1	-
31	Станок радиально-сверлильный ГС-545	4,3	-
10	Выпрямитель сварочный ВС-600с	47	75%
11	Выпрямитель сварочный ВДУ-506	40	70%
12,13	Полуавтомат дуговой сварки ПДГ-351	17	70%
14	Установка микроплазменной резки МПУ-2	20	-
15	Аппарат воздушно-плазменной резки "Мультиплаз 15000"	15	-
16	Компрессор АВАС В4900/100 СТ4 11бар	3	-
7	Станок вертикально-сверлильный 2С132	4,5	-
38,42	Машина листогибочная 3-х валковая ЛВ16-2000	28	-
39	Выпрямитель сварочный ВДМ-1202	58,9	70%
8	Кран мостовой 20/5т	61,5	40%
32	Кран-балка 3,2т	9,2	40%
33	Кран-балка 5т	12,7	40%
40	Пресс-ножницы Н-478	22	-
26	Освещение РММ	10	-
21	Сверлилка	3	-
17	ЩО-3	10	-
18	РП - электромастерская	11,2	-
19	Шкаф для сушки электродов	9,9	-
20	ЩО-электромастерская	10	-
9	Вентиляция В1	22	-
27	ЩО-кладовая РММ	1	-
28	Вентиляция	4,5	-
29	Вальцы ИБ 2424	96	-
22	Наждачный станок	5	-
34	ЩО-3 КСУ	16	-
35	Пила маятниковая (ПМ-400)	2,2	-
36	Вентиляция В3	8,85	-
37	Трубогиб ИВ-3430	11	-
23	Тельфер 1т.	5,5	25%
24	Вентиляция В2 (склад)	1	-
41	Освещение УОМ	12	-

Расположение основного оборудования показано на плане, представленном в приложении А.

Перевод трёхфазного повторно-кратковременного режима к длительному режиму.

Нагрузки трёхфазного повторно-кратковременного режима переводятся к длительному режиму по следующим формулам. Для сварочных трансформаторов:

$$P_H = S_{II} * \cos \varphi \sqrt{ПВ}, \quad (1)$$

где ПВ – продолжительность включения, отн. ед.;

S_{II} - паспортная мощность, кВА.

Для всех остальных нагрузок:

$$P_H = P_{II} \sqrt{ПВ}, \quad (2)$$

где P_{II} - паспортная мощность.

Для нагрузок №4 - Сварочный пост ВКСМ-1000 76кВА, ПВ=75%

$$P_H = S_{II} * \cos \varphi \sqrt{ПВ} = 76 * 0,35 * \sqrt{0,7} = 22,25 \text{ кВт}. \quad (3)$$

На этом примере проводятся все аналогичные расчёты.

Определение силового показателя сборки

Определяем показатель силовой сборки в группе РП - электромастерская так как это потребитель самого низкого уровня. Далее определяем для РП1, РП3, РП4 [29].

Далее определяется m — показатель силовой сборки в группе.

$$m = \frac{P_{H.нб}}{P_{H.нм}}, \quad (4)$$

где $P_{H.нб}$, $P_{H.нм}$ – номинальные приведенные к длительному режиму активные мощности электроприемников наибольшего и наименьшего в группе, кВт.

Для РП - электромастерская соответственно:

$$m = \frac{P_{H.нб}}{P_{H.нм}} = \frac{10}{1} = 10 > 3. \quad (5)$$

Для РП1 соответственно:

$$m = \frac{P_{H.нб}}{P_{H.нм}} = \frac{38,9}{2,2} = 17,7 > 3. \quad (6)$$

Для РП2 соответственно:

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{24,5}{3} = 8,2 > 3. \quad (7)$$

Для РП3 соответственно:

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{96}{10} = 9,6 > 3. \quad (8)$$

Для РП4 соответственно:

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{11}{2,2} = 5,45 > 3. \quad (9)$$

Для РУ-ЦЦРО

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} = \frac{56}{12} = 4,66 > 3. \quad (10)$$

Определяем активную, реактивную и полную мощности для каждой группы ЭП [25].

Находим для группы РП- электромастерская по формулам

Определяются по формулам:

$$P_{см} = K_{и} P_{н\sum}, \quad (11)$$

где $P_{см}$ - активная мощность электроприёмника за смену, кВт;

$K_{и}$ - коэффициент использования;

$P_{н\sum}$ - сумма номинальных мощностей группы электроприёмников, кВт.

$$Q_{см} = P_{см} \tan \varphi, \quad (12)$$

где $Q_{см}$ - реактивная мощность электроприёмника за смену, кВт;

$\tan \varphi$ - угол потерь электроприёмника.

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}, \quad (13)$$

где $S_{см}$ - полная мощность электроприёмника за смену, кВА.

Наждачный станок:

$$P_{см} = K_{и} P_{н\sum} = 0,6 * 7 = 4,2 \text{ кВт}; \quad (14)$$

$$Q_{см} = P_{см} \tan \varphi = 4,2 * 0,75 = 3,15 \text{ квар}; \quad (15)$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2} = \sqrt{4,2^2 + 3,15^2} = 5,25 \text{ кВА}. \quad (16)$$

Остальные расчёты производятся аналогичным способом.

Определяются коэффициенты использования, мощности, $\tan \varphi$ для каждой группы ЭП [29].

Для РП-электромастерская определяем по формулам:

$$K_{и.ср} = \frac{P_{см.Σ}}{P_{н.Σ}}, \quad (17)$$

где $K_{и.ср}$ - средний коэффициент использования для группы электроприёмников;

$P_{см.Σ}$ - сумма активных мощностей группы электроприёмников за смену, кВт;

$P_{н.Σ}$ - сумма активных номинальных мощностей приёмников, кВт.

$$\cos \varphi = \frac{P_{см.Σ}}{S_{см.Σ}}, \quad (18)$$

где $\cos \varphi$ - коэффициент мощности;

$S_{см.Σ}$ - сумма полных мощностей группы электроприёмников за смену, кВА.

$$\tan \varphi = \frac{Q_{см.Σ}}{P_{см.Σ}}, \quad (19)$$

где $\tan \varphi$ - угол потерь.

$Q_{см.Σ}$ - сумма реактивных мощностей группы электроприёмников за смену, кВт.

Для РП- электромастерская:

$$K_{и.ср} = \frac{P_{см.Σ}}{P_{н.Σ}} = \frac{13,07}{24,5} = 0,53; \quad (20)$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{см.Σ}}{S_{см.Σ}} = \frac{13,07}{15,39} = 0,85; \quad (21)$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_{см.Σ}}{P_{см.Σ}} = \frac{7,18}{13,07} = 0,55. \quad (23)$$

Вычисляем эффективное количество электроприемников [29].

Для РП1:

$$n_{э} = F(n, m, K_{и.ср}, P_{н}) = (9; 18; 0,25; переменная) = 7; \quad (23)$$

$$n_{э} = \frac{2 \sum_1^n P_{н}}{P_{н.нб}} = \frac{2 \cdot 127,15}{38,9} = 6,5 \sim 7. \quad (24)$$

Для РП2:

$$n_{э} = F(n, m, K_{и.ср}, P_{н}) = (10; 8; 0,36; переменная) = 10; \quad (25)$$

$$n_{э} = \frac{2 \sum_1^n P_{н}}{P_{н.нб}} = \frac{2 \cdot 126,37}{24,5} = 10,3 \sim 10. \quad (26)$$

Для РП-электромастерская:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (5; 10; 0,53; \text{переменная}) = 5; \quad (27)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} = \frac{2 \cdot 24,5}{10} = 4,9 \sim 5 \quad (28)$$

Для РПЗ:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (5; 10; 0,26; \text{переменная}) = 2; \quad (29)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} = \frac{2 \cdot 182,1}{96} = 1,89 \sim 2. \quad (30)$$

Для РП4:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (8; 5; 0,37; \text{переменная}) = 8; \quad (31)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} = \frac{2 \cdot 67,2}{16} = 8,4 \sim 8. \quad (32)$$

Для РУ-ЦЦРО:

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}) = (5; 5; 0,26; \text{переменная}) = 8; \quad (33)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} = \frac{2 \cdot 107,4}{56} = 3,83 \sim 4. \quad (34)$$

Определяем коэффициенты максимума для каждой группы ЭП

$$\text{Определяется } K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) \quad (35)$$

Для РП1:

$$K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,25; 7) = 1,95; \quad (36)$$

Для РП2:

$$K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,36; 10) = 1,5; \quad (37)$$

Для РП- электромастерская:

$$K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,53; 5) = 1,52; \quad (38)$$

Для РПЗ:

$$K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,26; 2) = 2,8; \quad (39)$$

Для РП4:

$$K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,37; 8) = 1,6; \quad (40)$$

Для РУ-ЦЦРО:

$$K_{\text{м}} = (K_{\text{и.ср}}, n_{\text{э}}) = (0,26; 4) = 2,39. \quad (41)$$

В соответствии с практикой проектирования принимается $K'_m = 1,1$ при $n_{\text{э}} \leq 10$; $K'_m = 1$ при $n_{\text{э}} > 10$.

То есть для всех потребителей принимаем $K'_m = 1,1$ так как $n_{\text{э}} \leq 10$.

Определяем максимальные мощности для каждой группы приёмников:

$$P_M = K_M P_{CM} \quad (42)$$

$$Q_M = K'_M Q_{CM} \quad (43)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (44)$$

где P_M - активная максимальная мощность группы электроприёмников, кВт.

Q_M - реактивная максимальная мощность группы электроприёмников, кВар.

S_M - полная максимальная мощность группы электроприёмников, кВА.

Для каждой группы электроприёмников применяем свой коэффициент максимума:

Для РП1:

$$P_M = K_M P_{CM} = 2,21 * 27,92 = 92,94 \text{ кВт}; \quad (45)$$

$$Q_M = K'_M Q_{CM} = 1,1 * 70,23 = 77,25 \text{ кВар}; \quad (46)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{92,94^2 + 77,25^2} = 120,86 \text{ кВА}. \quad (47)$$

Остальные расчёты производятся аналогичным способом.

Определение токов для каждой группы электроприёмников.

$$I_M = \frac{S_M}{U_{л}\sqrt{3}}, \quad (48)$$

где I_M - максимальный ток группы электроприёмников, А;

S_M - полная максимальная мощность группы электроприёмников, кВА;

$U_{л}$ - линейное напряжение сети, кВ.

Для РП1:

$$I_{M(РП1)} = \frac{S_{M(РП1)}}{U_{л}\sqrt{3}} = \frac{75,77}{0,38\sqrt{3}} = 115,12 \text{ А}. \quad (49)$$

Остальные расчёты производятся аналогичным способом [25].

Определение сменной нагрузки всего цеха.

Определяем полную среднюю нагрузку за смену на ШНН:

$$P_{\text{см(НН)}} = P_{\text{см(РП1)}} + P_{\text{см(РП2)}} + P_{\text{см(РП3)}} + P_{\text{см(РП4)}} + P_{\text{см(РП-ЦЦРО)}} = 31,6 + 45,36 + 47,9 + 24,95 + 27,77 = 177,14 \text{ кВт}; \quad (50)$$

$$Q_{\text{см(НН)}} = Q_{\text{см(РП1)}} + Q_{\text{см(РП2)}} + Q_{\text{см(РП3)}} + Q_{\text{см(РП4)}} + Q_{\text{см(РП-ЦЦРО)}} = 41,15 + 45,24 + 42,64 + 18,62 + 30,39 = 176,23 \text{ квар}; \quad (51)$$

$$S_{\text{см(НН)}} = S_{\text{см(РП1)}} + S_{\text{см(РП2)}} + S_{\text{см(РП3)}} + S_{\text{см(РП4)}} + S_{\text{см(РП-ЦЦРО)}} = 53,08 + 68,4 + 65,36 + 31,3 + 43,44 = 261,57 \text{ кВА}. \quad (52)$$

Определение максимальной нагрузки за смену.

Аналогично рассчитываем максимальные нагрузки на ШНН.

Определение косинуса и тангенса.

Определим значения $\cos \varphi$; $\tan \varphi$ для всего цеха по формулам:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{М(НН)}}}{S_{\text{М(НН)}}}; \quad (53)$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_{\text{М(НН)}}}{P_{\text{М(НН)}}}, \quad (54)$$

где $P_{\text{М(НН)}}$ - максимальная активная мощность всего цеха за смену, кВт;

$Q_{\text{М(НН)}}$ - максимальная реактивная мощность всего цеха за смену, квар;

$S_{\text{М(НН)}}$ - максимальная полная мощность всего цеха за смену, кВА.

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{М(НН)}}}{S_{\text{М(НН)}}} = \frac{370,57}{421,56} = 0,88; \quad (55)$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_{\text{М(НН)}}}{P_{\text{М(НН)}}} = \frac{193,85}{370,57} = 0,52. \quad (56)$$

Определение максимального тока за смену.

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{М(НН)}}}{U_{\text{л}} \sqrt{3}} = \frac{421,56}{0,38 \sqrt{3}} = 640,5 \text{ А}, \quad (57)$$

где $S_{\text{М(НН)}}$ - максимальная полная мощность цеха за смену, кВА.

Определение потерь в трансформаторе [29].

Определяются потери в трансформаторе:

$$\Delta P_{\text{T}} = 0,02 S_{\text{М(НН)}} = 0,02 * 421,56 = 8,43 \text{ кВт}; \quad (58)$$

$$\Delta Q_{\text{T}} = 0,1 S_{\text{М(НН)}} = 0,1 * 421,46 = 42,15 \text{ квар}; \quad (59)$$

$$\Delta S_{\text{T}} = \sqrt{\Delta P_{\text{T}}^2 + \Delta Q_{\text{T}}^2} = \sqrt{8,43^2 + 42,15^2} = 43 \text{ кВА}. \quad (60)$$

Определение максимальных значений мощности с учётом потерь.

Определяются значения $P_{м(ВН)}, Q_{м(ВН)}, S_{м(ВН)}$ с учётом потерь по формулам:

$$P_{м(ВН)} = P_{м(НН)} + \Delta P_T = 370,57 + 8,43 = 379 \text{ кВт}; \quad (61)$$

$$Q_{м(ВН)} = Q_{м(НН)} + \Delta Q_T = 193,85 + 42,15 = 236,01 \text{ вар}; \quad (62)$$

$$S_{м(ВН)} = S_{м(НН)} + \Delta S_T = 421,56 + 43 = 464,55 \text{ кВА}. \quad (63)$$

Определяется расчётная мощность трансформатора с учётом потерь, но без компенсации реактивной мощности:

$$S_T \geq S_P = 0,7 S_{м(ВН)} = 0,7 * 464,55 = 325,2 \text{ кВА}; \quad (64)$$

$$K_3 = \frac{S_{НН}}{S_T} = \frac{421,46}{2 * 400} = 0,53. \quad (65)$$

После проведённых мною расчётов и анализа нагрузок цеха была выбрана цеховая КТП 2x400-10/0,4 с двумя трансформаторами ТМ 400-10/0,4; $K_3 = 0,53$.

Сводная ведомость нагрузок цеха приведена в приложении Б.

Комплектные трансформаторные подстанции предназначены для приёма электрической энергии переменного тока и преобразования её в электроэнергию другого уровня напряжения для электроснабжения потребителей.

Трансформаторные подстанции классифицируются на повышающие и понижающие. Повышающие трансформаторные подстанции (сооружаемые обычно при электростанциях) преобразовывают напряжение, вырабатываемое генераторами, в более высокое напряжение (одного или нескольких значений), необходимое для передачи электроэнергии по линиям электропередачи (ЛЭП). Понижающие трансформаторные подстанции преобразуют первичное напряжение электрической сети в более низкое вторичное.

Трансформаторы масляные ТМ и ТМГ с естественным воздушным охлаждением предназначены для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения в трехфазных сетях энергосистем и других системах электропотребления.

2.2 Выбор и расчёт компенсирующего устройства

2.2.1 Виды и характеристики компенсирующих устройств

Так как оборудование выбранное для цеха имеет не только активную составляющую нагрузки, но и реактивную стоит рассчитать компенсирующее устройство. Которое позволит компенсировать реактивную энергию, что в свою очередь может повлиять на выбор силовых трансформаторов, то есть уменьшить их номинальную мощность до более низкого предела и тем самым удешевить стоимость реконструкции цеха.

Конденсаторные установки - электроустановка, предназначенная для компенсации реактивной мощности.

Шунтирующий реактор (ШР) - это статическое электромагнитное устройство, обладающее большой индуктивностью и очень малым активным сопротивлением.

Синхронные компенсаторы (СК) - представляет собой синхронный двигатель облегчённой конструкции, работает на холостом ходу [26].

2.2.2 Расчёт и выбор компенсирующего устройства.

Исходные данные для расчёта:

$$P_{M(НН)} = 370,57 \text{ кВт};$$

$$Q_{M(НН)} = 193,85 \text{ кВАр};$$

$$S_{M(НН)} = 421,56 \text{ кВА};$$

$$\cos \varphi = 0,88;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,52.$$

Определение расчётного компенсирующего устройства по формуле:

$$Q_{\text{к.р.}} = \alpha P_M (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_{\text{к}}), \quad (66)$$

где $Q_{\text{к.р.}}$ - расчётная мощность компенсирующего устройства, кВАр.

α - коэффициент учитывающий повышение $\cos \varphi$ естественным способом, принимается $\alpha = 0,9$;

$tg \varphi$ и $tg \varphi_k$ - коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации.

Компенсиацию реактивной мощности производят до получения $\cos \varphi_k = 0,92 - 0,95$.

Задавшись значением $\cos \varphi_k = 0,95$ определяют $tg \varphi_k = 0,325$.

Определим расчётную мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{к.р.} = \alpha P_M (tg \alpha + tg \varphi_k) = 0,9 * 350,57(0,52 - 0,325) = 61,52 \text{кВар.} \quad (67)$$

Зная $Q_{к.р.}$ и напряжение, выбираем стандартную компенсирующую установку близкую по мощности.

Выбираем УК2-0,38-50 ступенчатое ручное регулирование - 1 ступень 50кВар.

После выбора компенсирующего устройства определяется фактическое значение $\cos \varphi_\phi$, но для этого сначала находят $tg \varphi_\phi$ по формуле:

$$tg \varphi_\phi = tg \varphi - \frac{Q_{к.ст.}}{\alpha P_M}, \quad (68)$$

где $Q_{к.ст.}$ - стандартное значение мощности выбранного компенсирующего устройства, кВар.

$$tg \varphi_\phi = tg \varphi - \frac{Q_{к.ст.}}{\alpha P_M} = 0,52 - \frac{50}{0,9 * 350,57} = 0,36. \quad (69)$$

Получаем $tg \varphi_\phi = 0,36$ по нему определяем $\cos \varphi_\phi$:

$$\cos \varphi_\phi = \cos(\arctg \varphi_\phi) = 0,94. \quad (70)$$

Полученные данные занесём в таблицу 7.

Таблица 7 - Сводная ведомость нагрузок

Параметр	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_M , кВт	Q_M , квар	S_M , кВА
Всего на НН без КУ	0,88	0,52	350,57	193,85	421,56
КУ				50x2	
Всего на НН с КУ	0,94	0,36	350,57	93,85	421,56
Потери			8,43	42,16	43
Всего ВН с КУ			379	136,01	464,56

Расчет потерь с учетом компенсирующего устройства.

$$\Delta P_T = 0,02 S_{M(НН)} = 0,02 * 421,56 = 8,43 \text{ кВт}; \quad (71)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 S_{M(НН)} = 0,1 * 421,56 = 42,16 \text{ кВар}; \quad (72)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{8,43^2 + 42,16^2} = 43 \text{ кВА}. \quad (73)$$

Находим общую нагрузку с учётом компенсирующего устройства и потерь:

$$P_{M(ВН)} = P_{M(НН)} + \Delta P_T = 350,57 + 8,43 = 379 \text{ кВт}; \quad (74)$$

$$Q_{M(ВН)} = Q_{M(НН)} + \Delta Q_T = 93,85 + 42,16 = 136,01 \text{ кВар}; \quad (75)$$

$$S_{M(ВН)} = S_{M(НН)} + \Delta S_T = 421,56 + 43 = 464,56 \text{ кВА}. \quad (76)$$

Определяется расчётная мощность трансформатора с учётом потерь и компенсации реактивной мощности:

$$S_T \geq S_P = 0,7 S_{M(ВН)} = 0,7 * 464,56 = 325,2 \text{ кВА}; \quad (77)$$

$$K_3 = \frac{S_{НН}}{S_T} = \frac{421,56}{2 * 400} = 0,53. \quad (78)$$

В результате проведенных расчётов получили, что при установке компенсирующего устройства $\cos \varphi_\phi$ электроустановки подняли до 0,94 скомпенсировав тем самым реактивную энергию в размере 50 кВар. Рассчитали и выбрали силовой трансформатор ТМ 400-10/0,4 с коэффициентом загрузки 0,53 и компенсирующее устройство УК2-0,38-50 ступенчатое ручное регулирование - 1 ступень 50кВар [29].

2.3 Выбор аппаратов защиты и кабельных линий

2.3.1 Виды аппаратов защиты

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для защиты электрооборудования от перегрузок и коротких замыканий, а также для не слишком частых коммутаций электрических цепей. Автоматы обладают большой универсальностью, т.к. в зависимости от исполнения могут выполнять функции рубильников, выключателей, тепловых реле, реле максимального тока

и минимального напряжения. Конструкции автоматов различны, но в каждом из них имеются общие узлы: контакторная система, дугогасительные камеры, механизм привода, механизм свободного расцепления и элементы защиты – расцепители.

В автоматы встраивают различные расцепители:

- тепловые – для защиты от перегрузок;
- электромагнитные – для защиты от токов короткого замыкания;
- комбинированные – для защиты электрооборудования как от перегрузок, так и токов короткого замыкания [10].

2.3.2 Виды кабельных линий электроснабжения

Кабельная линия - линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей, выполненная каким-либо способом прокладки. Наибольшее применение кабельные линии нашли при передаче и распределении электроэнергии на промышленных предприятиях и в городах (системы внутреннего электроснабжения) при передаче ЭЭ через большие водные пространства и т. п. Достоинства и преимущества кабельных линии по сравнению с воздушными: неподверженность атмосферным воздействиям, скрытность трассы и недоступность для посторонних лиц, меньшая повреждаемость, компактность линии и возможность широкого развития электроснабжения потребителей городских и промышленных районов.

В зданиях, по стенам и перекрытиям большие потоки кабелей укладывают в металлические лотки и короба. Одиночные кабели могут прокладываться открыто по стенам и перекрытиям или скрыто: в трубах, в пустотелых плитах и других строительных частях зданий [22].

2.3.3 Расчёт и выбор аппаратов защиты

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

Токи (в амперах) в линии определяются по формуле:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{н.т}}, \quad (79)$$

где S_T – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$U_{н.т}$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ. Принимается $U_{н.т} = 0,4$ кВ.

$$I_{РУ} = \frac{S_{м.ру}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.ру}}, \quad (80)$$

где $S_{м.ру}$ — максимальная расчетная мощность РУ (или ШМА), кВ·А;

$U_{н.ру}$ — номинальное напряжение РУ, кВ.

Принимается $U_{н.ру} = 0,38$ кВ.

Вычисляем линию переменного тока:

$$I_D = \frac{P_D}{\sqrt{3} \cdot U_{н.д} \cdot \eta_d \cdot \cos \varphi_d}, \quad (81)$$

где P_D — мощность ЭД переменного тока, кВт;

$U_{н.д}$ — номинальное напряжение ЭД, кВ;

η_d — КПД ЭД, отн. ед.

Если ЭД повторно-кратковременного режима, то:

$$P_D = P_{д.п.} \sqrt{ПВ}; \quad (82)$$

$$I_{св} = \frac{S_{св} \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} \cdot V_H}, \quad (83)$$

где $S_{св}$ — полная мощность сварочного 3-фазного трансформатора, кВ·А;

ПВ — продолжительность включения, отн. ед.

В сетях напряжения менее 1 кВ в качестве аппаратов защиты могут применяться автоматические выключатели (автоматы), предохранители и тепловые реле [25].

Автоматы выбираются согласно условиям.

Для линии без ЭД:

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.}; I_{н.р.} \geq I_{д.л.} \quad (84)$$

Для линии с одним ЭД:

$$U_{н.а.} \geq U_c; I_{н.р.} \geq 1,1I_m. \quad (85)$$

Для групповой линии с несколькими ЭД:

$$I_{н.р.} \geq 1,25I_{д.л.}, \quad (86)$$

где $I_{н.а.}$ — номинальный ток автомата, А;

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

$I_{д.л.}$ — длительный ток в линии, А;

I_m — максимальный ток в линии, А;

$U_{н.а.}$ — номинальное напряжение автомата, В;

U_c — напряжение сети, В;

$$K_0 = \frac{I_0}{I_{н.р.}}, \quad (87)$$

где $I_0 \geq I_{д.л.}$ — для линии без электродвигателя;

$I_0 \geq 1,2I_n$ — для линии с одним электродвигателем;

$I_0 \geq 1,2I_{пик}$ — для групповой линии с несколькими электродвигателями;

K_0 — кратность отсечки;

I_0 — ток отсечки, А;

I_n — пусковой ток, А;

$$I_{п} = K_{п} * I_{н.д.}, \quad (88)$$

где $K_{п}$ — кратность пускового тока. Принимается $K_{п} = 6,5...7,5$ — для АД;

$K_{п} = 2...3$ — для синхронных двигателей и МПТ;

$I_{н.д.}$ — номинальный ток, А;

$I_{пик}$ — пиковый ток, А;

$$I_{пик} = I_{п.нб.} + I_m - I_{н.нб.}, \quad (89)$$

где $I_{п.нб.}$ — пусковой ток наибольшего по мощности электродвигатель, А;

$I_{н.нб.}$ — номинальный ток наибольшего в группе электродвигатель, А;

I_m — максимальный ток на группу, А.

Зная тип, $I_{н.а.}$ и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные.

Предохранители выбираются согласно условиям:

Для линии без ЭД:

$$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{д.л.}}; \quad (90)$$

Для линии с ЭД и легким пуском:

$$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{вс}} \geq \frac{I_{\text{п}}}{2,5}; \quad (91)$$

Для линии к РУ (РП или шинопровод):

$$I_{\text{вс}} \geq \frac{I_{\text{п}} + I_{\text{д.л.}}}{1,6}; \quad (92)$$

Для линий к сварочному трансформатору:

$$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{св}} \sqrt{\text{ПВ}}, \quad (93)$$

где $I_{\text{вс}}$ — ток плавкой вставки, А;

$$I_{\text{н.п.}} \geq I_{\text{вс}}, \quad (94)$$

где $I_{\text{н.п.}}$ — номинальный ток предохранителя, А.

Тепловые реле выбираются согласно условию:

$$I_{\text{тр}} \geq 1,25 I_{\text{н.д.}}, \quad (95)$$

где $I_{\text{тр}}$ — ток теплового реле, номинальный, А.

Наиболее современными являются автоматы серии ВА и АЕ, предохранители серии ПР и ПН, тепловые реле серии РТЛ.

Проводники для линий ЭСН выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям:

Для линий защищённой автоматом с комбинированным расцепителем:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{у(п)}}, \quad (96)$$

Для линий защищённой только от КЗ предохранителем:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}}, \quad (97)$$

Для линии с тепловым реле:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{тр}}, \quad (98)$$

где $I_{\text{доп}}$ — допустимый ток проводника, А;

$K_{\text{зщ}}$ — коэффициент защиты.

Принимают $K_{\text{зщ}} = 1,25$ — для взрыво и пожароопасных помещений;

$K_{зщ} = 1$ — для нормальных (неопасных) помещений;

$K_{зщ} = 0,33$ — для предохранителей без тепловых реле в линии.

По типу проводника, числу фаз и условию выбора формируется окончательно марка аппарата защиты.

Сначала расчёты ведутся от РП-электромастерская, потом по порядку от РП1 до РП-ЦЦРО, а далее аппараты для РУ всего цеха.

В РП-электромастерская рассчитаем нагрузки для наждака и вентиляции В2 (склад)

1. РП-электромастерская (наждачный станок, $P_n = 5$ кВт)

Используя формулу:

$$I_{дл} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{н.п} \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}, \quad (99)$$

где коэффициенты мощности и полезного действия можно не учитывать.

$$I_{дл} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{н.п}} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,82 \cdot 0,79} = 11,73 \text{ А}. \quad (100)$$

Автоматический выключатель QF для наждачного станка выбираем из условия, что

$I_{н.р.} > 1,25 I_{дл}$, для линии с одним электродвигателем то есть:

$$16 \text{ А} > 11,73 \cdot 1,25 = 14,66 \text{ А}. \quad (101)$$

Вычисляем пусковой ток электродвигателя:

$$I_{п.нб} = K_n \cdot I_{н.дв} = 6,5 \cdot 14,66 = 95,3 \text{ А}. \quad (102)$$

Вычисляем расчётный ток отсечки:

$$I_o = 1,2 I_{п.нб} = 1,2 \cdot 95,3 = 114,36 \text{ А}.$$

(103)

Кратность отсечки определяется по формуле:

$$K_o = \frac{I_o}{I_{н.р}} = \frac{114,36}{16} = 7,14. \quad (104)$$

Кратность отсечки принимается 7.

Питание наждака выбираем медный кабель марки ВВГнг по условию нагрева длительно допустимым током:

$$I_{доп.} > I_{дл}$$

Выбираем ВВГнг 4х1,5 $I_{дл}=11,73\text{А}$ выбранное сечение проверяется по условию соответствия выбранному аппарату защиты:

$$I_{доп} > 1,35 I_{н.р} = 1,25 * 16 = 18,32\text{А}. \quad (105)$$

условие выполняется выбранный кабель подходит.

2. РП-электромастерская (Вентиляция В2 (склад), 1кВт)

$$I_{д} = \frac{P_{д}}{\sqrt{3} * U_{н.д} * \eta_{д} * \cos \varphi_{д}} = \frac{1}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,82 * 0,79} = 2,35\text{А}. \quad (106)$$

Автоматический выключатель QF

выбираем из условия, что $I_{дл} = I_{д}$

$$I_{н.р} \geq 1,25 I_{дл} \Leftrightarrow I_{н.р} \geq 1,25 * 2,35 = 2,93\text{А} \leq 4\text{А}. \quad (107)$$

Вычисляем пусковой ток электродвигателя:

$$I_{п.нб} = K_{п} * I_{н.дв} = 6,5 * 2,93 = 19,06\text{А}. \quad (108)$$

Вычисляем расчётный ток отсечки:

$$I_{о} = 1,2 I_{п} = 1,2 * 19,06 = 22,88\text{А}.$$

(109)

Кратность отсечки определяется по формуле:

$$K_{о} = \frac{I_{о}}{I_{н.р}} = \frac{22,8}{4} = 5,72. \quad (110)$$

Кратность отсечки принимается 6.

Питание двигателя вентиляции выбираем кабель марки ВВГнг по условию нагрева длительно допустимым током:

$$I_{доп} > I_{дл}.$$

Выбираем ВВГнг 4х1,5 $I_{дл}=2,35\text{А}$ выбранное сечение проверяется по условию соответствия выбранному аппарату защиты:

$$I_{доп} > 1,35 I_{н.р} = 1,35 * 4 = 5,4\text{А} \leq 16\text{А}; \quad (111)$$

условие выполняется выбранный провод подходит.

Далее выбираем тепловое реле из условия, что:

$$I_{тр} \geq 1,25 \cdot I_{н.д}, \quad (112)$$

где $I_{тр}$ — ток теплового реле, номинальный, А.

$$I_{тр} \geq 1,25 \cdot I_{н.д} = 1,25 * 2,35 = 2,94\text{А}.$$

(113)

Выбираем тепловое реле РТИ-1308 с пределами тока 2,5-4,0А [11].

3. РУ-РП1 QF,

Автомат выбирается по условию, что:

$$I_{н.р} \geq 1,1 I_M \Leftrightarrow I_{н.р} = 1,1 * 183,62 = 202A \Leftrightarrow I_{н.р} = 250A . \quad (114)$$

Для данного автомата рассчитываем пиковый ток:

$$I_{пик} = I_{пуск.нб} + I_{м.гр} - I_{н.нб} * K_{и} \quad (115)$$

где $I_{пуск.нб}$ - пусковой ток наибольшего по мощности электродвигателя;

$I_{м.гр}$ - максимальный ток группы;

$I_{н.нб}$ - номинальный ток наибольшего двигателя в группе;

$K_{и}$ - коэффициент использования группы.

Наиболее мощным ЭП с ЭД в данной группе является пресс горизонтально насадочный модели 3938 с $P_{н.нб} = 21$ кВт.

$$I_{пик} = I_{пуск.нб} + I_{м.гр} - I_{н.нб} * K_{и} = 321,57 + 183,62 - 123,46 * 0,25 = 303,25A. \quad (116)$$

Ток отсечки:

$$I_o > 1,2 I_{п} = 1,2 * 303,25 = 363,9A. \quad (117)$$

Кратность отсечки:

$$K_o = \frac{I_o}{I_{н.нб}} = \frac{363,9}{22,08} = 2,95. \quad (118)$$

Принимаем кратность равную 3.

Выбирают кабель для питания от цеховой РУ до РП1, по условию соответствия выбранному аппарату защиты:

$$I_{доп.} = 385A > 1,35 * 250 = 337,5A. \quad (119)$$

Выбираем кабель ВВГ 4х120 [19].

Кабеля питания от подстанции до цеховой РУ рассчитываем по максимальному току выбранного нами трансформатора. Его ток мы найдём по формуле:

$$I_{м(РУ)} = \frac{S_{ТР}}{U_{л}\sqrt{3}} = \frac{630}{0,38\sqrt{3}} = 957,16A. \quad (120)$$

Выбираем рубильник РЕ 19-41-31120 1000А, номинальный кратковременный ток к.з. 18кА, номинальный ток замыкания 100кА.

2.4 Расчёт токов короткого замыкания

2.4.1 Общие сведения о выключателях нагрузки 10 кВ

Выключатель — это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока. Выключатель является основным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения в цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание.

К выключателям высокого напряжения предъявляют следующие требования:

- надежное отключение любых токов (от десятков ампер до номинального тока отключения);
- быстрота действия, т. е. наименьшее время отключения;
- пригодность для быстродействующего автоматического повторного включения, т. е. быстрое включение выключателя сразу же после отключения;
- возможность пофазного (пополюсного) управления для выключателей 110кВ и выше;
- легкость ревизии и осмотра контактов;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- удобство транспортировки и эксплуатации.

Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток и номинальное напряжение [27].

2.4.2 Расчёт токов короткого замыкания

Составить для выбранной характерной линии расчетную схему и схему замещения, нанести на них необходимые данные, выбрать и пронумеровать точки КЗ.

При расчетах токов КЗ за трансформаторами 10кВ считается, что напряжение питающей энергосистемы на стороне ВН трансформатора остается неизменным в течение всего процесса КЗ. Это допущение объясняется тем, что распределительные сети 10кВ, как правило, электрически удалены от генерирующих источников энергосистемы и КЗ в этих сетях, и тем более за трансформаторами 10кВ мало сказываются на работе электрических генераторов. По этой же причине вычисляется только периодическая составляющая тока КЗ, а влияние аperiodической составляющей тока учитывается при выборе параметров некоторых типов защиты путем введения повышающих коэффициентов [20].

Ток КЗ для ВН в точке К1 считаем по формуле:

$$I_{к, \max}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{тр}}}, \quad (121)$$

где $U_{\text{ср}}$ – это напряжение к которой стороне отнесено $Z_{\text{тр}}$

для 10кВ $Z_{\text{тр}} = 18 \text{ Ом}$:

$$I_{к, \max}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{тр}}} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 11,25} = 538,86 \text{ А}; \quad (122)$$

для 0,4кВ $Z_{\text{тр}} = 18 \text{ мОм}$:

$$I_{к, \max}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{тр}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = 12,83 \text{ кА}. \quad (123)$$

Таким образом мы нашли токи короткого замыкания на выводах трансформатора со стороны ВН и НН они равны соответственно 538,86А и 12,83кА.

Рассчитаем ударные токи для ВН и НН. Для упрощения расчётов можно применить коэффициент $K_y=1,2$ для трансформаторов ниже 400кВА со стороны НН, для ВН коэффициент равен $K_y=1$ и рассчитать по формуле:

$$i_{ук} = \sqrt{2} * K_y * I_k; \quad (124)$$

Получаем для 10кВ:

$$i_{ук.ВН} = \sqrt{2} * K_y * I_k = 1,41 * 1 * 538,86 = 759,8А. \quad (125)$$

Получаем для 0,4кВ:

$$i_{ук.НН} = \sqrt{2} * K_y * I_k = 1,41 * 1,2 * 12830 = 21708А \sim 21,7кА. \quad (126)$$

2.4.3 Выбор и проверка силовых выключателей

Выключатели ВН выбираются по напряжению, току категории размещения, конструктивному исполнению, коммутационной способности [23].

Должны быть выполнены условия:

$$U_{н.в} \geq U_{н.у}; \quad (127)$$

$$I_{н.в} \geq I_{н.у}, \quad (128)$$

где $U_{н.в}$ – номинальное напряжение выключателя, кВ;

$U_{н.у}$ – номинальное напряжение установки, кВ;

$I_{н.в}$ – номинальный ток выключателя, кА;

$I_{н.у}$ – номинальный ток установки, кА.

Выключатели проверяются на отключающую способность.

Должны быть выполнены следующие условия:

$$I_{н.откл} \geq I_{р.откл}; \quad (129)$$

номинальное и расчётное значения токов отключения, кА:

$$S_{н.откл} \geq S_{р.откл}; \quad (130)$$

номинальная и расчётные мощности отключения, МВ*А:

$$I_{р.откл} \geq I_{\infty}^{(3)}; \quad (131)$$

$$S_{р.откл} = \sqrt{3} * I_{р.откл} * U_{н.у}; \quad (132)$$

$$S_{н.откл} = \sqrt{3} * I_{н.откл} * U_{н.в}, \quad (133)$$

где $I_{\infty}^{(3)}$ - трёхфазный ток кз в момент отключения выключателя, кА.

На динамическую стойкость должно быть выполнено условие:

$$i_{\text{СК}} \geq i_y, \quad (134)$$

где $i_{\text{СК}}$ -амплитуда предельного сквозного ударного тока кз выключателя, кА;
 i_y - амплитуда ударного тока установки, кА.

$$i_y = K_y \sqrt{2} I_{\text{К}}^{(3)}. \quad (135)$$

На термическую стойкость должно быть выполнено условие:

$$I_{\text{ТС}} \geq I_{\text{р.ТС}}; \quad (136)$$

$$I_{\text{р.ТС}} = I_{\text{р.откл}} \sqrt{\frac{t_{\text{пр}}}{t_{\text{ТС}}}}, \quad (137)$$

где $I_{\text{ТС}}$, $I_{\text{р.ТС}}$ - токи термической стойкости, каталожный и расчётный, кА;
 $t_{\text{пр}}$ - приведённое время действия кз, если отключение произойдёт в зоне переходного процесса, с. Приблизённо $t_{\text{пр}} \sim t_{\text{д}}$ - время действия кз фактическое, с.

$$t_{\text{д}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{ов}}, \quad (138)$$

где $t_{\text{рз}}$ - время срабатывания релейной защиты, с;
 $t_{\text{ов}}$ - собственное время отключения выключателя, с.

Примечание: Величина $t_{\text{рз}}$ определяется при расчёте конкретной РЗ.

Время одного периода при частоте 50Гц составляет 0,02с. Время срабатывания кз ($t_{\text{д}}$) для сетей 10кВ составляет 1-3с, значит, самое быстрое отключение произойдёт через 50 периодов, что соответствует зоне давно установившегося кз (через 8-10 периодов).

Согласно полученным данным выбираем ВЭЭ-10-20/630 УЗ.

Каталожные данные выключателя:

$$I_{\text{н.в.}} = 630 \text{ А};$$

$$U_{\text{н.в.}} = 10 \text{ кВ};$$

$$i_{\text{СК}} = 52 \text{ кА};$$

$$I_{\text{ТС}} = 20 \text{ кА};$$

$$I_{\text{н.откл.}} = 31,5 \text{ кА};$$

$$t_{\text{ТС}} = 3 \text{ с};$$

$$t_{\text{ОВ}} = 0,055 \text{ с}.$$

Определяем расчетные данные.

Токи КЗ на высокое напряжение (из предыдущего пункта расчётов):

$$I_{к,маx}^{(3)} = 538,86A \sim 0,54кA; \quad (139)$$

$$i_{ук} = 0,76кA, \quad (140)$$

где $I_{\infty}^{(3)} = 0,76кA$

Отключающая способность:

$$I_{р.откл} = I_{\infty}^{(3)} = 0,76кA; \quad (141)$$

$$S_{р.откл} = \sqrt{3} * I_{р.откл} * U_{н.у} = \sqrt{3} * 0,76 * 10 = 13мВА; \quad (142)$$

$$S_{н.откл} = \sqrt{3} * I_{н.откл} * U_{н.в} = \sqrt{3} * 20 * 10 = 342мВА.$$

(143)

Коротким замыканием (КЗ) называют соединение токоведущих частей различных фаз или потенциалов между собой или на корпус оборудования, соединенный с землей, в сетях электроснабжения или в электроприемниках. В больших энергосетях короткое замыкание может вызвать серьезную аварию с необратимыми последствиями.

При протекании тока КЗ температура проводника повышается. Длительность процесса КЗ обычно мала (в пределах доли секунд), поэтому тепло, выделяющееся в проводнике, не успевает передаться в окружающую среду и практически целиком идет на нагрев проводника.

Термическая стойкость электрических аппаратов при характеризуется их нормированным током термической стойкости в амперах и допустимым временем воздействия этого тока в секундах [20].

Ток термической стойкости:

$$I_{р.тс} = I_{р.откл} \sqrt{\frac{t_{пр}}{t_{тс}}}, \quad (144)$$

где $t_{пр} \sim t_{д} \Rightarrow t_{д} = t_{рз} + t_{ов}$ (примем $t_{рз} = 1с$), тогда получим

$$I_{р.тс} = I_{р.откл} \sqrt{\frac{t_{пр}}{t_{тс}}} = 0,76 * \sqrt{\frac{1+0,055}{3}} = 0,267кA. \quad (145)$$

Ведомость выключателя нагрузки приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Ведомость выключателя высокого напряжения

Параметры	Усл. обоз.	Ед. изм.	Условие выбора	Данные выключателя		Дополнительные сведения
				Расчёт.	Кат.	
ВЫБОР						
Номинальное напряжение	U_n	кВ	$U_{н.в} \geq U_{н.у}$	10	10	ВЭЭ-10-20/630 УЗ (табл. 1.11.1)
Номинальный ток	I_n	А	$I_{н.в} \geq I_{н.у}$	23,8	630	
ПРОВЕРКА						
Ток отключения	$I_{н.откл}$	кА	$I_{н.откл} \geq I_{р.откл}$	0,54	20	Отключающая способность
Мощность отключения	$S_{н.откл}$	МВА	$S_{н.откл} \geq S_{р.откл}$	0,13	342	
Амплитуда предельного ударного сквозного тока	$i_{ск}$	кА	$i_{ск} \geq i_y$	0,76	52	Динамическая стойкость
Предельный ток термической стойкости	$I_{тс}$	кА	$I_{тс} \geq I_{р.тс}$	0,267	20	Термическая стойкость

Условия выбора выполнены.

Для ТП выбраны 2хВЭЭ-10-20/630 УЗ [11].

Вакуумный выключатель внутренней установки. Выключатель может быть использован для замены маломасляных выключателей серии ВМПЭ 10 без переделки ячеек, электрической схемы управления. Управление выключателем осуществляется электромагнитным приводом постоянного тока.

Выключатели с пружинно-моторным приводом предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока с изолированной нейтралью частоты 50 Гц. Устанавливаются в шкафах комплектных распределительных устройств (КРУ) на номинальное напряжение до 10 кВ [12].

2.5 Расчет заземляющего устройства электроустановок

Рассчитать заземляющее устройство в электроустановках:

- определить расчётный ток замыкания на землю I_3 и сопротивление ЗУ R_3 ;

- определить расчетное сопротивление грунта (ρ_p);
- выбрать электроды и рассчитать их сопротивление;
- уточнить число вертикальных электродов и разместить их на плане.

Исходные данные:

$$L_{\text{кл(вл)}}=15\text{км};$$

$$V_{\text{кл(вл)}}=10\text{кВ};$$

$$V_{\text{н}}=0,4\text{кВ};$$

Грунт - песок с температурой $+10^{\circ}\text{C}$ $\rho_p=500\text{Ом}\cdot\text{м}$;

Размеры здания $95\times 32\times 12$;

$$t=0,5\text{м};$$

Вертикальный электрод - круглая сталь $d=16\text{мм}$, $L_{\text{в}} = 5\text{м}$;

Горизонтальный электрод - полоса 40×4 ;

Вид ЗУ - рядный.

Определение I_3 и R_3 :

Определяется расчётное сопротивление одного вертикального электрода:

Примем расположение ЦЦРО в климатической зоне II и получим:

$$K_{\text{сез.в}}=F(\text{верт.};\text{II})=1,7; \quad (146)$$

$$K_{\text{сез.г}}=F(\text{гор.};\text{II})=4; \quad (147)$$

$$\rho_p = \rho K_{\text{сез.в.}}; \quad (148)$$

$$r_{\text{в}} = 0,3\rho K_{\text{сез.в}} = 0,3 * 500 * 1,7 = 2550\text{м}. \quad (149)$$

Расчетный (емкостной) ток замыкания на землю определяется приближённо:

$$I_{31} = \frac{U_{\text{н}}(35L_{\text{кл}}+L_{\text{вл}})}{350} = \frac{10*35*15}{350} = 15\text{А}; \quad (150)$$

$$R_{31} \leq \frac{125}{I_3} = \frac{125}{15} = 8,330\text{м}. \quad (151)$$

Требование по $R_{32} \leq 40\text{м}$ на НН, но допустимое при данном грунте определяется:

$$R_{3y} \leq R_{32} \frac{\rho}{100} = 4 \frac{500}{100} = 200 \text{ м.} \quad (152)$$

Принимается $R_{3y} = 200 \text{ м}$ так как $\rho > 1000 \text{ м} \cdot \text{м}$.

Определяется количество вертикальных электродов:

- без учёта экранирования (расчётное):

$$N_{\text{BP}} = \frac{r_{\text{B}}}{R_{3y}} = \frac{255}{20} = 12,75 \text{ принимаем } 10; \quad (153)$$

- с учётом экранирования $\eta_{\text{B}} = 0,59$.

$$N_{\text{BP}} = \frac{N_{\text{BP}}}{\eta_{\text{B}}} = \frac{10}{0,59} = 16,94 \sim 17. \quad (154)$$

Общий вид заземляющего устройства показан на рисунке 1.

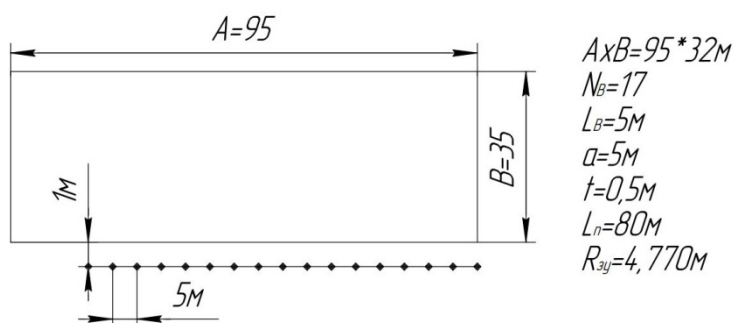


Рисунок 1 – План заземляющего устройства

Так как выбрано $a/L=1$, то $a=5 \text{ м}$, а $L=5 \text{ м}$.

$$L_{\text{п}} = a(N_{\text{B}} - 1) = 5(17-1) = 80 \text{ м.}$$

В моём случае лучше всего ЗУ расположить вдоль стены цеха.

Минимальное расстояние от объекта 1м [19].

Рассчитаем расстояние между электродами из расчёта, что их 17шт.

$$a_{\text{B}} = \frac{L_{\text{п}}}{N_{\text{BP}} - 1} = \frac{80}{17-1} = 5 \text{ м.} \quad (155)$$

Определяются уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов:

$$R_{\text{B}} = \frac{r_{\text{B}}}{N_{\text{B}} \eta_{\text{B}}} = \frac{255}{17 \cdot 0,59} = 25,42 \text{ Ом;} \quad (156)$$

$$R_{\text{Г}} = \frac{0,4}{L_{\text{п}} \eta_{\text{Г}}} \rho K_{\text{сез,Г}} \lg \frac{2 \cdot L_{\text{п}}^2}{bt} = \frac{0,4}{80 \cdot 0,62} 500 * 4 \lg \frac{2 \cdot 80^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 5,87 \text{ Ом.} \quad (157)$$

Определяется фактическое сопротивление ЗУ:

$$R_{\text{ЗУ.Ф}} = \frac{R_{\text{В}}R_{\Gamma}}{R_{\text{В}}+R_{\Gamma}} = \frac{25,42*5,87}{25,42+5,87} = 4,77\text{Ом}; \quad (158)$$

$R_{\text{ЗУ.Ф}}(4,77\text{Ом}) \leq R_{\text{ЗУ}}(20\text{Ом})$ следовательно ЗУ эффективно [19].

3. РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛУАВТОМАТА ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПДГ-251 УЗ.1

Основные сведения об изделии и технические данные

Полуавтоматы для дуговой сварки ПДГ-251 УЗ.1 именуемый в дальнейшем "полуавтомат", предназначен для дуговой сварки плавящимся электродом на постоянном токе в среде защитных газов изделий из малоуглеродистых и низколегированных сталей, с естественным охлаждением горелки. Общий вид, габаритные размеры указаны в приложении А.

Полуавтомат имеет встроенный сварочный источник со ступенчатым регулированием сварочного напряжения [7].

Полуавтомат имеет 5 режимов работы:

- «Заправка проволоки»;
- «Продувка газа»;
- «Сварка короткими швами»;
- «Прерывистая сварка»;
- «Сварка электрозаклепками».

Управление полуавтоматом осуществляется с помощью органов управления, расположенных на полуавтомате, и кнопки на горелке.

Полуавтомат ПДГ-351 УЗ.1 исп. – 01 и – 03 имеет в наличии измерительные приборы.

В режиме работы "Заправка проволоки" выполняется подача электродной проволоки при нажатии кнопки "Заправка проволоки", находящейся внутри отсека механизма подачи. При этом не происходит подачи газа и включения сварочного выпрямителя.

Режимы работы: "Сварка короткими швами"; "Прерывистая сварка" и "Сварка электрозаклепками" выполняются, если переключатель "Работа/Наладка" находится в положении "Работа"

В режиме работы "Сварка короткими швами" полуавтомат обеспечивает:

- включение сварочного источника;
- плавную регулировку скорости подачи электродной проволоки;
- подачу защитного газа в зону сварки;

Основные сведения о технических данных приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Основные технические данные полуавтомата

Наименование параметра	Значения	
	ПДГ-251 У3.1	ПДГ-351 У3.1
Напряжение питания, В	3x380	3x380
Частота, Гц	50	50
Номинальный сварочный ток, А	275	315
Номинальное сварочное напряжение, В	27,8	30
Номинальный режим работы (ПВ) при цикле 5 мин., %	100	70
Напряжение холостого хода, В, не более	34	42
Пределы регулирования сварочного тока, А	25-275	40-380
Количество ступеней регулирования сварочного тока	10	20
Диаметр стальной сплошной проволоки, мм	0,8-1,4	0,8-1,6
Мощность электродвигателя подающего механизма, Вт	80	145
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	70-960	70-960
Количество пар подающих роликов	1	2
Пределы регулирования времени позиции цикла "Сварка" в режиме "Электрозаклепки", сек	0,2-2,0	0,2-2,0
Пределы регулирования времени позиции цикла "Пауза" в режиме "Электрозаклепки", сек	0,5-2,0	0,5-2,0
Пределы регулирования времени задержки отключения выпрямителя (вылет проволоки), сек	0,1-0,5	0,1-0,5
Пределы регулирования времени увеличения скорости подачи электродной проволоки от минимального до установленного значения (мягкий старт), сек	0,5-4,0	0,5-4,0
Тип разъема горелки	KZ-2	KZ-2
Коэффициент полезного действия, %, не менее	78	77
Потребляемая мощность, при номинальном токе, кВА, не более	10	17
Номинальный ток главных цепей автомата защиты (с характеристикой срабатывания электромагнитного расцепителя "D"), А	25	40

Значение рабочего напряжения сварочного выпрямителя в вольтах определяется зависимостью:

$$U=14+0,05*I_{св.},$$

где $I_{св.}$ – сварочный ток, А.

Работоспособность полуавтомата обеспечивается при колебаниях напряжения питающей сети от минус 10% до плюс 5% от номинального.

Вид климатического исполнения полуавтоматов.

Полуавтомат предназначен для работы в закрытых помещениях с соблюдением следующих условий:

1. Температура окружающей среды от минус 10 °С (263 К) до плюс 40 °С (313 К).

2. Относительная влажность не более 80% при 20 °С (293 К).

Сведения о содержании драгоценных материалов

Драгоценные материалы, указанные в ГОСТ 2.608-78, в конструкции изделий и в технологическом процессе изготовления не используются. Сведений о содержании драгоценных материалов в комплектующих изделиях не имеется.

Габаритные размеры и масса полуавтоматов приведены в приложении А.

Комплект поставки согласовывается при заключении договора на поставку и указывается на ярлыке, закрепляемом на упаковке изделия.

Меры безопасности.

При обслуживании и эксплуатации полуавтоматов необходимо соблюдать требования нормативных документов по безопасности труда, действующие в регионе выполнения сварочных работ.

Напряжение сети является опасным, поэтому подключение полуавтоматов к сети должно осуществляться квалифицированным персоналом, имеющим допуск на выполнение данного вида работ. Должны быть надежно заземлены: клемма «земля» на силовом кабеле, подключенном к изделию (обратный провод), и свариваемое изделие.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Включать сварочные полуавтоматы без заземления.

2. Использование в качестве заземляющего контура элементы заземления другого оборудования.

Подключение полуавтоматов должно производиться только к промышленным сетям и источникам. Качество подводимой к полуавтоматам электрической энергии должно соответствовать нормам по ГОСТ 13109-97.

Перед началом сварочных работ необходимо проверить состояние изоляции проводов, качество соединений контактов сварочных кабелей и заземляющих проводов. Не допускаются эксплуатация полуавтоматов со снятыми элементами кожуха и при наличии механических повреждений изоляции токоведущих частей и органов управления.

Полуавтоматы не предназначены для работы в среде, насыщенной токопроводящей пылью и (или) содержащей пары и газы, вызывающие усиленную коррозию металлов и разрушающие изоляцию. Возможность работы полуавтоматов в условиях, отличных от указанных должна согласовываться с предприятием-изготовителем.

Место производства сварочных работ должно быть оборудовано необходимыми средствами пожаротушения согласно требований противопожарной безопасности.

Ультрафиолетовое излучение, брызги расплавленного металла, сопутствующие процессу сварки, являются опасными для глаз и открытых участков тела. Для защиты от излучения дуги нужно применять щиток или маску с защитными светофильтрами, соответствующих данному способу сварки и величине сварочного тока. Для предохранения от ожогов руки сварщика должны быть защищены рукавицами, а тело - специальной одеждой.

При работе в закрытых помещениях для улавливания образующихся в процессе сварки аэрозолей и дымовыделений на рабочих местах необходимо предусматривать местные отсосы и вентиляцию.

Зачистку сварных швов от шлака следует производить только после полного остывания шва и обязательно в очках с простыми стеклами.

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Сварочный ток создает электромагнитные поля вокруг сварочной цепи и сварочного оборудования, которые могут создавать помехи в работе

электрооборудования и некоторых имплантированных медицинских приборов, таких как электронные стимуляторы сердца и другие.

Для сведения к минимуму воздействия электромагнитных полей сварочной цепи необходимо соблюдать следующие меры:

- располагайте сварочные кабели максимально близко друг к другу посредством скрутки или обмотки изоляционной лентой;
- не становитесь между сварочными кабелями. Размещайте кабели с одной стороны по-дальше от оператора. Если электрододержатель находится в правой руке и кабель расположен справа от тела, - кабель на деталь должен быть также размещен справа от тела;
- не закручивайте и не оборачивайтесь кабелем;
- голова и туловище должны находиться как можно дальше от оборудования сварочной цепи;
- зажим на деталь (прищепка сварочного кабеля) установите максимально близко к выполняемому сварному шву;
- работайте по возможности как можно дальше от сварочного источника, не садитесь и не облакачивайтесь на него;
- не выполняйте сварку во время перемещения источника сварочного тока или механизма подачи проволоки.

Подготовка к работе

Внимание! В изделии установлен электропневматический клапан А331-1Е2 с условным проходом 2,5мм. Давление защитного газа на входе изделия не должно превышать 4 атм.

Соберите полуавтомат в соответствии с приложением 6 и установите на месте производства сварочных работ.

Подключение полуавтомата к питающей сети.

Внимание! Убедитесь, что место подключения обесточено, а напряжение сети соответствует величине, указанной в табличке полуавтомата. Подключение полуавтомата должно производиться к распределительному

щиту, на котором расположен автоматический выключатель, имеющий защиту от коротких замыканий и перегрузки или трехполюсный рубильник с трубчатыми предохранителями, рассчитанным на максимальный ток потребления полуавтомата.

Заземлите полуавтомат при помощи провода желто-зеленого цвета, входящего в состав сетевого кабеля, подсоединением его к глухозаземленной нейтрали.

Работа без заземления запрещается!

Три провода сетевого кабеля подключите к автомату защиты сети или трехполюсному рубильнику.

Исходя из технологических требований или по таблице приложения 5 определите диаметр электродной проволоки и величину сварочного тока в зависимости от толщины свариваемых деталей.

Подготовьте к работе сварочную горелку. Проверьте на соответствие выбранного диаметра электродной проволоки: диаметр отверстия наконечника (диаметр в мм нанесен на боковой поверхности наконечника) и диаметр направляющей спирали горелки по цвету оболочки спирали;

Внимание! Правильный выбор наконечника и направляющей спирали горелки гарантирует стабильность сварки и качество сварочного шва.

В разьеме KZ-2, расположенном на лицевой панели полуавтомата, проверьте диаметр отверстия капиллярной трубки на соответствие выбранному диаметру электродной проволоки.

Подготовьте к работе механизм подачи в следующей последовательности:

1. Снимите крышку, закрывающую отсек механизма подачи;
2. Установите кассету, заполненную электродной проволокой выбранного диаметра, на тормозное устройство (грязь, масло, ржавчина, перехлесты и изгибы электродной проволоки недопустимы);
3. Установите на подающем устройстве прижимной ролик, соответствующий выбранному диаметру и типу электродной проволоки.

Внимание! Ролики различаются по типу профиля канавки ("V" – для стальной электродной проволоки). Диаметр протягиваемой электродной проволоки нанесен на боковой поверхности ролика. В приложении 4 приведены профили канавок типа "V".

- закруглите напильником конец электродной проволоки;
- заправьте электродную проволоку в подающее устройство, пропустив ее через входную втулку, канавки роликов и выходную капиллярную трубку;
- зажмите электродную проволоку в подающем устройстве вращением маховика(-ов) до риски "3,5";
- вставьте конец проволоки в направляющий канал горелки, подключите горелку к разъему KZ-2 и затяните накидную гайку;
- включите полуавтомат. Установите минимальное выходное напряжение: переключатель ступеней выходного напряжения на лицевой панели полуавтомата установите в положение "1". Протолкните электродную проволоку через проволокоподающий канал горелки, для чего переведите переключатель "Работа/Наладка" в положение "Наладка" и нажмите кнопку на горелке. При этом шланговый пакет горелки должен быть распрямлен.

Установите необходимое (минимальное) усилие проталкивания электродной проволоки. Для этого перед наконечником сварочной горелки на расстоянии примерно 5-8 см (диаметр проволоки 0,8 мм – расстояние 5 см; диаметр 1,6 мм – расстояние 8 см) и под углом 45° к оси выхода проволоки расположите упор с гладкой поверхностью. Удерживая кнопку на сварочной горелке, дождитесь касания упора проволокой. Если после касания проволока продолжает выходить без проскальзывания на роликах, значит, прижимное усилие направляющих роликов нормальное. Усилие прижима проволоки должно обеспечивать стабильную и равномерную подачу электродной проволоки через горелку.

Предохранители двигателя мотор-редуктора установлены в цепи питания блока управления и НЕ имеют индикаторов срабатывания.

При самопроизвольной остановке механизма подачи можно убедиться в срабатывании предохранителей двигателя мотор-редуктора нажатием кнопки "Тест газа". Если при этом газовый клапан не включается и, соответственно, защитный газ не подается, значит, предохранитель перешел в высокоимпедансное состояние.

Внимание! Срабатывание предохранителей однозначно указывает на неправильный выбор тормозного момента, прижима роликов, диаметра спирального канала горелки, диаметра наконечника на горелке, или намотки электродной проволоки.

При срабатывании предохранителей обесточьте сварочный выпрямитель, подождите 15-20 минут, устраните причину повышенной нагрузки на двигатель механизма подачи, после чего можете включить сварочный выпрямитель и возобновить сварочные работы.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) технических средств

Данное оборудование разработано в соответствии с действующими нормами по ЭМС и предназначено для эксплуатации в только промышленных условиях. При использовании оборудования в других условиях могут потребоваться дополнительные меры по обеспечению ЭМС.

Способность оборудования работать, не создавая недопустимых электромагнитных помех (далее в тексте - помехи) другим электротехническим средствам, существенно зависит от способа установки и использования оборудования.

Установка и использование оборудования

Пользователь несет ответственность за установку и использование оборудования в соответствии с паспортом на оборудование. Для обеспечения допустимого уровня помех могут потребоваться как простые меры, например, заземление корпуса, так и более сложные, например, применение экранирования сварочного источника питания, использование

помехоподавляющих фильтров. Во всех случаях электромагнитные помехи должны быть сведены до некритического уровня.

С точки зрения безопасности, сварочная цепь может быть заземлена или не заземлена.

Изменять конфигурацию заземления может только уполномоченное лицо, имеющее необходимую группу допуска, позволяющую компетентно оценить влияние изменений на повышение риска поражения.

Оценка окружающей обстановки

Перед установкой оборудования пользователь должен провести анализ возможного влияния помех от оборудования на расположенные поблизости технические средства.

Необходимо учитывать следующее:

1. Наличие кабелей электропитания другого оборудования, кабелей управления, сигнальных и телефонных кабелей, расположенных в непосредственной близости от оборудования.
2. Наличие средств радиосвязи, телевидения, радио-, телепередатчиков и приемников; в) компьютерное и другое управляющее оборудование.
3. Необходимость ограждения оборудования.
4. Влияние оборудования на здоровье людей, находящихся или появляющихся в зоне действия оборудования, например людей использующих кардиостимуляторы и слуховые аппараты.
5. Наличие оборудования используемого для калибровки и измерений.
6. Помехоустойчивость другого оборудования, находящегося в зоне действия оборудования. Пользователь должен убедиться в том, что другое оборудование, используемое в зоне действия сварочного оборудования, является совместимым. Это может потребовать использования дополнительных средств защиты.
7. Время суток, когда осуществляются сварочные и другие работы.

Размер оцениваемой зоны действия оборудования, зависит от структуры здания, а также от проводимых работ. Зона воздействия оборудования может выходить за границы здания.

Методы уменьшения помех:

1. Питание от сети

Оборудование должно подключаться к сети электропитания в соответствии с паспортом на оборудование.

Если ощущается влияние помех, могут потребоваться дополнительные меры, такие как установка сетевых фильтров. Должна быть изучена необходимость экранирования питающего кабеля постоянно установленного оборудования (например, путем использования металлического кабелепровода или его эквивалента). Экранирование должно быть электрически непрерывное вдоль всей длины кабеля. Экран необходимо соединять с оборудованием так, чтобы между кабелепроводом и корпусом оборудования был достаточный контакт.

2. Техническое обслуживание оборудования

Техническое обслуживание должно осуществляться в соответствии с паспортом на оборудование. В процессе работы оборудования все дверцы и крышки для доступа и обслуживания оборудования должны быть закрыты и должным образом закреплены. Сварочное оборудование нельзя модифицировать без согласования с изготовителем, за исключением изменений и на-строек, указанных в паспорте на данное оборудование. В частности, зазор между электродами зажигания дуги и стабилизирующими устройствами должен быть настроен в соответствии с рекомендациями производителя.

3. Сварочные кабели

Сварочные кабели должны быть короткими насколько возможно и располагаться близко друг к другу, проходя по полу или близко к его уровню.

4. Эквипотенциальное соединение

Необходимо обеспечить гальваническое соединение всех металлических элементов оборудования и вспомогательных устройств. Металлические

компоненты, связанные с рабочим местом, повышают риск поражения сварщика электрическим током, если он одновременно прикоснется к металлическим компонентам и электроду. Сварщик должен быть изолирован от всех металлических компонентов.

4. Заземление обрабатываемой детали

В случае, если обрабатываемая деталь не подключается к заземлению в целях электробезопасности или не соединяется с заземлением из-за ее размера и положения (например, когда деталь - это оболочка корабля или стальной каркас здания), подключение обрабатываемой детали к заземлению может уменьшить помехоэмиссию. Необходимо позаботиться, чтобы в случае заземления обрабатываемой детали не возникало риска для персонала или повреждения другого оборудования.

В том случае, когда это необходимо, подключение к земле должно быть сделано прямым присоединением к обрабатываемой детали, а в тех случаях, когда такое подсоединение недопустимо, должен использоваться подходящий конденсатор, выбранный в соответствии с национальными правилами.

5. Экранирование и защита

Выборочное экранирование и защита других кабелей и оборудования может снизить проблемы, связанные с помехами. В особых случаях допускается полное экранирование сварочного оборудования.

Порядок работы

Для проведения сварочных работ придерживайтесь приведенной ниже последовательности:

- с помощью потенциометров "Длительность сварки" и "Длительность паузы" выберите режим управления процессом сварки;
- с помощью переключателя (двух переключателей для ПДГ-351 УЗ.1) ступеней выходного напряжения регулирования напряжения, установите необходимый сварочный режим по напряжению;

- вращением ручки потенциометра регулировки скорости подачи подберите необходимую скорость подачи электродной проволоки (сварочный ток);
- для полуавтомата ПДГ-351 УЗ.1 контролируйте сварочный ток и напряжение на дуге с помощью измерительных приборов, расположенных на лицевой панели;
 - вращением ручек потенциометров "Вылет проволоки" и "Мягкий старт" установите необходимые значения времен;
 - откройте вентиль на баллоне с защитным газом и установите требуемый расход защитного газа;
 - управляйте процессом сварки при помощи кнопки на горелке. Разбрызгивание и эластичность сварочной дуги можно отрегулировать переключением силового кабеля, подключенного к изделию, между силовыми разъемами.

В процессе проведения сварочных работ следите за работой оборудования:

- шланговый пакет горелки не должен иметь резких перегибов, затрудняющих подачу электродной проволоки и приводящих к проскальзыванию проволоки в подающем механизме, перегреву электродвигателя механизма подачи и снижению качества сварочного шва.
- соблюдайте продолжительность включения полуавтомата (ПВ), чтобы не привести к перегреву силовых элементов полуавтомата (с сокращением срока службы полуавтомата).

Для защиты от перегрева силового трансформатора при неправильной эксплуатации в полуавтомате установлено термореле, размыкающая цепь управления. При перегреве срабатывает термореле и загорается индикатор "Перегрев". Дальнейшая работа возможна только после остывания обмоток трансформатора.

Своевременно очищайте сопло и токопроводящий наконечник горелки от застывших брызг металла, образующихся при сварке, препятствующих равномерному прохождению защитного газа, и приводящих к закорачиванию сопла с токоведущими частями горелки; Не допускайте попадания брызг расплавленного металла на соединительные провода и шланги, а также попаданию проводов и шлангов на разогретые части свариваемых металлоконструкций.

В случае прекращения сварки на длительный период закройте вентиль на баллоне с защитным газом, отключите сварочный выпрямитель от сети.

Техническое обслуживание

Все работы по техническому обслуживанию должны проводиться на полуавтомате, отключенном от питающей сети.

При ежедневном обслуживании необходимо:

- перед началом работы произвести внешний осмотр полуавтомата и устранить замеченные неисправности;

- проверить надежность контактных соединений;

- произвести чистку сопла (по мере загрязнения) мягким материалом;

Для повышения срока службы механизма подачи и улучшения стабильности подачи электродной проволоки (сварочного тока) необходимо не реже 1-го раза в неделю при одно- сменном режиме работы проводить профилактику трущихся частей механизма подачи.

Для этого для 2-х роликовых подающих устройств необходимо:

- вращением маховика ослабить усилие прижима рычага (вращение против часовой стрелки);

- откинуть прижимной рычаг;

- если электродная проволока заправлена в подающее устройство, смотать проволоку на кассету;

- раскрутить прижимной винт оси шестерни прижимного ролика, вынуть ось, извлечь шестерню с роликом из прижимного рычага;

- очистить подшипник скольжения шестерни и ось ветошью, смоченной в уайт-спирите;

- нанести на ось и во втулку подшипника скольжения шестерни прижимного ролика литиевую смазку с эффектом ревитализации;

Примечание. Возможно применение смазок ЦИАТИМ-221, ЛИТОЛ-24 и т.п.

- собрать узел прижимного ролика в обратном порядке;
- заправить электродную проволоку в подающее устройство. Для 4-х роликовых подающих устройств необходимо:

- вращением маховиков ослабить усилие прижима рычагов (вращение против часовой стрелки);

- откинуть прижимные рычаги;

- если электродная проволока заправлена в подающее устройство, смотать проволоку на кассету;

- аналогично, как и для 2-х роликовых приводов, провести профилактику узлов прижимных роликов;

- собрать узел прижимных роликов в обратном порядке;

- заправить электродную проволоку в подающее устройство;

При периодическом обслуживании не реже одного раза в месяц необходимо:

- очистить полуавтомат от пыли и грязи, для чего продуть сжатым воздухом и в доступных местах протереть чистой мягкой ветошью;

- проверить состояние электрических контактов и паек;

- подтянуть болтовые и винтовые соединения;

- произвести замену наконечника горелки, подающих ролика(-ков) в случае износа.

Данные характерных неисправностей и методы их устранения приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Характерные неисправности и методы их устранения

Наименование неисправности, внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
При нажатии кнопки на горелке срабатывает газовый клапан, пускатель, привод механизма подачи Дуга не зажигается	Отсутствие контакта сварочной цепи	Проверить надежность контактов сварочной цепи
При нажатии кнопки на горелке схема не работает. Дуга не зажигается	Срабатывание тепловой защиты	Не отключая полуавтомат от сети, дождаться, пока не погаснет индикатор "Перегрев"
	Выход из строя предохранителя	Заменить предохранитель
Сопло сварочной горелки находится под напряжением	Нарушение изоляции между наконечником и соплом	Удалить брызги металла, замыкающие наконечник и сопло
При сварке наблюдается неравномерная подача электродной проволоки	Недостаточный зажим электродной проволоки в подающем устройстве, чрезмерное усилие торможения	Отрегулировать усилие прижима проволоки и усилие торможения
	Заедание электродной проволоки в спирали или наконечнике сварочной горелки	Прочистить спираль, в случае чрезмерного износа наконечника – заменить новым

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были решены следующие задачи:

1. Разработана более рациональная схема электрического питания.
2. Рассчитаны мощности трансформаторов.
3. Определена величина электрических потерь.
4. Выбрано сечение кабелей и шин в соответствии с мощностью электрических нагрузок.

В ходе выполнения работы была проанализирована характеристика старого и нового оборудования, наглядно видно что оборудование устарело не только морально, но и технически . Методом расчёта упорядоченных диаграмм были рассчитаны электрические нагрузки, как отдельно для каждого электроприёмника, так и для группы и всей электроустановки цеха.

На основании этих расчётов были рассчитаны величины электрических потерь электроустановок. Так как оборудование выбранное для цеха имеет не только активную составляющую нагрузки, но и реактивную установлены компенсирующие устройства. Которые позволят компенсировать реактивную энергию, что в свою очередь повлияло на выбор силовых трансформаторов, то есть уменьшена их номинальная мощность до более низкого предела и тем самым снижена стоимость реконструкции цеха.

Также были рассчитаны и выбраны марки и сечения кабельных линий электроснабжения и на основании этих расчётов выбраны типы и марки аппаратов защиты электрических линий. Рассчитаны и выбраны автоматические выключатели для защиты электрооборудования от перегрузок и коротких замыканий, а также для не слишком частых коммутаций электрических цепей. Произведены расчеты по заземляющему устройству электроустановок. В результате заметно увеличилась мощность цеха за счёт внедрения нового более современного оборудования отвечающего всем требованиям нормативных документов для промышленности.

Разработано руководство по эксплуатации сварочного полуавтомата для дуговой сварки ПДГ-251 УЗ.1.

Все эти расчёты мне дали возможность разработки более рациональной схемы электрического снабжения цеха и его электроприемников, а также возможность разработки плана расстановки оборудования в цеху с учётом увеличения нагрузки цеха. Я считаю, что поставленную цель своей работы я достиг, а задачи работы выполнил.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев В. В. Металлургия Урала с древнейших времен до наших дней / В.В. Алексеев, Д.В. Гаврилов. - Москва: Наука, 2008. - 904 с.
2. Алиев И.И. Электротехнический справочник.-5-е изд. стереотип. - Москва: ИП РадиоСофт, 2010. -384с.
3. Александров Д.С. Надежность и качество электроснабжения предприятий — учебное пособие. -Ульяновск: УлГТУ, 2010-155с.
4. Бороздин И.В. Электроснабжение предприятий. Практикум. - Москва: «Дизайн ПРО», 2000. - 271 с.
5. Гуревич Ю.Е. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя / Ю.Е. Гуревич, К.В. Кабиков. - Москва: Торус Пресс, 2015. - 408 с.
6. Григорьев В.В. Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. Москва: « Энергоатомиздат», 2002. - 211с.
7. Инструкция по техническим характеристикам и обслуживанию полуавтомата для дуговой сварки ПДГ- 251, ОАО Электромашиностроительный завод. Симферополь: «Селма», 2012.- 24с.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин. - Москва: МЭИ, 2013. - 412 с.
9. Коробов Г. В. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учебное пособие / под общ. ред. Г. В. Коробова. – СПб. : Издательство «Лань», 2014. – 192 с.
10. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий / Э.А. Киреева. - Москва: КноРус, 2013. - 368 с.
11. Каталог продукции ИЕК [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.iek.ru/products/catalog> / (дата обращения 15.12.2017).

12. Каталог продукции ИТС-Урал [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ets-ural.ru/files/0/100486801448959764.pdf> / (дата обращения 16.12.2017).
13. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения. Справочные материалы по электрооборудованию - учебное пособие. -Томск: издательство ТПУ, 2006-248с.
14. Киреева Э.А., Орлов В.В. Электроснабжение цехов промышленных предприятий. -Москва: НТФ, Энергопрогресс, 2003. -120с.
15. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, с изм. и доп. – Москва: издательство НЦЭНАС, 2003. - 124с.
16. Назмеев Ю.Г. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. Москва: МЭИ, 2003. - 175 с.
17. Несенюк Т.А., Штин А.Н. Проектирование тяговых и трансформаторных подстанций: Методические указания к выполнению курсового проекта. - Екатеринбург: издательство УрГУПС, 2007. – 73 с.
18. Почаевец В.С. Автоматизированные системы управления устройствами электроснабжения. Учебник для колледжей и техникумов. – Москва: Маршрут, 2003. – 318с.
19. Правила устройства электроустановок. Минэнерго – Москва.: 7 издание, 2016. - 124 с.
20. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов и др.; под ред. И.П. Крюčkова и В.А. Старшинова. – 2-е изд. стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с.
21. Рождествина А.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий (для бакалавров) / А.А. Рождествина. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
22. Рекус Г.Г. Электрооборудование производства: Учебное пособие. - Москва: Высшая школа, 2005. – 709 с.

23. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. - 328 с.
24. Сербиновский Г.В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. – Москва: Энергия, 2012. – 576 с.
25. Сибикин Ю.Д., М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков «Электроснабжение промышленных предприятий и установок». – Москва: Высшая Школа, 2012.– 240 с.
26. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. / Основы электроснабжения. – Москва: Юрайт, 2016. – 173 с.
27. Фролов Ю.М. Основы электроснабжения: учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012.– 480 с.
28. Чернов Д.К. Избранные труды по металлургии и металлоснабжению / Д.К. Чернов. - Москва: Книга по Требованию, 2012. - 452 с.
29. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: Методическое пособие для курсового проектирования / В.П. Шеховцов. - Москва: Форум, 2012. - 214 с.
30. Шитин А.Н., Несенюк Т.А. Выбор оборудования распределительных устройств тяговых и трансформаторных подстанций: Методическое пособие для практический занятий, курсового и дипломного проектирования. – Екатеринбург.: Изд-во УрГУПС, 2009. – 67с.
31. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение объектов строительства — учебное пособие Ульяновск: УлГТУ, 2011. - 404с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

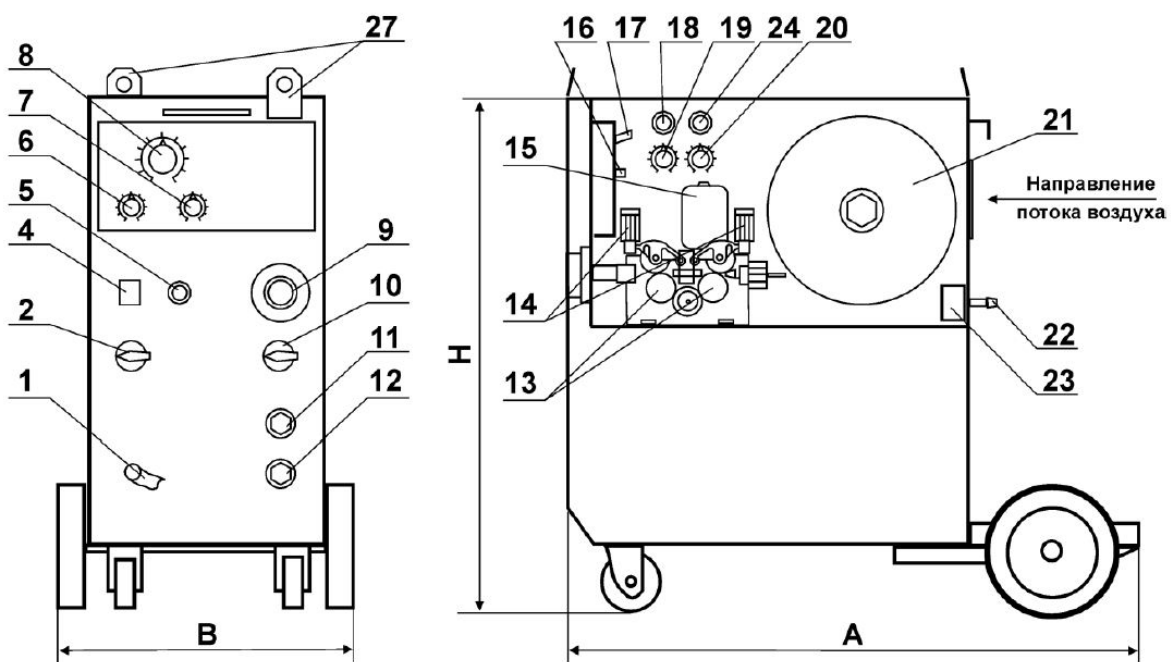


Рисунок А.1 - Общий вид, габаритные размеры и масса полуавтомата

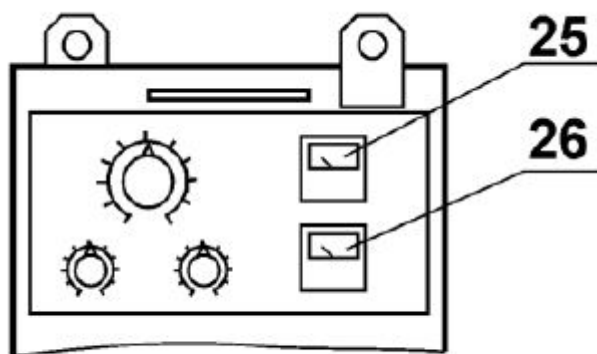


Рисунок А.2 - Приборная панель полуавтомата

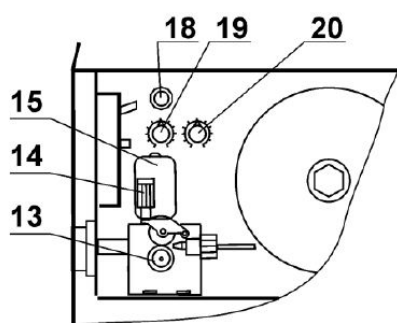


Рисунок А.3 Устройство сварки полуавтомата

1. Сетевой кабель;
2. Переключатель ступеней выходного напряжения “Плавно”;
4. Сетевой выключатель с индикатором “Сеть”;
5. Индикатор “Перегрев”;
6. Потенциометр регулирования длительности сварки;
7. Потенциометр регулирования длительность паузы;
8. Потенциометр регулирования скорости подачи;
9. Разъем для подключения горелки;
10. Переключатель ступеней выходного напряжения “Грубо” (только для ПДГ-351 УЗ.1 исп. -02, -03);
11. Силовой разъем “-” (I ступень сглаживающего дросселя);
12. Силовой разъем “-” (II ступень сглаживающего дросселя);
13. Сменный(-ые) ролик(-и);
14. Маховик(-и) регулирования усилия проталкивания проволоки;
15. Механизм подачи проволоки;
16. Кнопка “Тест газа”;
17. Переключатель “Работа / Наладка”;
18. Предохранитель (2 А - для ПДГ-251 УЗ.1, 10 А - для ПДГ-351 УЗ.1);
19. Потенциометр регулирования времени нарастания скорости подачи электродной проволоки от минимального до установленного значения (мягкий старт);
20. Потенциометр регулирования вылета проволоки после сварки;
21. Кассета;
22. Штуцер газового клапана;
23. Газовый клапан;
24. Предохранитель 10 А (только для ПДГ-351 УЗ.1 исп. -02, -03);
25. Амперметр (только для ПДГ-351 УЗ.1 исп. -03);
26. Вольтметр (только для ПДГ-351 УЗ.1 исп. -03);
27. Скобы для подъема грузозахватными устройствами.

Рисунок А.4 - Расшифровка сокращений

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

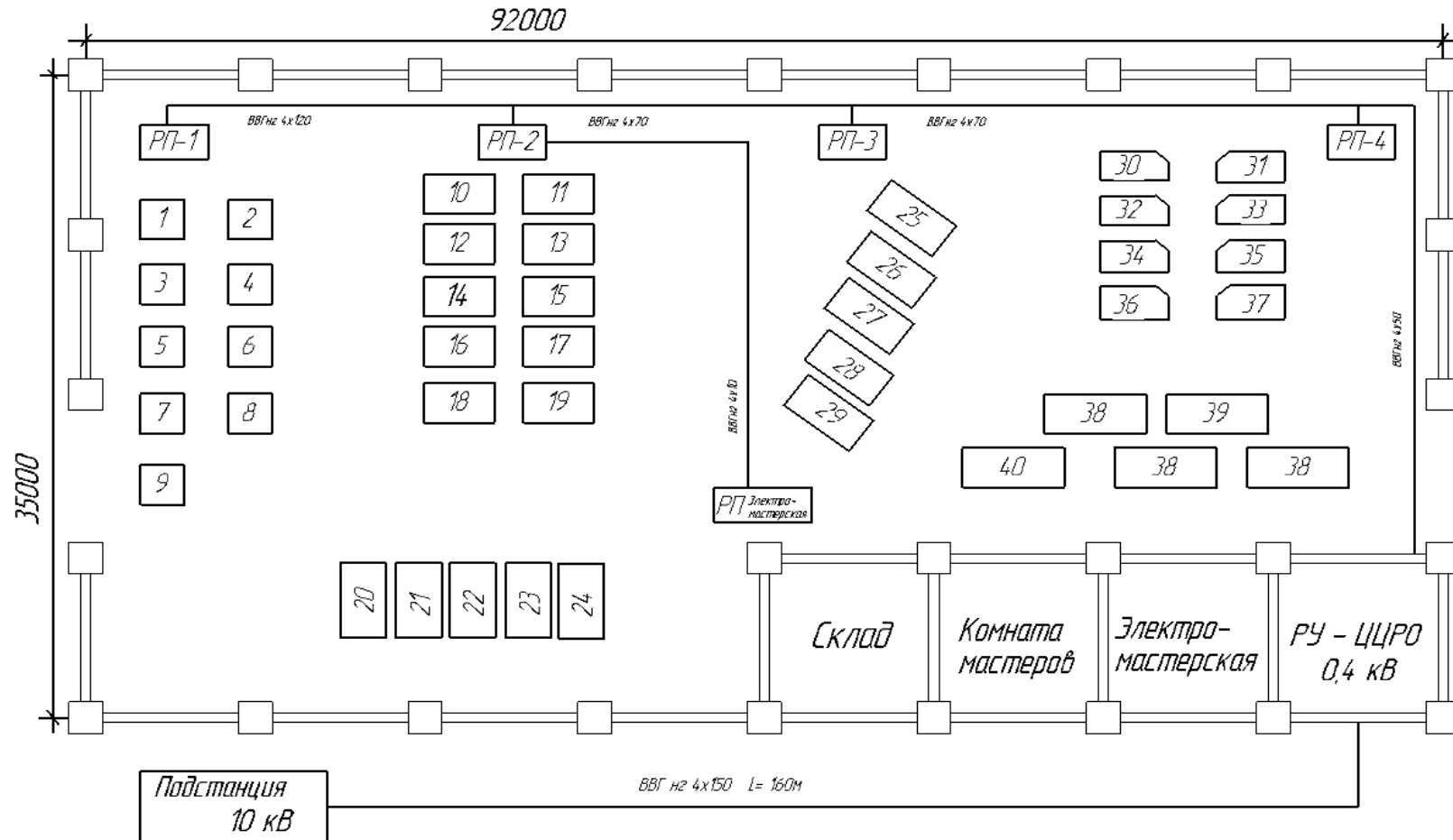


Рисунок Б.1 - Общий план цеха

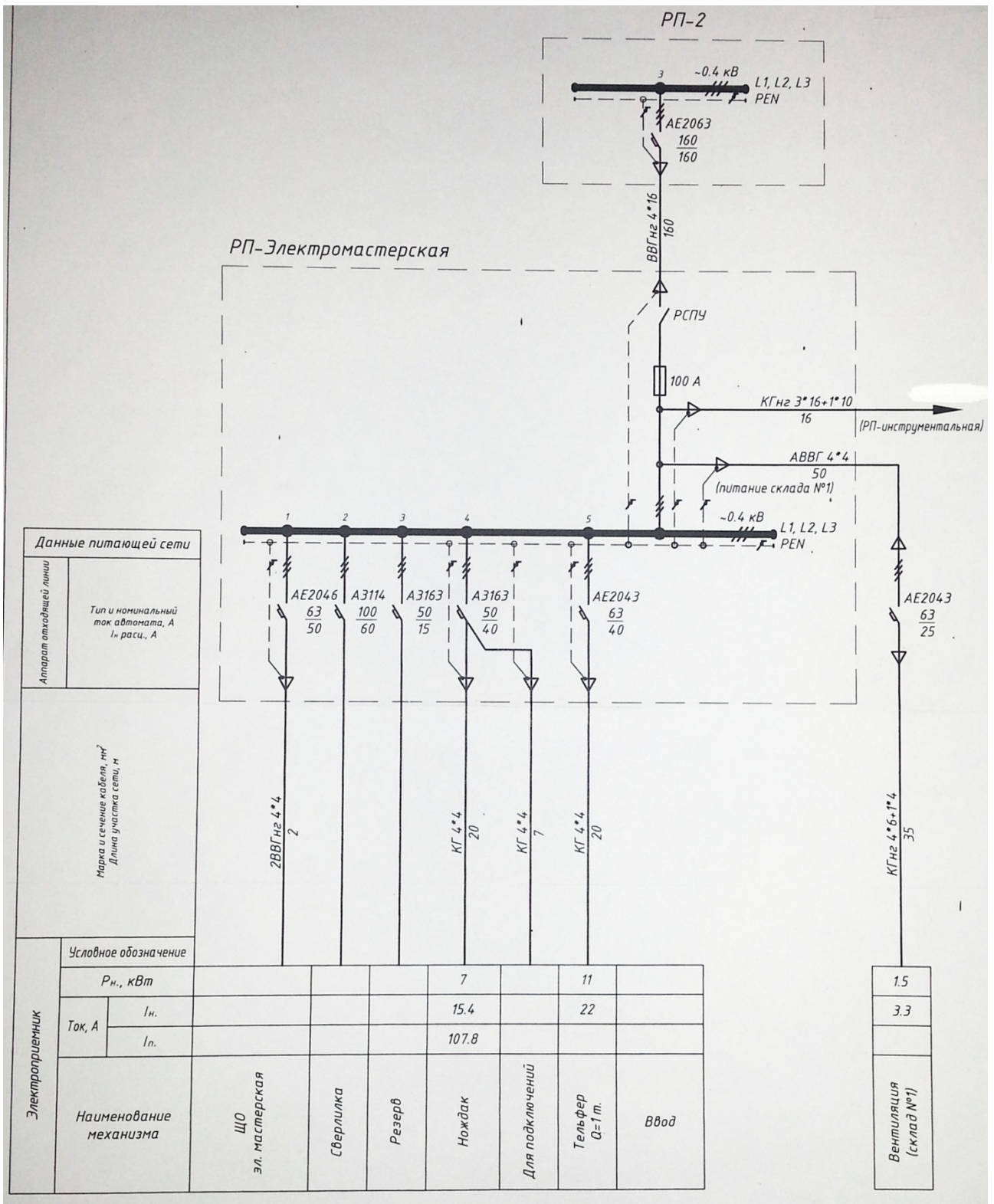


Рисунок Б.2. Схема электрическая принципиальная однолинейная РП2

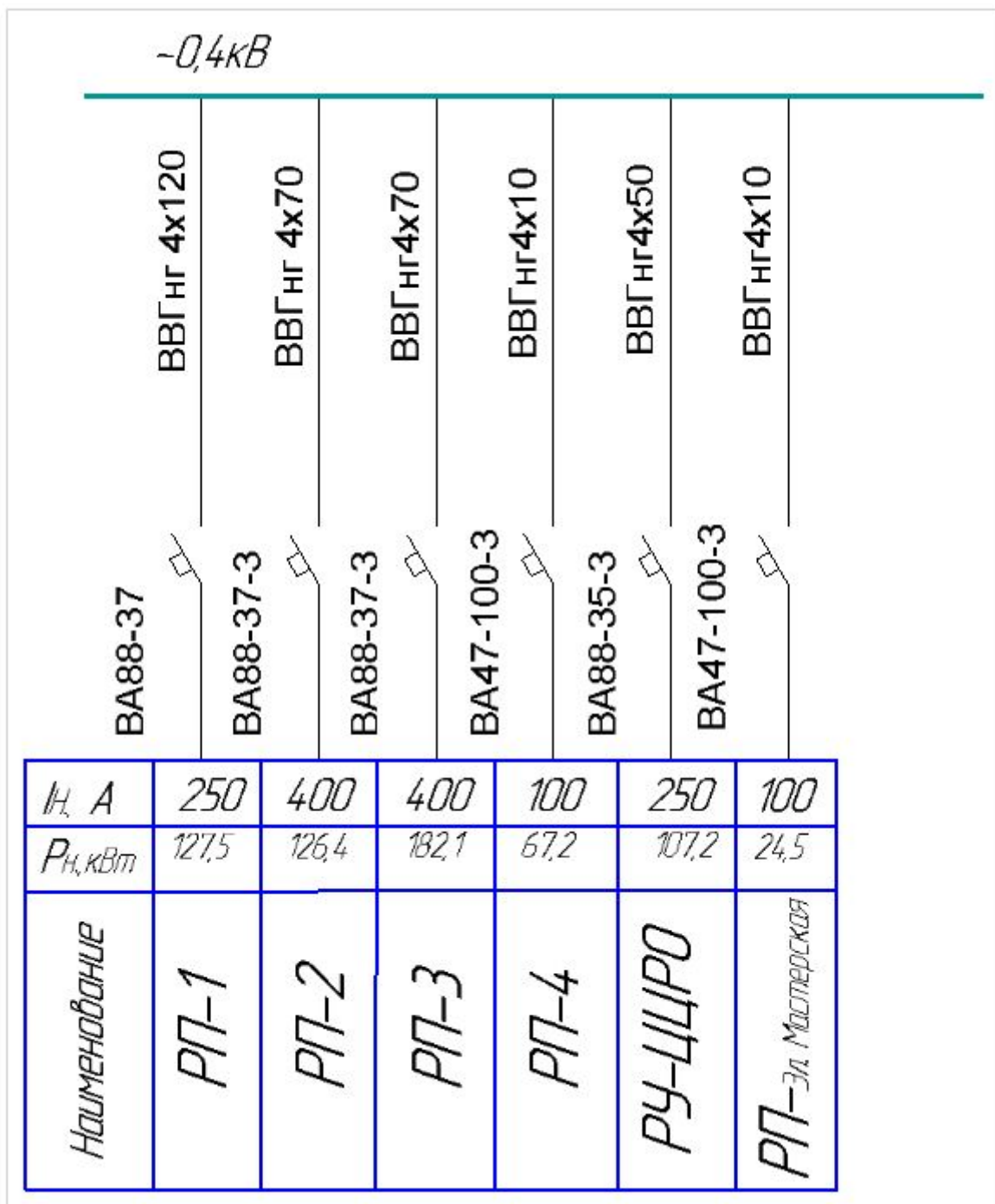


Рисунок Б.3 - Схема электрическая однолинейная цеха

Таблица Б.1-Сводная ведомость аппаратов защиты и кабельных линий

Кол-во	Тип аппарата	Напряжение, В	Номинальный ток аппарата, А	Номинальный расчётный ток, А	Ток уставки, А	Ток уставки к.з., А	Ток отключающий, кА	тип теплового реле, пускателя	пределы работы (ток)	Тип, марка кабеля
РП1										
Пресс горизонтальный насадочный модель 3938	ВА47-100-3	380	100	50	1,45	6	6			ВВГнг 4х6
Станок профилегибочный	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг4х2,5
Ножницы кривошипные модели Н-3121	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
Сварочный пост ВКСМ-1000 ПВ=75%	ВА88-35-3	380	250	160	10	25	35			ВВГнг 4х35
Комбинированные пресс-ножницы НВ5222 (ИБ-5222)	ВА47-29-3	380	63	6	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
Компрессор ГСВ-0,6/12	ВА47-29-3	380	63	6	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
Станок вертикально-сверлильный 2С132	ВА47-29-3	63	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
Кран мостовой 20/5т ПВ=40%	ВА88-32-3	380	125	100	10	12,5	25			ВВГнг 4х16
Вентиляция В1	ВА47-100-3	380	100	63	1,45	6	6	РТИ-1322, КМИ-22510	17,0-25,0	ВВГнг 4х10
Всего по РП-1	ВА88-37 с расцепителем МР211	380	400	250	3	35	35			ВВГнг 4х120
РП2										
Выпрямитель сварочный ВС-600с ПВ=75%	ВА88-32-3	380	125	100	10	12,5	25			ВВГнг 4х16
Выпрямитель сварочный ВДУ-506 ПВ=70%	ВА47-100	380	100	80	1,45	6	6			ВВГнг 4х10

продолжение таблицы Б.1

Кол-во	Тип аппарата	Напряжение, В	Номинальный ток аппарата, А	Номинальный расчётный ток, А	Ток уставки, А	Ток уставки к.з., А	Ток отключающий, кА	тип теплового реле, пускателя	пределы работы (ток)	Тип, марка кабеля
Полуавтомат дуговой сварки ПДГ-351 ПВ=70%	ВА47-29-3	380	63	40	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Установка микроплазменной резки МПУ-2	ВА47-29-3	380	63	50	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х6
Аппарат воздушно-плазменной резки "Мультиплаз 15000"	ВА47-29-3	380	63	40	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Компрессор АВАС В4900/100 СТ4 11бар	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
ЩО-3	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
РП - электромастерская	ВА47-100-3	380	100	63	1,45	6	6			ВВГнг 4х10
Щкаф для сушки электродов	ВА47-29-3	380	63	25	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
Всего по РП-2	ВА88-37-3	380	400	250	10	35	35			ВВГнг 4х70
РП-электромастерская										
ЩО-электромастерская	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Сверлилка	ВА47-29-3	380	63	13	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
Наждак	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
Тельфер 1т ПВ=25%	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
Вентиляция В2 (склад)	ВА47-29-3	380	63	4	1,45	6	4,5	РТИ-1308, КМИ-10910	2,5-4,0	ВВГнг 4х1,5
Всего по РП-электромастерская	ВА47-100-3	380	100	50	1,45	6	6			ВВГнг 4х10

РПЗ										
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

продолжение таблицы Б.1

Кол-во	Тип аппарата	Напряжение, В	Номинальный ток аппарата, А	Номинальный расчётный ток, А	Ток уставки, А	Ток уставки к.з., А	Ток отключающий, кА	тип теплового реле, пускателя	пределы работы (ток)	Тип, марка кабеля
Ножницы кривошипные модели АКНА-3225	ВА88-33-3	380	160	125	10	17,5	35			ВВГнг 4х25
Освещение РММ	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
ЩО-кладовая РММ	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
Вентиляция	ВА47-100-3	380	100	63	1,45	6	6	РТИ-1322, КМИ-22510	17,0-25,0	ВВГнг4х10
Вальцы ИБ 2424	ВА88-37-3	380	400	250	10	35	35			ВВГнг 4х70
Всего по РП-3	ВА88-37-3	380	400	250	10	35	35			ВВГнг 4х70
РП-4										
Трубогиб ИВ-3430	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Станок радиально-сверлильный ГС-545	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
Кран-балка 3,2т ПВ=40%	ВА47-29-3	380	63	16	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
Кран-балка 5т ПВ=40%	ВА47-29-3	380	63	25	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х2,5
ЩО-3 КСУ	ВА47-29-3	380	63	40	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Пила маятниковая (ПМ-400)	ВА47-29-3	380	63	10	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х1,5
Вентиляция ВЗ	ВА47-29-3	380	63	25	1,45	6	4,5	РТИ-1322, КМИ-22510	17,0-25,0	ВВГнг 4х2,5
Трубогиб ИВ-3430	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Всего по РП-4	ВА47-100-3	380	100	80	1,45	6	6			ВВГнг 4х10

РУ-ЦПРО										
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

окончание таблицы Б.1

Кол-во	Тип аппарата	Напряжение, В	Номинальный ток аппарата, А	Номинальный расчётный ток, А	Ток уставки, А	Ток уставки к.з., А	Ток отключающий, кА	тип теплового реле, пускателя	пределы работы (ток)	Тип, марка кабеля
Машина листогибочная 3-х валковая ЛВ16-2000	ВА47-100-3	380	100	80	1,45	6	6			ВВГнг4х10
Выпрямитель сварочный ВДМ-1202 ПВ=70%	ВА88-33-3	380	160	125	10	17,5	35			ВВГнг 4х25
Пресс-ножницы Н-478	ВА47-100-3	380	100	63	1,45	6	6			ВВГнг4х10
Освещение УОМ	ВА47-29-3	380	63	32	1,45	6	4,5			ВВГнг 4х4
Всего РУ-ЦПРО	ВА88-35-3	380	250	200	5	25	35			ВВГнг 4х50

Таблица Б.2 - Сводная ведомость нагрузок ЦЦРО

Наименование РУ и электроприёмников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену							Нагрузка максимальная			
	$P_{н}, \text{кВт}$	n	$P_{н\Sigma}, \text{кВт}$	$K_{н}$	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$	m	$P_{см}, \text{кВт}$	$Q_{см}, \text{квар}$	$S_{см}, \text{кВА}$	$n\Delta$	$K_{м}$	$K_{м}^{\wedge}$	$P_{м}, \text{кВт}$	$Q_{м}, \text{квар}$	$S_{м}, \text{кВА}$	$I_{м}, \text{А}$	
РП1																		
Пресс горизонтальный насадочный модель 3938	21,1	1	21,1	0,17	0,65	1,17		3,59	4,20	5,52								
Станок профилегибочный	7	1	7	0,17	0,65	1,17		1,19	1,39	1,83								
Ножницы кривошипные модели Н-3121	7	1	7	0,17	0,65	1,17		1,19	1,39	1,83								
Сварочный пост ВКСМ-1000 ПВ=75%	76/22,25	1	22,25	0,25	0,35	2,67		5,56	14,85	15,86								
Комбинированные пресс-ножницы НВ5222 (ИБ-5222)	2,2	1	2,2	0,17	0,65	1,17		0,37	0,44	0,58								
Компрессор ГСВ-0,6/12	2,2	1	2,2	0,7	0,8	0,75		1,54	1,16	1,93								
Станок вертикально-сверлильный 2С132	4,5	1	4,5	0,14	0,5	1,73		0,63	1,09	1,26								
Кран мостовой 20/5т ПВ=40%	61,5/38,9	1	38,9	0,1	0,5	1,73		3,89	6,73	7,77								
Вентиляция В1	22	1	22	0,6	0,8	0,75		13,20	9,90	16,50								
Всего по РП-1		9	127,15	0,25	0,59	1,32	18	31,16	41,15	53,08	7	1,95	1,10	60,77	45,26	75,77	115,12	
РП2																		
Выпрямитель сварочный ВС-600с ПВ=75%	47/15,1	1	15,1	0,25	0,35	2,67		3,78	10,08	10,76								
Выпрямитель сварочный ВДУ-506 ПВ=70%	40/11,71	1	11,71	0,25	0,35	2,67		2,93	7,82	8,35								
Полуавтомат дуговой сварки ПДГ-351 ПВ=70%	17/8,53	2	17,06	0,2	0,6	1,33		3,41	4,54	5,68								
Установка микроплазменной резки МПУ-2	20	1	20	0,14	0,5	1,73		2,80	4,84	5,60								
Аппарат воздушно-плазменной резки "Мультиплаз 15000"	15	1	15	0,14	0,5	1,73		2,10	3,63	4,20								
Компрессор АВАС В4900/100 СТ4 11бар	3	1	3	0,7	0,8	0,75		2,10	1,58	2,63								

продолжение таблицы Б.2

Наименование РУ и электроприёмников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену							Нагрузка максимальная		
	P_n , кВт	n	$P_{н\sum}$, кВт	K_n	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	m	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, квар	$S_{см}$, кВА	$n\Theta$	K_m	K_m'	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВА	I_m , А
ЩО-3	10	1	10	0,85	0,95	0,33		8,50	2,81	8,95							
РП - электромастерская	24,5	1	24,5	0,50	0,83	0,61		12,25	7,47	14,35							
Шкаф для сушки электродов	10	1	10	0,75	0,95	0,33		7,50	2,48	7,90							
Всего по РП-2		10	126,37	0,36	0,66	1,00	8	45,36	45,24	68,40	10	1,53	1,10	69,41	49,76	85,40	129,76
РП-электромастерская																	
ЩО-электромастерская	10	1	10	0,85	0,95	0,33		8,50	2,81	8,95							
Сверлилка	3	1	3	0,14	0,5	1,73		0,42	0,73	0,84							
Наждак	5	1	5	0,6	0,8	0,75		3,00	2,25	3,75							
Тельфер 1т ПВ=25%	11/5,5	1	5,5	0,1	0,5	1,73		0,55	0,95	1,10							
Вентиляция В2 (склад)	1	1	1	0,6	0,8	0,75		0,60	0,45	0,75							
Всего по РП-электромастерская		5	24,5	0,53	0,85	0,55	10	13,07	7,18	15,39	5	1,52	1,10	19,87	7,90	21,38	32,48
РП3																	
Ножницы кривошипные модели АКНА-3225	53,1	1	53,1	0,17	0,65	1,17		9,03	10,56	13,89							
Освещение РММ	10	1	10	0,85	0,95	0,33		8,50	2,81	8,95							
ЩО-кладовая РММ	1	1	1	0,85	0,95	0,33		0,85	0,28	0,90							
Вентиляция	22	1	22	0,6	0,8	0,75		13,20	9,90	16,50							
Вальцы ИБ 2424	96	1	96	0,17	0,65	1,17		16,32	19,09	25,12							
Всего по РП-3		5	182,1	0,26	0,73	0,89	10	47,90	42,64	65,36	2	2,80	1,10	134,11	46,91	142,08	215,86
РП-4																	
Трубогиб ИВ-3430	11	1	11	0,17	0,65	1,17		1,87	2,19	2,88							
Станок радиально-сверильный ГС-545	4,3	1	4,3	0,14	0,5	1,73		0,60	1,04	1,20							
Кран-балка 3,2т ПВ=40%	9,2/5,82	1	5,82	0,1	0,5	1,73		0,58	1,01	1,16							
Кран-балка 5т ПВ=40%	12,7/8,03	1	8,03	0,1	0,5	1,73		0,80	1,39	1,60							
ЩО-3 КСУ	16	1	16	0,85	0,95	0,33		13,60	4,49	14,32							
Пила маятниковая (ПМ-400)	2,2	1	2,2	0,14	0,5	1,73		0,31	0,53	0,62							
Вентиляция В3	8,85	1	8,85	0,6	0,8	0,75		5,31	3,98	6,64							
Трубогиб ИВ-3430	11	1	11	0,17	0,65	1,17		1,87	2,19	2,88							
Всего по РП-4		8	67,2	0,37	0,80	0,67	5	24,95	16,82	31,30	8	1,60	1,10	39,91	18,50	43,99	66,84
РУ-ЦЦРО																	
Машина листогибочная 3-х валковая ЛВ16-2000	28	2	56	0,17	0,65	1,17		9,52	11,14	14,65							

окончание таблицы Б.3

Наименование РУ и электроприёмников	Нагрузка установле нная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузк а макс Мальная			
Выпрямитель сварочный ВДМ-1202 ПВ=70%	58,9/17,24	1	17,24	0,25	0,35	2,67		4,31	11,51	12,29							
Пресс-ножницы Н-478	22	1	22	0,17	0,65	1,17		3,74	4,38	5,76							
Освещение УОМ	12	1	12	0,85	0,95	0,33		10,20	3,37	10,74							
Всего РУ-ЦЦРО		5	107,24	0,26	0,64	1,09	5	27,77	30,39	43,44	4	2,39	1,10	66,37	33,43	74,31	112,91
Всего на ШНН					0,88	0,52		177,14	176,23	261,57				370,57	193,85	421,56	640,49
Потери														8,43	42,16	42,99	
Всего ВН														379,00	236,01	464,55	