

В.А.Карматских

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
КОМПЛЕКТНОЙ  
ТРАНСФОРМАТОРНОЙ  
ПОДСТАНЦИИ,  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО  
УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ  
6/0,4 КВ**

Екатеринбург  
РГПУ  
2017

**Карматских В.А.**

**Проект внешнего электроснабжения комплектной трансформаторной подстанции, распределительного устройства 6/0,4 кВ:** бакалаврская работа, профиля подготовки «Энергетика» /В.А.Карматских. – Екатеринбург: РГППУ, 2017. – 106 с.

В работе выполнен проект системы внешнего электроснабжения комплектной трансформаторной подстанции, распределительного устройства напряжением 6/0,4 кВ, кабельной линии, рассмотрены конструктивные решения по комплектации КТП. Произведен расчет токов короткого замыкания и релейной защиты и выбор параметров электрооборудования подстанции. Представлены конструктивные решения размещения электрооборудования КТП и прокладки кабельной линии 6 кВ. Выполнен расчёт и представлено конструктивное решение заземляющего устройства. Разработана инструкция по монтажу трансформатора ТСЗН. Рассмотрены условия безопасного проведения работ в электроустановках, а также вредные и опасные производственные факторы.

Выполнен расчёт стоимости строительства.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	2
1 Характеристика объекта электроснабжения.....	4
2 Расчёт электрических нагрузок аффинажного корпуса. Выбор числа и мощности питающих трансформаторов .....	10
2.1 Приведение мощностей трехфазных электроприемников к длительному режиму .....	12
2.2 Приведение однофазных нагрузок к условной трехфазной мощности и длительному режиму.....	14
2.3 Распределение нагрузок по секциям шин .....	14
2.4 Сводная ведомость нагрузок.....	16
3 Выбор трансформаторной подстанции .....	18
4 Выбор оборудования комплектной трансформаторной подстанции .....	24
4.1 Расчет силовых электрических сетей .....	24
4.2 Расчет токов короткого замыкания .....	27
4.3 Расчет и выбор силовых выключателей.....	29
4.3.1 Выбор выключателей 6 кВ .....	35
5 Расчет заземляющего устройства.....	39
6 Экологическая безопасность и охрана труда.....	42
7 Определение стоимости строительства .....	48
8 Разработка инструкции по монтажу трансформатора.....	51
Заключение .....	59
Список использованных источников .....	62
Приложения .....	65

## ВВЕДЕНИЕ

При проектировании электрических сетей должны решаться задачи по снижению потерь электроэнергии в сетях, равномерному распределению нагрузок в течение суток, повышению пропускной способности линий электропередачи, экономии прироста установленной мощности [1, с.68].

Преувеличение проектируемых нагрузок по сравнению с реально возникающими нагрузками при эксплуатации сетей ведет к перерасходу материала для проводников и неоправданным затратам, вложенным в избыточную мощность электрооборудования. Преуменьшение - к излишним потерям мощности в сетях, перегреву, повышенному износу и сокращению срока эксплуатации электрооборудования [15, с.31].

Корректное определение электрических нагрузок обеспечивает правильный выбор средств компенсации реактивной мощности, устройств регулирования напряжения, а также релейной защиты и автоматики электрических сетей.

*Объектом исследования* является внешнее электроснабжение подстанции КТП РУ 6/0,4 кВ.

*Предметом исследования* является внешнее электроснабжение, электрооборудование подстанции КТП РУ 6/0,4 кВ.

*Цель* выпускной квалификационной работы (далее ВКР) проектирование системы внешнего электроснабжения комплектной трансформаторной подстанции, распределительного устройства напряжением 6/0,4 кВ, кабельной линии, выбор конструктивных решений.

В процессе выполнения ВКР необходимо решить следующие задачи:

- произвести расчет токов короткого замыкания и релейной защиты;
- определиться с выбором параметров электрооборудования подстанции;

- представить конструктивные решения размещения электрооборудования КТП и прокладки кабельной линии 6 кВ;
- выполнить расчёт и представить конструктивное решение заземляющего устройства;
- выполнить укрупнённый расчёт стоимости строительства;
- представить мероприятия по безопасности при работе в электроустановках, рассмотреть вредные и опасные производственные факторы.

При разработке ВКР должны учитываться требования «Методических указаний к выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиля подготовки «Энергетика» [9, с.15].

## **1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Данные для расчетов в ВКР применены из реального функционирующего аффинажного корпуса (далее АК) металлургического предприятия.

Предприятие оказывает полный комплекс работ по аффинажу, переработке и изготовлению промышленных изделий из золота, серебра и металлов платиновой группы.

Технологическое назначение АК: полный комплекс работ по аффинажу, переработке и изготовлению промышленных изделий из золота, серебра и металлов платиновой группы.

Использование современного технологического оборудования собственного изготовления и ведущих мировых производителей, а так же уникальные технологии, не имеющих аналогов в мировой практике, позволяют решать задачи по переработке любых видов сырья, содержащих драгоценные металлы с получением стандартной продукции (слитков, гранул и порошков аффинированных металлов) или любой продукции технического назначения.

АК – потребитель II категории надёжности, общая площадь цеха 10000 м<sup>2</sup> (400х25х10,08).

Стены здания – кирпичные, кровля – мягкая, полы – бетонные.

Основные потребители электроэнергии плавильные печи, прокатные станы, вязальные машины, сварочное оборудование, вентиляционные и осветительные установки. Перерыв в электроснабжении приводит к недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов, нарушению нормальной деятельности предприятия.

График работы круглосуточный.

Перечень электрооборудования корпуса представлен по участкам и отделениям в приложении А.

В зависимости от выполняемых функций, возможностей обеспечения схемы питания от энергосистемы, величины и режимов потребления электроэнергии и мощности, особенностей правил пользования электроэнергией

потребителей электроэнергии принято делить на следующие основные группы:

- промышленные и приравненные к ним;
- производственные сельскохозяйственные;
- бытовые;
- общественно-коммунальные (учреждения, организации, предприятия торговли и общественного питания и др.).

К промышленным потребителям приравнены следующие предприятия: производственные и строительные предприятия, транспорта, шахты, рудники, карьеры, нефтяные, газовые и другие промыслы, связи, коммунального хозяйства и бытового обслуживания.

Промышленные потребители являются наиболее энергоемкой группой потребителей электрической энергии.

Наше предприятие относится к группе промышленных потребителей.

Электроснабжение предприятия осуществляется от головной подстанции ПС 110/10 кВ (далее ГПП).

На подстанции предприятия установлены два силовых трансформатора 110/6 кВ типа ТДН-10000 кВА. Внешнее электроснабжение ГПП выполнено от двух воздушных линий 110 кВ гарантирующего поставщика через линейные разъединители (ЛР) и отделители (ОД).

Нормальная схема электроснабжения – оба трансформатора в работе. Граница балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности определена на выходе провода из натяжного зажима портальной оттяжной гирлянды изолятора на ОРУ-110кВ. План объекта с указанием размещения подстанций, воздушных и кабельных линий представлен на рисунке приложения В.

Функционирует автоматизированная система коммерческого учёта электрической энергии (АСКУЭ). На ГПП 110/6 кВ в ЗРУ 6 кВ функционирует система АСКУЭ с ОАО «МРСК-Урала» и ОАО «Свердловэнергосбытом», потребителями.

Коммерческий учёт электрической энергии (мощности) обеспечивает:

- автоматический сбор данных коммерческого учёта потребления (отпуска) электроэнергии по каждой точке (группе) учёта на заданных коммерческих интервалах 30 мин;
- хранение параметров учёта в базе данных;
- многотарифный учёт потребления (отпуска) электроэнергии;
- контроль соблюдения лимитов энергопотребления;
- вывод расчётных параметров на терминал и передачу макетированных данных сбытовой организации;
- ведение единого системного времени с возможностью его корректировки.

Учет электрической энергии и мощности для подключения проектируемых высоковольтных ячеек (2 шт.) выполняем на базе трансформаторов тока ТОЛ-10-1 с классом точности 0,5 Ктт = 100/5, трансформаторов напряжения НТМИ-6 с классом точности 0,5 Ктн = 6000/100 и счетчиков СЭТ-4ТМ.02М.07 классом точности 0,5S/1,0, программное обеспечение используем существующее.

Понятие ценовой категории электроэнергии введено с 1 января 2012 года. Ценовые категории электроэнергии - это тарифы на электроэнергию для предприятий. Всего существует 6 ценовых категорий электроэнергии.

Применение АСКУЭ позволит выбрать оптимальную тарифную ставку, что уменьшит затраты на электроэнергию до 30%.

**Применение 5 и 6 ценовых категорий электроэнергии позволит приобрести электрическую энергию и мощность по цене покупки с оптового рынка электроэнергии увеличенную на процент сбытовой надбавки.**

Передачу макетированных данных в энергосбытовую организацию осуществляем по оптоволоконным каналам связи.



Напряжение 6 кВ по кабельным сетям подаётся на заводские понижающие подстанции 6/0,4 кВ. Трансформаторные подстанции расположены вблизи корпусов – КТПН, в корпусах – КТП.

В точках присоединения проектируемой системы внешнего электропитания АК к существующим ячейкам КРУ используем выключатели ВМГ-10-630-20.

В состав АК входят следующие участки: аффинаж драгметаллов, участок электролиза в растворах солей, отделение электролитической активации сетки, отделения грубого и горячего волочения, участок тонкого волочения, ткацкое и вязальное отделения, участок термодарной проволоки, участок обогащения бедных соров и штамповки, рамповая, фильерная, термический участок, лаборатория, отделение обработки промстоков и газоочистка, склад металлов, участок разделки тары, электроремонтный и ремонтно-механический участки, прачечная. Для создания нормальных условий по охране труда и пожарной безопасности для работающих, цех оборудуем осветительной аппаратурой, вентиляционными установками, установками пожаротушения.

По технологическому назначению приемники электроэнергии классифицируются в зависимости от вида энергии, в который данный приемник преобразует электрическую энергию: электродвигатели приводов машин и механизмов, электротермические установки, электрохимические установки, установки электроосвещения, установки электростатического и электромагнитного поля, электрофильтры, устройства искровой обработки, устройства контроля и испытания изделий (рентгеновские аппараты, установки ультразвука и т.д.).

Для выполнения технологического цикла в отделениях и участках АК устанавливаем оборудование согласно приложения А: реакторы, шкафы сушильные, насосное оборудование, электролизные установки, станки металлоторкающие и проволочно-волочильные, машины вязальные, прессовое оборудование, волочильные станы, печи, оборудование газоочистки.

Электроприёмники классифицируются по напряжению, роду тока, мощности, режиму работы.

По напряжению электроприемники различают на низковольтные и высоковольтные. Низковольтные – работают на напряжении до 1000В, высоковольтные – на напряжении выше 1000В. Все электрооборудование механического цеха относится к низковольтным электроприемникам, так как работают на напряжении 220В и 380В.

По роду тока различают электроприемники, работающие от:

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

Электроснабжение оборудование АК осуществляется переменным током, напряжением до 0,4 кВ с промышленной частотой 50 ГЦ.

Мощность электроприемников задана техническим паспортом завода-изготовителя.

Для силовых электроприемников различают три режима работы: длительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

При работе в длительном режиме достигается тепловое равновесие и устанавливается определенная температура электроприемника.

Кратковременный режим характеризуется тем, что после кратковременного включения и нагревания электроприемника его температура за период последующей паузы понижается до температуры окружающей среды.

Наконец, повторно-кратковременный режим (ПКР), в ходе которого период включения длительностью  $t_v$  чередуется с паузой продолжительностью,  $t_n$  так же как и длительный режим, приводит к постепенному нагреванию электроприемника до установившейся температуры. Однако процесс нагревания в этом случае по сравнению с длительным режимом при той же нагрузке замедляется, и установившийся перегрев снижается. Величиной, характеризующей ПКР, является продолжительность включения (ПВ).

Часто ПВ определяют в процентах, т.е.  $PВ\% = PВ100$ . Установлены четыре стандартных значения ПВ, на которые выпускается электрооборудование: 15, 25, 40, 60%. Длительность цикла при ПКР не должна превышать 10 мин.

Значение  $PВ = 1$  (или 100%) соответствует длительному режиму.

В АК в длительном режиме работают:

- станки: сверлильный, шлифовальный, точильный, фрезерный, токарный, металлорежущий, проволочно-волочильный, вязальные машины;
- прессовое оборудование, стан волочильный и цветной;
- термическое оборудование: печи СВЧ, печь Суол, печь дуговая, печь вакуумная, сушильные шкафы;
- электролизные ванны;
- насосное оборудование;
- вентиляционные установки.

В повторно-кратковременном режиме работают:

- грузоподъемные механизмы: кран-балка, таль электрическая, кран мостовой;
- машины для сварки DST, BMS;
- трансформатор сварочный;
- устройство для съема бухт UDEN350.

В длительном режиме к однофазному оборудованию относится осветительная аппаратура.

Электроприемники, функционирующие в кратковременном режиме в АК, отсутствуют, так как на предприятии организовано серийное производство.

## **2 РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК АФФИНАЖНОГО КОРПУСА. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ПИТАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Электроприёмники АК относятся к потребителям II категории надежности. Электроприемники II категории – электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. Согласно ПУЭ, эти электроприемники рекомендуется обеспечивать питанием от двух независимых источников, взаимно резервирующих друг друга, для них допустимы перерывы на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады [12, с.17].

Допускается питание электроприемников II категории по одной воздушной линии, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 суток допускается питание по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату. При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены неисправного трансформатора за время не более 1 суток допускается питание от одного трансформатора.

Поэтому для каждой подстанции определяем установку двух силовых трансформаторов с двумя секциями шин.

Для потребителей первой и второй категории применяются только секционированные схемы при помощи разъединителя или выключателя. Каждая секция РП питается отдельной линией. Если одна из питающих линий отключается и питаемая ее секция обесточивается, то ее питание восстанавливается путем включения секционного аппарата.

Расчет электрических нагрузок проводим методом коэффициента максимума (упорядоченных диаграмм) [4, с.5]. Это основной метод расчета

электрических нагрузок, который сводится к определению максимальных расчетных нагрузок группы электроприемников:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} P_{\text{см}}, \quad (1)$$

$$Q_{\text{м}} = K'_{\text{м}} Q_{\text{см}}, \quad (2)$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{м}}$  – максимальная активная нагрузка, *кВт*;

$Q_{\text{м}}$  – максимальная реактивная нагрузка, *кВар*;

$S_{\text{м}}$  – максимальная полная нагрузка, *кВА*;

$K_{\text{м}}$  – коэффициент максимума активной нагрузки,

$K'_{\text{м}}$  – коэффициент максимума реактивной нагрузки,

$P_{\text{см}}$  – средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену, *кВт*;

$Q_{\text{см}}$  – средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную смену, *кВар*.

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} P_{\text{н}},$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования электроприемников, определяем на основании опыта эксплуатации и по [3, табл. 4],

$P_{\text{н}}$  – номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, без учета резервных электроприемников, *кВт*;

$\operatorname{tg} \varphi$  – коэффициент реактивной мощности.

Коэффициент максимума активной нагрузки определяем по таблицам (графикам) [4, таблица 5]:

$$K_{\text{м}} = F(K_{\text{и}}, n_{\text{э}}),$$

где  $n_{\text{э}}$  – эффективное число электроприемников, которое определяем по упрощенным вариантам [4, таблица 4],

$$n_{\text{э}} = F(n, m, K_{\text{и.ср}}, P_{\text{н}}), \quad (4)$$

где  $K_{\text{и.ср}}$  – средний коэффициент использования группы электроприемников

$$K_{cp} = \frac{P_{cm.\Sigma}}{P_{n.\Sigma}}, \quad (5)$$

где  $n$  – фактическое число электроприемников в группе,

$m$  – показатель силовой сборки в группе,

$$m = \frac{P_{n.nб}}{P_{n.нм}}, \quad (6)$$

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

В соответствии с практикой проектирования принимаем [4, таблица 4]:

$$K'_m = 1,1 \text{ при } n_{\phi} \leq 10,$$

$$K'_m = 1 \text{ при } n_{\phi} > 10.$$

Разбиваем все электроприемники на группы.

Для АК осветительные установки являются 1-фазной нагрузкой ДР, кран-балка, кран мостовой, таль электрическая является нагрузкой 3-фазной ПКР (ПВ=40%), машина для сварки, устройство для снятия бухт является нагрузкой 3-фазной ПКР (ПВ=25%), трансформатор сварочный является нагрузкой 3-фазной ПКР (ПВ=25%).

Все остальные приемники относятся к нагрузке 3-фазной ДР.

Технические данные по электроприемникам сводим в таблицу приложения А для дальнейших расчетов.

## 2.1 Приведение мощностей трехфазных электроприемников к длительному режиму

$$P_n = P_n - \text{для электроприемников ДР,}$$

$$P_n = P_n \sqrt{ПВ} - \text{для электроприемников ПКР,}$$

$$P_n = S_{II} \cos \varphi \sqrt{ПВ} - \text{для сварочных трансформаторов ПКР,}$$

$$P_n = S_{II} \cos \varphi S_{II} - \text{для трансформаторов ДР,}$$

где  $P_n$ ,  $P_{II}$  – приведенная и паспортная активная мощность, кВт;

$S_{\Pi}$  – полная паспортная мощность,  $\text{кВА}$ ;

$\Pi В$  – продолжительность включения, *отн. ед.*

*Приведенная мощность для электроприемников ДР:*

- станок фрезерный ВМ130М  $P_H = P_{\Pi} = 5\text{кВт}$ ,
- станок токарный ТШЗ-01  $P_H = P_{\Pi} = 0,37\text{кВт}$ ,
- реактор титановый 200  $P_H = P_{\Pi} = 3,5\text{кВт}$ ,
- кислотная газоочистка  $P_H = P_{\Pi} = 21\text{кВт}$ ,
- фильтрующий аппарат АОУМ-1000  $P_H = P_{\Pi} = 2,2\text{кВт}$ ,
- котел электрический  $P_H = P_{\Pi} = 10\text{кВт}$ ,
- каток гладильный  $P_H = P_{\Pi} = 23,2\text{кВт}$ ,
- машина стиральная  $P_H = P_{\Pi} = 32,2\text{кВт}$ ,
- насос ХЦМЗ/25  $P_H = P_{\Pi} = 2,2\text{кВт}$ ,
- фильтр модульный МДВ  $P_H = P_{\Pi} = 0,2\text{кВт}$ ,
- центрифуга  $P_H = P_{\Pi} = 3\text{кВт}$ ,
- вентилятор ВР-86-77-2,5  $P_H = P_{\Pi} = 0,55\text{кВт}$ .
- и так далее для электроприемников ДР.

*Приведенная мощность для электроприемников ПКР:*

- таль электрическая ТЭ100  $P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 1,68 \cdot \sqrt{0,4} = 1,06\text{кВт}$ ,
- кран мостовой  $P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 7,5 \cdot \sqrt{0,4} = 4,74\text{кВт}$ ,
- кран-балка  $P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 2,2 \cdot \sqrt{0,4} = 1,4\text{кВт}$ ,
- лифт 1001Щ  $P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 35,9 \cdot \sqrt{0,4} = 22,7\text{кВт}$ ,
- устройство для съема бухт UDEN350

$$P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 0,63 \cdot \sqrt{0,4} = 0,4\text{кВт},$$

- установка сварки  $P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 1,0 \cdot \sqrt{0,25} = 0,5\text{кВт}$ ,
- машина для сварки DST А  $P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{\Pi В} = 1,0 \cdot \sqrt{0,25} = 0,5\text{кВт}$

и так далее для электроприемников ПКР.

*Приведенная мощность для сварочного трансформатора ПКР:*

– трансформатор сварочный

$$P_H = S_{II} \cos \varphi \sqrt{PIB} = 8,8 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,25} = 2,2 \text{ кВт}.$$

## 2.2 Приведение однофазных нагрузок к условной трехфазной мощности и длительному режиму

Осветительные установки

Нагрузку осветительной установки определяем методом удельной мощности.

$$P_{oy} = P_{y\partial} \cdot S_{\text{ц}} \cdot K_{co}, \quad (7)$$

$$P_{oy} = 15 \times 10^{-3} \times 10000 \times 0,95 = 143 \text{ кВт},$$

где  $P_{y\partial}$  – удельная расчетная мощность на  $\text{м}^2$  производственной площади, кВт/ $\text{м}^2$ ;

$K_{co}$  – коэффициент использования,  $K_{co} = 0,95$ ,

$S_{\text{ц}}$  – полезная освещаемая площадь (площадь цеха),  $\text{м}^2$ ;

$$S_{\text{ц}} = A \times B, \quad (8)$$

$$S_{\text{ц}} = 400 \times 25 = 10000 \text{ м}^2.$$

## 2.3 Распределение нагрузок по секциям шин

Распределяем нагрузку по секциям шин распределительного устройства трансформаторной подстанции.

Исходными данными определено, что АК относится к потребителям II категории надежности, график работы круглосуточный, поэтому проектируем подстанцию с двумя трансформаторами, с двумя секциями шин низкого напряжения (РУ) и установкой секционного выключателя секционного выключателя QF3 (ручное включение резерва), для электроприёмников I-й категории надёжности проектируем автоматическое включение резерва (далее АВР), однолинейная схема электроснабжения приведена в приложении Г.



Для режима параллельной работы трансформаторов распределяем равномерно нагрузку электроприемников корпуса по секциям шин распределительного устройства (таблица 1):

СЕКЦИЯ 1: 1ШР, 2ШР, 4ШР, 39РП, 6ШР, 1АВР, 1ЩРО с нагрузкой 1497,24 кВт.

В том числе:

- 1ШР: 6РП, 8РП, 9РП, 10РП, 11РП, 12РП, 13РП, 14РП, 17РП, 44РП, 51РП с нагрузкой 487,30кВт;
- 2ШР: 1РП, 15РП, 24РП, 25РП, 27РП, 46РП, 47РП, 52РП с нагрузкой 272,22кВт;
- 4ШР: 18РП, 19РП, 21РП, 22РП, 23РП, 26РП, 39РП, 53РП, с нагрузкой 431,5кВт;
- 39РП с нагрузкой 154,65кВт;
- 6ШР: 54РП, 55РП, 56РП, 57РП с нагрузкой 42,35кВт;
- 1АВР с нагрузкой 42кВт;
- 1ЩРО с нагрузкой 67кВт.

СЕКЦИЯ 11: 3ШР, 5ШР, 148ШУ, 110ШП, 11ЩРО с нагрузкой 1513,97кВт.

В том числе:

- 3ШР: 16РП, 35РП, 36РП, 37РП, 38РП, 41РП, 42РП, 43РП с нагрузкой 447,73кВт;
- 5ШР: 28РП, 29РП, 32РП, 33РП, 34РП, 40РП, 48РП, 49РП, 50РП с нагрузкой 1152,04кВт;
- 148ШУ с нагрузкой 223кВт;
- 110ШП с нагрузкой 135,93кВт;
- 11ЩРО с нагрузкой 76кВт.

## 2.4 Сводная ведомость нагрузок

Согласно распределению нагрузок по распределительному устройству заполняем таблицу приложения Б.

Проводим подробный пример расчета для БРП для 1ШР на примере станок токарный ТШЗ-01, полученные результаты сводим в таблицу приложения Б:

$$P_H = P_n,$$

$$P_{cm} = K_H \times P_H = 0,16 \times 0,37 = 0,059 \text{ кВт},$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \times \operatorname{tg} \varphi = 0,059 \times 1,73 = 0,102 \text{ кВт},$$

$$K_{u.c.p.} = \frac{P_{cm,\Sigma}}{\Sigma P_{n,\Sigma}} = \frac{3,45}{14,14} = 0,24.$$

Определяем показатель силовой сборки в группе БРП:

$$m = \frac{P_{n.нб}}{P_{n.нм}} = \frac{3,2}{0,37} = 8,65 > 3,$$

$$n = 7.$$

Произведем расчет согласно таблице 3:

$$n_1 = 1,6 \text{ (т.к. } 0,5 \times 3,2 = 1,6 < \text{нагрузки 3-х ед. потребителей)},$$

$$n^* = \frac{n_1}{n} = \frac{1,6}{3,2} = 0,5,$$

$$P^* = \frac{P_1}{P_n} = \frac{3,2}{14,14} = 0,2.$$

Определяем эффективное число электроприёмников в группе  $n_{\varepsilon}$ :

$$n_{\varepsilon} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{n_i}}{P_{n.нб}},$$

$$n_{\varepsilon} = (2 \times 14,14) / 3,2 = 8,8 \approx 9.$$

Определяем коэффициент максимума активной нагрузки:

$$K_M = F(K_{u.c.p.}, n_{\varepsilon}) = F(0,24; 9),$$

$$K_M = 1,78 \text{ [1, таблица 5]} \quad K'_M = 1,1 \text{ (т.к. } n_{\varepsilon} < 10).$$

Определяем средние активные, реактивные и полные мощности за наиболее нагруженную смену по формулам:

$$S_{cm.\Sigma} = \sqrt{P_{cm.\Sigma}^2 + Q_{cm.\Sigma}^2} = \sqrt{3,45^2 + 4,225^2} = 5,455 \text{ кВА},$$

где  $P_{cm.\Sigma} = 0,059 + 0,8 + 0,24 + 0,512 + 0,059 + 1,54 + 0,24 = 3,45 \text{ кВт},$

$$Q_{cm.\Sigma} = 0,102 + 1,384 + 0,415 + 0,886 + 0,102 + 1,155 + 0,18 = 4,225 \text{ квар}.$$

Определяем максимальные активные, реактивные и полные мощности по формулам:

$$P_M = K_M \cdot P_{cm.\Sigma} = 1,78 \times 3,45 = 10,93 \text{ кВт},$$

$$Q_M = K_M^1 \cdot Q_{cm.\Sigma} = 1,1 \times 4,225 = 4,65 \text{ квар},$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{10,93^2 + 4,65^2} = 11,7 \text{ кВА}.$$

Определяем максимальный ток на 6РП:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_L}, \quad (9)$$

$$I_M = \frac{11,7}{1,73 \times 0,38} = 17,1 \text{ А}.$$

Аналогичные вычисления проводим для электроприемников на 8РП, 9РП, 10РП, 11РП, 12РП, 13РП, 14РП, 17РП, 44РП, 51РП, подключенным к 1ШР, в формате Excel. Результаты расчетов сводим в таблицу приложения Б.

### 3 ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

#### *Определение потерь мощности в трансформаторе*

Приблизительно потери мощности в трансформаторе определяем в соответствии с соотношениями

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{м(нн)} = 0,02 \times 2299,61 = 45,99 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{м(нн)} = 0,1 \times 2299,61 = 229,96 \text{ квар},$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{45,99^2 + 229,96^2} = 234,52 \text{ кВА},$$

$$S_{BH} = S_{HH} + \Delta S_T = 2299,61 + 234,52 = 2534,13 \text{ кВА}.$$

*Определяем расчетную мощность трансформатора с учетом потерь, без компенсации реактивной мощности*

$$S_T \geq S_p = 0,6 \cdot S_{BH} = 0,6 \times 2534,13 = 1520,48 \text{ кВА}.$$

На основании проведенного расчета по [8, с.152] выбираем комплектную трансформаторную подстанцию внутреннего исполнения 2КТП 1600 с двумя трансформаторами ТСЗН-1600/6/0,4.

Коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме

$$K_3 = \frac{S_{м(нн)}}{2 \cdot S_T}, \quad (10)$$

$$K_3 = \frac{2299,61}{2 \times 1600} = 0,72.$$

#### *Технические характеристики трансформатора*

Трансформатор ТСЗН-1600/6/0,4-У1 – трехфазный силовой сухой трансформатор напряжения защищенного исполнения серии ТСЗН с обмотками выполненными из алюминиевого провода марки АППТСД с комбинированной полиимидно–стекловолоконистой изоляцией класса нагревостойкости Н с рабочей температурой 180 °С. Первый слой изоляции провода выполнен из полиимидной пленки, полностью защищающей алюминиевую жилу от непосредственного соприкосновения с окружающей средой. Далее – два слоя стеклянных нитей с пропиткой и подклейкой кремнийорганическим лаком. Обмотки проходят цикл полной вакуумной пропитки кремнийорганическим ла-

ком КО-916 и запечки при температуре 180°C. Дополнительная фиксация обмоток производится прессующими кольцами из ламинита. Конструкция магнитопровода безшпильчатая. Трансформаторы с безшпильчатой системой более экономичны, так как обеспечивают меньшее магнитное сопротивление и меньшие потери.

Технические характеристики:

- мощность 1600кВА;
- напряжение на первичной обмотке 6,0 кВ;
- напряжение на вторичной обмотке 0,4 кВ;
- потери на холостом ходу не более 3400 Вт;
- напряжение короткого замыкания 6%;
- степень защиты оболочки IP 21;
- климатическое исполнение У1;
- размеры 1980x1298x2320 мм;
- масса 4100 кг;
- температура эксплуатации от +40°C до –25°C;
- относительная влажность воздуха не более 80% при +20°C;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов или паров, разрушающих изоляцию.

В составе трансформаторов используются экологически безопасные материалы, не оказывающие вредных воздействий на обслуживающий персонал и окружающую среду.

При необходимости можно легко утилизировать, ввиду возможности разборки обмоток на месте и отсутствия выделений вредных веществ. Материалы обмоток легко извлекаются и реализуются на пунктах приема лома металла.

Эксплуатационные затраты на техническое обслуживание и стоимость комплекса строительно–монтажных работ (подготовка к монтажу, монтаж, пусконаладка) трансформатора ТСЗН значительно ниже в сравнении с анало-

гичными затратами трансформатора ТМГ. Трансформатор ТСЗН не требуют специального ухода и интенсивного обслуживания. Периодичность обслуживания: 1 раз в 4 года провести осмотр трансформатора, провести проверку затяжки болтовых соединений, удаление пыли. Возможен ремонт непосредственно на объекте.

### ***Расчет и выбор компенсирующего устройства***

Одним из основных вопросов, решаемых при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий, является вопрос о компенсации реактивной мощности [7, с.117].

Передача значительного количества реактивной мощности из энергосистемы к потребителям нерациональна по следующим причинам: возникают дополнительные потери активной мощности и энергии во всех элементах системы электроснабжения, обусловленные загрузкой их реактивной мощностью, и дополнительные потери напряжения в питающих сетях.

Компенсация реактивной мощности с одновременным улучшением качества электроэнергии непосредственно в сетях промышленных предприятий является одним из основных направлений сокращения потерь электроэнергии и повышения эффективности электроустановок предприятий.

Ввод источника реактивной мощности приводит к снижению потерь в период максимума нагрузки в среднем на 0,081 кВт/кВАр. В настоящее время степень компенсации в период максимума нагрузки составляет 0,25 кВАр/кВт, что значительно меньше экономически целесообразной компенсации, равной 0,6 кВАр/кВт. Поэтому решение этой проблемы даст большой экономический эффект. Следует отметить, что с точки зрения экономии электроэнергии и регулирования напряжения компенсацию реактивной мощности наиболее целесообразно осуществлять у ее потребителей.

При выборе средств компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий необходимо различать по функциональным признакам две группы промышленных сетей в зависимости от состава их нагрузок:

1-я группа – сети общего назначения (сети с режимом прямой последовательности основной частоты 50 Гц);

2-я группа – сети со специфическими нелинейными, несимметричными и резкопеременными нагрузками.

Решение задачи компенсации реактивной мощности для обеих групп различно.

На стадии проектирования определяем наибольшие суммарные расчетные активные  $P_p$  и реактивные  $Q_p$  электрические нагрузки предприятия (при естественном коэффициенте мощности) в соответствии с расчетом электрических нагрузок в промышленных установках.

Расчетную реактивную мощность компенсирующего устройства определяем из соотношения [3, стр. 21]

$$Q_{к.р.} = \alpha \cdot P_m \cdot (tg\varphi - tg\varphi_k), \quad (11)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий повышение  $\cos\varphi$  естественным способом,  $\alpha = 0,9$  [1, стр. 21],

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

Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации выполняют до  $\cos\varphi_k = 0,92 \dots 0,95$ .

Принимаем  $\cos\varphi_k = 0,95$ , откуда  $tg\varphi_k = 0,33$ .

Значения  $P_m$ ,  $tg\varphi$  ( $S_m$ ,  $Q_m$ ) определяем по приложению Б

$$Q_{к.р.} = 0,9 \cdot 1993,62 \cdot (0,57 - 0,33) = 478,47 \text{ квар}.$$

В качестве компенсирующего устройства для каждой секции шин по [6] выбираем комплектную конденсаторную установку (далее ККУ) типа УКЛ Н-0,38-216-108У3 с автоматическим регулированием по напряжению:

секция шин I – УКЛ (Л) Н-0,38-216-108У3,

секция шин II – УКЛ (П) Н-0,38-216-108У3,

откуда стандартное значение мощности компенсирующего устройства:

$$Q_{к.ст} = 2 \times 216 = 432 \text{ квар}.$$

Определяем фактические значения  $tg\varphi_\phi$  и  $cos\varphi_\phi$  после компенсации реактивной мощности по формулам [4, с.21]

$$tg\varphi_\phi = tg\varphi - \frac{Q_{к.см}}{\alpha \cdot P_m} = 0,57 - \frac{423}{0,9 \cdot 1993,62} = 0,33,$$

$$cos\varphi_\phi = cos(arctg\varphi_\phi) = cos(arctg 0,33) = 0,95.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 1. Данные параметров без компенсирующего устройства определяем по приложению Б.

Таблица 1 – Сводная ведомость нагрузок с компенсирующими устройствами

Параметр	cos φ	tg φ	Рм., кВт	Qм., квар	Sm., кВА
Всего на ШНН без КУ	0,87	0,57	1993,62	1129,23	2299,61
КУ				2x75	
Всего на ШНН с КУ	0,95	0,48	1993,62	979,23	2221,13
Потери*			44,42	222,11	226,51
Всего ВН с КУ			2038,05	1201,34	2447,64

Так как распределительная сеть определена только кабельными линиями, то конденсаторные установки присоединяем непосредственно к шинам цеховой трансформаторной подстанции (ввиду установки отключающего аппарата в комплекте ККУ).

### ***Выбор трансформаторов и КТП с учетом компенсации реактивной мощности***

Определяем потери мощности в трансформаторе с учетом компенсации реактивной мощности

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{м(нн)} = 0,02 \times 2221,13 = 44,42 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{м(нн)} = 0,1 \times 2221,13 = 222,11 \text{ квар},$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{44,42^2 + 222,11^2} = 226,51 \text{ кВА},$$

данные сводим в таблицу 1.

Проверяем выбранные в п.3.2 трансформаторы и КТП по условию:

$$S_T \geq S_p = 0,6 \cdot S_{м(вн)} = 0,6 \times 2447,64 = 1468,58 \text{ кВА}.$$



Согласно произведенному расчету и с учетом компенсации реактивной мощности по [12, с.208] выбираем окончательно КТП-2х1600/6/0,4 с двумя трансформаторами ТСЗН-1600/6/0,4.

Определяем коэффициент загрузки трансформаторов

$$K_3 = \frac{S_{M(III)}}{2 \cdot S_T} = \frac{2447,64}{2 \times 1600} = 0,77.$$

## **4            ВЫБОР            ОБОРУДОВАНИЯ            КОМПЛЕКТНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

При эксплуатации электросетей длительные перегрузки, короткие замыкания, вызывают повышение температуры токопроводящих жил больше допустимой. Это приводит к преждевременному износу изоляции проводов и кабелей, следствием чего может быть пожар, взрыв во взрывоопасных помещениях, поражение электрическим током персонала.

Для предотвращения этого линия электроснабжения имеет аппарат защиты, отключающий поврежденный участок.

Аппаратами защиты являются: автоматические выключатели, предохранители с плавкими вставками и тепловые реле, встраиваемые в магнитные пускатели.

В данной работе в качестве аппаратов защиты линий электроснабжения определяем автоматические выключатели, так как они являются наиболее совершенными аппаратами.

### **4.1 Расчет силовых электрических сетей**

В качестве силовых электрических сетей корпуса выбираем провода и кабельные линии (кабели).

Провода классифицируются по материалу, из которого они изготовлены, сечению, виду изоляции, механической прочности и так далее. В электротехнике применяют главным образом провода из меди и алюминия, реже из латуни и бронзы.

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

Проводники для линий электроснабжения выбираются с учетом соответствия аппарату защиты. Для линии, защищенной автоматом с комбинированным расцепителем, условие выбора проводника [4, с.43]:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зи}} \cdot I_{\text{у(П)}} = K_{\text{зи}} \cdot K_{\text{у(ТР)}} \cdot I_{\text{ном.расц.}},$$

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

$K_{\text{зи}}$  - коэффициент защиты,

$K_{\text{зи}} = 1$  для нормальных (неопасных) помещений.

Выбираем по [18, с.39, табл. 3.1] для прокладки в воздухе в помещениях с нормальной зоной опасности при отсутствии механических повреждений кабель марки АВВГ,  $K_{\text{зи}} = 1$ .

Проводим расчет и выбор линии, идущей на 6ШР (автомат SF6 на КТП)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зи}} \cdot I_{\text{у(П)}} = K_{\text{зи}} \cdot K_{\text{у(ТР)}} \cdot I_{\text{ном.расц.}} = 1 \times 1,25 \times 100 = 125 \text{ А}.$$

По расчетному допустимому току  $I_{\text{доп}} = 125 \text{ А}$  в соответствии с [19, с.119] выбираем сечение и допустимый длительный ток кабеля:

- сечение –  $50 \text{ мм}^2$ ,
- допустимый длительный ток –  $145 \times 0,92 = 133,4 \text{ А}$ ,

где 0,92 – коэффициент, учитывающий допустимый длительный ток для четырехжильных кабелей [4, с.24].

Выбираем кабель ВВГ 3х50+1х25,  $I_{\text{доп}} = 133,4 \text{ А}$ .

Аналогично выбираются кабельные линии, идущие на остальные ШР, РП и ЩО. Расчет и выбор линий сведем в таблицу 2.

Проводим расчет и выбор линий, идущих на компенсирующие устройства КУ1, КУ2 (приложение Г).

При расчете линий, идущих на компенсирующие устройства, допустимый ток выбирают с учетом отстройки от токов разряда КУ согласно условию [4, с.54]:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,3 \cdot \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = 1,3 \times \frac{216}{\sqrt{3} \times 0,4} = 405 \text{ А}.$$

По [19, с.119] выбираем сечение и допустимый длительный ток кабеля:

- сечение –  $95 \text{ мм}^2$ ,
- допустимый длительный ток –  $605 \text{ А}$ .

Выбираем кабель ВВГ 3х240,  $I_{\text{доп}} = 605 \text{ А}$ .

Таблица 2 – Выбор кабельных линий комплектной трансформаторной подстанции

Трасса	$I_{\text{доп.расч.}}, \text{ А}$	Марка кабеля и сечение жил	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$
КТП – 1ШР	630	ВВГнг 2(3х120+1х70)	630
КТП – 2ШР	630	ВВГнг 2(3х120+1х70)	630
КТП – 3ШР	500	ВВГнг 2(3х120+1х70)	630
КТП – 4ШР	1000	ВВГнг 3(3х150+1х70)	1000
КТП – 5ШР	800	ВВГнг 3(3х150+1х70)	800
КТП – 6ШР	100	ВВГнг 3х50+1х25	133,4
КТП – 1АВР	100	ВВГнг 3х50+1х25	133,4
КТП – 39РП	80	ВВГнг 3х50+1х25	133,4
КТП – 148ШУ	100	ВВГнг 3х50+1х25	133,4
КТП – 110ШП	125	ВВГнг 3х70+1х35	165,6
КТП – ЩРО	125	ВВГнг 3х70+1х35	165,6
КТП – ЩРО	125	ВВГнг 3х70+1х35	165,6
КТП – КУ1	405	ВВГнг 3х240	605
КТП – КУ2	405	ВВГнг 3х240	605

Для присоединения 2КТП к ГПП ПС 110/6 кВ определяемся с выбором высоковольтного кабеля. По условиям прокладки и эксплуатации кабельной линии предварительно выбираем тип кабеля АПвПуГ–3х150/35.

Прокладку кабелей проектируем в одной траншее типа Т1 и Т4, кабель в траншее разделён несгораемой перегородкой из кирпича. В местах пересечения кабельной линии с другими инженерными сооружениями предусматриваем прокладку в асбоцементных трубах. На участке перед АК кабели защищаем трубой, далее прокладку трассы проектируем по существующей кабельной эстакаде.

Выбор кабелей проводим по трём условиям:

- по электрической прочности  $U_{\text{н.каб.}} \geq U_{\text{н.уст.}}$ ,

$$U_{\text{н.каб.}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{н.уст.}} = 6 \text{ кВ};$$

- по нагреву в аварийном режиме  $I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{ав.}}$ .

Ток в аварийном режиме  $I_{\text{ав.}}, \text{ А}$ :

$$I_{ав} = 1,3 \frac{S_{н.тр}}{U\sqrt{3}}, \quad (12)$$

$$I_{ав} = 1,3 \frac{1600}{6\sqrt{3}} = 200,15 \text{ А},$$

$$I_{доп.} = 329 \text{ А} \geq I_{ав.} = 200,15 \text{ А}.$$

Принимаем тип кабеля АПвПуГ–3х150/35 ,  $I_{доп.} = 329 \text{ А}$ ,

– по экономической плотности тока  $S \geq S_{эк.}$ .

Экономически целесообразное сечение,  $\text{мм}^2$  определяем по формуле:

$$S_{эк} = \frac{I_{раб}}{j_{эк}}, \quad (13)$$

$$S_{эк} = \frac{I_{раб}}{j_{эк}} = \frac{200,15}{1,4} = 142,96 \text{ кв.мм},$$

где  $j_{эк.}$  – экономическая плотность тока,  $\text{А/мм}^2$ .  $j_{эк} = 1,4$ ,  $T_{м.а.} = 4000$  ч;

$I_{раб.}$  – расчётный ток линии, А.

$$I_{раб} = 1,3 \frac{S_{н.тр}}{U\sqrt{3}} = 200,15 \text{ А},$$

$$S = 150 \text{ мм}^2 > S_{эк.} = 142,96 \text{ мм}^2.$$

Определяем тип кабеля АПвПуГ–3х150/35 ,  $I_{доп.} = 329 \text{ А}$ .

## 4.2 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов КЗ выполняем для проверки аппаратуры на отключающую способность и динамическую стойкость, для проверки на термическую устойчивость шин и кабелей распределительных устройств. Для этих целей в соответствующих точках схемы подстанции определяем наибольшие токи КЗ [5].

Коротким замыканием (КЗ) называют всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки, при которых токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима.

В системе трехфазного переменного тока могут быть замыкания между тремя фазами, между двумя фазами и однофазные КЗ.

Произведем расчет токов КЗ для первой секции шин напряжения 6 кВ (рисунок 1).

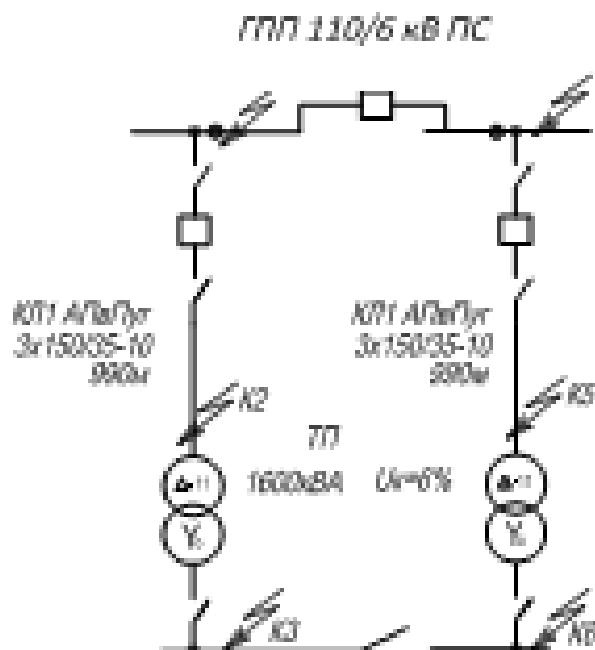


Рисунок 1 – Расчетная схема электроснабжения

На основании расчетной схемы составляем схему замещения в упрощенном варианте (рисунок 2).

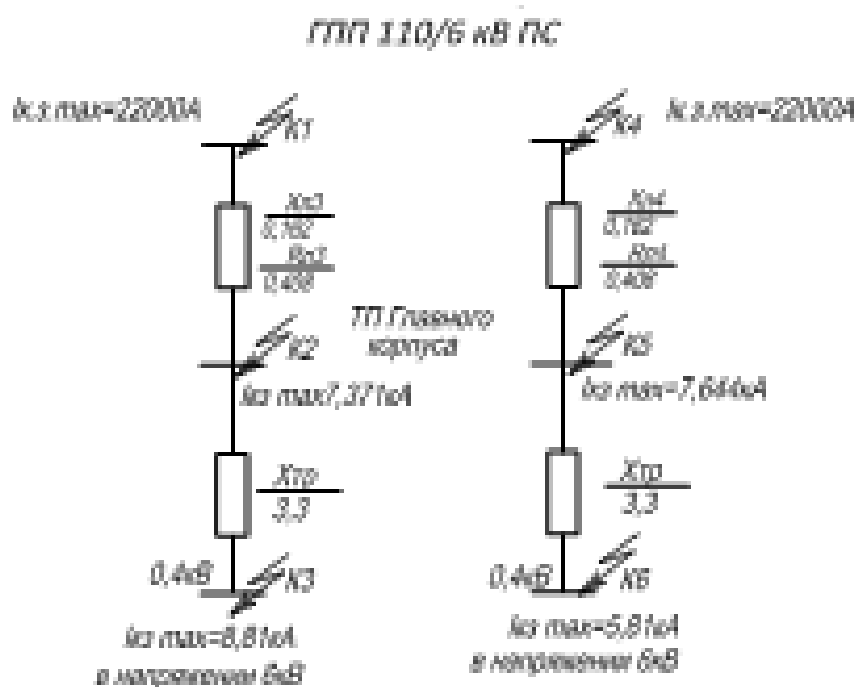


Рисунок 2 – Схема замещения

Расчет токов КЗ определяем по [12, таблица 5.1.1], данные сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчёт токов короткого замыкания

Наименование				K1	K2	к3
Напряжение, кВ				6	6	6
Исход- ные дан- ные	Систе- ма шин 6 кВ	Мощность кз, МВА (Sk)	max	228,6307		
			min	89,37382		
		Периодическая составляющая, кА (Ikз)	max	22,00		
			min	8,6		
		Сопротивление системы, Ом	max	0,157		
			min	0,403		
Линия		Длина, км			0,99	0,066
		Сопротивление	Индуктивное, Ом		0,162	0,33
			Активное, Ом		0,408	0,01
Трансформатор		Мощность, МВА				1600
		Напряжение короткого замыка- ния, %				6
		Сопротивление, Ом				1,35
Полное результирующее сопротивле- ние, Ом			max		0,466	1,428
			min		0,596	0,596
Периодическая составляющая тока кз. в начальный момент			max		7,428	2,425
			min		5,814	5,814
Мощность кз, МВА			max		77,19	25,205

Расчёт токов короткого замыкания выполнен для одной кабельной линии, для второй кабельной линии расчёт идентичен.

#### 4.3 Расчет и выбор силовых выключателей

Определяем тип автоматических выключателей для схемы электроснабжения, представленной в приложении Г, по формулам [4, с.14]. Данные по токам берем из приложения Б. Результаты расчетов сводим в таблицу 4.

1) Вводные автоматические выключатели QF1, QF2, QF3:

$$I_{1SF} = I_{2SF} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2309,5 A,$$

$$I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расч.}; \quad I_{ном.расч.} \geq I_{1SF} (I_{2SF}) = 2309,5 A.$$

По [4] выбираем выключатель автоматический с тепловыми и электромагнитными расцепителями серии Э25В, трехполюсный, на номинальный ток 2500А.

Определяем автоматические выключатели для 1ШР, 2ШР, 3ШР, 4ШР, 5ШР, 6ШР, 39РП, 1АВР, 148ШУ, 110ШП, 1ШРО, 11ШРО:

а) автоматический выключатель QF1 для 1ШР:

$$I_{м(1ШР)} = 548,33 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(1ШР)} = 1,1 \times 548,33 = 603,16 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-39 на номинальный ток 630А.

б) автоматический выключатель QF2 для 2ШР:

$$I_{м(2ШР)} = 486,29 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(2ШР)} = 1,1 \times 486,29 = 534,92 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-39 на номинальный ток 630А.

в) автоматический выключатель QF3 для 3ШР:

$$I_{м(3ШР)} = 433,20 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(3ШР)} = 1,1 \times 433,20 = 476,52 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-39 на номинальный ток 500А.

г) автоматический выключатель QF4 для 4ШР:

$$I_{м(4ШР)} = 871,32 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(4ШР)} = 1,1 \times 871,32 = 958,45 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА55-43 на номинальный ток 1000А.

д) автоматический выключатель QF5 для 5ШР:

$$I_{м(5ШР)} = 562,90 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(5ШР)} = 1,1 \times 562,90 = 681,11 А.$$

По [4] выбираем автомат Э-06В на номинальный ток 800А.

е) автоматический выключатель QF6 для 6ШР:

$$I_{м(6ШР)} = 70,36 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(6ШР)} = 1,1 \times 70,36 = 77,40 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-31 на номинальный ток 100А.

ж) автоматический выключатель QF7 для 1АВР:

$$I_{м(1АВР)} = 75,78 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(1АВР)} = 1,1 \times 75,78 = 83,36.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-31 на номинальный ток 100А.

з) автоматический выключатель QF8 для 39РП:

$$I_{м(39РП)} = 57,56 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(39РП)} = 1,1 \times 57,56 = 63,32 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-31 на номинальный ток 80А.



и) автоматический выключатель QF9 для 148ШУ:

$$I_{м(148ШУ)} = 83,43 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(148ШУ)} = 1,1 \times 83,43 = 91,77 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-31 на номинальный ток 100А.

к) автоматический выключатель QF10 для 110ШП:

$$I_{м(110ШП)} = 87,38 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{м(110ШП)} = 1,1 \times 87,38 = 96,12 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-35 на номинальный ток 125А.

л) автоматический выключатель QF11 для 1ШРО:

$$I_{м(1ШРО)} = 101,84 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq I_{м(1ШРО)} = 101,84 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-35 на номинальный ток 125А.

м) автоматический выключатель QF12 для 11ШРО:

$$I_{м(11ШРО)} = 115,52 А; \quad I_{ном.авт.} \geq I_{ном.расц.}; \quad I_{ном.расц.} \geq I_{м(11ШРО)} = 115,52 А.$$

По [4] выбираем автомат ВА51-35 на номинальный ток 125А.

Таблица 4 – Данные автоматических выключателей на комплектной трансформаторной подстанции

Обозначение	Тип АВ	Номинальный ток, А		Кратность уставки		I <sub>откл.</sub> , кА
		I <sub>ном.авт.</sub>	I <sub>ном.расц.</sub>	K <sub>у(ТР)</sub>	K <sub>у(ЭМП)</sub>	
1QF, 2QF, 3QF	Э-25В	2500	2500	1,25	10	40
QF1	ВА51-39	630	630	1,25	7	40
QF2	ВА51-39	630	630	1,25	7	40
QF3	ВА51-39	500	500	1,25	7	40
QF4	ВА55-43	1000	1000	1,0	5	40
QF5	Э-06В	800	800	1,0	5	40
QF6	ВА51-31	100	100	1,25	10	7
QF7	ВА51-31	100	100	1,25	10	7
QF8	ВА51-31	80	80	1,25	10	7
QF9	ВА51-31	100	100	1,25	10	7
QF10	ВА51-35	125	100	1,25	12	15
QF11	ВА51-35	125	125	1,25	12	15
QF12	ВА51-35	125	125	1,25	12	15

Определяем отходящие автоматические выключатели на ШР для присоединения 6РП, 8РП, 9РП, 10РП, 11РП, 12РП, 13РП, 14РП, 17РП, 44РП, 51РП, 1РП, 15РП, 24РП, 25РП, 27РП, 46РП, 47РП, 52РП, 18РП, 19РП, 21РП, 22РП,

23РП, 26РП, 39РП, 53РП, 54РП, 55РП, 56РП, 57РП, 16РП, 35РП, 36РП, 37РП, 38РП, 41РП, 42РП, 43РП, 28РП, 29РП, 32РП, 33РП, 34РП, 40РП, 48РП, 49РП, 50РП. Данные для расчетов берем из приложения Б.

Для защиты линий выбираем автоматические выключатели с комбинированным расцепителем.

Расчет проводим следующим образом по формулам [4, с.42; 16, с.53]:

*Определяем номинальный ток электроприемника, подключенного к 6РП для 1ШР по формулам:*

– для линии с электродвигателями

$$I_{ном} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}, \quad (14)$$

где  $P_H$  – мощность электроприемника, кВт;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности данного электроприемника;

– для линии со сварочным трансформатором,

$$I_{ном} = \frac{S_{II} \cdot \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (15)$$

где  $S_{II}$  – полная мощность трансформатора, кВА.

*Определяем номинальный ток расцепителя отходящего автоматического выключателя.*

– для линии с многодвигательным приводом (станок, кран) либо с группой электродвигателей,

$$I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{ном},$$

– для линии с одним электродвигателем (вентилятор, насос, транспортер роликовый, молот),

$$I_{ном.расц.} \geq 1,25 \cdot I_{ном},$$

– для линии без электродвигателей (печь индукционная, печь дуговая, печь сопротивления):

$$I_{ном.расц.} \geq I_{ном}.$$

Результаты расчетов и выбор автоматов сводим в таблицу 4.

Рассмотрим выбор автоматических выключателей для 6РП для станков: токарный ТШЗ-01 (1шт.), фрезерный ВМ130М (1шт.), сверлильный МН25Н (1шт.), сверлильный 2С108, как для линии с многодвигательным приводом.

1. Автоматические выключатели QF1, QF2, QF3, QF7, QF8, QF9:

$$I_{ном} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{14,14}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,59} = 36,41 A,$$

$$I_{ном.расц.} \geq 1,1 \cdot I_{ном} = 1,1 \cdot 36,41 = 40,05 A.$$

Выбираем по [19, с.119] отходящие автоматические выключатели типа ВА51-31-3 со следующими параметрами:  $I_{ном.авт.} = 100 A$ ,  $I_{ном.расц.} = 50 A$ .

2. Определяем автоматические выключатели QF3, QF10 для 6РП для фильтрующего аппарата АОУМ-1000, верстак для ремонта электрооборудования:

$$I_{ном} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{10,28}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,71} = 22 A,$$

$$I_{ном.расц.} \geq 1,25 \cdot I_{ном} = 1,25 \cdot 22 = 27,5 A.$$

Выбираем по [19, с.119] отходящие автоматические выключатели типа ВА51-31-3 со следующими параметрами:  $I_{ном.авт.} = 100 A$ ,  $I_{ном.расц.} = 40 A$ .

Аналогично произведем расчет и выбор отходящих автоматических выключателей всех ШР. Результаты сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Данные автоматических выключателей на распределительном устройстве

Обозначение	Тип АВ	Номинальный ток, А		Кратность уставки	
		$I_{ном.авт.}$	$I_{ном.расц.}$	$K_{у(ТР)}$	$K_{у(ЭМП)}$
1	2	3	4	5	6
<b>1ШР</b>					
QF1...QF2, QF9	ВА51-31-3	100	50	1,25	10
QF3	ВА51-31-3	100	63	1,25	10
QF4...QF6, QF11	ВА04-36-3	250	250	1,25	10
QF7, QF8	ВА51-31-3	100	100	1,25	10
QF10	ВА51-39-3	630	500	1,25	10
<b>2ШР</b>					
QF1, QF3	ВА51-31-3	100	50	1,25	10

## Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6
QF4...QF6, QF8	BA51-31-3	100	100	1,25	10
QF2	BA04-36-3	250	250	1,25	10
<b>4ШР</b>					
QF5...QF7	BA51-31-3	100	100	1,25	10
QF1, QF3	BA04-36-3	250	250	1,25	10
QF2, QF4	BA51-39-3	630	630	1,25	10
<b>6ШР</b>					
QF1, QF3, QF4	BA51-31-3	100	50	1,25	10
QF2	BA04-36-3	250	250	1,25	10
<b>3ШР</b>					
QF5, QF8	BA51-31-3	100	63	1,25	10
QF4	BA51-31-3	100	100	1,25	10
QF1...QF3, QF6, QF7	BA04-36-3	250	250	1,25	10
<b>5ШР</b>					
QF1...QF4, QF8	BA04-36-3	250	250	1,25	10
QF7	BA51-31-3	100	100	1,25	10
QF5, QF6	BA04-36-3	250	250	1,25	10

Проводим выбор типов распределительных устройств. В качестве РУ по [19, с.127] выбираем силовые распределительные пункты типа ПР 85 с трех-фазными линейными автоматическими выключателями и зажимами на вводе, степень защиты IP21.

Выбор типов РУ представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Выбор типов распределительных устройств

Обозначение	Тип РУ	Рабочий I <sub>ном.</sub> , А	Кол-во 3-х полюсных линейных АВ
1ШР	ПР 8522 Р-1-09.3.3-УХЛ4	603,2	10
2ШР	ПР 8522 Р-1-09.3.3-УХЛ4	534,9	8
4ШР	ПР 8522 Р-1-09.5.3-УХЛ4	958,5	7
39РП	ПР 8322 Р-1-09.1.3-УХЛ4	63,3	10
6ШР	ПР 8522 Р-1-09.1.3-УХЛ4	77,4	4
1АВР	ПР 8322 Р-1-09.1.3-УХЛ4	83,4	4
ЩЦРО	ПР 8522 Р-1-09.1.3-УХЛ4	101,8	10
3ШР	ПР 8522 Р-1-09.3.3-УХЛ4	476,5	8
5ШР	ПР 8522 Р-1-09.4.3-УХЛ4	681,1	8
148ШУ	ПР 8522 Р-1-09.1.3-УХЛ4	91,8	6
110ШП	ПР 8522 Р-1-09.1.3-УХЛ4	96,1	8
ЩЦРО	ПР 8522 Р-1-09.1.3-УХЛ4	115,5	10

### 4.3.1 Выбор выключателей 6 кВ

Выбор автоматических выключателей 6 кВ осуществляем с учётом следующих требований:

- селективность;
- чувствительность;
- быстродействие;
- надёжность.

Вышеуказанные требования обеспечивают возможность избирать повреждённый участок и отключать только его, указывать место возникновения ненормального режима и конкретный элемент системы электроснабжения (требующий вмешательства персонала), реагирование на повреждения в минимальных режимах системы электроснабжения. Выбор электрооборудования осуществляется с учётом селективности.

Для выбора выключателей используем каталожные данные завода изготовителя, полученные расчётные величины из таблицы 3, результат приведём к табличной форме. Каталожные данные должны соответствовать или превышать расчётные величины.

Таблица 7 – Выбор выключателей по параметрам

Обозначение величины	Расчётные значение	Данные завода изготовителя	Критерии выбора
$U_{уст(ном)}$ , кВ	6	<b>6</b>	$6=6$
$I_{рабmax(ном)}$ , А	200,15	<b>630</b>	$200,15<630$
$I_{ПО(откл.н)}$	200,15	<b>400</b>	$200,15<400$
$I_y(пр.с)$	12	<b>32</b>	$12<32$
$В_K (I_t^2 \times t_t)$ , кА	11,9	<b>12,5</b>	$11,9<12,5$

По полученному результату проектируем КТП с камерами сборочного одностороннего обслуживания серии КСО-203М- 1ЭВ-600 ОПН, которые применяются для установки в специальных элетроприёмниках 6 или 10 кВ.

Для камер КСО-203 выбираем силовые вакуумные выключатели серии ВВ/TEL («Таврида Электрик») и ВБЭ («НПП Контакт»), разъединители типа РВЗ, предохранители типа ПКТ, ПКН, трансформаторы тока типа ТОЛ, трансформаторы напряжения типов НАМИТ, 3хЗНОЛП, ограничители перенапряжений типа ОПН-КР/TEL, ОПН-РТ/TEL, ОПН-РС/TEL, а также защитные и измерительные приборы. Распределительное устройство из камер КСО-203 выполняем с автоматическим включением резервного ввода – АВР. Камеры имеют внутреннее освещение на напряжение 42 (36) В. Совместно с камерами сделать заказ на шинные мосты. Для защиты обслуживающего персонала в камерах предусматриваем оперативные блокировки.

Таблица 8 – Характеристики изделия

Характеристика параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	6; 10
Номинальный ток главных цепей, А	400; 630; 1000
Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000
Номинальный ток отключения камер с вакуумным высоковольтным выключателем, кА	12,5; 20
Номинальный ток отключения камер с выключателем нагрузки, А	400
Номинальный ток электродинамической стойкости с вакуумным высоковольтным выключателем, кА	32; 51
Ток термической стойкости камер с вакуумным высоковольтным выключателем (1 с), кА	12,5; 20
Ток термической стойкости камер с вакуумным высоковольтным выключателем (1 с), кА	12,5; 20
Время протекания тока термической стойкости, с	1
Габаритные размеры (ширина × глубина (в основании) × высота, мм	1000×1100×2780

Параметры существующего автоматического выключателя ВМГ-10-630-20 в составе ячейки КРУ, Номинальный ток отключения камер с выключателем нагрузки  $I_{откл.н} = 630 \text{ А}$ .

Выполняем расчёт релейной защиты ячеек КСО-203М и КРУ, данные оформляем в табличной форме.

Таблица 9 – Расчёт релейной защиты

Наименование		ГПП	КТП
1	2	3	4
Исходные данные	Максимальный рабочий ток, А	200,15	200,15
	Коэффициент трансформации тока	200/5	200/5
	Минимальное значение тока	Основной, А	8600
		За трансформатором	5814
Максимальная токовая защита	Ток намагничивания трансформатора		
	Расчётные коэффициенты	Схема включения реле	1
		Надёжности	1,2
		Возврата реле	0,9
	Ток срабатывания реле, $I_{ср}$ защиты $I_{ср}$	Расчётный, А	4,53
		Принятый, А	5
		Первичный, А	200
	Коэффициент счёта $K_{сч}$ , для определения чувствительности		0,87
	Чувствительность защиты при 2х фазном коротком замыкании		59,14
	Выбрано реле	Тип	РТВ-IV
	Принята установка времени защиты, сек		1
			0,8

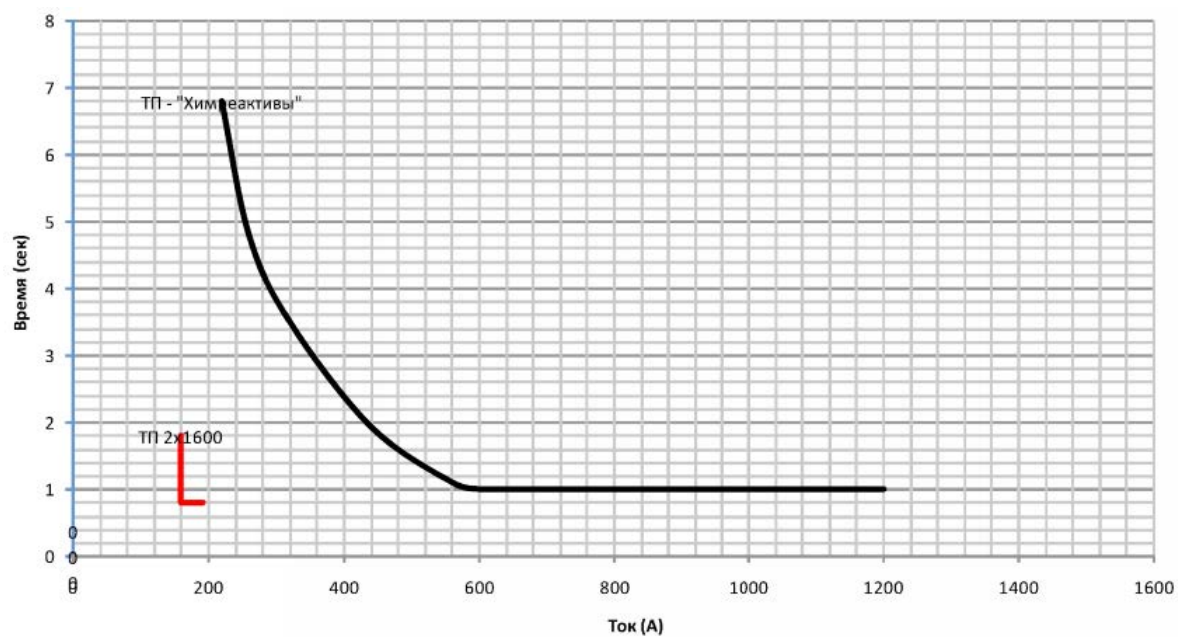


Рисунок 3 – Карта селективности

Расчет релейной защиты выполнен для одной высоковольтной ячейки, для другой расчет выполняем идентично.



## 5 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Под расчетом заземляющего устройства (ЗУ) при проектировании понимают определение типа заземлителя, количества вертикальных заземлителей, места размещения и сечения заземляющих проводников. Расчёт проводим для необходимого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с требованиями ПУЭ.

Расчет заземляющего устройства (ЗУ) проводим по методике, указанной в [19, с. 88].

Для расчета ЗУ используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – рядное, вдоль стены здания корпуса на расстоянии 1м от стены здания;
- климатическая зона – III (исходные данные);
- грунт – глина (исходные данные),  $\rho = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;
- вертикальный заземлитель – стальной уголок 50х50х5мм,  $L=2\text{м}$ ;
- горизонтальный заземлитель – стальная полоса 40х4мм;
- глубина заложения ЗУ в грунт  $t=0,5\text{м}$ .

Определяем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства:

$$R_n = 4 \text{ Ом}.$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности  $K_{сез} = 1,5$  [10, таблица 1.13.2],

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho, \quad (16)$$

$$\rho_p = 1,5 \times 40 = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Определяем расчетное сопротивление одного вертикального электрода

$$r_e = 0,3 \cdot \rho_p = 0,3 \times 60 = 18 \text{ Ом}.$$

Определяем количество вертикальных электродов

- без учета экранирования (расчетное),

$$N_{\epsilon.p.}^1 = \frac{r_{\epsilon}}{R_{II}}, \quad (17)$$

$$N_{\epsilon.p.}^1 = \frac{18}{4} = 4,5 \approx 5;$$

– с учетом экранирования предварительно выбираем соотношение  $a/L=2$ , откуда по [12, таблица 1.13.5] для  $N_{\epsilon.p.}^1 = 5$  определяем  $\eta_{\epsilon} = 0,8$ ,

$$N_{\epsilon.p.} = \frac{N_{\epsilon.p.}^1}{\eta_{\epsilon}}, \quad (18)$$

$$N_{\epsilon.p.} = \frac{5}{0,8} = 6,25.$$

Принимаем количество вертикальных электродов  $N_{\epsilon} = 7$ .

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы).

Так как выбрано соотношение  $a/L = 2$ , то расстояние между вертикальными электродами  $a = 2 \times L = 2 \times 2 = 4$  м, откуда длина полосы равна

$$L_{II} = a \cdot (N_{\epsilon} - 1), \quad (19)$$

$$L_{II} = 4 \times (7 - 1) = 24 \text{ м}.$$

Определяем уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных заземлителей.

Для  $N_{\epsilon} = 7$  по [12, таблица 1.13.5] определяем:

где  $\eta_{\epsilon} = F(\text{рядное}; 2; 7) = 0,765$ ,

$$\eta_{II} = F(\text{рядное}; 2; 7) = 0,81.$$

Для климатической зоны III для горизонтальных заземлителей определяем  $K_{\text{сез.г.}} = 2,3$  [12, таблица 1.13.2]:

Сопротивление вертикальных электродов,

$$R_B = \frac{r_{\epsilon}}{N_{\epsilon} \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (20)$$

$$R_B = \frac{18}{7 \times 0,765} = 3,36 \text{ Ом}.$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы),

$$R_{II} = \frac{0,4}{L_{II} \eta_{II}} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.г.}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{II}^2}{bt}, \quad (21)$$

где  $b$  – ширина горизонтального заземлителя (полосы), м.

Определяем фактическое значение контура заземления,

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{24 \times 0,81} \times 40 \times 2,3 \times \lg \frac{2 \times 24^2}{40 \times 10^{-3} \times 0,5} = 9,01 \text{ Ом},$$
$$R_{3y} = \frac{R_B R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}}, \tag{22}$$
$$R_{3y} = \frac{3,36 \times 9,01}{3,36 + 9,01} = 2,45 \text{ Ом},$$
$$R_{3y} = 2,45 \text{ Ом} < R_H = 4 \text{ Ом},$$

следовательно, ЗУ эффективно.

Схема контура заземления представлена в приложении Д.

## 6 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

Наличие в проектной документации требований по охране окружающей среды установлены частью 12 ст. 48 Градостроительного кодекса РФ и Федеральным законом от 10 января 2002 года N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [3, с.3].

Законодательные документы определяют, что при проектировании зданий, сооружений, строений должны учитываться нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, разработаны мероприятия по предупреждению и устранению загрязнения окружающей среды, способы размещения и утилизации отходов хозяйственной деятельности, использоваться ресурсосберегающие, малоотходные, безотходные современные технологии, способствующие восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов [20, с.3].

В процессе производства на человека действуют техногенные опасности, которые называют опасными и вредными производственными факторами [11, с.42].

*Опасным производственным фактором (ОПФ)* называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

*Вредным производственным фактором (ВПФ)* называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются *профессиональными*.

*К опасным производственным факторам относятся:*

- электрический ток;
- раскаленные тела;

- возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов;
- оборудование, работающее под давлением выше атмосферного.

*К вредным производственным факторам относятся:*

- неблагоприятные метеорологические условия;
- запыленность и загазованность воздушной среды;
- воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации;
- наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений.

Опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

К *физическим* факторам относят электрический ток, кинетическую энергию движущихся машин и оборудования или их частей, повышенное давление паров или газов в сосудах, недопустимые уровни шума, вибрации, инфра- и ультразвука, недостаточную освещенность, электромагнитные поля, ионизирующие излучения.

*Химические* факторы – это воздействие вредных для организма человека веществ в различных состояниях.

*Биологические* факторы – это воздействия различных микроорганизмов, а также растений и животных.

*Психофизиологические* факторы – это физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда.

*Состояние условий труда, при котором исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов, называется **безопасностью труда** или **охраной труда**.*

Охрана труда – это как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности в процессе труда.

Охрана труда включает следующие разделы: производственная санитария, техника безопасности, пожарная и взрывная безопасность, а также законодательство по охране труда.

*Производственная санитария* – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

*Техника безопасности* – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

*Пожарная и взрывная безопасность* – это система организационных и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов, ограничение их последствий.

В качестве мероприятий по предупреждению неблагоприятного воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов – использованием средства коллективной и индивидуальной защиты.

Так, при загрязнении пылью воздушной на производстве в качестве коллективного средства защиты используем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию, а в качестве индивидуального – респиратор.

Для защиты от поражений электрическим током при работе в электроустановках до 1000 В и выше 1000 В подстанцию с двумя трансформаторами 2х1600кВА комплектуем средствами защиты.

Таблица 10 – Электрозащитные средства в электроустановках

Электроустановки выше 1000 В	Электроустановки до 1000 В
1	2
Основные электрозащитные средства	
Штанги изолирующие	Штанги изолирующие
Клещи изолирующие	Клещи изолирующие
Клещи электроизмерительные	Клещи электроизмерительные
Указатели напряжения емкостного типа	Указатели напряжения
Указатели напряжения для фазировки	Инструмент слесарно-монтажный с изолирующими рукоятками
Указатели напряжения бесконтактные	Переносные заземления

Окончание таблицы 10

1	2
Изолирующие устройства и приспособления для работ под напряжением: изолирующие лестницы площадки изолирующие тяги канаты телескопические вышки с изолирующим звеном, кабины, тележки для работы у провода.	Диэлектрические перчатки
Индивидуальные экранирующие комплекты	
<b>Дополнительные электрозащитные средства</b>	
Диэлектрические перчатки	Диэлектрические галоши или сапоги
Диэлектрические коврики	Изолирующие подставки и накладки
Изолирующие подставки и накладки	Диэлектрические коврики
Колпаки диэлектрические	
Сигнализаторы напряжения индивидуальные	
Сигнализаторы напряжения стационарные	

При работе в электроустановках с использованием основных средств защиты достаточно применить одно дополнительное средство защиты [5, с.39].

В то же время применение двух или более дополнительных средств защиты не заменяет основного средства защиты. Например, в электроустановках выше 1000В диэлектрические перчатки и боты не могут заменить изолирующих штанг или клещей.

Основные электрозащитные средства рассчитаны на применение в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках и на воздушных линиях только в сухую погоду. На открытом воздухе в сырую погоду могут быть применены только средства, специально предназначенные для работы в этих условиях.

При проектировании электрических сетей и подстанций оперируют понятием охранных зон электрических сетей и площадок, которые устанавливаются в виде земельного участка, ограниченного вертикальными плоскостями по обе стороны линий от крайних проводов. Входящие в охранные зоны земельные участки не изымаются у землепользователей и используются ими для

проведения сельскохозяйственных и иных работ с соблюдением определенных требований [16, с.51]. В настоящем проекте подстанцию АК проектируем встроенной в здание цеха, траншеей кабельной трассы выполняем по узаконенному землеотводу промышленного предприятия.

В охранных зонах электрических сетей запрещается осуществлять любые действия, которые могут нарушить безопасную работу электросетевого хозяйства, привести к их повреждению или уничтожению, или причинить вред здоровью физических и юридических лиц, а также повлечь нанесение экологического ущерба и возникновение пожаров. По условию пожарной безопасности подстанции должны быть расположены на расстоянии не менее 3 м от зданий I, II, III степеней огнестойкости и 5 м от зданий IV и V степеней огнестойкости.

В таблице 11 указано наименьшее расстояние для кабельных сооружений напряжением до 10кВ [13, с.47].

Таблица 11 – Наименьшее расстояние для кабельных сооружений

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	Не ограничивается, но не более 1200 мм
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	То же
до 10 кВ	150

В целях экологической безопасности производства для КТП АК выбраны сухие закрытые трансформаторы типа ТСЗН 2х1600 кВА. Для этого типа трансформаторов не требуется строительство аварийного маслоприемника, наличия аварийного запаса трансформаторного масла, то есть отсутствует необходимость организации места для его хранения.

За счет применения сухих трансформаторов исключаем техногенную составляющую от разлива нефтепродуктов. Хозяйственную деятельность пред-



приятия по передаче электрической энергии АК определяем с применением безотходной технологии.

## 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

При определении стоимости строительства использованы базовые показатели, приведенные в составе «Укрупненных показателей стоимости электроэнергетических объектов» (УСП), утвержденных РАО «ЕЭС России».

УСП учитывают типизацию проектирования, прогрессивную технологию строительства, его механизацию и индустриализацию с максимальным использованием унифицированных элементов и конструкций заводского исполнения [17, с.9].

УСП приведены в базовых сметных ценах на 01.01.2000 г. и не включают налог на добавленную стоимость (НДС) [14, с.6].

Для определения текущих стоимостей используют индексы текущих цен, которые публикуются в «Межрегиональном информационно-аналитическом бюллетене», издаваемом ежеквартально Госстроем России [10, с.3].

Расчет проводим для определения укрупненной стоимости строительства КТП 6/0,4кВ с двумя трансформаторами мощностью 1600х2 кВА, кабельной трассы от КТП 6/0,4 кВ до ГПП 110/6 кВ для двух кабелей в траншее из сшитого полиэтилена типа АПвПу2R3х150/35 длиной 990м, установки на ГПП 110/6 двух высоковольтных ячеек с вакуумными выключателями с подключением к существующей системе АСКУЭ.

Определяем стоимость строительства КТП 6/0,4кВ с двумя трансформаторами мощностью 1600х2 кВА в рублях без НДС:

$$\text{Стоимость} = \text{Базисный показатель} * \text{объем работ} * K_i * K_1, \quad (23)$$

где Базисный показатель = 3200000 руб., стоимость КТП 6/0,4 кВ 1600х2 кВА по состоянию на 01.01.2000г. [14, с.21];

объем работ=1 – количество подстанций;

$K_i = 6,27$  – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ на 1У квартал 2016 года к уровню на 01.01.2000 г. [12, с.3];

$K1 = 1,13$  – региональный коэффициент [10, с.7].

Стоимость =  $3\,200\,000 * 1 * 6,27 * 1,13 = 22\,672\,320$  руб.

Аналогично проводим расчеты стоимости строительства для кабельной трассы, двух высоковольтных ячеек с подключением к системе АСКУЭ. Расчеты проводим в формате Excel.

Результаты расчетов сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Укрупненный расчет стоимости строительства подстанции 6/0,4 кВ; кабельной линии 6 кВ, высоковольтных ячеек

Составляющая затрат	Номер частей, глав, таблиц, процентов, параграфов и пунктов указаний Сборника укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи для нужд "Холдинг МРСК"	Расчет стоимости: Базисный показатель*объем(кол-во) работ*Ki *K1(региональный коэфф.)	Стоимость, руб.
1	2	3	4
Базисный показатель стоимости КТП 6/0,4 кВ 1600х2 кВА	Таблица 15. Цена 3200000 руб. Количество = 1 Коэфф.перехода в тек.цены (1Укв.2016г. к уровню на 01.01.2000г.): Kтек = 6.27 K1 = 1.13** (Региональный) (Ценообразующий)	$3200000 * \text{Количество} * K_{\text{тек}} * K1$ $3200000 * 1 * 6.27 * 1.13$	22 672 320
Базисный показатель стоимости КЛ 6-10 кВ (два кабеля в траншее из сшитого полиэтилена типа АПвПу2R 3х150/35, длина 990 м	Таблица 19. Цена 2068000 руб. за 1 км Коэфф.перехода в тек.цены (1Укв.2016г. к уровню на 01.01.2000г.): Kтек = 5.99 K1 = 1.13 (Региональный) (Ценообразующий)	$2068000 * 0,99 * K_{\text{тек}} * K1$ $2068000 * 0,99 * 5.99 * 1.13$	13 857 695

## Окончание таблицы 12

1	2	3	4
Базисный показатель стоимости одного комплекта выключателя в РУ 110кВ(вакуумный) с учетом стоимости релейной защиты, строительных и монтажных работ	Таблица 15 Цена 150000 руб. за 1 шт. Количество 2 шт. Коэфф.перехода в тек.цены (1Укв.2016г. к уровню на 01.01.2000г.): Ктек = 6.27 К1 = 1.13 (Региональный) (Ценообразующий)	$150000 * 2 * Ктек * К1$ $150000 * 2 * 6.27 * 1.13$	2 125 530
Базисный показатель стоимости программно-технологического комплекса АСКУЭ	Таблица 26 Цена 88290 руб.(1ячейка) Коэфф.перехода в тек.цены (1Укв.2016г. к уровню на 01.01.2000г.): Ктек = 6.27 К1 = 1.13 (Региональный) (Ценообразующий)	$88290 * 2 * Ктек * К1$ $88290 * 2 * 6.27 * 1.13$	1 251 087
<b>Итого</b> стоимость строительства, руб. без НДС:			<b>39 906 632</b>

Укрупненная стоимость строительства по настоящему проекту составила 39 906 632 руб. без учета НДС, с учетом стоимости оборудования, строительно-монтажных, пусконаладочных работ по состоянию на 01.01.2017г.

## **8 РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО МОНТАЖУ ТРАНСФОРМАТОРА**

В методическом задании ВКР разработана инструкция по монтажу трансформатора типа ТСЗН. Настоящая инструкция предназначена для руководства в работе персоналу, занимающимся монтажом трансформаторов типа ТСЗН.

### ***Общие указания***

Монтаж трансформатора ТСЗН должен выполняться согласно действующим «Правилам устройства электроустановок», «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей», нормам технологического проектирования подстанций, нормам испытаний электрооборудования, СП 16.13330.2011 «Электротехнические устройства», Приказа от 1 июня 2015 года N 336н «Об утверждении «Правил по охране труда в строительстве», СНиП III-3-76 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и сооружений. Основные положения».

В комплект поставки входят: трансформатор, передвижные ролики, гибкими связями для присоединения выводов обмоток НН к шинным мостам; термосигнализатором, техническая документация (паспорт, техническое описание и инструкция по хранению, монтажу и эксплуатации).

К монтажу трансформаторов допускается подготовленный электротехнический персонал, имеющий соответствующую группу по электробезопасности, ознакомленный с настоящим инструкцией.

### ***Меры безопасности***

Трансформаторы типа ТСЗН (в кожухе) разрешается поднимать и перемещать за петли, расположенные на крыше в соответствии со схемой строповки, нанесенной на кожух. Допускается для перемещения трансформаторов использование вилочного погрузчика, при этом вилочный захват погрузчика необходимо установить в выемки лап трансформатора.

### **Категорически запрещается:**

- прикасаться к поверхности обмоток в период, когда трансформатор находится под напряжением;

- производить работы и переключения на трансформаторе, включенном в сеть;

- включать в сеть трансформатор без заземления;

- поднимать трансформатор за нижние прессующие балки.

#### ***Подготовка изделия к монтажу и стыковке***

Монтаж трансформаторов должен производиться строго с соблюдением требований настоящей инструкции.

Перед разгрузкой необходимо произвести внешний осмотр трансформатора для контроля состояния упаковки, комплектности поставки и изделия в целом. Комплектность поставки проверяется на основании отгрузочных документов и упаковочных листов.

Обнаруженные повреждения должны быть занесены в отгрузочный документ, после чего получатель обязан уведомить об этом (в письменном виде) представителя транспортного предприятия, осуществляющего перевозку, и предприятие-изготовитель (поставщика).

После приемки трансформатор перемещается на место монтажа с большой осторожностью. Монтажные работы на месте монтажа трансформатора рекомендуется выполнять до максимальной готовности во избежание загрязнения и повреждения трансформатора.

#### ***Монтаж и демонтаж***

Трансформатор устанавливается на ровный бетонный пол или на фундамент. Фундамент должен быть рассчитан на полную массу трансформатора.

Во избежание произвольного перемещения трансформатор, установленный на колесах, фиксируется на месте установки (сварка, болтовое соединение, упоры и т.д.).

При установке трансформатора на виброгасители, крепить виброгасители к фундаменту анкерными болтами. Конструкция виброгасителей приведена в приложении Д.

Трансформатор устанавливается с соблюдением расстояний от токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий согласно ПУЭ, при этом расстояние от трансформатора до вентиляционных отверстий должно быть не менее 300 мм. Наружная поверхность литой изоляции обмоток ВН приравнивается к токоведущим частям. Минимальный отступ от стен здания и сетчатых ограждений выбирается согласно ПУЭ, в зависимости от класса напряжения трансформатора и приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Минимальные отступы от стен здания и сетчатых ограждений

Напряжение, кВ	Расстояние от стен, мм	Расстояние от сетчатого ограждения, мм
6	90	190

Установка колес и виброопор осуществляется путем подъема с помощью строп, домкратов или вилочного погрузчика (приложение Е2).

При работе с вилочным погрузчиком, вилочный захват для подъема необходимо установить в лапы трансформатора, поднять трансформатор, установить под лапы подставки высотой, превышающей высоту колес (виброопор), и опустить на них трансформатор. Установить домкраты, закрепить колеса (виброопоры) в нужном положении, вынуть подставки из-под трансформатора и удалить домкраты, оставив трансформатор стоять на колесах (виброопорах).

Температура охлаждающего воздуха должна быть не более +40°C, среднесуточная не более +30°C, а среднегодовая не более +20°C. Минимальная температура должна быть не менее -25°C, если иное не оговорено с заказчиком. Если верхнее значение температуры превышает указанные значения, помещение для трансформатора типа ТСЗН должно иметь принудительную вентиляцию для отвода тепла от трансформатора.

При естественной вентиляции площади отверстий для впуска и выпуска воздуха должны быть не менее значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14 – Отверстия для естественной вентиляции

Мощность трансформатора, кВА	1600
Площадь отверстий для впуска воздуха, м <sup>2</sup>	2,8
Площадь отверстий для выпуска воздуха, м <sup>2</sup>	3,0

В помещении рекомендуется предусматривать вертикальное протекание воздуха так, чтобы холодный воздух входил снизу и выходил сверху. Горячий воздух не должен стоять над трансформатором. Вентиляционные решетки и жалюзи не должны препятствовать протеканию воздуха в отверстиях входа и выхода воздуха. При перегрузке трансформатора потери увеличиваются, и обмен воздуха должен быть рассчитан на данные потери.

Подводящие кабели и шины необходимо устанавливать на опоры во избежание возникновения механических напряжений на зажимы высшего или низшего напряжения трансформатора. Конструкции опор и расстояние от опор до зажимов ВН и НН трансформатора должны быть рассчитаны по току трехфазного КЗ, действующему на подводящие кабели и шины, согласно ПУЭ (п.1.4.14 и п.1.4.15).

Подводящие кабели и шины необходимо устанавливать на опоры во избежание возникновения механических напряжений на зажимах высшего или низшего напряжения. При подключении необходимо выдержать минимальные расстояния (приложение Е) между незащищенными фазными проводами и заземленными частями, а также между кабелями и обмотками ВН согласно ПУЭ.

Перед присоединением контактные поверхности алюминиевых шин выводов обмоток зачищают щеткой и смазывают смазкой (рекомендуется наносить электропроводящую смазку типа ЭПС-150).

После монтажа подсоединить шины и (или) кабели к трансформатору (приложение Е2) и проверить момент затяжки всех резьбовых соединений динамометрическим ключом согласно таблице Е2.



Подключить контрольно-измерительные приборы и защитные устройства согласно электрической принципиальной схеме шкафа (приложение Е1). При монтаже и проверке контрольно-измерительных приборов и защитных устройств необходимо руководствоваться инструкциями на данные приборы и устройства.

Подключить трансформатор к контуру заземления. Места для подключения заземления расположены крест-накрест в нижних балках, маркированы и снабжены болтами, шайбами и гайками. Сечение проводов защитного заземления должно быть выбрано в соответствии с требованиями ПУЭ.

Произвести настройку реле тепловой защиты типа Т-154 согласно разделу «Наладка, стыковка и испытания».

Если трансформатор оборудован вентиляторами, проверить их работу и подключить в общую схему.

Проверить наличие царапин на металлических частях и при выявлении покрыть их краской.

### ***Наладка, стыковка и испытания***

Перед пуском после монтажа трансформатора произвести внешний осмотр для выявления посторонних предметов и механических повреждений. При обнаружении грязи и пыли на поверхности трансформатора, необходимо удалить ее протиркой, с помощью пылесоса или продуть сухим, чистым сжатым воздухом. Во избежание попадания в трансформатор посторонних предметов, не рекомендуется снимать упаковочный материал до окончания монтажных работ.

Особое внимание при осмотре уделить проверке контактных соединений на переключателе, выводах ВН и НН трансформатора.

Проверить динамометрическим ключом (приложение Е2) степень затяжки болтов в местах соединений шин НН, прессовку обмоток и магнитопровода.

Перед непосредственным включением трансформатора типа ТСЗН в работу упаковочный материал (полиэтиленовую пленку) с трансформатора удалить.

Для трансформаторов ТСЗН (в кожухе) перед вводом в эксплуатацию снять четыре подъемные шпильки внутри кожуха. Если кожух трансформатора поставляется частично или полностью разобранным, произвести сборку кожуха с трансформатором согласно приложенной инструкции по сборке кожуха и (или) шинных мостов ВН и НН.

Произвести замеры на трансформаторе согласно «Нормам на испытания электрооборудования» при вводе в эксплуатацию новых трансформаторов, сравнить их с заводскими данными и заполнить протокол.

Сопротивление изоляции должно измеряться мегомметром с  $U_n=2500V$  с верхним пределом измерения не ниже 10000 Мом.

Сопротивление изоляции при температуре окружающего воздуха  $+20...+30^{\circ}C$  должно быть не менее:

- для обмотки НН - не менее 100 МОм;
- для обмотки ВН - не менее 500 МОм.

Если измеренные значения сопротивления изоляции меньше указанных, произвести сушку трансформатора.

Сушку трансформаторов можно произвести одним из следующих методов:

- в специальном вакуум-шкафу с электрическим или паровым обогревом;
- методом дутья с помощью воздуходувки с применением фильтров и искрогасительных камер;
- в камере с паровым или электрическим обогревом, с применением естественной тяги для удаления испаряющейся влаги;
- методом токов короткого замыкания.

Сушка должна продолжаться до тех пор, пока сопротивление изоляции в нагретом состоянии ( $85 \div 100^{\circ}\text{C}$ ) не достигнет постоянной величины, которая должна оставаться неизменной не менее 6 ч.

Температура обмотки может определяться методом сопротивления обмоток постоянному току или термопарами.

После остывания трансформатора до температуры окружающей среды вновь производится замер сопротивления изоляции. Измеренные значения сопротивлений изоляции должны быть не менее приведенных выше значений.

При удовлетворительных результатах проверки и испытаний трансформатор может быть включен в работу.

### ***Пуск***

Первое включение трансформатора следует произвести при отключенной нагрузке (в режиме холостого хода) на номинальное напряжение на время не менее 30 мин, для постоянного наблюдения за состоянием трансформатора.

Во время работы трансформатор создает равномерный гудящий звук. Включение трансформатора в сеть допускается производить толчком на полное напряжение.

### ***Комплексная проверка и регулирование***

Измерить напряжения НН на всех положениях переключателя (перемычек на панели зажимов ВН) в соответствии с табличкой соединений, расположенной на обмотке ВН возле зажимов. Выбрать необходимую ступень переключателя и зафиксировать перемычки в нужном положении.

Во избежание повреждений выводов обмоток на панели зажимов затяжку (фиксацию) перемычек рекомендуется производить динамометрическим ключом усилием, указанным в приложении Е2.

После проверки работы трансформатора на холостом ходу, трансформатор плавно включается под нагрузку в обкатку.

### ***Обкатка***

Во время обкатки трансформатора проверяют плотность всех соединений, а также эффективность его работы по показаниям приборов.

Результаты обкатки считают положительными, если во время работы трансформатора, проведенных при указанных выше условиях, не было отклонений.

### ***Сдача смонтированного и состыкованного изделия***

Для приемки трансформатора из монтажа создается комиссия в составе представителей специализированной монтажной организации и заказчика, уполномоченных подписать акт приема-передачи выполненных работ.

Трансформатор считается смонтированным только после подписания акта приема-передачи трансформатора из монтажа уполномоченными представителями обеих сторон.

При завершении работ специализированная монтажная организация представляет Заказчику результаты выполненных работ в виде подписанного со своей стороны акта сдачи-приемки в двух экземплярах, а также всех документов, подтверждающих фактическое выполнение (акты на скрытые работы, протоколы испытаний и другие документы).

Заказчик в течение 5(пяти) рабочих дней подписывает представленные документы или направляет специализированной монтажной организации обоснованный отказ от приемки работ. Сторонами составляется акт с перечнем необходимых доработок и указанием сроков их выполнения. Срок устранения недостатков не должен превышать 15(пятнадцати) календарных дней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы по проектированию системы внешнего электроснабжения комплектной трансформаторной подстанции, распределительного устройства 6/0,4кВ, кабельной линии, выбору конструктивных решений проведено исследование внешнего электроснабжения подстанции КТП РУ 6/0,4 кВ.

В процессе проектирования рассмотрены следующие вопросы:

- проведен анализ существующих энергосистем с учетом условий регулирования напряжения, выявления «узких» мест в работе;
- рассмотрена схема электроснабжения металлургического предприятия;
- определены электрические нагрузки электроприемников АК;
- приведена мощность трехфазных и однофазных электроприемников к длительному режиму;
- распределена нагрузка по секциям шин подстанции 6/0,4кВ;
- составлена сводная ведомость нагрузок АК: активная мощность, реактивная, полная мощность в наиболее загруженную смену;
- по сводной ведомости нагрузок сделан выбор трансформаторов для комплектной трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ в качестве сухих трансформаторов типа ТСЗН-2х1600/6/0,4;
- обоснован выбор компенсирующего устройства реактивной мощности: комплектной конденсаторной установки УКЛ Н-0,38-216-108У3 (216 кВар) с автоматическим регулированием по напряжению;
- выполнен расчет токов КЗ;
- сделан выбор аппаратов защиты на КТП;
- определены требования к отключающей способности коммутационной аппаратуры;

- определены нагрузки проектируемых электрических сетей, выбор кабеля 6 кВ из сшитого полиэтилена АПвПу2R 3х150/35 от КТП с трансформаторами ТСЗН 2х1600;
- выбраны две высоковольтные ячейки вакуумного типа, устанавливаемые на ГПП 110/6кВ;
- сделан расчет заземляющего устройства ПС 6/0,4кВ;
- рассмотрена автоматизированная система коммерческого учета электрической энергии для проектируемых высоковольтных ячеек;
- разработаны мероприятия по экологической безопасности и охране труда;
- разработан укрупненный расчет стоимости строительства проектируемой ПС 6/0,4кВ, кабельной трассы, двух высоковольтных ячеек, укомплектованных АСКУЭ, по состоянию на 01.01.2017г. Укрупненная стоимость строительства составила 39 906 632,00 руб. без НДС.

Выбор силового оборудования в ВКР выполнен с учетом надежности, удобства в эксплуатации, достаточного ресурса, экологической безопасности, минимизации материалов и как следствие снижение потерь электрической энергии и мощности, отходов и размеров, относящимся как к коммутационной аппаратуре, так и к силовым трансформаторам.

Эксплуатационные затраты выбранного трансформатора ТСЗН на техническое обслуживание и стоимость комплекса строительно–монтажных работ (подготовка к монтажу, монтаж, пусконаладка) значительно ниже в сравнении с аналогичными затратами трансформатора ТМГ. Трансформатор ТСЗН не требует специального ухода и интенсивного обслуживания. Возможен ремонт непосредственно на объекте.

В расчетах показано, как использование компенсирующих устройств для снижения реактивной мощности в электросетях позволяет подобрать распределительные трансформаторы меньшей мощности, что уменьшает постоянные потери на установленном оборудовании.

Разработана инструкция по монтажу силового трансформатора ТСЗН с учетом требований завода-изготовителя «СлавЭнерго» (г. Ярославль).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Бортник И.М. Основы современной энергетики: учебник для вузов / Бурман А.П., Бутырин П.А. и др. – 5-е изд. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. – 608с.
- 2 Глушенко П.В. Информационные технологии в экономике: актуальные аспекты формирования и применения систем электронного документооборота в управлении./TERRA ECONOMICUS: журнал Южного федерального университета / Глушенко П.В. – том 9, № 1, часть 3. - Ростов-на-Дону:: Издательство «Наука-Спектр, 2011. – 55с.
- 3 Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (в ред. От 19.12.2016), принят Государственной думой 22.12.2004.
- 4 Задания и методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Электроснабжение потребителей и режимы», составитель Морозова И.М., Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2012. – 30с.
- 5 Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. СО153-34.03.603-2003, утверждённая Приказом Министерства энергетики России от 30.06.2003 № 261 – Москва: Энергоатомиздат, 2003.
- 6 Информационные материалы заводов электротехнической продукции. Выставка в Москве. – Москва: 2017.
- 7 Идельчик В.И. Электрические сети и системы. Учебник для вузов / Идельчик В.И.–Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 274с
- 8 Кудрин Б.И. Электроснабжение. Учебник для студ. учреждений высш. проф. Образования / Кудрин Б.И.– Москва: Издательский центр «Академия», 2012. – 380с
- 9 Методические указания к выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиля подготовки «Энергетика». Состави-



тели Прокубовская А.О., Лискова Т.В.– Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. – 62 с.

10 Письмо Минстроя России от 09.12.2016 № 41695-ХМ/09 "Об индексах изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ, индексах изменения сметной стоимости проектных и пусконаладочных работ и иных индексах на 1У квартал 2016 года к уровню на 01.01.2000 г." Межрегиональный информационно-аналитический бюллетень.

11 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденные Приказом Минтруда России от 19.02.2016 №74н – Москва: Издательство «Альвис», 2013. – 195с.

12 Правила устройства электроустановок. 4-ое издание – Москва: Издательство «Альвис», 2013. – 732с.

13 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации – Москва: Издательство НЦ «Энас», 2003.

14 Сборник укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи ОАО "Холдинг МРСК" – М. "Некоммерческая организация "Национальная ассоциация сметного ценообразования и стоимостного инжиниринга", 2012. – 80с.

15 Светлицкий С.Ю., Иванов С.Н., Логинов Е.Л., Михайлов С.А. Модернизация энергетики России: проблемы, пути решения, перспективы – Москва, НИЭБ, 2010 – 135с.

16 Свод Правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий (СП 31-110-2003). Госстрой РФ – М.: 2004.

17 Составление смет в строительстве на основе сметно-нормативной базы 2001 года. Практическое пособие. – Москва: РЦЦС, 2003.

18 Справочник по проектированию электрических сетей. Карапетян И.П., Файбисович Д.Л., Шапиро И.П.– Москва НЦ ЭНАС, 2006. – 313с.

- 19 Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ. Под редакцией Горюнова И.Т и Любимова А.А. – Москва: Папирус ПРО, 2003. – 274с.
- 20 Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ, принят Государственной думой 20.12.2001.
- 21 Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2005 № 35-ФЗ.
- 22 Электроснабжение. Учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования. Кудрин Б.И.– Москва: Издательский центр «Академия», 2012. – 380с.
- 23 Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009г. № 1715-р).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А – Распределение нагрузок по секциям шин РУ подстанции

СЕКЦИЯ I		Нагрузка приведенная, кВт		СЕКЦИЯ II	
1	2	3	4	5	6
<b>1ШР</b>					<b>3ШР</b>
6РП Электроремонтный участок					16РП Аффинаж драгметаллов
Станок токарный ТШЗ-01	0,37	0,37	11	5х2,2	Шкаф вытяжной ЛАБ-1200 ШВФ-Н
Станок фрезерный ВМ130М	5	5	1,5	1,5	Реактор титановый
Станок сверлильный МН25Н	1,5	1,5	16	16	Реактор титановый
Станок шлифовальный 3К634	3,2	3,2	1	1	Реактор сталь-эмаль РК-300-2
Станок сверлильный 2С108	0,37	0,37	12,14	12,14	Трансформатор сварочный ТДМ-501
Фильтрующий аппарат АО-УМ-1000	2,2	2,2	4,4	2х2,2	Вакуум-насос ВВН1-0,75
Верстак для ремонта электрооборудования	1,5	1,5	7	2х3,5	Электролизные ванны, выпрямитель ИПТ 220-50/28,5
8РП Участок разделки тары			0,88	0,88	Таль электрическая
Циркулярная пила Bosch	1,15	1,15	0,8	0,8	Кондиционер WMN7
Вибросито	0,37	0,37			35РП Участок тонкого волочения
Шкаф сушильный	2	2	13,6	13,6	Машина волочильная UDZWG 6/22
Установка УДП-20	5,7	5,7	10	10	Машина волочильная Гербан
Таль электрическая ТЭ100	1,68	1,68	12,6	7х1,8	Машина волочильная Кратос
9РП Ремонтно-механический участок			21	21	Печь шестиканальная Б 6564.08
Кран мостовой	7,5	7,5	2	2х1	Машина для сварки DST А
Станок точильный 3К634	3,2	3,2	2	2	КИП и А
Станок точильный ТШ-2,0	2,2	2,2			36РП Участок тонкого волочения
Станок сверлильный 2М112	0,6	0,6	7,5	5х1,5	Машина волочильная ММ-6
Станок сверлильный С30	1,5	1,5	2	2	Печь Суол
Станок сверлильный Н-118-1	1,5	1,5	7,2	4х1,8	Машина волочильная Кратос
Пресс гидравлический П6316А	3	3	21	21	Печь шестиканальная Б 6564.08
Станок заточной ЗЕ642	3,85	3,85	2,2	2,2	Вентилятор FUK-4700
Фильтрующий аппарат АО-УМ-1000	2х2,2	4,4	13,6	13,6	Машина волочильная UDZWG 6/22
10РП Ремонтно-механический участок			2	2	КИП и А
Станок токарный МК6056	12,5	12,5			37РП Участок термопарной проволоки

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6
Станок токарный 1М63Н	15	15	0,6	0,6	Турникет
Станок плоскошлифовальный ПШ 156	43,57	43,57	15	3x5	Печь вертикального отжига
Станок плоскошлифовальный 3Д71ВФ11	4	4	0,5	0,5	Перемоточный станок
Станок круглошлифовальный 3М152МФ	14,86	14,86	0,5	0,5	Установка для перемотки
Вентилятор FUK 3000	1,1	1,1	2,5	2,5	Печь FN-20
11РП Прачечная			1,1	2x0,55	Вентилятор FUK-1800
Машина стиральная	2x16, 7	33,4			38РП Фильерная
Котёл электрический	10	10	1,5	1,5	Установка для очистки проволоки
Каток гладильный	23,2	23,2	1	1	Ванна Кристал-15
12РП Прачечная			1	4x0,25	Станок Баярд
Машина стиральная	16,7	16,7	1,3	1,3	Станок Баярд
Машина стиральная	32,2	32,2	3	3	Станок
Котёл электрический	10	10	1,1	1,1	Вентилятор ВР-80-75-3,5
Центрифуга	3	3	0,8	0,8	Станок для шлифовки
13РП Участок обогащения бедных соров			1	1	Станок НИАС-8
Питатель электровибрационный ПЭ-1	0,034	0,034	2,2	2,2	Вентилятор ВР-80-75-5
Мельница шаровая 48 МЛ-В	2x1,1	2,2			41РП Термический участок
Классификатор спиральный 56Г-Кр	0,27	0,27	69	69	Электропечь Naberterm
Стол концентрационный СКО-2	0,37	0,37	50	50	Печь вакуумная ЭВТ-50
Агрегат электронасосный НД 25/40	2x0,2 5	0,5	25	25	Электропечь КИЛС-25
Насос центробежный ХЦМ 1/10	0,55	0,55	5	5	Кран мостовой
Насос АХПН 1,5/10.1	4	4	4,4	2x2,2	Вентилятор FUA 4700
Аппарат фильтрующий ФРКА-5	2,2	2,2	0,4	2x0,2	Фильтр ММЕ-32
Концентратор КВЦ-0,3	2,2	2,2	0,55	0,55	Вентилятор ВР-80-75
Насос центробежный ХЦМ 1/10	0,55	0,55	0,25	0,25	Вентилятор ВР-80-75
Таль электрическая	0,67	0,67			42РП Лаборатория
Трансформатор сварочный ТДМ-501	12,14	12,14	10	2x5,0	Печь МТР-2МР
14РП Участок обогащения бедных соров			5,8	5,8	Печь
Шкаф сушильный	4x3	12	10	2x5,0	Печь
Вентилятор FUK-6000	4	4	10	10	Установка дробления льда

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6
Фильтр модульный МДВ	0,2	0,2	10	10	Печь
Шкаф вытяжной ЛАБ-PRO ШВ 120/700 TR	2,2	2,2	5,8	5,8	Печь
17РП Склад металлов			10	10	Печь
Кран мостовой	2х4,2 9	8,58	0,5	0,5	Станок отрезной
44РП Вентиляция			1	1	Термостат
Вентилятор K200L	0,18	0,18	0,1	0,1	Весы ВЛР-20014
Вентилятор ВР 80-75-50	0,75	0,75	0,1	0,1	Весы ВЛР-1
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,55	0,55	1	1	Весы лабораторные
Вентилятор ВР 80-75-50	1,1	1,1	1,5	1,5	Вентилятор ВР 80-75-3,15
Вентилятор FUK-1800	0,55	0,55			43РП Лаборатория
Вентилятор	4	4	1	1	Установка сварки
ТЭН	1,7	1,7	0,8	0,8	Установка АРМ-ПТЭ
Электрокалорифер	115	115	0,8	0,8	Установка У-309
Вентилятор	2,2	2,2	0,5	0,5	Установка на однородность
ТЭН	1,1	1,1	0,6	0,6	Установка УПСТ-2М
Насос циркуляционный	0,16	0,16	0,05	0,05	Оптиметр ИЦ-34
Контроллер	0,5	0,5	0,01	0,01	Оптиметр ИКВ
51РП Вентиляция			6	6	Машина Instron
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,55	0,55	3,3	3х1,1	Машина разрывная
Вентилятор ВР 80-75-2,5	1,5	1,5	0,75	0,75	Вентилятор
Вентилятор КТ-50-30-4	1,63	1,63			<b>5ШР</b>
Вентилятор КТ-50-30-4	0,8	0,8			28РП Отделение грубого волочения
Блок воздухообработки	0,8	0,8	17	17	Проволочно-волоочильный станок UDZSA
Вентилятор	11	11	0,63	0,63	Устройство для съёма бухт UDEN350
ТЭН	5	5	22	22	Проволочно-волоочильный станок UDZSA
Насос циркуляционный	0,25	0,25	0,63	0,63	Устройство для съёма бухт UDEN350
Вентилятор	4	4	33	33	Проволочно-волоочильный станок KRATOS
ТЭН	2	2	1,8	1,8	Проволочно-волоочильный станок KRATOS
Насос циркуляционный	1	1	8	8	Проволочно-волоочильный станок KRATOS
<b>2ШР</b>			2,5	2,5	Проволочно-волоочильный станок KRATOS
15РП Аффинаж драгметаллов			4	4	Вентилятор ВР 280-46КТН 2,5
Реактор титановый	17,5	17,5			29РП Отделение грубого волочения

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6
Реактор сталь-эмаль РК300-2	2x1	2	3	3x1	Машина для сварки DST А
Реактор сталь-эмаль РК100-2	0,6	0,6	8,5	8,5	Машина для сварки DST В
Агрегат электронасосный НП-10	0,75	0,75	0,9	0,9	Машина для сварки BMS 4
Реактор сталь-эмаль РК500-2	2x2,8	5,6	1,3	1,3	Машина для сварки DSN 090FE
Агрегат электронасосный АХН1,5/10,1	3x3	9	3	3	Пресс гидравлический PYE
Электropечь камерная	10	10	2	2	Сушильный шкаф
Вакуум-насос ВВН1-0,75	2x2,2	4,4	2,2	2,2	Мельница шаровая
Шкаф сушильный	2,5	2,5	10	10	Сепаратор
КИП и А	2	2	0,55	0,55	Вентилятор ВР 280-46
Реактор сталь-эмаль РК500-2	2,8	2,8	2	2	КИП и А
24РП Участок штамповки					32РП Отделение горячего волочения
Станок сверлильный 2А-106	0,5	0,5	1	1	Стан волочильный МВ 1000В
Пресс эксцентриковый К-100А	0,5	0,5	3,7	3,7	Стан цепной Цибанг
Пресс кривошипный К230Е	2x1,5	3	9	9	Стан трубоволочильный А42
Пресс эксцентриковый	1	1	50	50	Стан трубоволочильный А392МП
Пресс гидравлический Фогель	1	1	9	3x3	Станок UDSp 1b
Вентилятор ВР-80-75-2,5	0,55	0,55	4,5	3x1,5	Станок UDSp II
25РП Участок штамповки			8,8	8,8	Трансформатор сварочный
Пресс Р-68-00	1,5	1,5	2,2	2,2	Вентилятор ВР 280-46
Пресс кривошипный К2324	3	3			34РП Участок горячего прес-сования
Установка галтовки	1,5	1,5	3,5	3,5	Кран мостовой
Печь муфельная	10	10	30	30	Электropечь Килс-37
Циркулярная пила Bosch	2,15	2,15	7,2	7,2	Фильтр EF-500 /3
Кондиционер	0,8	0,8	9,6	9,6	Фильтр EF-500 /4
Кондиционер	2,1	2,1	1,5	1,5	Вентилятор ВР 80-75-5
КИП и А	2	2	0,55	0,55	Насос Бурун
46РП Вентиляция			11,5	11,5	Таль электрическая
Вентилятор ВР-80-75-6,3	1,5	1,5	0,3	0,3	Холодильник
Вентилятор ВРКВ6-3,55	5x1,5	7,5	2	2	СВЧ печь
Вентилятор ВР230-52,1-2,1	4x1,5	6	2	2	Чайник электрический
1РП Рамповая 1ЯУ	4,16	4,16	1,1	1,1	Вентилятор ВР 80-75
47РП Вентиляция					33РП Отделение горячего волочения
Вент. установка	102,2	102,2	18	18	Проволоко- волочильная машина
Вент. установка	2x10,8	21,6	4,2	4,2	Волочильная машина UDZWG VIII/18
Вент. установка	6,87	6,87	6	2x3	Машина ковочная 8203

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6
Вентилятор ВР-80-75-5	2,2	2,2	15	15	Установка нагрева труб и прутков
52РП Вентиляция			3	3	Станок для резки
КИП и А	8х2	16	1,5	1,5	Станок для обработки труб
27РП Вязальное отделение			7,5	7,5	Проволоко-волоочильный станок
Машина вязальная PROTPI	2х0,5	1	0,25	0,25	Вентилятор ВР 80-75
Машина вязальная STOLL	3	3	2,2	2,2	Вентилятор ВР 80-75
Машина вязальная PROTPI PV-4	3	3	1,5	1,5	Вентилятор ВР 80-75
Навойная установка Sket	3х0,5 5	1,65			40РП
Печь муфельная	2	2	55	55	Насос пожарный 1Д315-50А
Вентилятор ВР-80-75	0,55	0,55	55	55	Насос пожарный 1Д315-50А
Вентилятор ВР-80-75	2х0,37	0,74	35,9	35,9	Лифт 1001Щ
Вентилятор ВР-80-75	1,5	1,5			48РП Вентиляция
КИП и А	2	2	0,8	0,8	Кондиционер
4ШР			0,75	0,75	Вентилятор FUK-2100
18РП Участок электролиза в растворах солей			1,5	1,5	Вентилятор ВР 230-52.1-3.15
Шкаф Лаб-Pro	2,2	2,2	5,5	5,5	Вентилятор ВР 230-52.1-25
Электрошкаф СНВС-4,5	6х2,5	15	0,55	0,55	Вентилятор ВР 80-75-4
Шкаф вытяжной K14010.00СБ	2х2,2	4,4	9,91	9,91	Вент. установка
Электротопка K14005.00СБ	2х2,2	4,4	0,55	0,55	Вентилятор FUK-1800
Кран-балка	2,2	2,2	3	3	Вентилятор ВР 230-52.1-2.1
19РП Участок электролиза в растворах солей			55	55	Аквадистиллятор ДЭ-40
Шкаф Лаб-Pro	2х2,2	4,4			49РП Вентиляция
Источник постоянного тока	0,63	0,63	5,8	5,8	Вент. установка
Шкаф вытяжной K14010.00СБ	2х2,2	4,4	2,75	2,75	Вент. установка
Установка электролиза	4х19, 2	76,8	0,36	2х0,18	Вентилятор ВКРС-3,55
Сушильный шкаф ШС-2 К-7148-00	7,5	7,5	7,7	7х1,1	Вентилятор ВКРС-6,3
Печь муфельная	3х4	12	0,8	0,8	Кондиционер
Электротопка K14005.00СБ	2х2,2	4,4	0,37	0,37	Вентилятор ВР 80-75-2,5
21РП Отделение электролитической активации сетки			0,55	0,55	Вентилятор FUK-1800
Ванна электрохимическая	8,02	8,02	0,75	0,75	Вентилятор ВКРС-6,3
Ванна электрохимическая	27,15	27,15	0,55	0,55	Вентилятор FUK-1800
Вентилятор ВР-80-75	2,2	2,2			50РП Вентиляция
Вентилятор ВР-80-75	1,5	1,5	2,6	2,6	Вент. установка
КИП и А	2	2	21,2	21,2	Вент. установка

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6
23РП Ткацкое отделение			0,37	0,37	Вентилятор ВР 80-75-2,5
Аппарат шпульный ША-1	4x0,3	1,2	0,75	0,75	Вентилятор ВЦ-14-46-2,5
Станок металлотацкий VDWZ 0,25/2500	4x1,5	6	0,37	0,37	Вентилятор ВЦ-14-46-2,5
Станок металлотацкий СТР- 130	1,8	1,8	0,37	0,37	Вентилятор ВЦ-СМРТ/2-160
Станок металлотацкий Jager Stebs	0,5	0,5	2,2	2,2	Вентилятор ВР 80-75-5
Навойная станция АW2	2,2	2,2	3	2x1,5	Вентилятор ВРКВ-6-3,55
Кран мостовой	5,4	5,4	0,8	0,8	Кондиционер
Вентилятор ВР-80-75	3x0,5 5	1,65	0,2	0,2	Фильтр модульный MDB В-12MDB В-12
Вентилятор ВР-80-75	0,75	0,75	5,5	5,5	Вентилятор ВЦ8-23
Вентилятор FUA 4700	2,2	2,2	0,25	0,25	Вентилятор ВР 80-75-2,5
Фильтр МЕ-32	0,2	0,2	2	2	КИП и А
26РП Агрегатная					<b>148ШУ</b>
КИП и А	2	2	223	223	Пресс ПА-663
Устройство зарядное	2x3	6			<b>110ШП (Отделение грубого волочения )</b>
Вентилятор ВР-80-75	1,1	1,1	18,9	18,9	110ШУ
Вентилятор ВР-80-75	0,55	0,55	20,4	20,4	111ШУ
Вентилятор ВР-230-52.1	5,5	5,5	18,9	18,9	112ШУ
Вентилятор ВР-80-75	0,75	0,75	18,9	18,9	113ШУ
Насос Wilo	1,05	1,05	20,4	20,4	114ШУ
22РП Отделение электро- литической активации сетки			18,9	18,9	115ШУ
Аквадистиллятор ДЭ-40	3x55	165	18,9	18,9	116ШУ
Вентилятор ВР-230-52.1	1,5	1,5	0,63	0,63	110ПУ
Весы	1	1			<b>11ЩРО</b>
53РП Вентиляция			76	76	Осветительные установки
Вент. Установка	23,1	23,1			
Вент. Установка	12,2	12,2			
Вент. Установка	3,5	3,5			
Вентилятор ВР-80-75	0,75	0,75			
Вентилятор КТ-50-25-6	0,22	0,22			
Вентилятор K200L	0,18	0,18			
КИП и А	2	2			
<b>39РП Насосная пожароту- шения</b>					
Насос пожарный 1Д315-50А	2x55	110			
Насос ГНОМ	1,1	1,1			
Лифт 1001Щ	35,9	35,9			
Вентилятор ВР 80-75-2,5	2x0,25	0,5			
Вентустановка	2,15	2,15			



## Окончание таблицы А

1	2	3	4	5	6
Вентилятор ВРКВ6-3,55Ду	2х1,5	3			
КИП и А	2	2			
<b>6ШР</b>					
54РП					
Шкаф сушильный	4х2	8			
55РП					
Реактор фторопластовый 2 м.куб	4х5	20			
Реактор титановый 200	1,5	1,5			
Реактор титановый 200	3,5	3,5			
56РП					
Насос ХЦМ3/25	4х2,2	8,8			
57РП					
Вентилятор ВР-86-77-2,5	0,55	0,55			
<b>1АВР Газоочистка</b>					
Кислотная газоочистка 1ЩУ	21	21			
Щелочная газоочистка 2ЩУ	21	21			
<b>1ЩРО</b>					
Осветительные установки	67,0	67,0			
<b>ИТОГО</b>		<b>1497,24</b>	<b>1513,97</b>	<b>ИТОГО</b>	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б – Сводная ведомость нагрузок по аффинажному корпусу

ШР, РУ и ЭП	нагрузка установленная							нагрузка средняя за смену						нагрузка максимальная			
	$P_n$ , кВт	n	$p_n \Sigma$ , кВт	$\kappa_n$	$\cos \varphi$	$\tg \varphi$	m	$P_{cm}$ , кВт	$Q_{cm}$ , кВар	$S_{cm}$ , кВа	$n_{\Sigma}$	$\kappa_M$	$\kappa'_M$	$P_M$ , кВт	$Q_M$ , кВар	$S_M$ , кВа	$i_M$ , а
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>1ШР</b>								227,87	166,46	284,37				311,08	182,98	360,90	548,33
<b>6РП</b>																	
Станок токарный ТШЗ-01	0,37	1	0,37	0,16	0,50	1,73		0,06	0,10								
Станок фрезерный ВМ130М	5,00	1	5,00	0,16	0,50	1,73		0,80	1,38								
Станок сверлильный МН25Н	1,50	1	1,50	0,16	0,50	1,73		0,24	0,42								
Станок шлифовальный ЗК634	3,20	1	3,20	0,16	0,50	1,73		0,51	0,89								
Станок сверлильный 2С108	0,37	1	0,37	0,16	0,50	1,73		0,06	0,10								
Фильтрующий аппарат АОУМ-1000	2,20	1	2,20	0,70	0,80	0,75		1,54	1,16								
Верстак для ремонта электрооборудования	1,50	1	1,50	0,16	0,80	0,75		0,24	0,18								
<b>ВСЕГО по 6РП</b>		7		0,24			> 3	3,45	4,22	5,45	9	1,78	1,1	6,14	4,65	7,70	11,70
<b>8РП</b>																	
Циркулярная пила Bosch	1,15	1	1,15	0,16	0,65	1,17		0,18	0,22								
Вибросито	0,37	1	0,37	0,16	0,65	1,17		0,06	0,07								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф сушильный	2,00	1	2,00	0,70	0,95	0,33		1,40	0,46								
Установка УДП-20	5,70	1	5,70	0,16	0,65	1,17		0,91	1,07								
Таль электрическая ТЭ100	1,06	1	1,06	0,10	0,65	1,17		0,11	0,12								
ВСЕГО по 8РП		5		0,26			> 3	2,66	1,94	3,29	8	1,72	1,1	4,58	2,13	5,05	7,67
9РП																	
Кран мостовой	4,74	1	4,74	0,10	0,65	1,17		0,47	0,55								
Станок точи́льный 3К634	3,20	1	3,20	0,16	0,65	1,17		0,51	0,60								
Станок точи́льный ТШ-2,0	2,20	1	2,20	0,16	0,65	1,17		0,35	0,41								
Станок сверлильный 2М112	0,60	1	0,60	0,16	0,65	1,17		0,10	0,11								
Станок сверлильный С30	1,50	1	1,50	0,16	0,65	1,17		0,24	0,28								
Станок сверлильный Н-118-1	1,50	1	1,50	0,16	0,65	1,17		0,24	0,28								
Пресс гидравлический П6316А	3,00	1	3,00	0,16	0,65	1,17		0,48	0,56								
Станок заточной ЗЕ642	3,85	1	3,85	0,16	0,65	1,17		0,62	0,72								
Фильтрующий аппарат АОУМ-1000	2,20	2	4,40	0,70	0,80	0,75		3,08	2,31								
ВСЕГО по 9РП		10		0,19			> 3	6,09	5,83	8,43	10	1,84	1,1	11,21	6,42	12,9 1	19,62
10РП																	
Станок токарный МК6056	12,50	1	12,50	0,16	0,65	1,17		2,00	2,34								
Станок токарный 1М63Н	15,00	1	15,00	0,16	0,65	1,17		2,40	2,81								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Станок плоскошлифовальный ПШ 156	43,57	1	43,57	0,16	0,65	1,17		6,97	8,16								
Станок плоскошлифовальный 3Д71ВФ11	4,00	1	4,00	0,16	0,65	1,17		0,64	0,75								
Станок круглошлифовальный 3М152МФ	14,86	1	14,86	0,16	0,65	1,17		2,38	2,78								
Вентилятор FUK 3000	1,10	1	1,10	0,80	0,65	1,17		0,88	1,03								
ВСЕГО по 10РП		6		0,27			> 3	15,2 7	17,86	23,50	10	1,60	1,1	24,43	19,65	31,3 5	47,64
11РП																	
Машина стиральная	16,70	2	33,40	0,16	0,80	0,75		5,34	4,01								
Котёл электрический	10,00	1	10,00	0,80	0,95	0,33		8,00	2,64								
Каток гладильный	23,20	1	23,20	0,40	0,95	0,33		9,28	3,06								
ВСЕГО по 11РП		4		0,34			> 3	22,6 2	9,71	24,62	5	2,00	1,1	45,25	10,68	46,4 9	70,64
12РП																	
Машина стиральная	16,70	1	16,70	0,40	0,80	0,75		6,68	5,01								
Машина стиральная	32,20	1	32,20	0,40	0,80	0,75		12,8 8	9,66								
Котёл электрический	10,00	1	10,00	0,80	0,95	0,33		8,00	2,64								
Центрифуга	3,00	1	3,00	0,40	0,80	0,75		1,20	0,90								
ВСЕГО по 12РП		4	61,90	0,50			> 3	28,7 6	18,21	34,04	4	1,65	1,1	47,45	20,03	51,5 1	78,26
13РП																	
Питатель электровибрационный ПЭ-1	0,03	1	0,03	0,24	0,80	0,75		0,01	0,01								
Мельница шаровая 48 МЛ-В	1,10	2	2,20	0,24	0,65	1,17		0,53	0,62								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Классификатор спиральный 56Г-Кр	0,27	1	0,27	0,24	0,65	1,17		0,06	0,08								
Стол концентрационный СКО-2	0,37	1	0,37	0,24	0,65	1,17		0,09	0,10								
Агрегат электронасосный НД 25/40	0,25	2	0,50	0,16	0,80	0,75		0,08	0,06								
Насос центробежный ХЦМ 1/10	0,55	1	0,55	0,16	0,80	0,75		0,09	0,07								
Насос АХПН 1,5/10.1	4,00	1	4,00	0,16	0,80	0,75		0,64	0,48								
Аппарат фильтрующий ФРКА-5	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
Концентратор КВЦ-0,3	2,20	1	2,20	0,24	0,65	1,17		0,53	0,62								
Насос центробежный ХЦМ 1/10	0,55	1	0,55	0,16	0,80	0,75		0,09	0,07								
Таль электрическая	0,42	1	0,42	0,10	0,65	1,17		0,04	0,05								
Трансформатор сварочный ТДМ-501	7,89	1	7,89	0,80	0,65	1,17		6,31	7,39								
ВСЕГО по 13РП		14		0,25			> 3	10,23	10,85	14,91	10	1,84	1,1	18,82	11,93	22,29	33,86
14РП																	
Шкаф сушильный	3,00	4	12,00	0,70	0,95	0,33		8,40	2,77								
Вентилятор FUK-6000	4,00	1	4,00	0,80	0,80	0,75		3,20	2,40								
Фильтр модульный МДВ	0,20	1	0,20	0,80	0,80	0,75		0,16	0,12								
Шкаф вытяжной ЛАБ-PRO ШВ 120/700 TR	2,20	1	2,20	0,40	0,80	0,75		0,88	0,66								
ВСЕГО по 14РП		7		0,39			> 3	12,64	5,95	13,97	10	1,43	1,1	18,08	6,55	19,22	29,21

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
17РП																	
Кран мостовой	2,71	2	5,43	0,10	0,65	1,17		1,09	1,27	1,67							
ВСЕГО по 17РП								1,09	1,27	1,67				1,09	1,27	1,67	2,54
44РП																	
Вентилятор K200L	0,18	1	0,18	0,80	0,80	0,75		0,14	0,11								
Вентилятор ВР 80-75-50	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВР 80-75-50	1,10	1	1,10	0,80	0,80	0,75		0,88	0,66								
Вентилятор FUK-1800	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор	4,00	1	4,00	0,80	0,80	0,75		3,20	2,40								
ТЭН	1,70	1	1,70	0,80	0,95	0,33		1,36	0,45								
Электрокалорифер	115,00	1	115,00	0,80	0,80	0,75		92,00	69,00								
Вентилятор	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
ТЭН	1,10	1	1,10	0,80	0,95	0,33		0,88	0,29								
Насос циркуляционный	0,16	1	0,16	0,80	0,80	0,75		0,13	0,10								
Контроллер	0,50	1	0,50	0,80	0,70	1,02		0,40	0,41								
ВСЕГО по 44РП		12		0,80			> 3	102,23	75,84	127,29	10	1,07	1,1	109,39	83,43	137,57	209,02
51РП																	
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВР 80-75-2,5	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
Вентилятор КТ-50-30-4	1,63	1	1,63	0,80	0,80	0,75		1,30	0,98								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вентилятор КТ-50-30-4	0,80	1	0,80	0,80	0,80	0,75		0,64	0,48								
Блок воздухообработки	0,80	1	0,80	0,80	0,80	0,75		0,64	0,48								
Вентилятор	11,00	1	11,00	0,80	0,80	0,75		8,80	6,60								
ТЭН	5,00	1	5,00	0,80	0,95	0,33		4,00	1,32								
Насос циркуляционный	0,25	1	0,25	0,80	0,80	0,75		0,20	0,15								
Вентилятор	4,00	1	4,00	0,80	0,80	0,75		3,20	2,40								
ТЭН	2,00	1	2,00	0,80	0,95	0,33		1,60	0,53								
Насос циркуляционный	1,00	1	1,00	0,80	0,80	0,75		0,80	0,60								
ВСЕГО по 51РП		11		0,80			> 3	22,8 2	14,77	27,18	8	1,08	1,1	24,65	16,24	29,5 2	44,85
2ШР								188, 41	144,4 8	237,8 3				279,2 8	156,3 5	320, 07	486,29
1РП																	
Рамповая 1ЯУ	4,16	1	4,16	0,24	0,65	1,17		1,00	1,17								
ВСЕГО по 1РП								1,00	1,17	1,54				1,00	1,17	1,54	2,33
15РП																	
Реактор титановый	17,50	1	17,50	0,80	0,80	0,75		14,0 0	10,50								
Реактор сталь-эмаль РК300-2	1,00	2	2,00	0,80	0,80	0,75		1,60	1,20								
Реактор сталь-эмаль РК100-2	0,60	1	0,60	0,80	0,80	0,75		0,48	0,36								
Агрегат электронасос- ный НП-10	0,75	1	0,75	0,16	0,80	0,75		0,12	0,09								
Реактор сталь-эмаль РК500-2	2,80	2	5,60	0,80	0,80	0,75		4,48	3,36								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Агрегат электронасос- ный АХН1,5/10,1	3,00	3	9,00	0,16	0,80	0,75		1,44	1,08								
Электропечь камерная	10,00	1	10,00	0,50	0,95	0,33		5,00	1,65								
Вакуум-насос ВВН1- 0,75	2,20	2	4,40	0,80	0,80	0,75		3,52	2,64								
Шкаф сушильный	2,50	1	2,50	0,50	0,95	0,33		1,25	0,41								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
Реактор сталь-эмаль РК500-2	2,80	1	2,80	0,80	0,80	0,75		2,24	1,68								
ВСЕГО по 15РП		16		0,43			> 3	35,7 3	24,60	43,38	12	1,36	1,0	48,59	24,60	54,4 7	82,75
24РП																	
Станок сверлильный 2А-106	0,50	1	0,50	0,16	0,50	1,17		0,08	0,09								
Пресс эксцентриковый К-100А	0,50	1	0,50	0,16	0,50	1,17		0,08	0,09								
Пресс кривошипный К230Е	1,50	2	3,00	0,16	0,50	1,17		0,48	0,56								
Пресс эксцентриковый	1,00	1	1,00	0,16	0,50	1,17		0,16	0,19								
Пресс гидравлический Фогель	1,00	1	1,00	0,16	0,50	1,17		0,16	0,19								
Вентилятор ВР-80-75- 2,5	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
ВСЕГО по 24РП		7	6,55	0,23			≥ 3	1,40	1,45	2,02	9	1,90	1,1	2,66	1,60	3,10	4,72
25РП																	
Пресс Р-68-00	1,50	1	1,50	0,16	0,50	1,17		0,24	0,28								
Пресс кривошипный К2324	3,00	1	3,00	0,16	0,50	1,17		0,48	0,56								



Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Установка галтовки	1,50	1	1,50	0,16	0,50	1,17		0,24	0,28								
Печь муфельная	10,00	1	10,00	0,50	0,95	0,33		5,00	1,65								
Циркулярная пила Bosch	2,15	1	2,15	0,16	0,50	1,17		0,34	0,40								
Кондиционер	0,80	1	0,80	0,80	0,75	0,88		0,64	0,56								
Кондиционер	2,10	1	2,10	0,80	0,75	0,88		1,68	1,48								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 25РП		8		0,44			> 3	10,2 2	6,85	12,31	10	1,43	1,1	14,62	7,53	16,4 5	24,99
27РП																	
Машина вязальная PROTTI	0,50	2	1,00	0,50	0,65	1,17		0,50	0,59								
Машина вязальная STOLL	3,00	1	3,00	0,50	0,65	1,17		1,50	1,76								
Машина вязальная PROTTI PV-4	3,00	1	3,00	0,50	0,65	1,17		1,50	1,76								
Навойная установка Sket	0,55	3	1,65	0,50	0,65	1,17		0,83	0,97								
Печь муфельная	2,00	1	2,00	0,40	0,95	0,33		0,80	0,26								
Вентилятор ВР-80-75	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВР-80-75	0,37	2	0,74	0,80	0,80	0,75		0,59	0,44								
Вентилятор ВР-80-75	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 27РП		13	15,44	0,43			> 3	8,96	8,63	12,44	10	1,43	1,1	12,81	9,49	15,9 4	24,22
46РП																	
Вентилятор ВР-80-75- 6,3	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вентилятор ВРКВ6-3,55	1,50	5	7,50	0,80	0,80	0,75		6,00	4,50								
Вентилятор ВР230-52,1-2,1	1,50	4	6,00	0,80	0,80	0,75		4,80	3,60								
ВСЕГО по 46РП		10		0,24			> 3	12,00	9,00	15,00	10	1,84	1,1	22,08	9,90	24,20	36,76
47РП																	
Вент. установка	102,20	1	102,20	0,80	0,80	0,75		81,76	61,32								
Вент. установка	10,80	2	21,60	0,80	0,80	0,75		17,28	12,96								
Вент. установка	6,87	1	6,87	0,80	0,80	0,75		5,50	4,12								
Вентилятор ВР-80-75-5	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
ВСЕГО по 47РП		5		0,64			> 3	106,30	79,72	132,87	5	1,54	1,1	163,70	87,69	185,71	282,15
52РП																	
КИП и А	2,00	8	16,00	0,80	0,70	1,02		12,80	13,06								
ВСЕГО по 52РП		8		0,80			> 3	12,80	13,06	18,28	8	1,08	1,1	13,82	14,36	19,93	30,29
4ШР								312,91	216,60	390,88				513,42	255,51	573,48	871,32
18РП																	
Шкаф Лаб-Pro	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
Электрошкаф СНВС-4,5	2,50	6	15,00	0,80	0,95	0,33		12,00	3,96								
Шкаф вытяжной К14010.00СБ	2,20	2	4,40	0,80	0,80	0,75		3,52	2,64								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Электротопка К14005.00СБ	2,20	2	4,40	0,80	0,95	0,33		3,52	1,16								
Кран-балка	1,39	1	1,39	0,10	0,65	1,17		0,14	0,16								
ВСЕГО по 18РП		12		0,28			> 3	20,9 4	9,24	22,89	12	1,52	1,0	31,83	9,24	33,1 4	50,36
19РП																	
Шкаф Лаб-Pro	2,20	2	4,40	0,80	0,80	0,75		3,52	2,64								
Источник постоянного тока	0,41	1	0,41	0,80	0,65	1,17		0,33	0,38								
Шкаф вытяжной К14010.00СБ	2,20	2	4,40	0,80	0,80	0,75		3,52	2,64								
Установка электролиза	19,20	4	76,80	0,95	0,65	1,17		72,9 6	85,36								
Сушильный шкаф ШС- 2 К-7148-00	7,50	1	7,50	0,80	0,80	0,75		6,00	4,50								
Печь муфельная	4,00	3	12,00	0,80	0,95	0,33		9,60	3,17								
Электротопка К14005.00СБ	2,20	2	4,40	0,80	0,95	0,33		3,52	1,16								
ВСЕГО по 19РП		15	109,9 1	0,38			> 3	99,4 5	99,86	140,9 3	12	1,36	1,0	135,2 5	99,86	168, 12	255,43
21РП																	
Ванна электрохимиче- ская	8,02	1	8,02	0,95	0,65	1,17		7,62	8,91								
Ванна электрохимиче- ская	27,15	1	27,15	0,95	0,65	1,17		25,7 9	30,18								
Вентилятор ВР-80-75	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
Вентилятор ВР-80-75	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ВСЕГО по 21РП		5		0,86			> 3	37,9 7	42,94	57,32	5	1,04	1,1	39,49	47,24	61,5 7	93,55
22РП																	
Аквадистилятор ДЭ-40	55,00	3	165,0 0	0,80	0,95	0,33		132, 00	43,56								
Вентилятор ВР-230-52.1	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
Весы	1,00	1	1,00	0,16	0,70	1,02		0,16	0,16								
ВСЕГО по 22РП		5		0,35			> 3	133, 36	44,62	140,6 3	5	1,80	1,1	240,0 5	49,09	245, 02	372,26
23РП																	
Аппарат шпульный ША-1	0,30	4	1,20	0,50	0,65	1,17		0,60	0,70								
Станок металлота- кий VDWZ 0,25/2500	1,50	4	6,00	0,50	0,65	1,17		3,00	3,51								
Станок металлота- кий СТР- 130	1,80	1	1,80	0,50	0,65	1,17		0,90	1,05								
Станок металлота- кий Jager Stebs	0,50	1	0,50	0,50	0,65	1,17		0,25	0,29								
Навойная станция АW2	2,20	1	2,20	0,50	0,65	1,17		1,10	1,29								
Кран мостовой	3,42	1	3,42	0,10	0,65	1,17		0,34	0,40								
Вентилятор ВР-80-75	0,55	3	1,65	0,80	0,80	0,75		1,32	0,99								
Вентилятор ВР-80-75	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Вентилятор FUA 4700	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
Фильтр МЕ-32	0,20	1	0,20	0,80	0,80	0,75		0,16	0,12								
ВСЕГО по 23РП		18		0,32			> 3	10,0 3	10,12	14,25	10	1,60	1,1	16,05	11,14	19,5 4	29,68
26РП																	

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
Устройство зарядное	3,00	2	6,00	0,40	0,65	1,17		2,40	2,81								
Вентилятор ВР-80-75	1,10	1	1,10	0,80	0,80	0,75		0,88	0,66								
Вентилятор ВР-80-75	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВР-230-52.1	5,50	1	5,50	0,80	0,80	0,75		4,40	3,30								
Вентилятор ВР-80-75	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Насос Wilo	1,05	1	1,05	0,80	0,80	0,75		0,84	0,63								
ВСЕГО по 26РП		8		0,65			> 3	11,16	9,81	14,86	8	1,30	1,1	14,51	10,79	18,08	27,47
39РП																	
Насос пожарный 1Д315-50А	55,00	2	110,00	0,10	0,80	0,75		11,00	8,25								
Насос ГНОМ	1,10	1	1,10	0,10	0,80	0,75		0,11	0,08								
Лифт 1001Щ	22,71	1	22,71	0,10	0,65	1,17		2,27	2,66								
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,25	2	0,50	0,80	0,80	0,75		0,40	0,30								
Вентустановка	2,15	1	2,15	0,80	0,80	0,75		1,72	1,29								
Вентилятор ВРКВ6-3,55Ду	1,50	2	3,00	0,80	0,80	0,75		2,40	1,80								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 39РП		10		0,35			> 3	19,50	16,01	25,23	8	1,72	1,1	33,54	17,61	37,88	57,56
53РП																	
Вент. установка	23,10	1	23,10	0,80	0,80	0,75		18,48	13,86								
Вент. установка	12,20	1	12,20	0,80	0,80	0,75		9,76	7,32								
Вент. установка	3,50	1	3,50	0,80	0,80	0,75		2,80	2,10								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вентилятор ВР-80-75	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Вентилятор КТ-50-25-6	0,22	1	0,22	0,80	0,80	0,75		0,18	0,13								
Вентилятор К200L	0,18	1	0,18	0,80	0,80	0,75		0,14	0,11								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 53РП		7		0,80			> 3	33,5 6	25,60	42,21	8	1,08	1,1	36,24	28,16	45,9 0	69,74
6ШР								25,8 3	24,37	42,21				37,76	26,81	46,3 1	70,36
54РП																	
Шкаф сушильный	2,00	4	8,00	0,70	0,95	0,33		5,60	1,85								
ВСЕГО по 54РП							> 3	5,60	1,85	5,90	4	1,29	1,1	7,22	2,03	7,50	11,40
55РП																	
Реактор фторопластовый 2 м.куб	5,00	4	20,00	0,70	0,65	1,17		14,0 0	16,38								
Реактор титановый 200	1,50	1	1,50	0,70	0,65	1,17		1,05	1,23								
Реактор титановый 200	3,50	1	3,50	0,70	0,65	1,17		2,45	2,87								
ВСЕГО по 55РП		6	25,00	0,35			> 3	17,5 0	20,48	26,93	6	1,40	1,1	24,50	22,52	33,2 8	50,56
56РП																	
Насос ХЦМЗ/25	2,20	4	8,80	0,16	0,80	0,75		1,41	1,06								
ВСЕГО по 56РП		4					> 3	1,41	1,06	1,76	4	3,22	1,1	4,53	1,16	4,68	7,11
57РП																	
Вентилятор ВР-86-77-2,5	0,55	3	1,65	0,80	0,80	0,75		1,32	0,99								
ВСЕГО по 57РП		3					≥ 3	1,32	0,99	1,65	3	1,14	1,1	1,50	1,09	1,86	2,82

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>1ABP</b>																	
Кислотная газоочистка 1ЩУ	21,00	1	21,00	0,95	0,80	0,75		19,9 5	14,96								
Щелочная газоочистка 2ЩУ	21,00	1	21,00	0,95	0,80	0,75		19,9 5	14,96								
<b>ВСЕГО по 1ABP</b>								39,9 0	29,93	49,88				39,90	29,93	49,8 8	75,78
<b>ЩРОИ</b>																	
Осветительные уста- новки	67,00	1	67,00	0,95	0,95	0,33		63,6 5	21,00								
<b>ВСЕГО по ЩРОИ</b>								63,6 5	21,00	67,03				63,65	21,01	67,0 3	101,84
<b>3ШР</b>								162, 38	133,7 9	67,03				247,1 1	142,2 4	285, 12	433,20
<b>16РП</b>																	
Шкаф вытяжной ЛАБ- 1200 ШВФ-Н	2,20	5	11,00	0,80	0,80	0,75		8,80	6,60								
Реактор титановый	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
Реактор титановый	16,00	1	16,00	0,80	0,80	0,75		12,8 0	9,60								
Реактор сталь-эмаль РК-300-2	1,00	1	1,00	0,80	0,80	0,75		0,80	0,60								
Трансформатор сва- рочный ТДМ-501	7,89	1	7,89	0,80	0,65	1,17		6,31	7,39								
Вакуум-насос ВВН1- 0,75	2,20	2	4,40	0,80	0,80	0,75		3,52	2,64								
Электролизные ванны, выпрямитель ИПТ 220- 50/28,5-125	2,28	2	4,55	0,80	0,65	1,17		3,64	4,26								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Таль электрическая	0,56	1	0,56	0,10	0,65	1,17		0,06	0,07								
Кондиционер WMN7	0,80	1	0,80	0,80	0,80	0,75		0,64	0,48								
ВСЕГО по 16РП		15	47,70	0,43			> 3	37,7 7	32,53	49,85	14	1,28	1,0	48,34	32,53	58,2 7	88,53
35РП																	
Машина волочильная UDZWG 6/22	13,60	1	13,60	0,16	0,65	1,17		2,18	2,55								
Машина волочильная Гербан	10,00	1	10,00	0,16	0,65	1,17		1,60	1,87								
Машина волочильная Кратос	1,80	7	12,60	0,16	0,65	1,17		2,02	2,36								
Печь шестиканальная Б 6564.08	21,00	1	21,00	0,80	0,95	0,33		16,8 0	5,54								
Машина для сварки DST A	0,50	2	1,00	0,40	0,65	1,17		0,40	0,47								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 35РП		13	60,20	0,19			> 3	24,5 9	14,42	28,51	7	2,10	1,1	51,64	15,86	54,0 2	82,08
36РП																	
Машина волочильная ММ-6	1,50	5	7,50	0,16	0,65	1,17		1,20	1,40								
Печь Суол	2,00	1	2,00	0,80	0,95	0,33		1,60	0,53								
Машина волочильная Кратос	1,80	4	7,20	0,16	0,65	1,17		1,15	1,35								
Печь шестиканальная Б 6564.08	21,00	1	21,00	0,80	0,95	0,33		16,8 0	5,54								
Вентилятор FUK-4700	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								



Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Машина волочильная UDZWG 6/22	13,60	1	13,60	0,16	0,65	1,17		2,18	2,55								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 36РП		14	55,50	0,26			> 3	26,2 9	14,32	29,94	8	1,72	1,1	45,22	15,75	47,8 8	72,75
37РП																	
Турникет	0,60	1	0,60	0,80	0,65	1,17		0,48	0,56								
Печь вертикального отжига	5,00	3	15,00	0,80	0,95	0,33		12,0 0	3,96								
Перемоточный станок	0,50	1	0,50	0,80	0,65	1,17		0,40	0,47								
Установка для пере- мотки	0,50	1	0,50	0,80	0,65	1,17		0,40	0,47								
Печь FN-20	2,38	1	2,38	0,80	0,95	0,33		1,90	0,63								
Вентилятор FUK-1800	0,55	2	1,10	0,80	0,80	0,75		0,88	0,66								
ВСЕГО по 37РП		9		0,53			> 3	16,0 6	6,74	17,42	8	1,40	1,1	22,48	7,42	23,6 8	35,97
38РП																	
Установка для очистки проволоки	1,50	1	1,50	0,40	0,65	1,17		0,60	0,70								
Ванна Кристал-15	1,00	1	1,00	0,40	0,95	0,33		0,40	0,13								
Станок Баярд	0,25	4	1,00	0,24	0,65	1,17		0,24	0,28								
Станок Баярд	1,30	1	1,30	0,24	0,65	1,17		0,31	0,37								
Станок	3,00	1	3,00	0,24	0,65	1,17		0,72	0,84								
Вентилятор ВР-80-75- 3,5	1,10	1	1,10	0,80	0,80	0,75		0,88	0,66								
Станок для шлифовки	0,80	1	0,80	0,24	0,65	1,17		0,19	0,22								
Станок НИАС-8	1,00	1	1,00	0,24	0,65	1,17		0,24	0,28								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вентилятор ВР-80-75-5	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
ВСЕГО по 38РП		12		0,30			> 3	5,34	4,81	7,19	8	1,72	1,1	9,19	5,29	10,6 0	16,11
41РП		1	0,00														
Электрод печь Naberterm	69,00	1	69,00	0,80	0,95	0,33		55,2 0	18,22								
Печь вакуумная ЭВТ-50	47,50	1	47,50	0,80	0,95	0,33		38,0 0	12,54								
Электрод печь КИЛС-25	25,00	1	25,00	0,80	0,95	0,33		20,0 0	6,60								
Кран мостовой	3,16	1	3,16	0,10	0,65				0,00								
Вентилятор FUA 4700	2,20	2	4,40	0,80	0,80	0,75		3,52	2,64								
Фильтр ММЕ-32	0,20	2	0,40	0,80	0,80	0,75		0,32	0,24								
Вентилятор ВР-80-75	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВР-80-75	0,25	1	0,25	0,80	0,80	0,75		0,20	0,15								
ВСЕГО по 41РП		11		0,52			> 3	4,48	40,72	40,96	10	1,34	1,1	6,00	44,79	45,1 9	68,66
42РП																	
Печь МТР-2МР	4,75	2	9,50	0,80	0,95	0,33		7,60	2,51								
Печь	5,80	1	5,80	0,80	0,95	0,33		4,64	1,53								
Печь	5,00	2	10,00	0,80	0,95	0,33		8,00	2,64								
Установка дробления льда	10,00	1	10,00	0,16	0,65	1,17		1,60	1,87								
Печь	10,00	1	10,00	0,80	0,95	0,33		8,00	2,64								
Печь	5,80	1	5,80	0,80	0,95	0,33		4,64	1,53								
Печь	10,00	1	10,00	0,80	0,95	0,33		8,00	2,64								
Станок отрезной	0,50	1	0,50	0,16	0,65	1,17		0,08	0,09								
Термостат	1,00	1	1,00	0,40	0,95	0,33		0,40	0,13								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Весы ВЛР-20014	0,10	1	0,10	0,16	0,70	1,02		0,02	0,02								
Весы ВЛР-1	0,10	1	0,10	0,16	0,70	1,02		0,02	0,02								
Весы лабораторные	1,00	1	1,00	0,16	0,70	1,02		0,16	0,16								
Вентилятор ВР 80-75-3,15	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
ВСЕГО по 42РП		15	65,30	0,45			> 3	44,3 5	16,68	47,39	14	1,30	1,0	57,66	16,68	60,0 2	91,20
43РП																	
Установка сварки	0,50	1	0,50	0,40	0,65	1,17		0,20	0,23								
Установка АРМ-ПТЭ	0,80	1	0,80	0,24	0,80	0,75		0,19	0,14								
Установка У-309	0,80	1	0,80	0,24	0,80	0,75		0,19	0,14								
Установка на однородность	0,50	1	0,50	0,24	0,80	0,75		0,12	0,09								
Установка УПСТ-2М	0,60	1	0,60	0,24	0,80	0,75		0,14	0,11								
Оптиметр Щ-34	0,05	1	0,05	0,24	0,70	1,02		0,01	0,01								
Оптиметр ИКВ	0,01	1	0,01	0,24	0,70	1,02		0,00	0,00								
Машина Instron	6,00	1	6,00	0,24	0,65	1,17		1,44	1,68								
Машина разрывная	1,10	3	3,30	0,24	0,65	1,17		0,79	0,93								
Вентилятор	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
ВСЕГО по 43РП		12	13,31	0,26			> 3	3,49	3,56	4,99	6	1,88	1,1	6,57	3,92	7,65	11,62
5ШР								224, 96	184,7 6	300,0 5				309,7 7	203,2 4	370, 49	562,90
28РП																	
Проволочно-волоочильный станок UDZSA	17,00	1	17,00	0,24	0,65	1,17		4,08	4,77								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Устройство для съёма бухт UDEN350	0,40	1	0,40	0,10	0,65	1,17		0,04	0,05								
Проволочно-волоочильный станок UDZSA	22,00	1	22,00	0,24	0,65	1,17		5,28	6,18								
Устройство для съёма бухт UDEN350	0,40	1	0,40	0,10	0,65	1,17		0,04	0,05								
Проволочно-волоочильный станок KRATOS	33,00	1	33,00	0,24	0,65	1,17		7,92	9,27								
Проволочно-волоочильный станок KRATOS	1,80	1	1,80	0,24	0,65	1,17		0,43	0,51								
Проволочно-волоочильный станок KRATOS	8,00	1	8,00	0,24	0,65	1,17		1,92	2,25								
Проволочно-волоочильный станок KRATOS	2,50	1	2,50	0,24	0,65	1,17		0,60	0,70								
Вентилятор BP 280-46KTN 2,5	4,00	1	4,00	0,80	0,80	0,75		3,20	2,40								
ВСЕГО по 28ПП		9		0,27			> 3	23,51	26,16	35,18	7	1,80	1,1	42,32	28,78	51,18	77,76
29ПП			0,00														
Машина для сварки DST A	0,50	3	1,50	0,30	0,65	1,17		0,45	0,53								
Машина для сварки DST B	4,25	1	4,25	0,30	0,65	1,17		1,28	1,49								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Машина для сварки BMS 4	0,45	1	0,45	0,30	0,65	1,17		0,14	0,16								
Машина для сварки DSN 090FE	0,65	1	0,65	0,30	0,65	1,17		0,20	0,23								
Пресс гидравлический PYE	3,00	1	3,00	0,24	0,65	1,17		0,72	0,84								
Сушильный шкаф	2,00	1	2,00	0,70	0,95	0,33		1,40	0,46								
Мельница шаровая	2,20	1	2,20	0,24	0,65	1,17		0,53	0,62								
Сепаратор	10,00	1	10,00	0,80	0,65	1,17		8,00	9,36								
Вентилятор ВР 280-46	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 29РП		12		0,40			> 3	14,7 4	15,65	21,50	10	1,43	1,1	21,08	17,21	27,2 2	41,35
32РП																	
Стан волочильный MB 1000B	1,00	1	1,00	0,24	0,65	1,17		0,24	0,28								
Стан цепной Цибанг	3,70	1	3,70	0,24	0,65	1,17		0,89	1,04								
Стан труболовильный А42	9,00	1	9,00	0,24	0,65	1,17		2,16	2,53								
Стан труболовильный А392МП	50,00	1	50,00	0,24	0,65	1,17		12,0 0	14,04								
Станок UDSr 1b	3,00	3	9,00	0,24	0,65	1,17		2,16	2,53								
Станок UDSr II	1,50	3	4,50	0,24	0,65	1,17		1,08	1,26								
Трансформатор сварочный	2,86	1	2,86	0,30	0,65	1,17		0,86	1,00								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вентилятор ВР 280-46	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
ВСЕГО по 32РП		12		0,21			> 3	21,1 5	24,00	31,99	8	1,99	1,1	42,08	26,40	49,6 8	75,48
33РП																	
Проволоко- волочиль- ная машина	18,00	1	18,00	0,24	0,65	1,17		4,32	5,05								
Волочильная машина UDZWG VIII/18	4,20	1	4,20	0,24	0,65	1,17		1,01	1,18								
Машина ковочная 8203	3,00	2	6,00	0,24	0,65	1,17		1,44	1,68								
Установка нагрева труб и прутков	15,00	1	15,00	0,50	0,65	1,17		7,50	8,78								
Станок для резки	3,00	1	3,00	0,24	0,65	1,17		0,72	0,84								
Станок для обработки труб	1,50	1	1,50	0,16	0,65	1,17		0,24	0,28								
Проволоко- волочильный станок	7,50	1	7,50	0,24	0,65	1,17		1,80	2,11								
Вентилятор ВР 80-75	0,25	1	0,25	0,80	0,80	0,75		0,20	0,15								
Вентилятор ВР 80-75	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								
Вентилятор ВР 80-75	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
40РП																	
Насос пожарный 1Д315-50А	55,00	1	55,00	0,10	0,80	0,75		5,50	4,13								
Насос пожарный 1Д315-50А	55,00	1	55,00	0,10	0,80	0,75		5,50	4,13								
Лифт 1001Щ	22,71	1	22,71	0,10	0,65	1,17		2,27	2,66								
ВСЕГО по 33РП		14		0,33			> 3	13,2 7	33,20	35,75	8	1,72	1,1	22,83	36,52	43,0 7	65,43
34РП																	

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кран мостовой	2,21	1	2,21	0,10	0,65	1,17		0,22	0,26								
Электропечь Килс-37	30,00	1	30,00	0,80	0,95	0,33		24,0 0	7,92								
Фильтр EF-500 /3	7,20	1	7,20	0,80	0,80	0,75		5,76	4,32								
Фильтр EF-500 /4	9,60	1	9,60	0,80	0,80	0,75		7,68	5,76								
Вентилятор ВР 80-75-5	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
Насос Бурун	0,55	1	0,55	0,40	0,80	0,75		0,22	0,17								
Таль электрическая	7,27	1	7,27	0,10	0,65	1,17		0,73	0,85								
Холодильник	0,30	1	0,30	0,80	0,70	1,02		0,24	0,24								
СВЧ печь	2,00	1	2,00	0,80	0,95	0,33		1,60	0,53								
Чайник электрический	2,00	1	2,00	0,16	0,95	0,33		0,32	0,11								
Вентилятор ВР 80-75	1,10	1	1,10	0,80	0,80	0,75		0,88	0,66								
ВСЕГО по 34РП		11		0,58			> 3	42,8 5	21,71	48,04	8	1,30	1,1	55,70	23,88	60,6 1	92,08
48РП		1	0,00														
Кондиционер	0,80	1	0,80	0,80	0,80	0,75		0,64	0,48								
Вентилятор FUK-2100	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Вентилятор ВР 230-52.1-3.15	1,50	1	1,50	0,80	0,80	0,75		1,20	0,90								
Вентилятор ВР 230-52.1-25	5,50	1	5,50	0,80	0,80	0,75		4,40	3,30								
Вентилятор ВР 80-75-4	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вент. установка	9,91	1	9,91	0,80	0,80	0,75		7,93	5,95								
Вентилятор FUK-1800	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВР 230-52.1-2.1	3,00	1	3,00	0,80	0,80	0,75		2,40	1,80								
Аквадистиллятор ДЭ-40	55,00	1	55,00	0,80	0,95	0,33		44,0 0	14,52								

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ВСЕГО по 48РП		9		0,80			> 3	62,0 5	28,06	68,10	9	1,08	1,1	67,01	30,86	73,7 8	112,09
49РП		1	0,00														
Вент. установка	5,80	1	5,80	0,80	0,80	0,75		4,64	3,48								
Вент. установка	2,75	1	2,75	0,80	0,80	0,75		2,20	1,65								
Вентилятор ВКРС-3,55	0,18	2	0,36	0,80	0,80	0,75		0,29	0,22								
Вентилятор ВКРС-6,3	1,10	7	7,70	0,80	0,80	0,75		6,16	4,62								
Кондиционер	0,80	1	0,80	0,80	0,80	0,75		0,64	0,48								
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,37	1	0,37	0,80	0,80	0,75		0,30	0,22								
Вентилятор FUK-1800	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
Вентилятор ВКРС-6,3	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Вентилятор FUK-1800	0,55	1	0,55	0,80	0,80	0,75		0,44	0,33								
ВСЕГО по 49РП		16		0,45			> 3	15,7 0	11,78	19,63	10	1,40	1,1	21,99	12,96	25,5 2	38,77
50РП		1	0,00														
Вент. установка	2,60	1	2,60	0,80	0,80	0,75		2,08	1,56								
Вент. установка	21,20	1	21,20	0,80	0,80	0,75		16,9 6	12,72								
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,37	1	0,37	0,80	0,80	0,75		0,30	0,22								
Вентилятор ВЦ-14-46-2,5	0,75	1	0,75	0,80	0,80	0,75		0,60	0,45								
Вентилятор ВЦ-14-46-2,5	0,37	1	0,37	0,80	0,80	0,75		0,30	0,22								
Вентилятор ВЦ-СМРТ/2-160	0,37	1	0,37	0,80	0,80	0,75		0,30	0,22								
Вентилятор ВР 80-75-5	2,20	1	2,20	0,80	0,80	0,75		1,76	1,32								



Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вентилятор ВРКВ-6-3,55	1,50	2	3,00	0,80	0,80	0,75		2,40	1,80								
Кондиционер	0,80	1	0,80	0,80	0,80	0,75		0,64	0,48								
Фильтр модульный MDB В-12MDB В-12	0,20	1	0,20	0,80	0,80	0,75		0,16	0,12								
Вентилятор ВЦ8-23	5,50	1	5,50	0,80	0,80	0,75		4,40	3,30								
Вентилятор ВР 80-75-2,5	0,25	1	0,25	0,80	0,80	0,75		0,20	0,15								
КИП и А	2,00	1	2,00	0,80	0,70	1,02		1,60	1,63								
ВСЕГО по 50РП		14		0,74			> 3	31,6 9	24,20	39,87	10	1,16	1,1	36,76	26,62	45,3 8	68,95
148ШУ																	
Пресс ПА-663	223,00	1	223,0 0	0,16	0,65	1,17		35,6 8	41,75								
ВСЕГО по 148ШУ								35,6 8	41,75	54,92				35,68	41,74	54,9 1	83,43
110ШП																	
110ШУ	18,90	1	18,90	0,16	0,65	1,17		3,02	3,54								
111ШУ	20,40	1	20,40	0,16	0,65	1,17		3,26	3,82								
112ШУ	18,90	1	18,90	0,16	0,65	1,17		3,02	3,54								
113ШУ	18,90	1	18,90	0,16	0,65	1,17		3,02	3,54								
114ШУ	20,40	1	20,40	0,16	0,65	1,17		3,26	3,82								
115ШУ	18,90	1	18,90	0,16	0,65	1,17		3,02	3,54								
116ШУ	18,90	1	18,90	0,16	0,65	1,17		3,02	3,54								
110ПУ	0,63	1	0,63	0,16	0,65	1,17		0,10	0,12								
ВСЕГО по 110ШП		8		0,16			> 3	21,7 5	25,45	33,47	8	2,31	1,1	50,24	27,99	57,5 1	87,38
ЩРО11																	

Окончание таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Осветительные установки	76,00	1	76,00	0,95	0,95	0,33		72,20	23,83								
ВСЕГО по ЩРО11								72,20	23,83	76,03				72,20	23,83	76,03	115,52
ВСЕГО НА ШНН								1395,03	1007,41	1628,92				1993,62	1129,23	2299,61	-
ПОТЕРИ														45,99	229,96	234,52	-
ВСЕГО НА ВН														2039,62	1359,19	2534,13	-

Примечание: в соответствии с [1, таблица 4] для данных электроприемников  $n$ , не определяется, а максимальная активная мощность  $P_m$  рассчитывается по формуле:  $P_m = K_3 \cdot P_{н.с.}$ , (в этом случае  $Q_m = P_m \cdot \operatorname{tg} \varphi$ ), где  $K_3$  – коэффициент загрузки, для повторно-кратковременного режима  $K_3 = 0,75$ ; для длительного режима  $K_3 = 0,9$  [1, таблица 4].

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

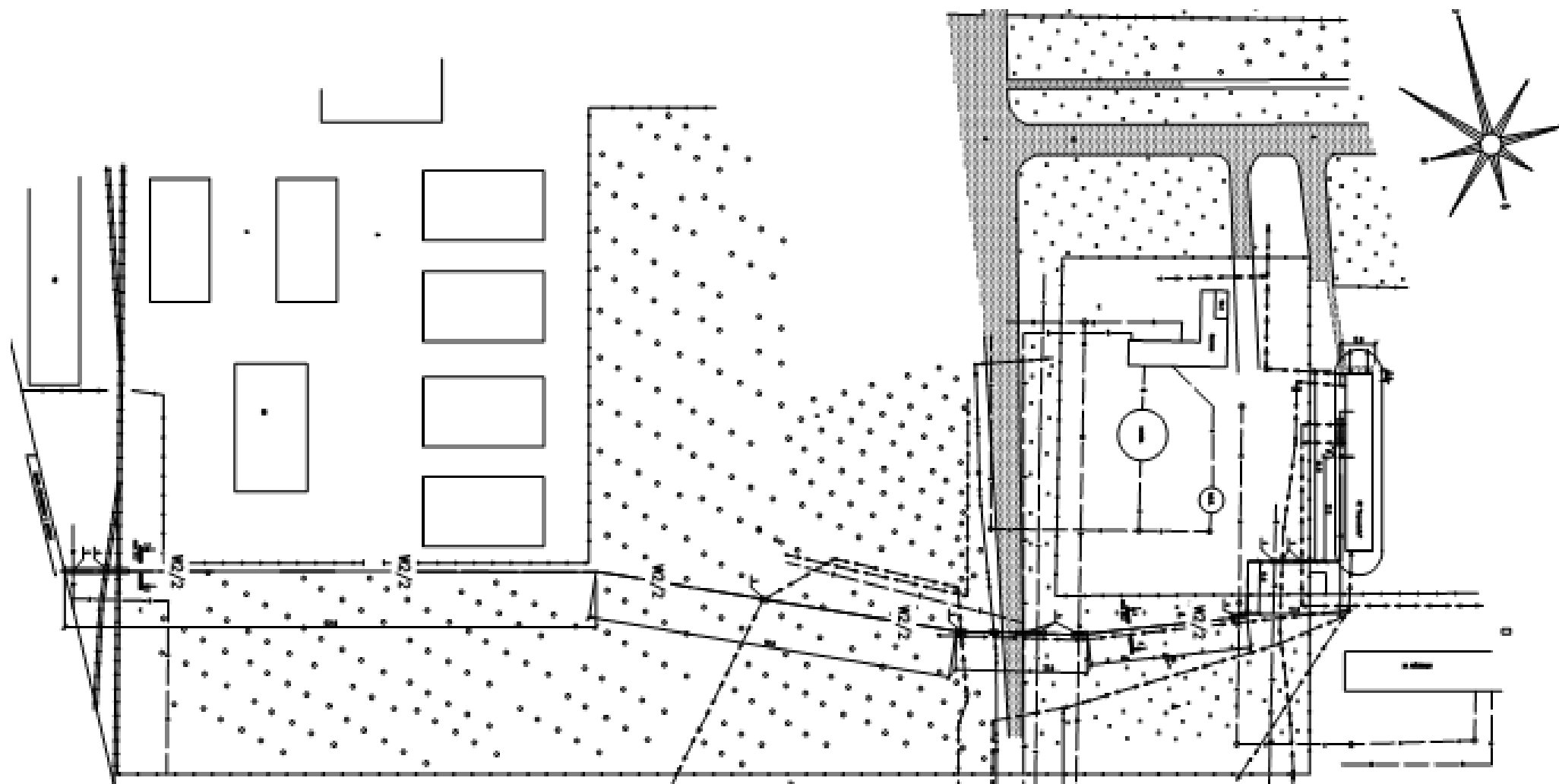


Рисунок В – План объекта с указанием размещения подстанций кабельных линий

# ПРИЛОЖЕНИЕ В (продолжение)

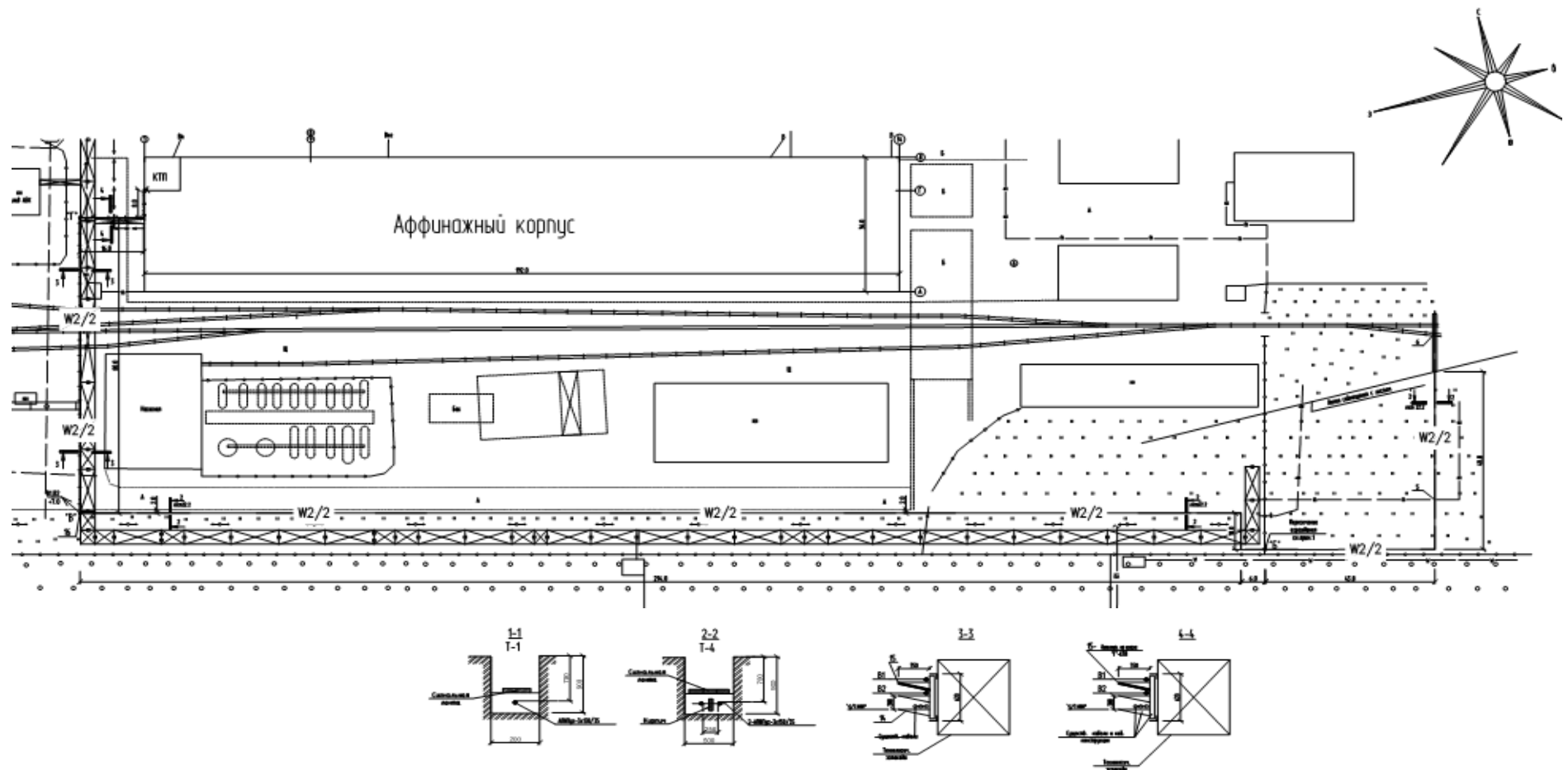


Рисунок В – План объекта с указанием размещения подстанций кабельных линий (продолжение)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

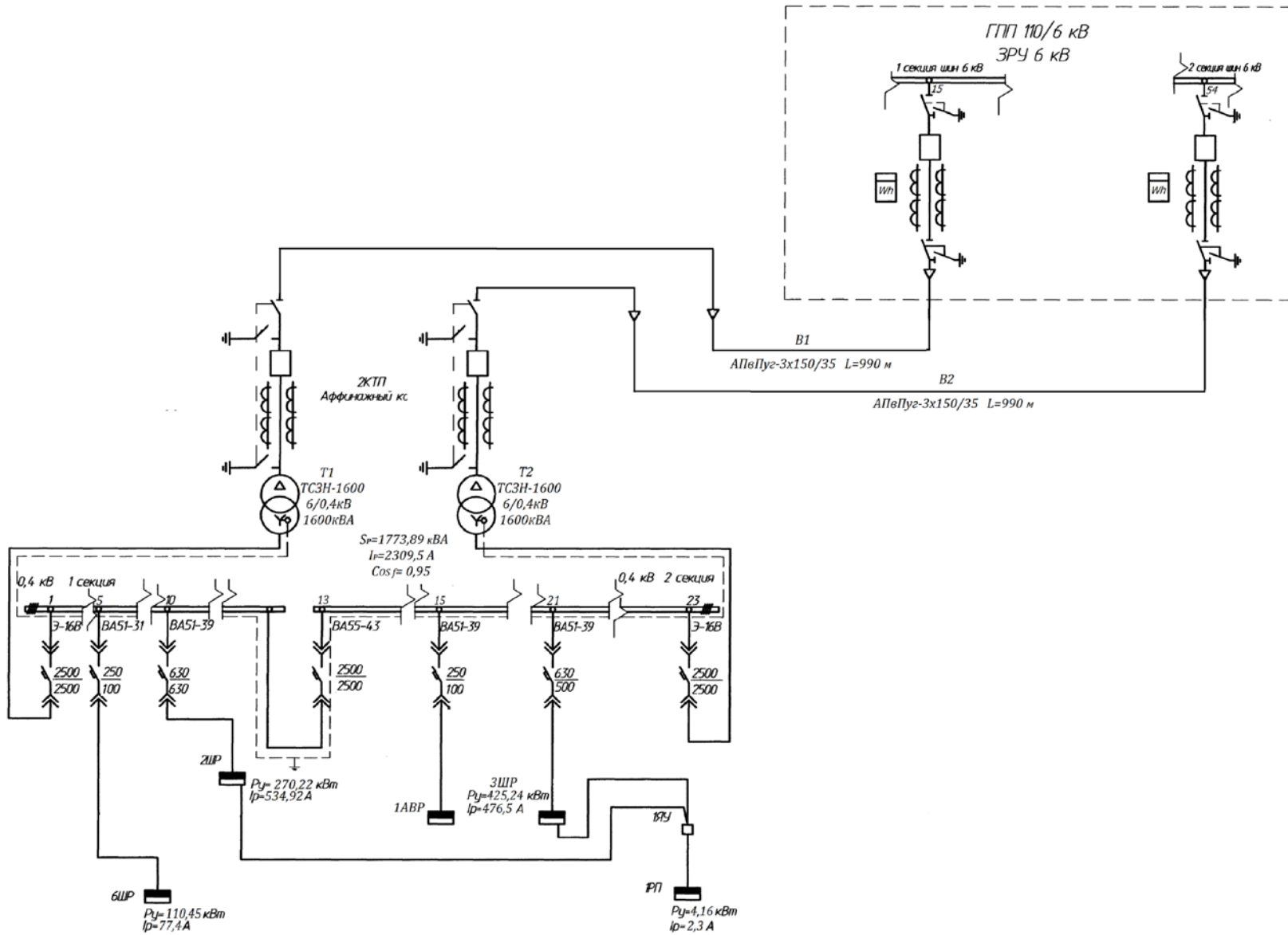
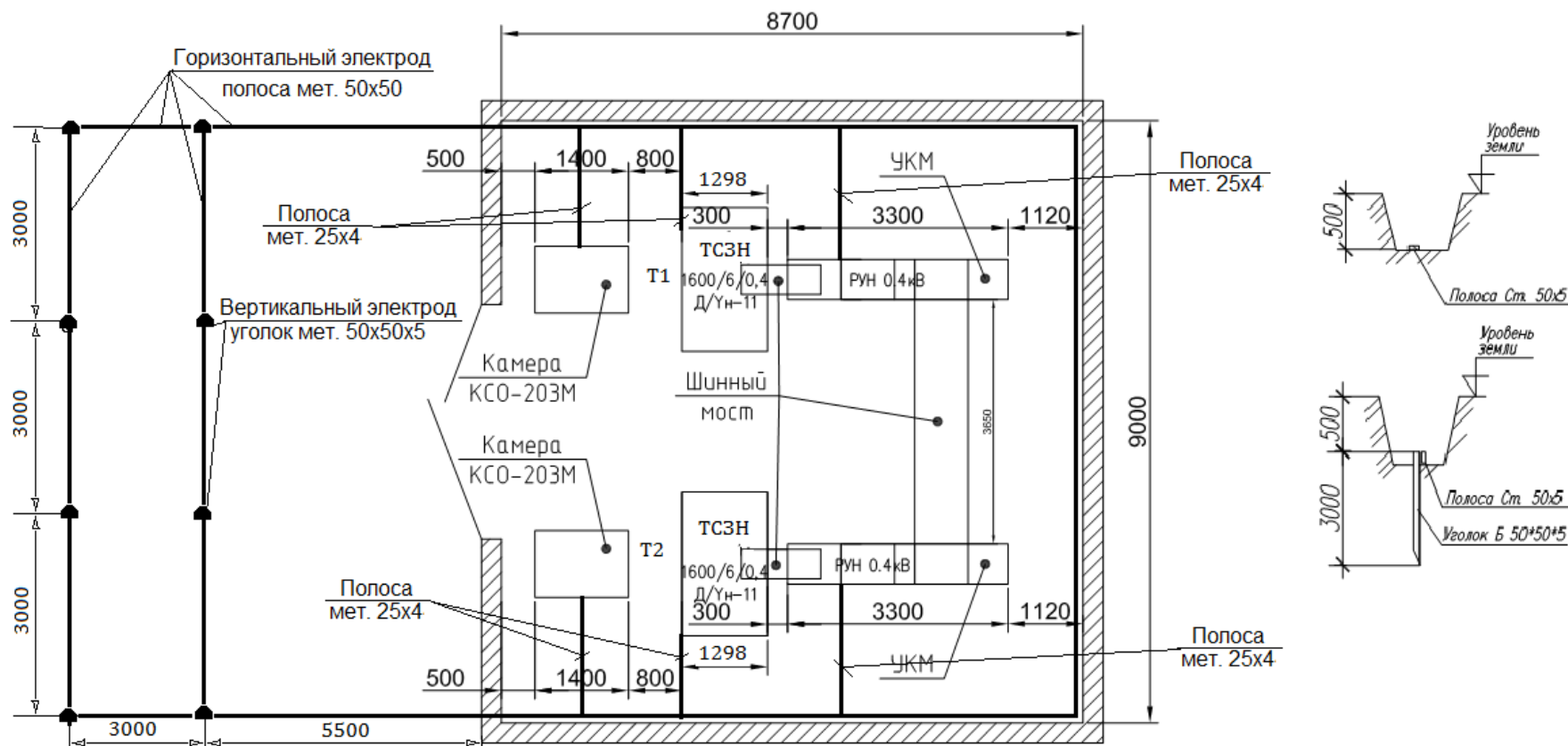


Рисунок Г – Схема электроснабжения

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д



### Примечания

1. Наружный контур заземления выполнить из стали уголовой 50х50х5 L=3м, соединенных стальной полосой 50х5.
2. Контур проложить по периметру помещения. Стальную полосу проложить в траншее на глубине 0,5м, вертикальные заземлители вбить на глубину 0,5м от вершины.
3. Сопротивление заземляющего контура не должно превышать 4 Ом в любое время года.
4. Все соединения выполнить на сварку.
5. Магистраль внутреннего заземления выполнить стальной полосой 50х5 на высоте 0,4–0,6м от уровня пола. Прокладку полосы заземления к отдельным электроприемникам выполнить полосой 25х4 по месту монтажа. Вся сеть заземления, за исключением прохода в трубах через стены должна быть видимой. В местах пересечения с воротами полосу проложить над воротами.

Рисунок Д – Схема заземляющего устройства КТП и план размещения оборудования

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

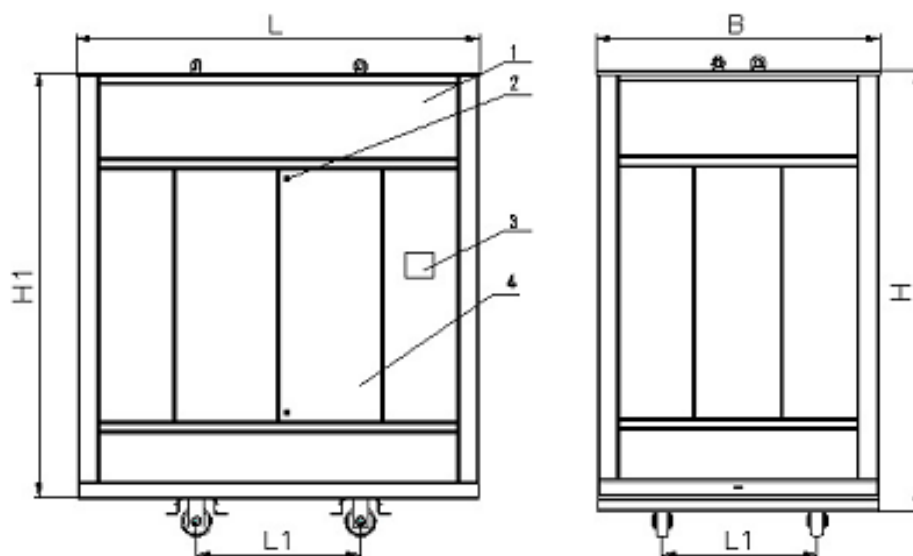


Рисунок Еа – Общий вид трансформаторов ТСЗН с кабельными вводами снизу: 1) Кожух трансформатора; 2) Замок на дверце; 3) Паспортная табличка; 4) Дверца кожуха

Габаритные размеры трансформаторов серии ТСЗН с кабельными вводами снизу: 1980x1298x2320 мм, масса 4100 кг.

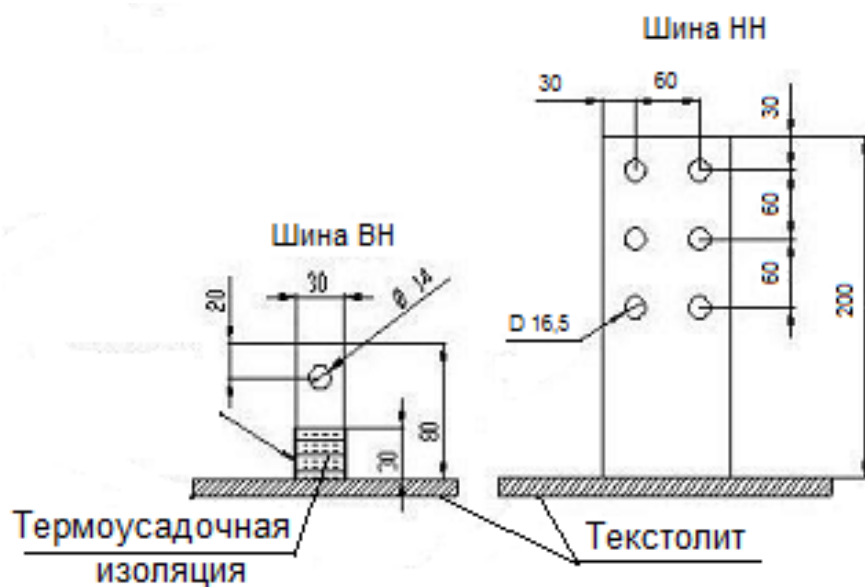


Рисунок Еб – Присоединительные размеры выводов шин ВН и НН для трансформаторов типа ТСЗН с верхними выводами шин

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е1

(справочное)

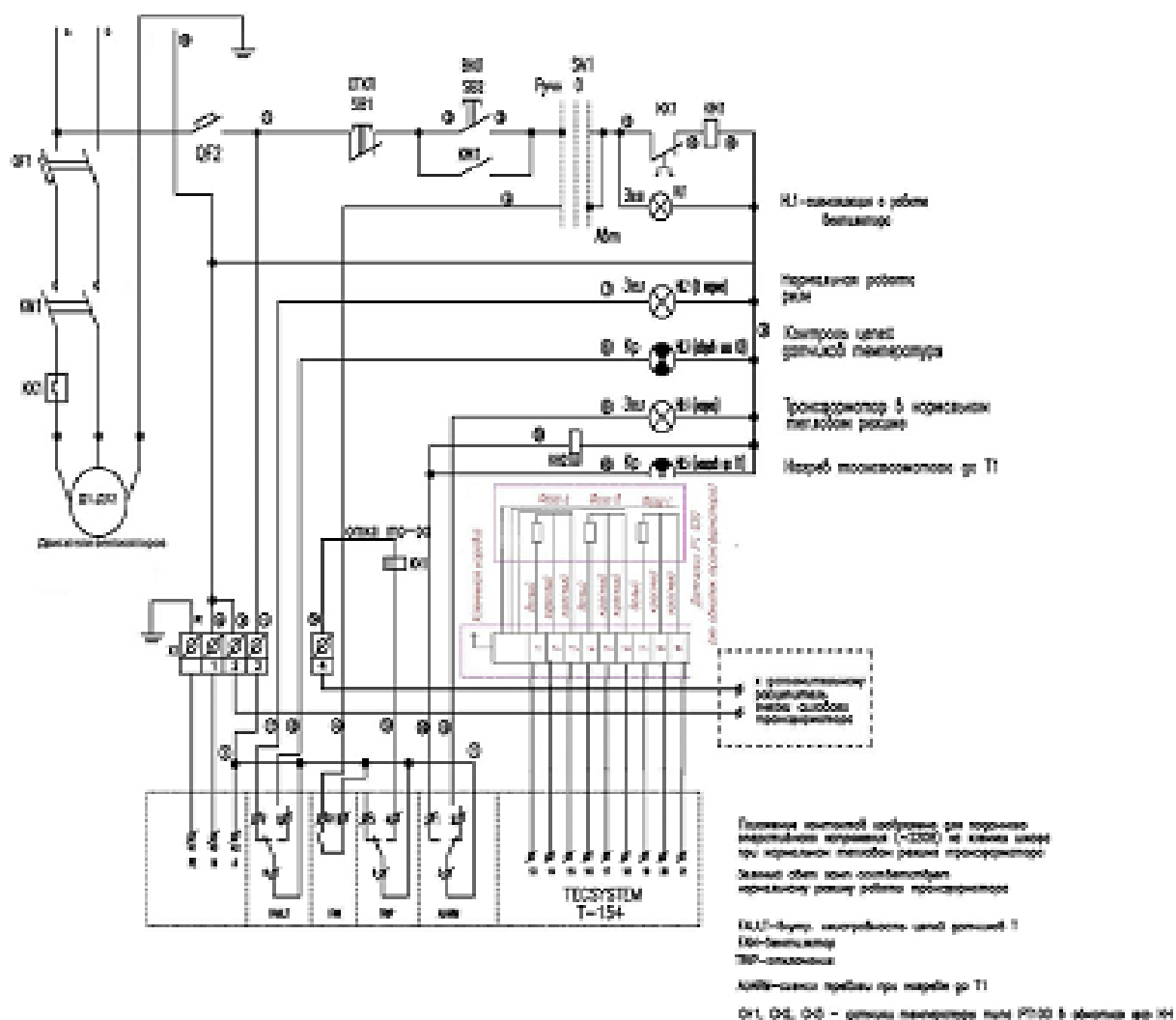


Рисунок Е1 – Схема электрическая принципиальная шкафа тепловой защиты и управления вентиляцией

Примечание: Д1..Д12 – двигатели вентиляторов, установленные на трансформатор, (при заказе трансформаторов в комплекте с вентиляторами) в схему включать согласно рисунка Е1.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е2

(справочное)

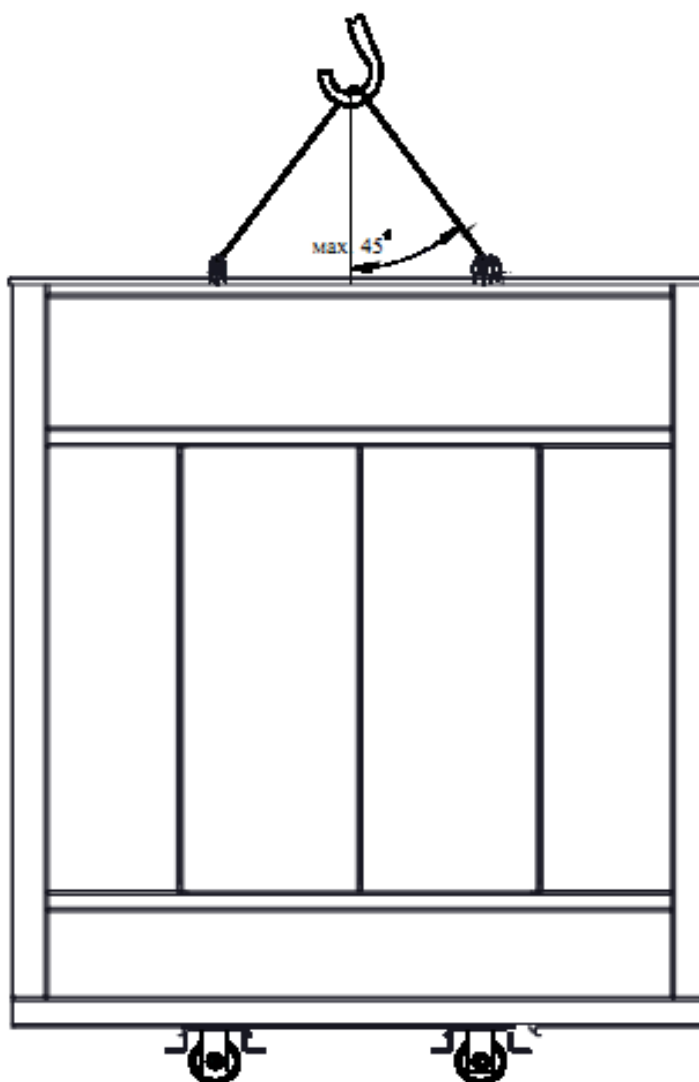


Рисунок Е2 – Схема строповки трансформатора типа ТСЗН

Таблица Е2 – Момент затяжки

Диаметр резьбы	Момент для наружных соединений, Нм
M8	15...22
M10	30...40
M12	60...75
M14	70...100
M16	110...140



## ПРИЛОЖЕНИЕ ЕЗ

(справочное)

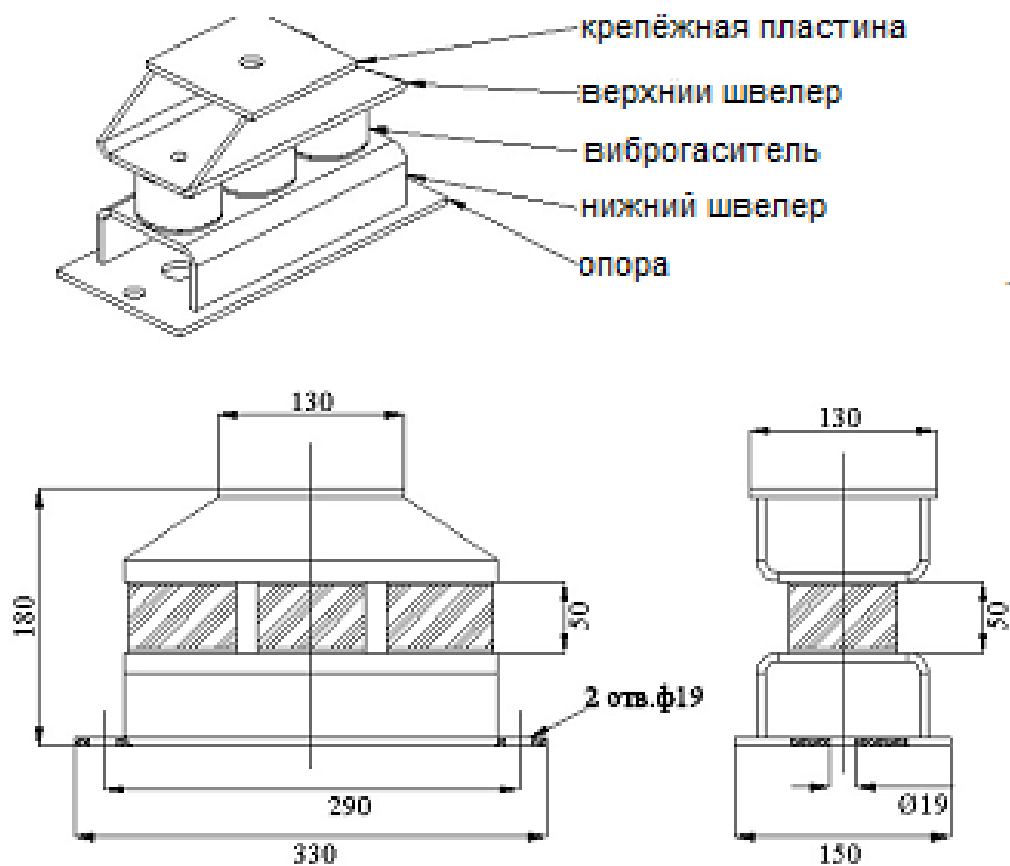


Рисунок ЕЗ – Конструкция и размеры виброгасителей (виброопор)

(обязательное)

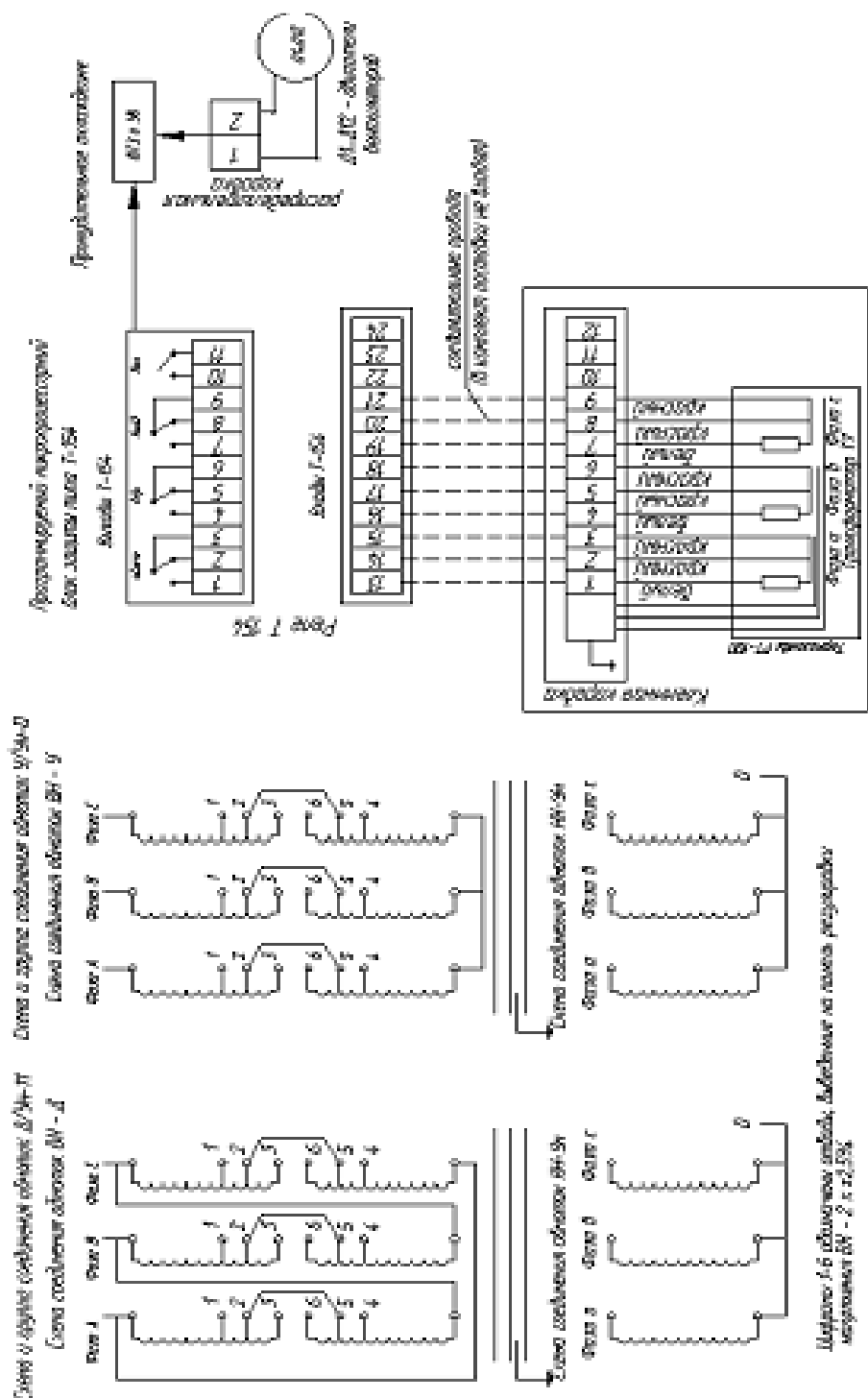


Рисунок Е4 – Схема принципиальная электрическая трансформатора ТСЗН