

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы электроснабжения механического завода с детальной проработкой сборочного цеха

УДК 658.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6Д	Нанзанов Дмитрий Андреевич		01.06.20

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Тарасов Е.В.	к.т.н., доцент		01.06.20

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Е.С.	к.э.н., доцент		01.06.20

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.	доцент		01.06.20

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		01.06.20

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), УК-5 *(ОК-6)), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5 *(ОК-6), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5*(ОК-6), УК-7 *(ОК-8), УК-8 *(ОК-9), ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-6 *(ОК-7), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
По профилям подготовки		
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-1 *(ОК-1, ОК-2), УК-2 *(ОК-3, ОК-4), УК-3 *(ОК-5), УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ОПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P8	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2 *(ОК-3, ОК-4), ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

		<i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P9	Уметь проектировать электроэнергетические системы и их компоненты.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2*(ОК-3, ОК-4), ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P12	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-4, ОПК-5, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8 ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Шестакова В.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А6Д	Нанзанову Дмитрию Андреевичу

Тема работы:

Разработка системы электроснабжения механического завода с детальной проработкой сборочного цеха
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№5826 27.02.2020
---	------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является сборочный цех механического завода. В качестве исходных данных представлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> - генеральный план завода; - план цеха по ремонту оборудования; - сведения об электрических нагрузках завода; - сведения об электрических нагрузках цеха по ремонту оборудования.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение;</p> <p>Описание предприятия;</p> <p>Картограмма и определение центра электрических нагрузок;</p> <p>Схема внешнего и внутривыпускного электроснабжения;</p> <p>Внутризаводская распределительная сеть 10 кВ;</p> <p>Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В;</p> <p>Электроснабжение цеха по ремонту оборудования;</p> <p>Расчет электрической сети по потере напряжения;</p> <p>Расчет токов короткого замыкания в сетях ниже 1000 В;</p> <p>Построение карты селективности действия защитных аппаратов;</p> <p>Социальная ответственность;</p> <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Генеральный план с картограммой нагрузок</p> <p>Генеральный план с внутризаводской силовой цепью</p> <p>Однолинейная схема электроснабжения главной понизительной подстанции</p> <p>Однолинейная схема электроснабжения инструментального цеха.</p> <p>Карта селективности, Эпюры отклонений напряжения</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Киселева Е.С.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева И.Л.</p>
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>03.02.2020</p>

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тарасов Е.В.	к.т.н., доцент		03.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6Д	Нанзанов Дмитрий Андреевич		03.02.2020

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

Уровень образования Бакалавриат

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.02.2020	<i>Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.</i>	10
20.02.2020	<i>Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок.</i>	15
07.03.2020	<i>Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.</i>	15
26.03.2020	<i>Выбор и проверка внутризаводских линий. Расчет потерь в КТП и внутризаводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.</i>	10
28.03.2020	<i>Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.</i>	5
04.04.2020	<i>Выбор и проверка высоковольтного оборудования</i>	10
11.04.2020	<i>Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.</i>	10
15.05.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
18.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10
	<i>Итого</i>	100

СОСТАВИЛ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Тарасов Е.В.	к.т.н., доцент		03.02.20

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		03.02.20

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5А6Д	Нанзанову Дмитрию Андреевичу

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

4. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.</i>
5. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - амортизационные отчисления; - заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.</i>
1. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности проекта (оценка результатов)</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности НИ</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Гантта;</i>
4. <i>Основные показатели эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.20
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	К.э.н.		13.04.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6А	Нанзанов Дмитрий Андреевич		13.04.20

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А6Д	Нанзанову Дмитрию Андреевичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

Разработка системы электроснабжения механического завода с детальной проработкой сборочного цеха.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система электроснабжения механического завода с целью обеспечения электроэнергией предприятия. Область применения – Эртильский машиностроительный завод.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>–специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>–организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Федеральный закон “О специальной оценке условий труда” от 28.12.2013 г. №426. – ГОСТ 12.0.003-2015. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. – СН 2.2.4/2.1.8.562-96. – СП 52.13330.2011 – ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. – ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. – ГОСТ 12.1.038-84 ССБТ. – ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. – ГОСТ 12.1.005-88. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Недостаточная освещенность рабочей зоны.</p> <p>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p> <p>Поражение электрическим током</p> <p>Отклонение показателей микроклимата</p> <p>Превышение значения уровня шума</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ выбросов вредных отходов в атмосферу, литосферу и

	гидросферы; – Утилизация отходов без ущерба окружающей среде.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Возможные ЧС: возникновение пожара, загорание проводки и оборудования; – Типичная ЧС: пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.20
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			13.04.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АБД	Нанзанов Дмитрий Андреевич		13.04.20

Реферат

Выпускная квалификационная работа 146 с., 13 рис., 53 табл., 48 источников, 6 прил.

Ключевые слова: ремонтно-механический цех, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, выбор оборудования, линейная схема, выбор трансформаторов.

Цель работы – проектирование электроснабжения промышленного предприятия, выбор необходимого оборудования.

В результате проекта спроектирована схема электроснабжения предприятия от энергосистемы до конечного электроприемника. Был произведен расчет электрический расчет нагрузок сперва цеха, а затем и всего предприятия. На результате полученных данных был произведен расчет токов и напряжений энергосистемы. На основании полученных данных произведен подбор и проверка электрооборудования. Полученным результатом является проект по электроснабжению механического предприятия.

Результаты данной работы могут быть использованы на Эртильском литейно-механическом заводе. Особенностью спроектированной схемы является возможность дальнейшего расширения предприятия с ростом электрической нагрузки.

Сокращения

ПУЭ	– правила устройства электроустановок
ЭЭ	– электрическая энергия
РУ	– распределительное устройство
КРУ	– комплектное распределительное устройство
ЛЭП	– линия электропередач
ТН	– трансформатор напряжения
Р	– разъединитель
РП	– распределительный пункт
ЭП	– электроприемник
ИП	– источник питания
ГПП	– главная понизительная подстанция
ТП	– трансформаторная подстанция
ЭУ	– электроустановка
КЛ	– кабельная линия
ШР	– шкаф распределительный
ТЭО	– технико-экономическое обоснование
НН	– низкое напряжение
ЭЭС	– электроэнергетическая система
СЭС	– система электроснабжения
ЭСПП	– электроснабжение промышленных предприятий
КЗ	– короткое замыкание
КТП	– комплектная трансформаторная подстанция
КТПН	– КТП наружной установки
ЦЭН	– центр электрических нагрузок
СР	– сопротивление разрядное
ИРМ	– источник реактивной мощности
ЭСН	– Электростанция собственных нужд
УКПГ	– установка комплексной переработки газа
НГКМ	– нефтегазоконденсатное месторождение

Оглавление

Реферат	11
Сокращения	12
Введение	15
Глава 1. Общие сведения об объекте исследования.....	16
1.1. Роль предприятия в хозяйственной деятельности России	16
1.2. Технологический процесс, организованный на предприятии и отдельных производственных помещениях	17
1.3. Климатические условия района строительства предприятия	17
1.4. Особенности электроснабжения предприятия и его цехов.....	18
1.5 Краткое описание технологического процесса	21
Глава 2. Расчет нагрузок предприятия. Проектирование внешнего электроснабжения.	22
2.1 Выбор схемы электроснабжения цеха.	22
2.2 Определение расчетной электрической нагрузки цеха	23
2.3 Расчетная нагрузка предприятия в целом	29
2.3.1 Определение номинала и месторасположения цеховых трансформаторов.	34
2.3.2 Определение сечения кабельных линий к цеховым трансформаторным подстанциям	38
2.3.3 Расчет потерь в линиях и трансформаторах ГПП	41
2.3.4 Компенсация реактивной мощности	42
2.3.5 Определение мощности трансформатора ГПП.....	45
2.3.6 Выбор сечения кабельной линии ГПП.....	46
2.4 Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок	49
2.5 Построение зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок. 51	
2.6 Построение суточного графика нагрузки предприятия	53
2.7 Выбор напряжения внешнего электроснабжения ГПП.....	55
2.8 Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.....	56
Глава 3. Электроснабжение промышленных потребителей внутри завода... 61	
3.1 Выбор оборудования ГПП	61

Глава 4. Электроснабжение промышленных потребителей внутри зданий и сооружений	72
4.1 Электроснабжение сборочного цеха	72
4.1.1. Расчет электрических нагрузок производственного помещения	72
4.2 Выбор шкафов распределительных (ПР)	83
4.3 Выбор сечений линий и автоматических выключателей питающей сети цеха	83
4.4 Проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного ЭП	92
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	106
6.1 Анализ конкурентных технических решений	106
6.2 Оценка при помощи технологии QuaD	107
6.3 SWOT-анализ проектируемого производства	110
6.4 Планирование научно-исследовательской разработки	114
6.4.1 Трудоемкость выполнения работ в рамках проекта	115
6.4.2 График выполнения проекта	115
6.5 Определение бюджета проекта	118
6.6 Ресурсоэффективность	125
Заключение	128
Список литературы	129
Приложение А	133
Приложение Б	134
Приложение В	135
Приложение Г	136
Приложение Д	137
Приложение Е	138

Введение

В работе необходимо произвести расчет системы электроснабжения инструментального завода с детальной проработкой сборочного цеха. Цель курсового проекта - развитие способности самостоятельно решать вопросы проектирования системы электроснабжения промышленного предприятия. Инструментальный завод занимается выпуском инструментов и оборудования.

В ходе выполнения курсовой работы необходимо осуществить следующие действия::

1. Рассчитать электрическую нагрузку исследуемого (сборочного) цеха.
2. Оценить нагрузку предприятия с учетом использования осветительных электроустановок.
3. Построить картограмму электрических нагрузок.
4. Спроектировать внутризаводское электроснабжение выше 1000 В.
6. Определить количество и месторасположение необходимых КУ
5. Определить рациональное напряжение высокой стороны трансформаторов ГПП.
6. Рассчитать токи КЗ до и выше 1000 В.
7. Спроектировать внутрипроизводственное электроснабжение до 1000 В.

Глава 1. Общие сведения об объекте исследования

1.1. Роль предприятия в хозяйственной деятельности России

ООО «Эртильский литейно-механический завод» был основан в 1958 году.

За более чем 50-летний срок завод из небольшого завода вырос развился до технологически конкурентного современного предприятия, выпускающего множество машин и инструментов технического назначения. В продукцию предприятия входит:

- Оборудование для хлебопекарной и сахарной промышленности;
- Линии для приготовления кормов для пушных зверей;
- Линии по переработке биоотходов;
- Дорожные и мостовые ограждения;
- Транспортеры различного назначения;
- Металлоформы для строительного комплекса.
- Оборудование для нефтегазовой промышленности.

Конструкторский отдел предприятия успешно разрабатывает новое и модернизирует выпускаемое оборудование.

Эртильский литейно-механический завод является лидером в России по выпуску линий приготовления кормов для пушных зверей и линий по переработке биоотходов животноводческих комплексов.

Продукция предприятия поставляется в различные регионы России, в страны Прибалтики, в Украину, Беларусь, Казахстан, Грузию.

1.2. Технологический процесс, организованный на предприятии и отдельных производственных помещениях

Деятельность компании разнообразна, но концентрируется на инструментальном производстве разных металлоконструкций.

Инструментальное хозяйство предприятия необходимо для своевременного удовлетворения потребностей разных цехов предприятия в технологической оснастке с минимальными затратами. Современная промышленность требует широкого спектра приспособлений, штампов, режущих, измерительных, вспомогательных инструментов и приборов, относящихся к технологической оснастке предприятия.

Главной задачей инструментального хозяйства является определение нужд и планирование снабжения оснасткой рассматриваемого предприятия; Также не маловажную роль играет нормирование расхода оснастки и контроль необходимого уровня ее запасов;

В инструментальном цеху производят работы, связанные с резкой и обработкой металлов, дерева и прочих материалов. Соответственно, в помещении присутствует проводящая пыль и стружка.

1.3. Климатические условия района строительства предприятия

Предприятие располагается в г. Эртиль. На территории преобладает юго-западный перенос воздушных масс. Среднегодовая скорость ветра 3-4 м/с. Наименьшая повторяемость – северо-восточные ветры.

Город Эртиль находится в зоне умеренно континентального климата, Погода в Эртиле по месяцам разнообразная, т.к. он очень далеко от экватора. Прохладная среднегодовая температура окружающей среды днем $+10.9^{\circ}\text{C}$, а ночью $+3.1^{\circ}\text{C}$.

Город расположен на реке Эртиль (бассейн Дона), в 112 км от Воронежа[5], в 10 км от границы с Тамбовской областью и является самым северным из всех городов области. В природно-географическом отношении местность — юг лесостепной зоны.

Преобладает умеренный климат. В год выпадает около 512 мм осадков. Меньше всего осадков выпадает в марте, в среднем около 28 мм, а больше всего в июне, в среднем около 68 мм. Самый тёплый месяц июнь со средней температурой 20.4°C , а самый холодный — февраль, со средней температурой -9.4°C .

1.4. Особенности электроснабжения предприятия и его цехов

Согласно [ГОСТ 15150-69] на предприятии должно использоваться оборудование, питающие и распределительные кабели, провода и прочее, предназначенное для умеренного типа климата, пригодное для эксплуатации на суше, размещаемое на высоте не выше 4300 м над уровнем моря.

Необходимо также выделить цеха по категориям надежности электроснабжения. Ко второй категории относятся объекты, перебои в снабжении электроэнергией которых могут привести к недоотпуску продукции, массовому простоя рабочих [2, ПУЭ п.1.2.8] и т.д. Таким образом, корпуса, в которых производятся компоненты, а также осуществляется сборка продукции отнесем ко II категории. Кроме того, необходимо обеспечить бесперебойность снабжения энергией административный корпус. Остальные же цеха, не участвующие в технологическом процессе, относятся к III категории надежности.

Еще одним важным фактором является характер среды в цехе. Опираясь на рассмотренный производственный процесс, можно сделать вывод, что инструментальных цех относится к помещениям с нормальной не взрывоопасной средой.

Таблица 1 – Сведения об электрических нагрузках цехов предприятия

№	Наименование объекта	$P_{уст_i}$, кВт
1	Сборочный цех	-
2	Бытовые помещения	580
3	Заводоуправление	580
4	Механический цех	580
5	Опытно-экспериментальный цех	1200
6	Цех сварки биометаллов	3800
7	Цех новых материалов	3700
8	Блок складов	580
9	Открытый склад	105
10	Автокомпрессорная станция	
	10 кВ (СД)	2100
	0,38 кВ	600
11	Штамповочный	580

Продолжение таблицы 1

12	Очистные сооружения	2100
13	Насосная ст. оборотного водоснабжения	190
14	Станция противопожарного водоснабжения	290
15	РМЦ	300
16	Градирня №1	440
17	Градирня №2	690
18	Столовая	110

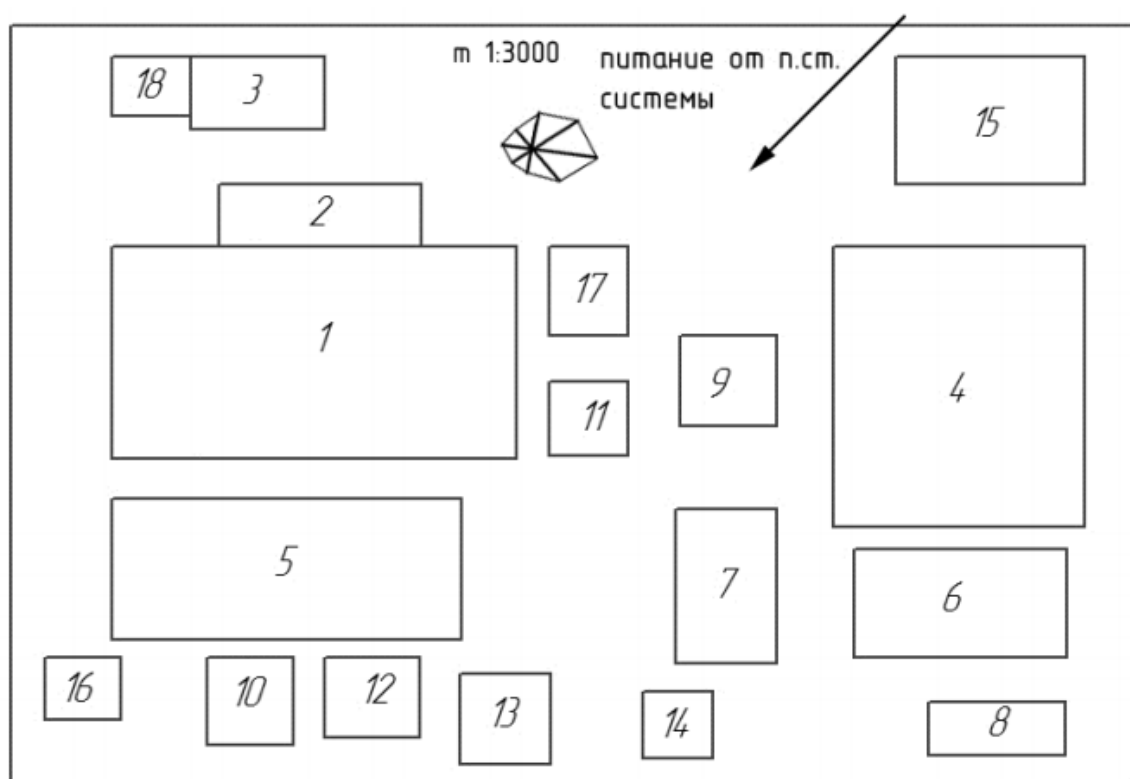


Рисунок 1 – Генплан инструментального завода

Таблица 2 – Сведения об электрических нагрузках цеха

№ на схеме	Наименование ЭП	P_{H_i} , кВт
1-5	Сварочный трансформатор ПВ=25%	12
6,7	Токарно-вертикальный полуавтомат	13
8,9	Токарно-вертикальный станок	40
10,28	Радиально-сверлильный	10
11	Пресс-ножницы	4

Окончание таблицы 2

12	Пресс-листогибочный	14
13-16	Сверлильно-фрезерный станок	13
17-20	Универсально-заточной	10
21,22	Намоточный станок	1
23,24	Намоточный станок	1,8
25,26	Термокамера	17
27,38	Кран-балка ПВ=40%	14
29,30	Фрезерный станок	20
31,32	Круглошлифовальный станок	23
33,34	Профильно-шлифовальный станок	1
35-37	Плоскошлифовальный станок	2
39-41	Строгальный станок	18
42-45	Вентилятор	12
46	Кран-балка ПВ=60%	5
47	Наждак	8
48,49	Сварочный трансформатор ПВ=25%	43
50	Компрессор	11
51	Сушильный шкаф	9
52	Нагревательная плита	8
53	Отопительный агрегат	1

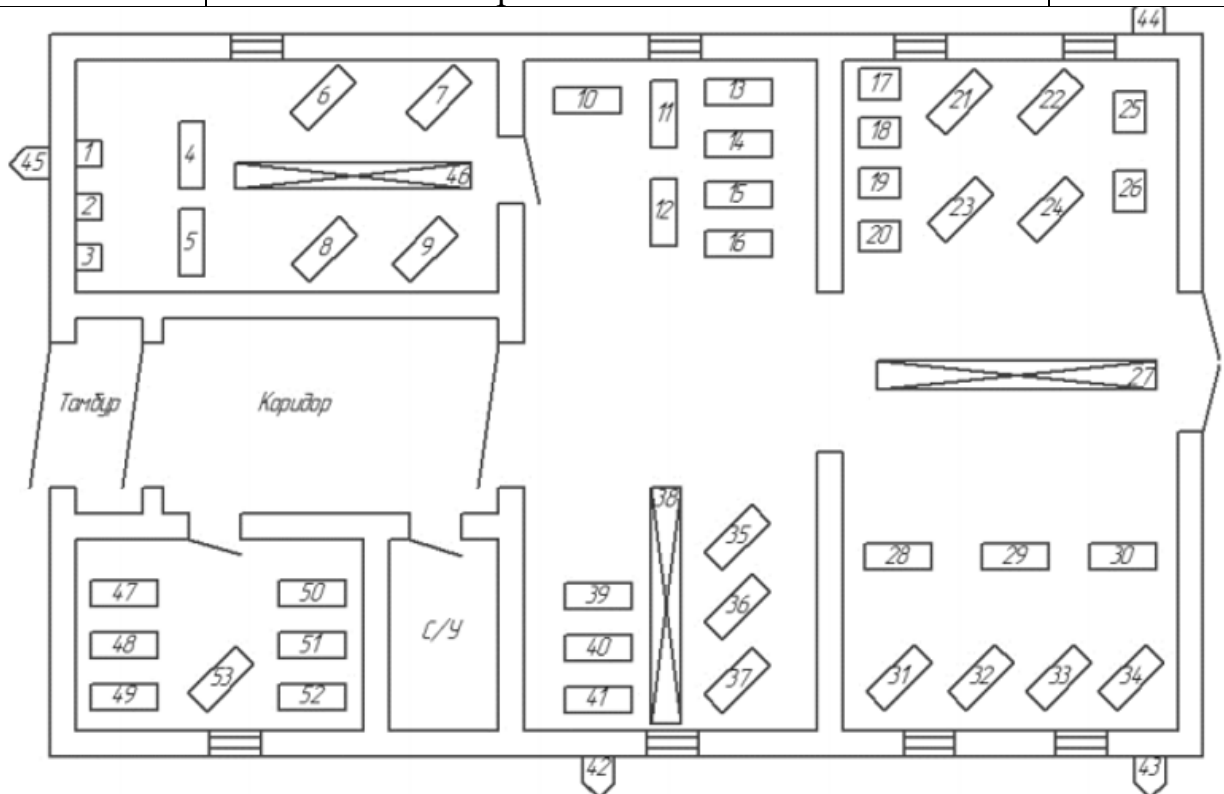


Рисунок 2 – План сборочного цеха

1.5 Краткое описание технологического процесса

В состав завода входят различные цеха, каждый выполняет свою роль, поставленную заводоуправлением предприятия в соответствии с технологическим процессом. Основная масса электроприёмников предприятия это электроприёмники переменного тока с номинальным напряжением $U_n = 0,4 \text{ кВ}$. Так же на заводе присутствует электроприёмник переменного тока с номинальным напряжением $U_n = 10 \text{ кВ}$, расположенный в автокомпрессорной (Цех №10). В соответствии с технологическим процессом инструментального завода-это синхронный двигатель типа СТД-2500-2УХЛ4 (КПД 96,6).

Данный завод предполагает наличие нагрузки как I так и II категории по степени надежности электроснабжения. Категории по степени надежности электроснабжения цехов предприятия сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Категории по степени надежности электроснабжения цехов

№ на ген. плане	Наименование	Характеристика среды	Категория по надежности электроснабжения
1	Сборочный цех	Пыльная	II
2	Бытовые помещения	Нормальная	III
3	Заводоуправление	Нормальная	III
4	Механический цех	Жаркая	II
5	Опытно-экспериментальный цех	Нормальная	II
6	Цех сварки биометаллов	Жаркая	I
7	Цех новых материалов	Жаркая	I
8	Блок складов	Жаркая, влажная	III
9	Открытый склад	Нормальная	III
10	Автокомпрессорная станция	Жаркая, пыльная	I
11	Штамповочный	Нормальная	II
12	Очистные сооружения	Нормальная	II
13	Насосная ст. обратного водоснабжения	Нормальная	II
14	Станция противопожарного водоснабжения	Нормальная	I
15	РМЦ	Пыльная	I
16	Градирня №1	Влажная	I
17	Градирня №2	Влажная	I
18	Столовая	Нормальная	II

Глава 2. Расчет нагрузок предприятия. Проектирование внешнего электроснабжения.

2.1 Выбор схемы электроснабжения цеха.

В данном проекте для подробного рассмотрения электроснабжения цеха представлен сборочный цех.

Среда цеха является нормальной и соотносится со следующим критериям:

- 1) температура воздуха меньше 35⁰С ПУЭ 1.1.10.[5]
- 2) нет технологической пыли ПУЭ 1.1.11.[5]
- 3) отсутствуют агрессивные пары, жидкости и газы ПУЭ 1.1.11[5]
- 4) относительная влажность воздуха меньше 60 % . ПУЭ 1.1.6.[5]

В данном цехе преобладают электроприёмники второй категории по степени надежности электроснабжения.

Принимая во внимание среду цеха, категорию надежности электроприёмников, экономичность схемы электроснабжения, а так же перспективы её развития выбираем смешанную схему электроснабжения цеха. Схема электроснабжения сборочного цеха приведена в *ПРИЛОЖЕНИЕ Е*.

2.2 Определение расчетной электрической нагрузки цеха

Определение силовых нагрузок цеха произведем с использованием метода «коэффициента расчетной мощности» по форме Ф636-92.

Расчет производится в следующей последовательности:

Среднесменная активная нагрузка за наиболее загруженную смену для группы электроприемников определяется согласно формуле:

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном}, \text{ кВт};$$

где K_u – коэффициент использования активной мощности,

$P_{ном}$ – номинальная активная мощность всех электроприемников в группе;

Среднесменная реактивная нагрузка определяется по формуле:

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

Коэффициент использования для группы электроприемников определяется по формуле:

$$K_{u.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}};$$

где $\sum P_{см}$ - активная нагрузка всех электроприемников в группе за смену,

$\sum P_{ном}$ - номинальная мощность группы электроприёмников цеха.

Коэффициент максимума активной мощности определяется с помощью кривых и зависит от коэффициента использования группы $K_{u.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_э$ для данной группы:

$$n_э = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum_1^n n \cdot P_H^2}$$

Расчетная активная P_M и реактивная Q_M максимальные мощности группы:

$$P_p = K_p \cdot P_{см}, \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{см}, \text{ кВар}, \text{ при } n_э > 10$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см}, \text{ кВар}, \text{ при } n_э \leq 10$$

Нагрузка осветительных приборов определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.}, \text{ кВт},$$

где $K_{с.о.}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки [1, табл. П 3.1],

$P_{н.о.}$ – номинальная мощность осветительной нагрузки, находится как:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F, \text{ кВт},$$

где $P_{уд.о.}$ - удельная плотность осветительной нагрузки, $\text{Вт}/\text{м}^2$ [1, табл.П3.2],

F – площадь цеха, м^2 (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха (с учётом освещения) определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2}, \text{ кВА.}$$

Расчётный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \text{ А.}$$

Используя справочные данные [1] соотнесем все электроприемники с их коэффициентами использования и занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Сведения об электрических нагрузках сборочного цеха

Номер на ген. плане	Наименование электроприемника	Кол-во, п	$P_{ном}$, кВт	Ku	$\cos(\varphi)$
1-5	Сварочный трансформатор ПВ=25%	5	12	0,3	0,4
6,7	Токарно-вертикальный полуавтомат	2	13	0,12	0,6
8,9	Токарно-вертикальный станок	2	40	0,12	0,5
10,28	Радиально-сверлильный	2	10	0,12	0,5
11	Пресс-ножницы	1	4	0,2	0,65
12	Пресс-листогибочный	1	14	0,2	0,65
13-16	Сверлильно-фрезерный станок	4	13	0,12	0,5
17-20	Универсально-заточной	4	10	0,12	0,5
21,22	Намоточный станок	2	1	0,12	0,5
23,24	Намоточный станок	2	1,8	0,12	0,5
25,26	Термокамера	2	17	0,75	0,95
27,38	Кран-балка ПВ=40%	2	14	0,1	0,5
29,30	Фрезерный станок	2	20	0,12	0,5
31,32	Круглошлифовальный станок	2	23	0,12	0,5
33,34	Профильно-шлифовальный станок	2	1	0,17	0,65
35-37	Плоскошлифовальный станок	3	2	0,17	0,65
39-41	Строгальный станок	3	18	0,16	0,6
42-45	Вентилятор	4	12	0,6	0,8
46	Кран-балка ПВ=60%	1	5	0,12	0,5
47	Наждак	1	8	0,12	0,5
48,49	Сварочный трансформатор ПВ=25%	2	21,5	0,3	0,4
50	Компрессор	1	11	0,7	0,8
51	Сушильный шкаф	1	9	0,8	0,95
52	Нагревательная плита	1	8	0,8	0,95
53	Отопительный агрегат	1	1	0,8	0,95

Для расчета нагрузки цеха используем метод упорядоченных диаграмм, для этого осуществим разбиение всех электроприемников цеха на две группы:

1) электроприёмники с переменным графиком нагрузки, у которых $K_u < 0,6$ [2 стр.19].

2) электроприёмники с постоянным графиком нагрузки, у которых $K_u \geq 0,6$ [2 стр.19].

Расчёты будем сводить в специальную таблицу. В нее внесем справочные: коэффициенты использования и коэффициенты мощности.

Пример расчета для пресс-ножниц из группы А:

$$P_H = n \cdot P = 1 \cdot 4 = 4 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см}} = K_u \cdot P_H = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = \text{tg} \varphi \cdot P_H = 1,17 \cdot 0,8 = 0,94 \text{ кВар}.$$

Для характерных групп А коэффициент m и эффективное число ЭП n_e не определяются.

Таблица 5 –Определение расчётных нагрузок сборочного цеха

№	Наименование узлов	нагрузкаустановленная							Среднесменная нагрузка				нагрузка максимальная			
		n	Pн, кВт	PнΣ, кВт	m	Ки	cosφ	tgφ	Pсм, кВт	Qсм, кВар	пэ	Км	Pр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА	Ip/I
ГРУППА А:																
1	Сварочный трансформатор ПВ=25%	5	6,00	30,00	1,00	0,30	0,40	2,29	9	20,62						
2	Токарно-вертикальный полуавтомат	2	13	26	1	0,12	0,60	1,33	3,12	4,16						
3	Токарно-вертикальный станок	2	40	80	1	0,12	0,50	1,73	9,60	16,63						
4	Радиально-сверлильный	2	10	20	1	0,12	0,50	1,73	2,40	4,16						
5	Пресс-ножницы	1	4	4	1	0,20	0,65	1,17	0,80	0,94						
6	Пресс-листогибочный	1	14	14	1	0,20	0,65	1,17	2,80	3,27						
7	Сверлильно-фрезерный станок	4	13	52	1	0,12	0,50	1,73	6,24	10,81						
8	Универсально-заточной	4	10	40	1	0,12	0,50	1,73	4,80	8,31						
9	Намоточный станок	4	1--1,8	5,60	<3	0,12	0,50	1,73	0,67	1,16						
10	Кран-балка ПВ=40%	2	8,85	17,71	1	0,10	0,50	1,73	1,77	3,07						
11	Фрезерный станок	2	20	40	1	0,12	0,50	1,73	4,80	8,31						
12	Круглошлифовальный станок	2	23	46	1	0,12	0,50	1,73	5,52	9,56						
13	Профильно-шлифовальный станок	2	1	2	1	0,17	0,65	1,17	0,34	0,40						
14	Плоскошлифовальный станок	3	2,00	6,00	1,00	0,17	0,65	1,17	1,02	1,19						
15	Строгальный станок	3	18,00	54,00	1,00	0,16	0,60	1,33	8,64	11,52						

Окончание таблицы 5

16	Кран-балка ПВ=60%	1	3,87	3,87	1,00	0,12	0,50	1,73		0,46	0,80					
17	Наждак	1	8,00	8,00	1,00	0,12	0,50	1,73		0,96	1,66					
18	Сварочный трансформатор ПВ=25%	2	21,50	43,00	1,00	0,30	0,40	2,29		12,90	29,56					
	Итого по группе А:	63	3.5-30	649	>3	0.26	-	158		224,5	43	26	1.12	158	224.5	
	Группа Б															
19	Термокамера	2	17	34	1,00	0,75	0,95	0,33		25,50	8,38					
20	Вентилятор	4	12	48	1,00	0,6	0,8	0,75		28,80	21,60					
21	Компрессор	1	11	11	1,00	0,7	0,8	0,75		7,70	5,78					
22	Сушильный шкаф	1	9	9	1,00	0,8	0,95	0,33		7,20	2,37					
23	Нагревательная плита	1	8	8	1,00	0,8	0,95	0,33		6,40	2,10					
24	Отопительный агрегат	1	1	1	1,00	0,8	0,95	0,33		0,80	0,26					
	Итого по группе Б	10	1--17	111		0,69			76,40	40,49	9	1	76,40	40,49	86,46594	131,3714
25	Силовая нагрузка по цеху															
26	Гр А	43		492,18		0,15			75,85	136,14		1,38				
27	Гр Б	10		111		0,69			76,4	40,49						
29	Итого по цеху	53		603,18					152,25	176,63			152,25	176,63	233,19	354,29

2.3 Расчетная нагрузка предприятия в целом

Обратимся к уже известным расчетными нагрузкам цехов, для точного определения мощности предприятия учтем расчетную нагрузки освещения цехов и территории предприятия, определим потери мощности в трансформаторах и линиях ЦТП и ГПП,

Определим нагрузку приемников используя формулы:

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi,$$

где P_n – мощность всех приёмников цеха;

K_c – коэффициент спроса, определяем по справочным данным [2];

Пример расчета нагрузки приёмников цеха №3 (администрация предприятия):

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,5 \cdot 580 = 290 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi = 290 \cdot 0,75 = 217,5 \text{ кВАр}.$$

Результаты расчетов нагрузок всех цехов предприятия сведем в таблицу б.

Расчетная активная осветительная нагрузка находится следующим образом:

$$P_{p.o} = P_{no} \cdot K_{co}$$

где P_{no} – номинальная мощность осветительной нагрузки.

$$P_{no} = p_{y\delta} \cdot F$$

где $p_{y\delta}$ – удельная плотность нагрузки на 1 м² площади цеха (принимаем равной 16 Вт/м² для сборочного цеха [1, табл.1.11]).

По техническому заданию площадь цеха $F=1831$ (м²).

$$P_{no} = p_{y\delta} \cdot F = 17 \cdot 1831 \cdot 10^{-3} = 31,13 \text{ кВт}.$$

$$P_{p.o} = P_{no} \cdot K_{co} = 31,13 \cdot 0,9 = 28,01 \text{ кВт.}$$

Таблица 6 – Определение расчётных нагрузок цехов предприятия

№ по ген. пл.	Наименование потребителей	Силовая нагрузка					
		$P_n, \text{ кВт}$	K_c	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_p, \text{ кВт}$	$Q_p, \text{ кВар}$
1	2	3	4	5		6	7
Потребители электроэнергии 0,38 кВ							
1	Сборочный цех	-	-	-		152,25	176,63
2	Бытовые помещения	580	0,3	0,7	1,02	174,00	177,52
3	Заводоуправление	580	0,5	0,8	0,75	290,00	217,50
4	Механический цех	580	0,35	0,7	1,02	203,00	207,10
5	Опытно-экспериментальный цех	1200	0,2	0,7	1,02	240,00	244,85
6	Цех сварки биометаллов	3800	0,4	0,6	1,33	1520,00	2026,67
7	Цех новых материалов	3700	0,2	0,7	1,02	740,00	754,95
8	Блок складов	580	0,25	0,6	1,33	145,00	193,33
9	Открытый склад	105	0,3	0,7	1,02	31,50	32,14
10	Автокомпрессорная станция 10 кВ 0,38 кВ	2500	0,75	0,9	0,48	1875,00	908,10
		600	0,3	0,7	1,02	180,00	183,64
11	Штамповочный	580	0,4	0,6	1,33	232,00	309,33
12	Очистные сооружения	2100	0,3	0,7	1,02	630,00	642,73
13	Насосная ст. обратного водоснабжения	190	0,75	0,75	0,88	142,50	125,67
14	Станция противопожарного водоснабжения	290	0,75	0,75	0,88	217,50	191,82
15	РМЦ	300	0,3	0,65	1,17	90,00	105,22
16	Градирня №1	440	0,7	0,8	0,75	308,00	231,00
17	Градирня №2	680	0,7	0,8	0,75	476,00	357,00
18	Столовая	110	0,3	0,7	1,02	33,00	33,67
Итого по 0,38 кВ:		16415,00				5804,75	6210,76
Итого по 10 кВ:		2500,00				1875,00	908,10
Итого всего		18915,00				7679,75	7118,86

Таблица 7 –Определение расчётных осветительных и силовых нагрузок цехов предприятия

№ по ген. пл	Наименование потребителя	Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		$F, \text{ м}^2$	$P_{уд.о.}, \text{ Вт/м}^2$	$P_{н.о.}, \text{ кВт}$	$K_{с.о.}$	$P_{ро.}, \text{ кВт}$	$P_p + P_{ро.}, \text{ кВт}$	$Q_p+Q_{ро.}, \text{ кВар}$	$S_p, \text{ кВА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потребители электроэнергии 0,38 кВ									
1	Сборочный цех	16349	16	52,32	0,95	49,70	201,95	213,91	294,18
2	Бытовые помещения	2479	17	8,43	0,80	6,74	180,74	182,57	256,91
3	Заводоуправление	1755	17	5,97	0,90	5,37	295,37	221,53	369,21
4	Механический цех	12960	16	41,47	0,90	37,32	240,32	235,10	336,19
5	Опытно-экспериментальный цех	9000	20	36,00	0,95	34,20	274,20	270,50	385,17
6	Цех сварки биометаллов	4464	16	14,28	0,95	13,57	1533,57	2036,84	2549,62
7	Цех новых материалов	2871	17	9,76	0,90	8,79	748,79	761,54	1068,00
8	Блок складов	1316,25	10	2,63	0,60	1,58	146,58	194,52	243,56
9	Открытый склад	1764	10	3,53	0,60	2,12	33,62	33,72	47,62
10	Автокомпрессорная станция 10 кВ 0,38 кВ	1521	16	4,87	0,60	2,92	1875,00	910,29	2084,29
							182,92	183,64	259,20
11	Штамповочный	1134	16	3,63	0,90	3,27	235,27	311,78	390,59

Окончание таблицы 7

12	Очистные сооружения	1449	16	4,64	0,60	2,78	632,78	644,82	903,44
13	Насосная ст. оборотного водоснабжения	1640	16	5,25	0,60	3,15	145,65	128,03	193,92
14	Станция противопожарного водоснабжения	936	16	3,00	0,60	1,80	219,30	193,16	292,24
15	РМЦ	4579	16	14,65	0,95	13,92	103,92	115,66	155,49
16	Градирня №1	900	16	2,88	0,60	1,73	309,73	232,30	387,16
17	Градирня №2	1357	16	4,34	0,60	2,61	478,61	358,95	598,26
18	Столовая	880	16	2,82	0,90	2,53	35,53	35,57	50,28
19	Территория завода без цехов	92892,1	0,16	2,97	0,70	2,08	2,08	1,56	2,60
Итого по 0,38 и 10 кВ:		160246,35	-	223,4 3	-	196,17	7875,92	7266,0 0	10867,92

2.3.1 Определение номинала и месторасположения цеховых трансформаторов.

Таблица 8 – Активная мощность цехов

№ по ген. пл	Наименование потребителя	P_p+P_o
1	Сборочный цех	201,07
2	Бытовые помещения	180,32
3	Заводоуправление	295,60
4	Механический цех	206,80
5	Опытно-экспериментальный цех	275,12
6	Цех сварки биометаллов	1533,22
7	Цех новых материалов	748,73
8	Блок складов	146,76
9	Открытый склад	33,42
10	Автокомпрессорная станция 0,4 кВ	180
11	Штамповочный	235,31
12	Очистные сооружения	632,83
13	Насосная ст. оборотного водоснабжения	145,42
14	Станция противопожарного водоснабжения	219,23
15	РМЦ	103,92
16	Градирня №1	309,73
17	Градирня №2	478,61
18	Столовая	35,53

Учтем тот факт, что нагрузка по предприятию распределена неравномерно, а также отсутствие складского резерва. Поэтому произвольно распределим трансформаторные подстанции по территории предприятия. Генеральный план с картограммой нагрузок представлен в ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Таблица 9– Распределение нагрузки по трансформаторным подстанциям.

№	Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Месторасположения пункта питания	Р _р , кВт	Количество и мощность трансформаторов
1	ТП-1	Цеха №1,2,3,17,18	Цех №1	1192,20	2хТМЗ-1000/10
2	ТП-2	Цех №6	Цех №6	1533,57	2хТМЗ-1600/10
3	ТП-3	Цеха №5,8,11,13,14	Цех №14	1020,99	2хТМЗ-1000/10
4	ТП-4	Цеха №4,7,9,15	Цех №4	1126,65	2хТМЗ-1000/10
5	ТП-5	Цеха №10,12,16	Цех №10	1125,43	2хТМЗ-1000/10

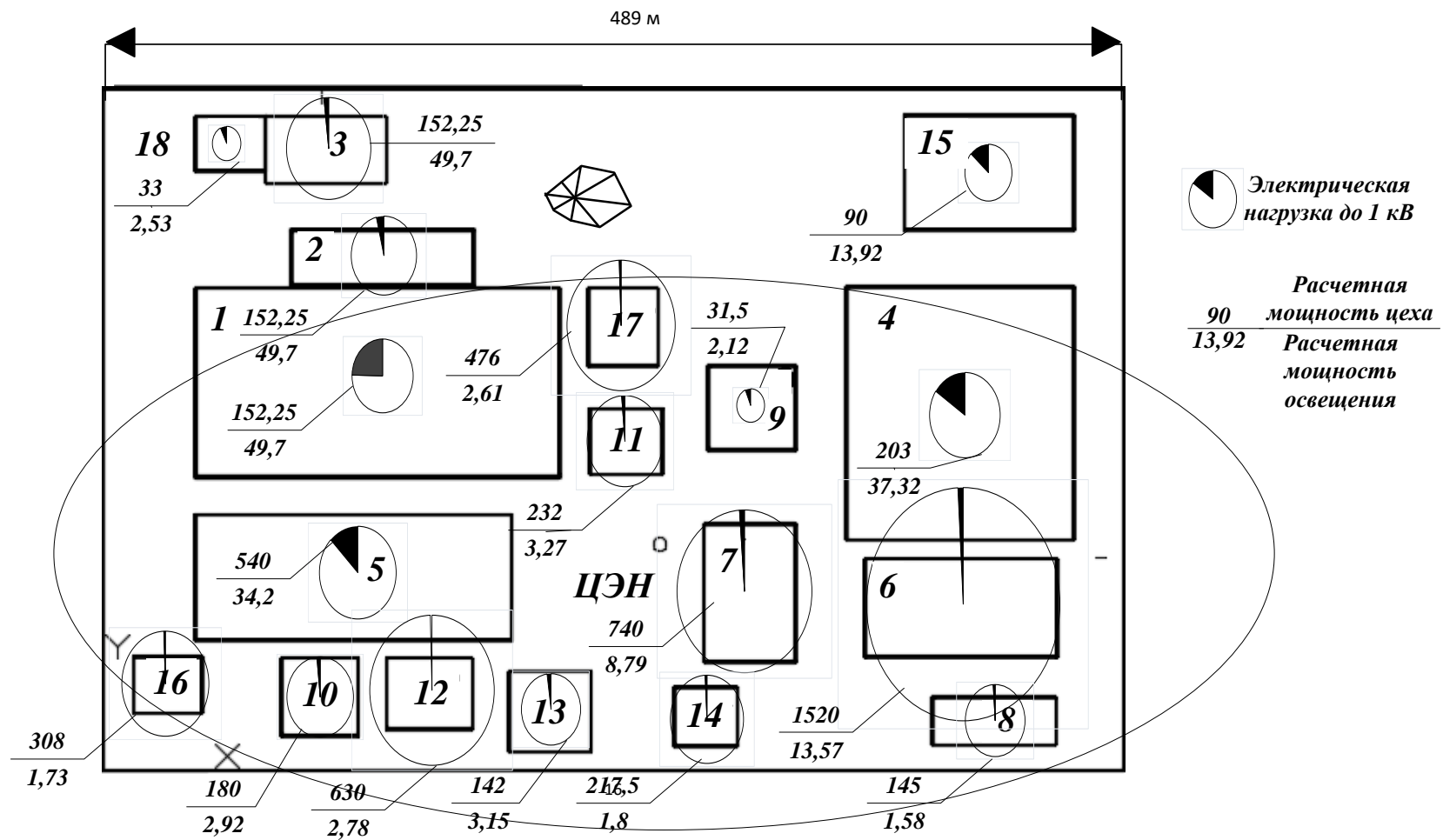


Рисунок 3 – Схема расположения цеховых ТП

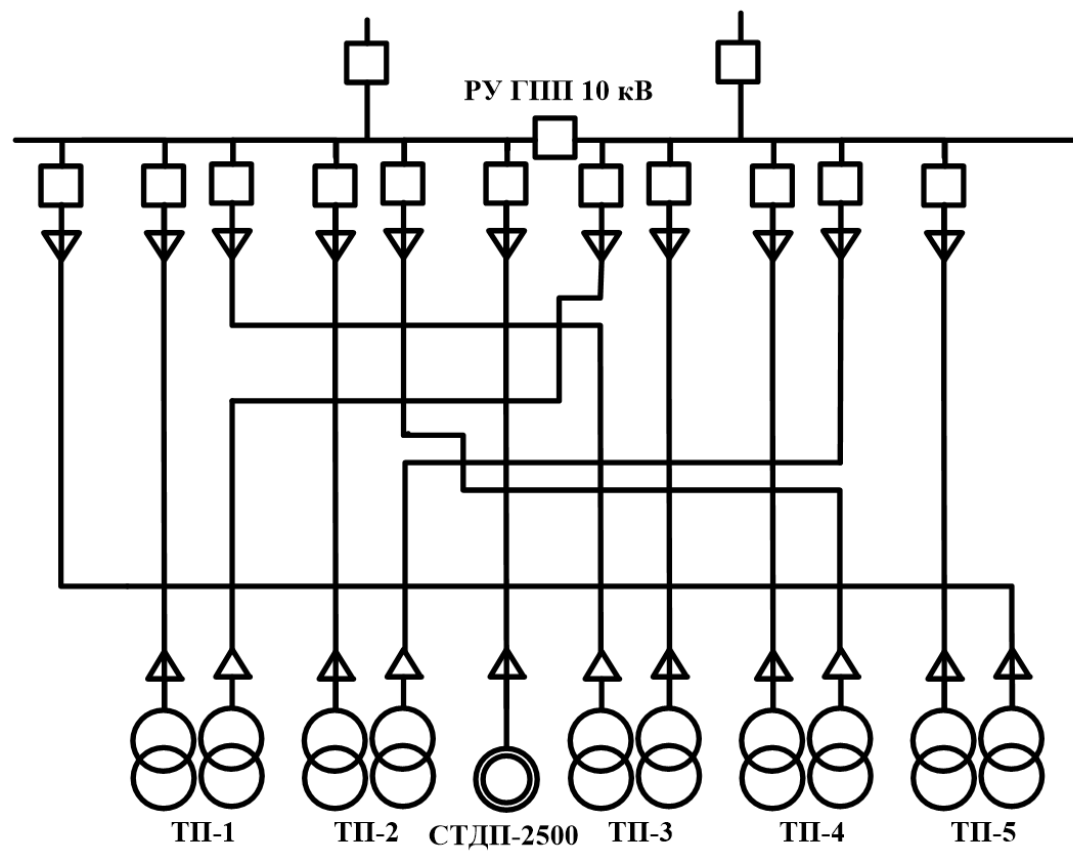


Рисунок 4— Однолинейная схема внешнего электроснабжения

Поскольку длины линий напряжением 0,4 кВ не превышают 200 метров можем сделать вывод, что ТП расположены правильно.

Трассы кабельных линий сведены в один канал, где возможно КЛ пропущены через цеха.

2.3.2 Определение сечения кабельных линий к цеховым трансформаторным подстанциям

Определим ток КЛ, питающих цеховые трансформаторы.

Расчетный ток кабельных линий, питающих цеховые трансформаторы, определяется по выражению:

$$I_P = \frac{n_{тр.} \cdot S_{ном.тр.}}{n_{лин.} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ A};$$

где $S_{ном.тр.}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$n_{тр.}$ – число трансформаторов.

Расчетный ток линии:

$$I_P = \frac{n_{тр.} \cdot S_{ном.тр.}}{n_{лин.} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,98 \text{ A};$$

Экономическое сечение:

Для высоковольтных кабелей с алюминиевыми жилами из сшитого полиэтилена при $T_M=5000+$ часов принимаем $j_{эк} = 1,6 \text{ A/мм}^2$ [1, табл. 6.1].

$$F_{эк} = \frac{I_P}{j_{эк}} = \frac{54,98}{1,6} = 34,36 \text{ мм}^2;$$

Ближайшее стандартное значение: $F=35 \text{ мм}^2$, $I_{дон} = 115 \text{ A}$ [ПУЭ, табл.1.3.16]. Поскольку данный параметр является экономическим, а не техническим, то округляем по правилам математики.

1) Проверка по нагреву от длительного выделения тепла рабочим током: Согласно ПУЭ табл. 1.3.3 $K_1=1$, по табл. 1.3.26 $K_2 = 0,82$.

$$I_{дон} = 115 \text{ A} \geq \frac{I_P}{K_1 \cdot K_2} = \frac{54,98}{1 \cdot 0,82} = 67,05 \text{ A};$$

Условие выполняется.

2) Проверка по нагреву от длительного выделения тепла в послеаварийном режиме с перегрузкой:

Согласно ПУЭ табл. 1.3.1 $K_{пер} = 1,15$.

$$I_{n.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 54,98 = 109,97, \text{ A};$$
$$K_{пер} \cdot I_{дон} = 1,15 \cdot 140 = 161 \text{ A} \geq \frac{I_{n.ав}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{109,97}{1 \cdot 0,92} = 119,53 \text{ A};$$

Условие выполняется.

Предварительно выбираем провод ААШв –3х95 для ТП2, а для остальных ТП выберем ААШв –3х50, прокладка провода в КЛ. Результаты предварительного выбора КЛ сведем в таблицу 10.

Расшифровка кабеля ААШв.

А – провод изготовлен из алюминия.

А – оболочка или броня алюминиевая.

Шв – это наружная изоляция, которая изготовлена из поливинилхлорида.

Таблица 10 Результаты предварительного выбора проводов КЛ

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель		длина линии l , км	Способ прокладки	$F_{эк}$, мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель		Проверка по нагреву		Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева S , мм ²	R_0 , Ом/км [1, табл П 6.2]	X_0 , Ом/км [1, табл П 6.3]	R , Ом	X , Ом
			Норм. режим I_p , А	П.авр. режим $I_{п.ав}$, А				Норм. режим $I_{доп}$, А	П.авр. режим $1,15 I_{доп}$, А	Норм. режим $\frac{I_p}{K_1 \cdot K_2}$, А	П.авр. режим $\frac{I_{п.ав}}{K_1 \cdot K_2}$, А					
КЛ-1,2	ГПП-ТП-1	2,00	54,99	109,97	0,07	Канал	35,00	115,00	132,25	67,06	119,53	ААШв –3х35	0,85	0,08	0,06	0,01
КЛ-3,4	ГПП-ТП-2	2,00	87,98	175,95	0,16		95,00	205,00	235,75	107,29	191,25	ААШв –3х95	0,447	0,08	0,07	0,01
КЛ-5,6	ГПП-ТП-3	2,00	54,99	109,97	0,22		35,00	115,00	132,25	67,06	119,53	ААШв –3х35	0,85	0,08	0,19	0,02
КЛ-7,8	ГПП-ТП-4	2,00	54,99	109,97	0,15		35,00	115,00	132,25	67,06	119,53	ААШв –3х35	0,85	0,08	0,13	0,01
КЛ-9,10	ГПП-ТП-5	2,00	54,99	109,97	0,40		35,00	115,00	132,25	67,06	126,40	ААШв –3х35	0,85	0,08	0,34	0,03
КЛ-11	ГПП-СД	1	143,192031	286,38	0,40		150	300	345,00	164,59	329,18	ААШв –3х150	0,208	0,08	0,08	0,03

2.3.3 Расчет потерь в линиях и трансформаторах ГПП

Таблица 11 – Параметры линий от ГПП до ТП

№	Наименование линии	P _p , кВт	Q _p , кВар	R, Ом	X, Ом
1	ГПП-ТП-1	1192,20	1012,53	0,06	0,01
2	ГПП-ТП-2	1533,57	2070,57	0,07	0,01
3	ГПП-ТП-3	1020,99	1098,00	0,19	0,02
4	ГПП-ТП-4	1126,65	1112,30	0,13	0,01
5	ГПП-ТП-5	1125,43	1060,75	0,34	0,03

Пример расчета для линии ГПП-ТП1:

$$\Delta P_{\text{ЛТП}} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R \cdot 10^{-3} = \frac{1192,2^2 + 1012,53^2}{10^2} \cdot 0,06 \cdot 10^{-3} = 1,12 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{ЛТП}} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot X \cdot 10^{-3} = \frac{1192,2^2 + 1012,53^2}{10^2} \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ кВт};$$

Таблица 12 – Потери в линиях

№	Наименование линии	$\Delta P_{\text{ЛТП}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{ЛТП}}$, кВар
1	ГПП-ТП-1	1,12	0,14
2	ГПП-ТП-2	4,66	0,83
3	ГПП-ТП-3	3,08	0,39
4	ГПП-ТП-4	2,35	0,30
5	ГПП-ТП-5	5,92	0,76

Зная номиналы трансформаторов и нагрузки цехов рассчитаем потери в трансформаторах.

Приведем расчет потерь в трансформаторах:

Таблица 12.1 – Каталожные данные трансформатора ТМЗ 1000/10

Тип трансформатора	Номинальное напряжение		Потери, кВт		U _{кз} , %	I _{хх} , %
	ВН	НН	Х.Х	КЗ		
ТМЗ –1000/10	10	0,4	1,9	10,8	5,5	1

Таблица 12.2 – Каталожные данные трансформатора ТМЗ 1600/10

Тип трансформатора	Номинальное напряжение		Потери, кВт		U _{кз} , %	I _{хх} , %
	ВН	НН	Х.Х	КЗ		
ТМЗ –1600/10	10	0,4	2,65	1,66	6	1

$$\Delta P_{\text{трТПЛ}} = \Delta P_{\text{хх}} \cdot n + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{ном.тр}}} \right)^2 = 1,9 \cdot 2 + 10,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{1192,2^2 + 1012,53^2}}{1000} \right)^2 = 17,01 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{трТПЛ}} = S_{\text{ном.тр}} \cdot \frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot n + S_{\text{ном.тр}} \cdot \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{S_{\text{факт}}}{S_{\text{ном.тр}}} \right)^2 = 1000 \cdot \frac{1}{100} \cdot 2 + 1000 \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{1192,2^2 + 1012,53^2}}{1000} \right)^2 = 87 \text{ кВар}.$$

Таблица 12.3 – Потери в трансформаторах

№	Наименование линии	$\Delta P_{\text{трТПЛ}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{трТПЛ}}$, кВар
1	ТП-1	17,01	87,28
2	ТП-2	7,45	156,48
3	ТП-3	15,94	81,82
4	ТП-4	17,34	88,93
5	ТП-5	16,72	85,77

2.3.4 Компенсация реактивной мощности

Затраты будем считать только для компенсации реактивной мощности со стороны 0,4 кВ.

Для определения затрат понадобятся следующие величины:

- E=0,223 – суммарные ежегодные отчисления от капиталовложений
- K₀ – стоимость вводного устройства для низковольтных БК K₀=0
- K_{яч}= 1900 у.е – стоимость ячейки выключателя,[2,гл.5]

- $K_{\text{тр.напр}} = 800$ у.е – стоимость трансформатора напряжения для низковольтных БК $K_p = 0$,

Поскольку класс напряжений БК ниже 1000 В, то $\bar{U}_{\text{БК}} = 1$

Реактивная мощность, которую компенсировать за счет энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок.

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,29 \cdot 7857,92 = 2205,259 \text{ кВар.} [1, \text{стр.85}]$$

где $\alpha = 0,29$ – для высшего напряжения ГПП 110 кВ.

Соотношение реактивной мощности на шинах ГПП:

$$Q_{\text{расчНН}} = 6355,7 > Q_c = 2205,259$$

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что мощности, передаваемой из энергосистемы, не хватает для рассчитанной нагрузки, примем решение использовать конденсаторные батареи на стороне НН ЦТП.

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана из сети 10 кВ в сеть до 1000 В без увеличения числа трансформаторов:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\text{min}} \cdot \beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}})^2 - P_{\text{расчНН}}^2} = \sqrt{(8 \cdot 0,7 \cdot 1000 + 2 \cdot 0,7 \cdot 1600)^2 - 6000,92^2} = 5045,24 \text{ кВар.}$$

$$Q_{\text{БК}}^{\text{НН}} = Q_p^{\text{НН}} - Q_1 = 6355,7 - 5045,24 = 1310,45 \text{ кВар.}$$

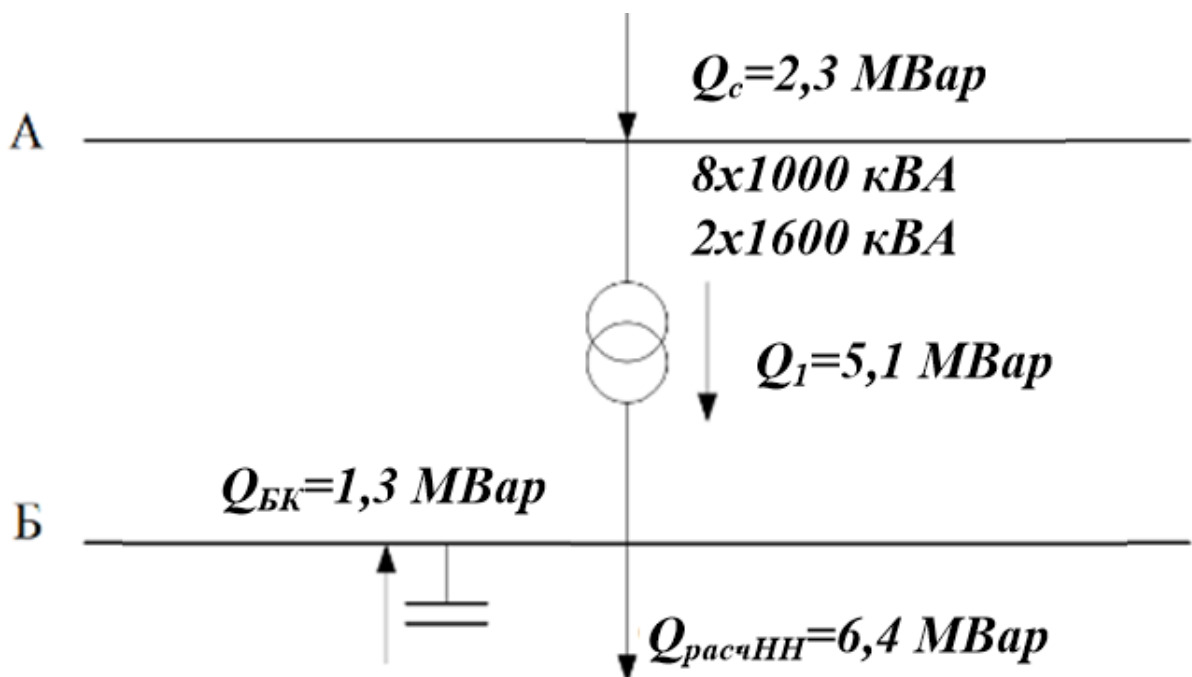


Рисунок 5– Баланс мощности.

Имеется два различных варианта установки БК, на стороне НН и на стороне ВН.

Из анализа баланса мощностей принимаем решение поставить на батареи на стороне НН, так как расположение на ВН не рационально.

Поэтому выбираем конденсаторные батареи типа УКБН -0,38-200-50УЗ в количестве 7 штук. В таблице 13 представлены параметры конденсаторной установки.

Таблица 13– Параметры КБ.

Тип	Мощность, кВар	Кол-во ступеней	Мощность ступеней	Удельные потери, кВт/кВар	Удельная стоимость у.е/кВар	Приведенные затраты у.е/кВар, в год
УКБН - 0,38-200-50УЗ	200	4	4x50	0,0045	9,3	2,05

Определим затраты для УКБН -0,38-200-50УЗ [2,гл.5]:

Вариант 1:

Увеличим число трансформаторов на 1 и рассчитаем затраты на строительство дополнительной однотрансформаторной КТП 1000 кВА:

$$Z_{TP} = E \cdot K_{TP} = 0,223 \cdot 12000 = 2676 \text{ (у.е.)},$$

Для числа трансформаторов равном 10.

Затраты независящие от генерируемой мощности:

$$Z_0 = E \cdot (K_0 + K_p) = 0 \text{ у.е./кВар} \quad \text{поскольку мы не устанавливаем}$$

дополнительные ячейки.

Удельные затраты на 1кВар генерируемой мощности:

$$Z_{БК}^{НН} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{\bar{U}_{БК}}{\bar{U}} \right) + C_0 \cdot \Delta P_{БК} = 0,223 \cdot 9,3 \cdot \left(\frac{1}{1} \right) + 85 \cdot 0,0045 = 2,45$$

у.е/кВар

K_y – стоимость КБ

$\Delta P_{БК}$ – потери активной мощности в БК

$C_0 = 85$ у.е/кВт – стоимость потерь активной мощности

Определим затраты на 1 кВар^2 генерируемой мощности:

$$Z_2 = 0 \text{ у.е/кВар}^2$$

Так приведенные затраты на УКБН -0,38-200-50У3 равны:

$$Z_{БК-НН} = Z_0 + Z_1 \cdot Q_1 + Z_2 \cdot Q_2^2 + Z_{тр} = 0 + 2,45 \cdot 1400 + 0 + 2676 = 6106 \text{ у.е.}$$

Аналогичные расчёты представим в таблице 14.

Таблица 14– Сводная таблица по ТП

№ ТП	$n_{тр}$	P_p , кВт	Q_p , кВар	$Q\%$, %	$Q_{БК ТП}^{НН}$, кВар	$Q_{БК ТП \text{ факт}}^{НН}$, кВар	Кол-во КБ (УКБН - 0,38-200- 50У3)	$\beta_{т. \text{ факт}}$
ТП1	2,00	1192,20	1012,53	13,94	195,09	200,00	1,00	0,72
ТП2	2,00	1533,57	2070,57	28,50	398,95	400,00	2,00	0,71
ТП3	2,00	1020,99	1098,00	15,11	211,56	200,00	1,00	0,68
ТП4	2,00	1126,65	1112,30	15,31	214,32	400,00	2,00	0,67
ТП5	2,00	1125,43	1060,75	14,60	204,38	200,00	1,00	0,71
Итого	10,00	5998,84	6354,14	87,45	1224,31	1400,00	7,00	

Таким образом спроектированные кабельные сети обеспечивают пропускание номинальных мощностей ТП, определены потери во внутренних сетях.

2.3.5 Определение мощности трансформатора ГПП

Определим мощность трансформаторов ГПП с учетом потерь и компенсации РМ.

Суммарные потери внутрицеховой сети:

$$\Delta P_{\text{ГПП}} = \sum \Delta P_{\text{л}} + \sum \Delta P_{\text{тр}} = 1,12 + 4,66 + 3,08 + 2,35 + 5,92 + 17,01 + 7,45 + 15,94 + 17,34 + 16,72 = 91,58 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{ГПП}} = \sum \Delta Q_{\text{л}} + \sum \Delta Q_{\text{тр}} = 0,14 + 0,83 + 0,39 + 0,3 + 0,76 + 87,28 + 156,48 + 81,82 + 88,93 + 85,77 = 502,72 \text{ кВар};$$

Мощность ГПП с учетом мощности ЦТП, СД (10 кВ), а также потерь:

$$S_{\text{рГПП}}^{\text{н}} = S_{\text{нЦТП}}^{\text{н}} + S_{\text{СД}}^{\text{е}} + \Delta S_{\text{ГПП}} = 11200 + \sqrt{1875^2 + 910,29^2} + \sqrt{91,58^2 + 502,72^2} = 13795,28 \text{ кВА},$$

Осуществим выбор трансформаторов ГПП.

Число трансформаторов ГПП в большинстве случаев – 2, т.к. необходимо наличие резервирования для потребителей электроэнергии II категории и выше.

Выбирая трансформатор учтем возможность перегрузки одного из трансформаторов на 40%.

Мощность трансформаторов ГПП равна:

$$S_{\text{НОМ.Т}} = \frac{S_{\text{Р.ГПП}}}{N_{\text{ТР}} \cdot \beta_{\text{ТР}}} = \frac{13795,28}{2 \cdot 0,5} = 13795,28 \text{ (кВА)},$$

где $S_{\text{Р.ГПП}}$ – мощность ГПП, определенная в п.2.2.

Полученное значение мощности округляется до ближайшего большего целого значения из номинального ряда. Таким образом, выбираем к установке на ГПП трансформатор ТДН-16000/110 со схемой и группой соединения обмоток Y0/Δ - 11 [10, П 2.3], параметры которого приведены в таблице 15. Трансформаторы серии ТМН оснащаются РПН в нейтрали ВН ±9×16%.

Таблица 15 - Параметры трансформаторов ГПП

Тип	$S_{\text{НОМ.Т}}$, кВА	$U_{\text{ВН}}$, кВ	$U_{\text{НН}}$, кВ	$\Delta P_{\text{ХХ}}$, кВт	$\Delta P_{\text{КЗ}}$, кВт	$U_{\text{КЗ}}$, %	$I_{\text{ХХ}}$, %
2×ТДН- 16000/110	16000	115	11	18	85	10,5	0,7

Оценим выбранные нами трансформаторы при возможной послеаварийной работе:

$$S_{\text{Р.ГПП}} = 11710,99 \text{ (кВА)} < 1,4 \cdot S_{\text{НОМ.Т}} = 1,4 \cdot 16000 = 22400 \text{ (кВА)}.$$

2.3.6 Выбор сечения кабельной линии ГПП

По полученной суммарной мощности ГПП осуществим выбор питающей линии.

Осуществим выбор сечения линии согласно экономической плотности тока.

Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 83,98 \text{ А.}$$

В режиме аварии или в случае ремонта трансформатора:

$$I_{p.макс} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 83,98 = 167,95 \text{ А.}$$

Поскольку время максимума нагрузки больше 6000 часов, для провода марки АС примем $j_{эк} = 1 \text{ А/мм}^2$ [1].

Сечение проводов, исходя из экономических соображений, равно

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{83,98}{1} = 83,98 \text{ мм}^2$$

Таким образом выбираем марку АС – 120/19 (мм^2). С допустимым током $I_{дон} = 375 \text{ А}$.

Выбранное сечение проверяем по условиям:

Допустимая токовая нагрузка, а также перегрузочная способность линии:

$$I_{расч} \leq I_{доп};$$
$$I_{p.макс} \leq 1,3 \cdot I_{доп}.$$

$83,98 \text{ А} \leq 390 \text{ А}$, условие выполняется.

$1,3 \cdot I_{доп} = 1,3 \cdot 390 = 507 \text{ А} > I_{p.макс} = 167,95 \text{ А}$, условие выполняется.

▪ Механическая прочность линии:

Согласно [4, ПУЭ, табл.2.5.5] минимальное допустимое сечение линий, сооружаемых на двухцепной опоре – 120/19.

▪ Допустимая потеря напряжения в зависимости от длины линии:

$$L_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot k_3 \geq L;$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке на 1 % потери напряжения, км [6, П 5.1];

$\Delta U_{\text{доп}\%}$ - допустимая потеря напряжения, %, ($\Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%$; - , $\Delta U_{\text{доп.ав}\%} = 10\%$);

$$k_3 = \frac{I_{\text{доп}}}{I_p}$$

$L_{\text{доп}}$ - максимальная длина линии, км;

L - реальная длина линии, км;

Используем $l_{\Delta U 1\%} = 2,05$ км .

Расчет для нормального режима:

$$L_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 2,05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{52,49} = 76,16 \text{ км.}$$

$L_{\text{доп}} = 76,16 \text{ км} > L = 20 \text{ км.}$

Расчет для послеаварийного режима:

$$L_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 2,05 \cdot 10 \cdot \frac{390}{104,97} = 76,16 \text{ км.}$$

$L_{\text{доп}} = 76,16 \text{ км} > L = 20 \text{ км.}$

- Коронирование проводов:

По [6, п.6.4] подлежат проверке на коронирование проводники напряжением 110 кВ и выше. Согласно [11, табл.3.7] минимальное сечение составляет 70/11 для сталеалюминиевых проводов.

По результатам проверок принимаем сечение питающей линии ГПП 120/19, выполненное проводом марки АС.

На ГПП используем трансформаторы типа ТМН-16000/110.

2.4 Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок

ГПП рекомендуется устанавливать в ЦЭН предприятия. Это дает возможность построить экономически целесообразную и надежную систему электроснабжения.

Картограмма нагрузок позволяет наглядно оценить расчетную и осветительную нагрузку проектируемого предприятия.

Радиус кругов, соответствующих расчетным нагрузкам цехов, определяется по формуле:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}},$$

где P_{pi} – расчётная активная мощность цеха включая нагрузку на освещение, кВА; m – масштаб, кВА/мм².

Нагрузка цеха распределена неравномерно, но с целью получения практического опыта составления картограммы нагрузок примем, что нагрузка равномерна.

Для наглядного представления осветительной нагрузки рассчитаем угол сектора по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{P_{pi}}$$

Координаты ЦЭН предприятия X_0 и Y_0 определяем по формулам:

$$x_o = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}}; \quad y_o = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}}.$$

Пример расчета для цеха №3 (Администрация):

Радиус окружности нагрузки:

$$r_3 = \sqrt{\frac{P_{p3}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{290}{3,14 \cdot 0,5}} = 13,59 \text{ мм.}$$

Угол сектора осветительной нагрузки:

$$\alpha_4 = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o.}}{P_{pl}} = \frac{360^\circ \cdot 5,37}{290} = 66,19^\circ$$

Координаты ЦЭН предприятия:

$$X_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot x_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{1552037}{5804,75} = 267,37 \text{ м}; Y_0 = \frac{\sum (P_{pi} \cdot y_i)}{\sum P_{pi}} = \frac{630709}{5804,75} = 108,65 \text{ м.}$$

Полученные значения для картограммы и определения условного центра электрических нагрузок приведены в таблице 16.

Таблица – 16 Нахождение центра электрических нагрузок (ЦЭН)

№ по ген. пл.	P_{pi} , кВт	P_{po} , кВт	r , мм	α , град	X_i , м	Y_i , м	$P_{pi} \cdot X_i$, кВт.м	$P_{pi} \cdot Y_i$, кВт.м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,4,10 кВ								
1	152,25	49,70	12,71	117,52	132,00	189,00	20097,00	28775,25
2	174	6,74	13,59	13,95	135,00	246,00	23490,00	42804,00
3	290	5,37	17,54	6,67	105,00	300,00	30450,00	87000,00
4	203	37,32	14,68	66,19	411,00	171,00	83433,00	34713,00
5	240	34,20	15,96	51,30	120,00	93,00	28800,00	22320,00
6	1520	13,57	40,16	3,21	411,00	78,00	624720,00	118560,00
7	740	8,79	28,02	4,27	312,00	84,00	230880,00	62160,00
8	145	1,58	12,40	3,92	426,00	24,00	61770,00	3480,00
9	31,5	2,12	5,78	24,19	309,00	174,00	9733,50	5481,00
10	180,00	2,92	13,82	5,84	102,00	36,00	18360,00	6480,00
11	232,00	3,27	15,69	5,07	252,00	156,00	58464,00	36192,00
12	630,00	2,78	25,85	1,59	156,00	37,50	98280,00	23625,00
13	142,50	3,15	12,30	7,95	216,00	27,00	30780,00	3847,50
14	217,50	1,80	15,19	2,97	290,10	26,10	63096,75	5676,75
15	90,00	13,92	9,77	55,68	424,80	288,00	38232,00	25920,00
16	308,00	1,73	18,08	2,02	33,00	39,00	10164,00	12012,00
17	476,00	2,61	22,47	1,97	250,50	213,60	119238,00	101673,60
18	33,00	2,53	5,92	27,65	62,10	302,70	2049,30	9989,10
Итого:	5804,75	2,816	78,48				1552037,55	630709,20

2.5 Построение зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок

В действительности положение ЦЭН не является постоянным на плане предприятия, он постоянно смещается по территории, описывая некоторую фигуру, в общем случае достаточно сложной формы. Это объясняется изменением потребляемой приемниками мощности, изменением технологии производства, сменности работы, развитием предприятия.

Зона рассеяния центра электрических нагрузок представляет собой эллипс, полуоси которого равны:

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x}; R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y};$$

Где:

$$h_x = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2}}; h_y = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2}}.$$

σ_x, σ_y - дисперсии случайных координат:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n P_{xi} \cdot (x_i - x_{0a})^2; \sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n P_{yi} \cdot (y_i - y_{0a})^2,$$

P_{xi}, P_{yi} - эмпирическая вероятность появления x_i, y_i .

$$P_{xi} = P_{yi} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

$$h_x = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 9744,71}} = 0,007; \quad h_y = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 2348,42}} = 0,0145.$$

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x} = \frac{\sqrt{3}}{0,007} = 241,8 \text{ м}; \quad R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y} = \frac{\sqrt{3}}{0,0145} = 118,70 \text{ м}.$$

Расчетные данные для построения зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок приведены в таблице 17.

Таблица– 17 Построение зоны рассеяния ЦЭН

№ по ген. пл.	P_{pi} , кВт	X_i , м	Y_i , м	P_{xi} , P_{yi}	$(X_i-M_x)^2$	$(Y_i-M_y)^2$	$P_{xi} \cdot (X_i-M_x)^2$	$P_{yi} \cdot (Y_i-M_y)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,4 кВ								
1	152,25	132,00	189,00	0,03	18326,04	6455,48	480,66	169,32
2	174,00	135,00	246,00	0,03	17522,80	18863,93	525,25	565,45
3	290,00	105,00	300,00	0,05	26365,22	36613,30	1317,18	1829,17
4	203,00	411,00	171,00	0,03	20628,51	3887,03	721,41	135,93
5	240,00	120,00	93,00	0,04	21719,01	245,05	897,98	10,13
6	1520,00	411,00	78,00	0,26	20628,51	939,67	5401,67	246,06
7	740,00	312,00	84,00	0,13	1991,51	607,82	253,88	77,49
8	145,00	426,00	24,00	0,02	25162,30	7166,30	628,54	179,01
9	31,50	309,00	174,00	0,01	1732,75	4270,10	9,40	23,17
10	180,00	102,00	36,00	0,03	27348,46	5278,60	848,05	163,68
11	232,00	252,00	156,00	0,04	236,35	2241,65	9,45	89,59
12	630,00	156,00	37,50	0,11	12404,10	5062,89	1346,24	549,48
13	142,50	216,00	27,00	0,02	2639,26	6667,37	64,79	163,68
14	217,50	290,10	26,10	0,04	516,48	6815,16	19,35	255,36
15	90,00	424,80	288,00	0,02	24783,04	32164,99	384,25	498,70
16	308,00	33,00	39,00	0,05	54931,04	4851,68	2914,64	257,43
17	476,00	250,50	213,60	0,08	284,72	11013,67	23,35	903,14
18	33,00	62,10	302,70	0,01	42137,30	37653,86	239,55	214,06
Итого:	5804,75						16085,65	6330,86

Согласно полученному ЦЭН выбираем место для расположения ГПП, учитывая розу ветров, расположение цехов и состояние окружающей среды (на территории предприятия отсутствуют вредные выбросы), располагаем ГПП в правом верхнем углу, чтобы обеспечить достаточную охранную зону ЛЭП 110 кВ (15 м).

2.6 Построение суточного графика нагрузки предприятия

Используем график для ремонтно-механических предприятий. [1, стр. 25]

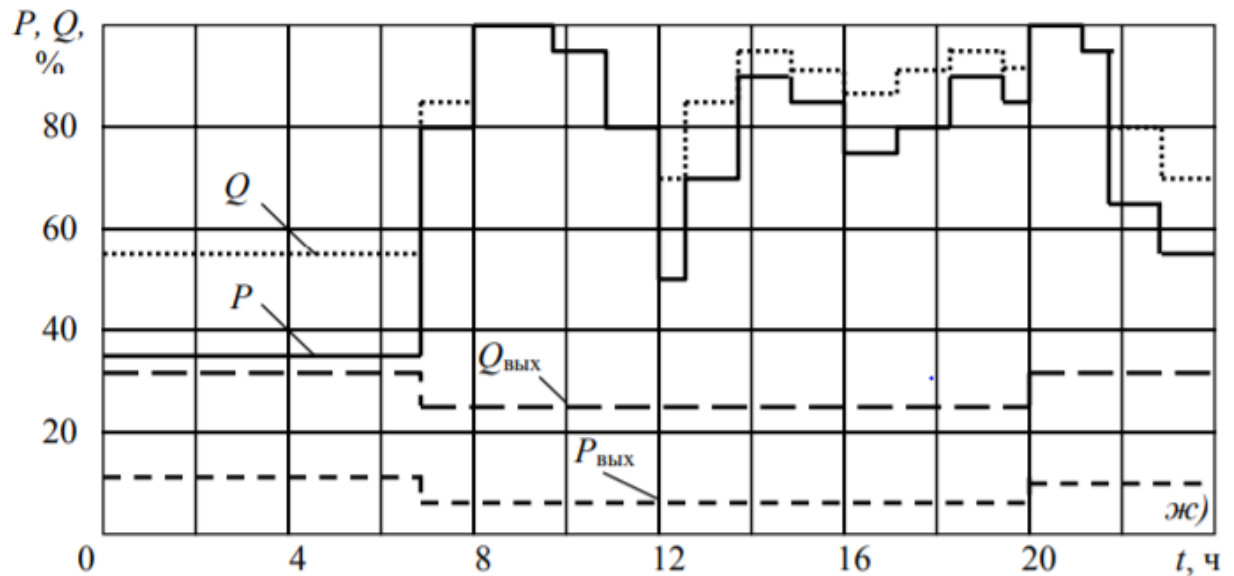


Рисунок 7 – Характерный суточный график электрических нагрузок ремонтно-механических предприятий.

Найдем активную мощность для первого часа:

$$P_1 = P_{o.e} \cdot P_{\Sigma \text{цехов}} = 0,35 \cdot 7875,92 = 2756,57 \text{ кВт}$$

Определим реактивную мощность для первого часа:

$$Q_1 = Q_{o.e} \cdot Q_{\Sigma \text{цехов}} = 0,55 \cdot 7266 = 3996,3 \text{ кВт}$$

Полная мощность:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{2744,58^2 + 3525,08^2} = 4854,8 \text{ кВА}$$

Расчёт для остальных временных моментов аналогичен и сведен в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет суточной нагрузки

Часы	P, о.е.	Q, о.е.	P, кВт	Q, кВар	S, кВА
1	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
2	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
3	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
4	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
5	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
6	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
7	0,35	0,55	2756,57	3996,30	4854,80
8	0,8	0,85	6300,74	6176,10	8822,89
9	1	1	7875,92	7266,00	10715,64
10	1	1	7875,92	7266,00	10715,64
11	0,95	0,95	7482,13	6902,70	10179,85
12	0,8	0,8	6300,74	5812,80	8572,51
13	0,51	0,7	4016,72	5086,20	6481,01
14	0,7	0,86	5513,15	6248,76	8333,17
15	0,9	0,96	7088,33	6975,36	9944,85
16	0,85	0,91	6694,54	6612,06	9409,36
17	0,75	0,87	5906,94	6321,42	8651,72
18	0,8	0,91	6300,74	6612,06	9133,38
19	0,9	0,95	7088,33	6902,70	9894,02
20	0,9	0,95	7088,33	6902,70	9894,02
21	1	1	7875,92	7266,00	10715,64
22	0,95	0,95	7482,13	6902,70	10179,85
23	0,65	0,8	5119,35	5812,80	7745,73
24	0,55	0,7	4331,76	5086,20	6680,83

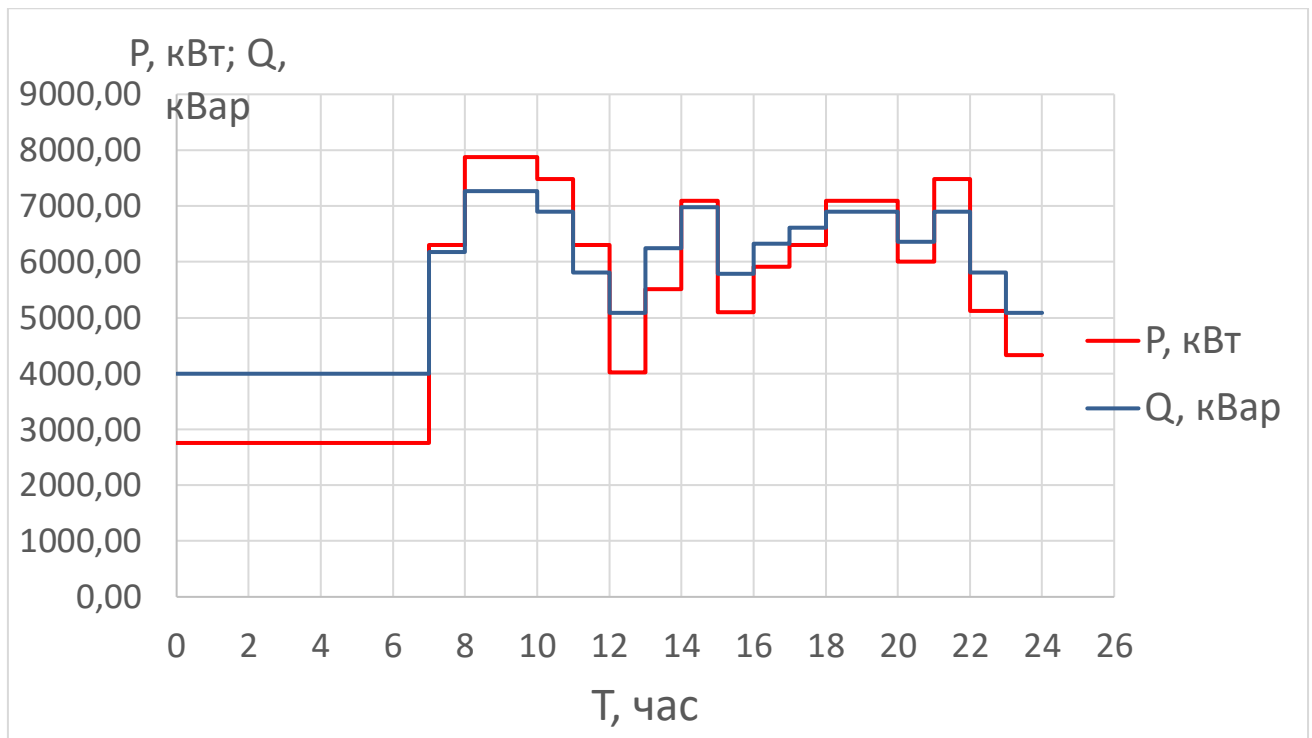


Рисунок 8 – Суточный график электрических нагрузок предприятия.

Найдём активную энергию потребляемую на 1ступени за 1 час:

$$W_1 = P_1 \cdot T_1 = 2756,57 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Найдём суточное потребление электрической активной энергии предприятием:

$$W_{сут} = \sum (P_i \cdot T_i) = 129637,71 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Найдём годовое потребление электрической активной энергии предприятием:

$$W_{год} = W_{сут} \cdot 365 = 47317764,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Число использования часов максимума нагрузки за год:

$$T_{max} = \frac{W_{год}}{P_{max}} = \frac{47111938,93}{7875,92} = 6007,9 \text{ ч}.$$

2.7 Выбор напряжения внешнего электроснабжения ГПП

Оценим напряжение питающей линии ГПП по формуле Илларионова:

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{20} + \frac{2500}{7,8}}} = 53,8 \text{ кВ},$$

где L – расстояние до ГПП от сети, км;

P – расчетная активная нагрузка предприятия отнесенной к шинам ВН ГПП, МВт.

Поскольку мощность предприятия > 10 МВА, то $U=110$ кВ. [1, 134 с]

2.8 Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) проводим с целью правильно подобрать аппаратуру, а также осуществить проверку электроустановок = на термическую и электродинамическую стойкость, а также верно отстроить уставки срабатывания защит.

Минимально допустимое сечение определяется по формуле:

$$F_{MIN} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}, (\text{мм}^2),$$

где $C_T = 90$ – коэффициент температуры и материала проводника [1, табл.6.2];

B_k – тепловой импульс тока КЗ, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$.

$$B_k = I_{I0}^2 \cdot (t_{IP} + T_a),$$

Где:

I_{I0}^2 – начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА ;

t_{IP} - приведенное время отключения тока КЗ, с;

T_a – постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, с.

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}},$$

где

x_{Σ}, r_{Σ} результирующие индуктивное и активное сопротивление схемы относительно точки КЗ;

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$ (рад/с) – угловая частота.

Для расчета токов КЗ составим упрощенную схему замещения на рисунке 9.

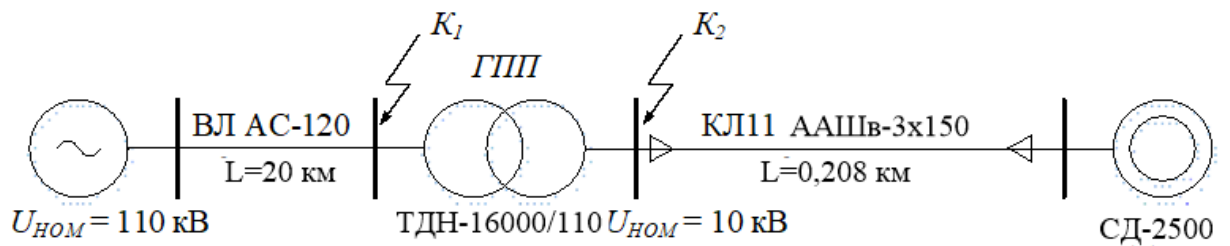


Рисунок 9 – Расчетная схема для расчета токов КЗ выше 1000 В

Принимаем:

$U_{Б1} = U_{СР.НОМ1} = 115$ (кВ), $U_{Б2} = U_{СР.НОМ2} = 10,5$ (кВ), $S_B = 100$ (МВА),
т.к. нет никакой информации о питающей энергосистеме, считаем, что она является шиной бесконечной мощности и $x_{СИСТ} = 0$.

1) Сопротивление ВЛ 110 кВ:

$$r_{ВЛ} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_B}{U_{СР.НОМ1}^2} = \frac{0,244 \cdot 20 \cdot 100}{115^2} = 0,037;$$

$$x_{ВЛ} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_B}{U_{СР.НОМ1}^2} = \frac{0,427 \cdot 20 \cdot 100}{115^2} = 0,065,$$

где r_0, x_0 – погонные активное и индуктивное сопротивления ВЛ [11, табл.3.8].

2) Сопротивление трансформатора ТДН-16000/110:

$$x_{ТР.ГПП} = \frac{u_{КЗ\%}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ.Т}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 1,05.$$

Активным сопротивлением пренебрегаем ввиду его малости.

3) Сопротивление кабельной линии КЛ1:

$$r_{КЛ} = \frac{r \cdot S_B}{U_{СР.НОМ2}^2} = \frac{0,08 \cdot 100}{10,5^2} = 0,075;$$

$$x_{КЛ} = \frac{x \cdot S_B}{U_{СР.НОМ2}^2} = \frac{0,03 \cdot 100}{10,5^2} = 0,029,$$

где r_0, x_0 – погонные активное и индуктивное сопротивления КЛ [11, табл.3.29].

4) Сопротивление и ЭДС СД-2500 принимаем $E'' = 1,1$ и $x_d'' = 0,2$.

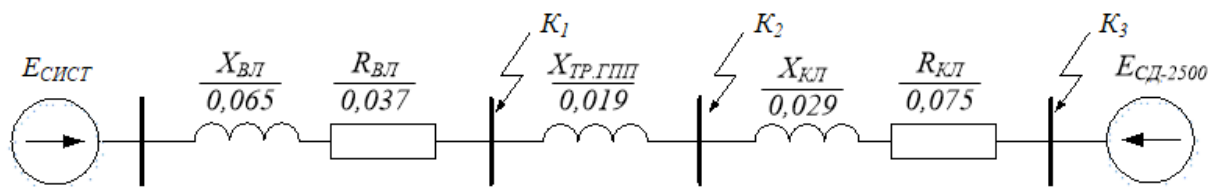


Рисунок 2.6 – Схема замещения для расчета токов КЗ выше 1000 В

Точка К1:

Базисный ток

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{CP.HOM1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ (кА)}.$$

Результирующее сопротивление до точки КЗ

$$Z_{PE3} = \sqrt{r_{вЛ}^2 + x_{вЛ}^2} = \sqrt{0,037^2 + 0,065^2} = 0,074.$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ

$$I_{П0}^{(3)} = \frac{I_B}{Z_{PE3}} = \frac{0,502}{0,074} = 6,75 \text{ (кА)}.$$

Ударный ток КЗ

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{П0}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,78 \cdot 6,75 = 9,55 \text{ (кА)}.$$

$k_{уд} = 1,78$, по [1, рис.7.1] ($x/r = 1,75$).

Точка К2:

Подпитка точки КЗ от СД-630 не учитывается, поскольку длина КЛ более 300 метров.

Базисный ток

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{CP.HOM2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ (кА)}.$$

Результирующее сопротивление до точки КЗ

$$Z_{PE3} = \sqrt{r_{вЛ}^2 + (x_{вЛ} + x_{ТР})^2} = \sqrt{0,037^2 + (0,065 + 1,05)^2} = 1,12.$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ

$$I_{П0}^{(3)} = \frac{I_B}{Z_{PE3}} = \frac{5,5}{1,12} = 4,93 \text{ (кА)}.$$

Ударный ток КЗ

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{П0}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,9 \cdot 4,93 = 13,25 \text{ (кА)}.$$

$k_{уд} = 1,9$, по [1, рис.7.1] ($x/r = 30,21$).

Точка К3:

Номинальный ток СД-2500:

$$I_{НОМ.СД} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0,96} = 150,35 \text{ (А)}.$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ СД-630:

$$I_{КЗ.СД}^{(3)} = \frac{E'' \cdot I_{НОМ.СД}}{\sqrt{r_{ВН}^2 + (x_d'' + x_{ВН})^2}} = \frac{1,1 \cdot 150,35}{\sqrt{0,075^2 + (0,2 + 0,029)^2}} = 0,687 \text{ (кА)}.$$

Ударный ток КЗ СД-2500:

$$i_{УД} = \sqrt{2} \cdot k_{УД.СД} \cdot I_{КЗ.СД}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,35 \cdot 0,687 = 1,31 \text{ (кА)}.$$

$$k_{УД} = 1,35, \text{ по [6, рис.7.1] } (x / r = 3,06).$$

$$Z_{РЕЗЛ} = \sqrt{(r_{ВЛ} + r_{КЛ})^2 + (x_{ВЛ} + x_{ТР} + x_{КЛ})^2} = \\ = \sqrt{(0,037 + 0,075)^2 + (0,065 + 1,05 + 0,029)^2} = 1,149.$$

$$I_{ПОЛ}^{(3)} = \frac{I_B}{Z_{РЕЗ}} = \frac{5,5}{1,149} = 4,787 \text{ (кА)}.$$

$$i_{УДЛ} = \sqrt{2} \cdot k_{УДЛ} \cdot I_{ПО}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,75 \cdot 4,787 = 11,85 \text{ (кА)}.$$

$$k_{УД} = 1,75, \text{ по [1, рис.7.1] } (x / r = 10,24).$$

$$I_{ПО}^{(3)} = I_{ПОЛ}^{(3)} + I_{ПОСД}^{(3)} = 4,787 + 0,687 = 5,474$$

Проверку будем производить, отстраиваясь от тока КЗ в точке К2.

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$B_k = I_{ПО}^2 \cdot (t_{ПР} + T_a) = 4,93^2 \cdot (0,125 + 0,096) = 5,378 \cdot 10^6 \text{ (А}^2 \cdot \text{с)},$$

постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ:

$$T_a = \frac{x_{ВЛ} + x_{ТР}}{\omega \cdot r_{ВЛ}} = \frac{0,019 + 1,667}{314 \cdot 0,011} = 0,5 \text{ (с)}.$$

Это время отключение тока КЗ:

$$t_{ПР} = t_{Р.З.} + t_{ОТКЛ} = 0,1 + 0,025 = 0,125 \text{ (с)},$$

где $t_{Р.З.} = 0,1 \text{ (с)}$ - время срабатывания РЗ (внутризаводская схема

предприятия двухступенчатая);

$t_{ОТКЛ} = 0,025 \text{ (с)}$ - полное время отключения выключателя (для вакуумного выключателя ГПП).

$$F_{MIN} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} = \frac{\sqrt{5,378 \cdot 10^6}}{90} = 25,77 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Выбранный кабель ААШв-(3×150) прошел проверку на термическую стойкость.

Глава 3. Электроснабжение промышленных потребителей внутри завода.

3.1 Выбор оборудования ГПП

С целью выбора оборудования ГПП сравним значения рассчитанные в прошлой главе с каталожными данными высоковольтного оборудования. Учтем, что расчетные значения должны быть меньше допустимых.

Высоковольтное оборудование выбирается в соответствие со схемой ГПП.

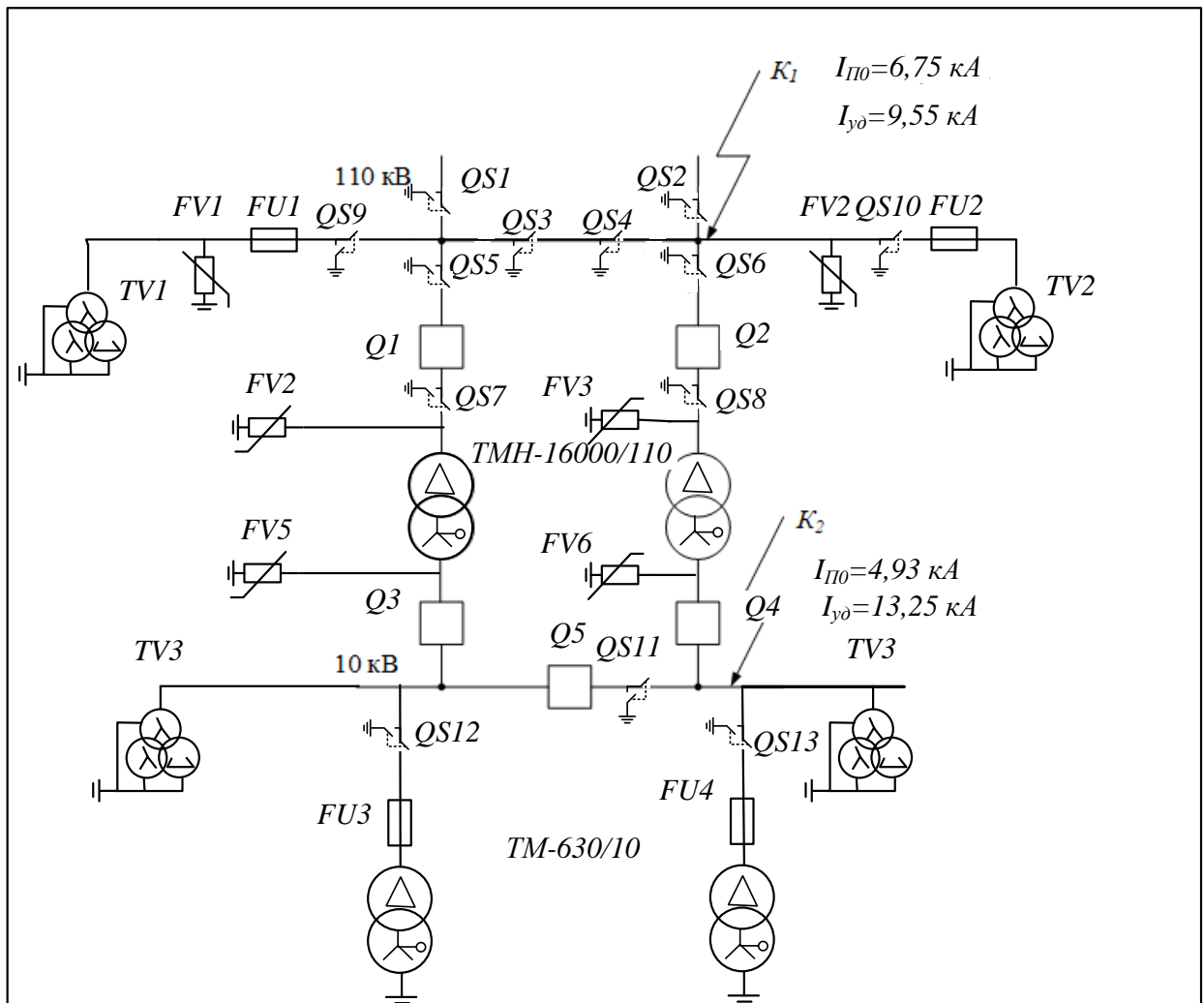


Рисунок 10 – Схема РУ ВН ГПП 110 кВ

На двухтрансформаторных подстанциях напряжением 110 кВ рекомендуется устанавливать не менее двух ТСН. Трансформаторы собственных нужд нужны для питания обогревательных элементов выключателей и шкафов распределительных устройств, а также освещения территории подстанции и других технических помещений. Кроме того, от ТСН питаются системы сигнализации, релейной защиты и пожаротушения.

Номинальная мощность трансформаторов собственных нужд составляет около 5% от расчетной мощности подстанции. По расчетной мощности:

$$S_{С.Н} = 0,05 \cdot S_{P.ГПП} = 0,05 \cdot 12342,18 = 617,12 \text{ (кВА)}$$

Таблица 3.1 – Параметры ТСН

Тип	$S_{НОМ.Т}$, кВА	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	ΔP_{XX} , кВт	$\Delta P_{КЗ}$, кВт	$U_{КЗ}$, %	Схема и группа соединения обмоток
2×ТМ-630/10	630	10	0,4	1,05	7,6	5,5	Δ/Υ-11

Выбор контрольно-измерительных приборов

Необходимы к установке на стороне 110 кВ следующие приборы:

- 1) амперметр (устанавливается в цепи вторичной обмотки трансформаторов тока ТА1 и ТА2),
- 2) вольтметр (устанавливается в цепи вторичной обмотки трансформаторов напряжения TV1 и TV2),

На стороне 10 кВ РУ:

- 1) амперметр (устанавливается в цепи вторичной обмотки трансформаторов тока ТА3 и ТА4, а также каждой секции),
- 2) вольтметр (устанавливается в цепи вторичной обмотки трансформаторов напряжения TV3 и TV4),

- 3) ваттметр (устанавливается на каждой секции),
- 4) счетчик активной мощности (устанавливается на каждой секции),
- 5) счетчик активной мощности (устанавливается на каждой секции).

Трансформаторы напряжения TV1 и TV2:

По каталогу [14] выбираем ЗНОГ-110 УХЛ1. Его каталожные данные приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Параметры ЗНОГ-110 УХЛ1

$S_{НОМ}$, ВА	$S_{МАХ}$, ВА	Класс точнос ти	Номинальное напряжение обмотки:		
			первичной, кВ	основной вторичной, В	дополнительной, В
1000	1600	0,5	110	$110/\sqrt{3}$	100

Трансформаторы напряжения TV3 и TV4:

По каталогу [15, табл.1] выбираем НТМИ-10-УХЛ2. Каталожные данные приведены в таблице 3.3.

Таблица 20 - Параметры НТМИ-10-УХЛ2

$S_{НОМ}$, ВА	$S_{МАХ}$, ВА	Класс точнос ти	Номинальное напряжение обмотки:		
			первичной, кВ	основной вторичной, В	дополнительной, В
75	640	0,5	10	100	100/3

Список измерительного оборудования [1, табл.8.5], подключаемого ко вторичной нагрузке трансформаторов напряжения TV3 и TV4, а также его параметры приведены в таблице 21.

Расчетная нагрузка определяется по формуле:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{26^2 + 12^2} = 28,6 \text{ (ВА)}.$$

Поскольку $S_{НОМ} = 75 \geq S_{2\Sigma} = 28,6 \text{ (ВА)}$, выбранный ТН 10 кВ удовлетворяет условиям.

Таблица 21 - Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения

Прибор	Тип	Число обмоток	Кол-во	$P_{ПОТР},$ Вт	$Q_{ПОТР},$ Вар	$P_{\Sigma},$ Вт	$Q_{\Sigma},$ Вар
Вольтметр	Э-350	1	4	2	-	8	-
Ваттметр	Д-304	3	1	2	1,5	6	3
Счетчики активной энергии	САЗ-681	2	1	3	2,25	6	4,5
Счетчики реактивной энергии	СРЗ-682	2	1	3	2,25	6	4,5
Итого:						26	12

Выбор измерительных трансформаторов

Используем ТТ наружной установки. По номинальному току первичной обмотки силового трансформатора

$$I_{РАСЧ.ВН} = \frac{S_{НОМ.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 145,45 \text{ (А)}$$

предварительно выбираем трансформаторы тока ТФЗМ -110 – УХЛ1 [14], с номинальным током $I_{1НОМ} = 150 \text{ (А)}$.

На стороне НН 10 кВ:

$$I_{РАСЧ.НН} = \frac{S_{НОМ.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 879,77 \text{ (А)}$$

предварительно выбираем ТПЛ-10К [10, П4.5] со следующими каталожными данными:

Таблица 22 - Параметры ТЛМ10-У3

$U_{Н.ЛТ},$ кВ	$I_{1НОМ},$ А	$I_{2НОМ},$ А	$S_{2НОМ},$ ВА	класс точности	$I_{ТЕРМ},$ кА	$t_{ТЕРМ},$ с	$i_{ДИН},$ кА
10	1000	5	10	0,5	26	3	100

Подключаемые приборы приведены в таблице 23

Мощность, потребляемая приборами:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{11^2 + 9,4^2} = 14,5 \text{ (ВА)}.$$

Суммарное сопротивление приборов:

$$r_{\text{ПРИБ}} = \frac{S_{\text{ПРИБ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2} = \frac{14,5}{5^2} = 0,58 \text{ (Ом)}.$$

Таблица 23 – Расчетная нагрузка ТТ

Прибор	Тип	Число обмоток	Кол-во	$P_{\text{ПОТР}},$ Вт	$Q_{\text{ПОТР}},$ Вар	$P_{\Sigma},$ Вт	$Q_{\Sigma},$ Вар
Амперметр	Э-350	1	1	0,5	-	0,5	-
Ваттметр	Д-304	1	1	0,5	0,4	0,5	0,4
Счетчики активной энергии	СА3-681	2	1	2,5	2,25	5	4,5
Счетчики реактивной энергии	СР3-682	2	1	2,5	2,25	5	4,5
Итого:						11	9,4

Сопротивление контактов [2, п.8.5] $r_K = 0,1$ (Ом).

Контрольный кабель принимаем АКРВГ минимального по условию прочности сечения – 4 мм². Сопротивление приборов:

$$r_{\text{ПР}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{РАСЧ}}}{F} = \frac{0,027 \cdot 6}{4} = 0,0405 \text{ (Ом)},$$

где $\rho = 0,027$ (Ом·мм²/м) - удельное сопротивление алюминиевого провода; $l_{\text{РАСЧ}} = 6$ (м) - расчетная длина провода [2, п.8.5];

Вторичная нагрузка ТТ:

$$r_2 = r_{\text{ПРИБ}} + r_{\text{ПР}} + r_K = 0,58 + 0,0405 + 0,1 = 0,72 \text{ (Ом)}.$$

Номинальное вторичное сопротивление ТТ:

$$Z_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{2\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ (Ом)}$$

Ввиду того, что $Z_{2\text{НОМ}} = 0,4 \leq r_2 = 0,72$ (Ом) принимаем к установке по 2 выбранных ТТ на 1 фазу.

Проверим ТТ:

1. по напряжению: $U_{H.TT} = 10 \geq U_H = 10$ (кВ);
2. по току: $I_{1НОМ} = 1000 \geq I_{РАСЧ.НН} = 879,77$ (А);
3. на электродинамическую стойкость: $i_{ДНН} = 100 \geq i_{ВД} = 13,25$ (кА);
4. на термическую стойкость: $I_{ТЕРМ}^2 \cdot t_{ТЕРМ} = 1587 \geq B_k = 7,09$ (кА² · с),
величина B_k будет определена ниже, при выборе выключателей.

Выбор коммутационной аппаратуры

Разъединители QS1-QS4:

Выбираются по току линии в послеаварийном режиме:

$$I_{НОМ.QS} \geq 2 \cdot I_{РАСЧ.НН} = 1759,54 \text{ (А)}.$$

По [10, П4.1] выбираем РНДЗ-110/2000-УХЛ1, трехполюсный с 1 разъединяющим ножом со следующими каталожными данными (табл.3.7):

Таблица 3.2 – Параметры РДЗ-110/2000-УХЛ1

$U_{НОМ}$, кВ	$I_{НОМ}$, А	$i_{ПР.СКВ}$, кА	$I_{ТЕРМ}$, кА	$t_{ТЕРМ}$, с
110	2000	80	31,5	3

Время действия релейной защиты не известно, поэтому отстроимся максимально и примем, что $t_{ПР} = t_{ТЕРМ}$.

Проверим разъединители:

1. по напряжению: $U_{H.B} = 110 \geq U_H = 110$ (кВ);
2. по п/а току: $I_H = 2000 \geq 2 \cdot I_{РАСЧ} = 1759,54$ (А);
по номинальному току: $I_H = 2000 \geq I_{РАСЧ} = 1759,54$ (А);
3. на электродинамическую стойкость: $i_{ПР.СКВ} = 80 \geq i_{ВД} = 13,25$ (кА);
4. на термическую стойкость: $I_{ТЕРМ}^2 \cdot t_{ТЕРМ} = 2976 \geq B_k = 7,09$ (кА² · с).

Разъединители QS5-QS8 и QS11:

Выбираются аналогично, но номинальному току линии. Принимаем к установке [10, П4.1] РДЗ-1-110/1000-УХЛ1, трехполюсный с 1

разъединяющим ножом и каталожными данными (табл.3.7). Проверки произведены выше.

Разъединители QS9 и QS10:

Выбирается по отключающей способности, т.к. номинальный ток в первичной обмотке ТН 110 кВ невелик:

$$I_{НОМ.ТН} = \frac{S_{МАХ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 110000} = 0,008 \text{ (А)}.$$

Выбираем все тот же РДЗ-1-110/1000-УХЛ1.

Выключатели Q1 – Q2:

Предварительно выбираем выключатель марки ВБП–110Ш–31,5/2000 УХЛ1 [10, П4.4] – вакуумный трехполюсный. Предназначен для установки как в открытых, так и закрытых РУ а также оперативных переключений электрических цепей в разных режимах работы сети. Его паспортные данные представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Паспортные данные выключателя ВБП–110Ш–31,5/2000 УХЛ1

$U_{НОМ}$, кВ	$I_{НОМ}$, А	$I_{ОТКЛ.НОМ}$, кА	Циклов ВО при $I_{НОМ}$	Циклов ВО при $I_{КЗ}$	$i_{ДИН}$, кА	$I_{ТЕР}$, кА	$t_{ТЕР}$, с	$t_{С.О.}$, с	$t_{ОТК.В.}$, с	$t_{С.ВКЛ.}$, с
110	2000	31,5	10000	25	80	31,5	3	0,03	0,05	0,085

Произведем проверки:

5. по напряжению: $U_{Н.В} = 110 \geq U_{Н} = 110$ (кВ);
6. по току: $I_{Н} = 2000 \geq I_{РАСЧ} = 52,49$ (А);
7. на электродинамическую стойкость: $i_{ДИН} = 80 \geq i_{ВД} = 9,56$ (кА);
8. по отключающей способности: $I_{ОТКЛ.НОМ} = 31,5 \geq I_{П0} = 6,75$ (кА);
9. на термическую стойкость:

$$I_{ТЕРМ}^2 \cdot t_{ТЕРМ} = 2976,75 \geq B_k = 7,09 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

$$t_{ПР} = t_{Р.З.} + t_{ОТКЛ} = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ (с)},$$

$$T_a = \frac{x_{ВЛ}}{\omega \cdot r_{ВЛ}} = \frac{0,065}{314 \cdot 0,037} = 0,0056 \text{ (с)}.$$

$$B_k = I_{П0}^2 \cdot (t_{ПР} + T_a) = 6,75^2 \cdot (0,15 + 0,0056) = 7,09 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

$$I_{ТЕРМ}^2 \cdot t_{ТЕРМ} = 25^2 \cdot 3 = 2967,75 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Выбранный выключатель соответствует всем необходимым требованиям, что подтверждается результатами прохождения проверок.

Выключатели Q3 – Q5:

Расчетный ток для этих выключателей:

$$I'_{РАСЧ.НН} = 2 \cdot I_{РАСЧ.НН} = 2 \cdot 879,77 = 1759,54 \text{ (А)},$$

т.к. необходимо, чтобы аппарат выдерживал ток аварийного режима работы, когда вторая линия будет отключена.

Расчетный ток для секционного выключателя Q5:

$$I_{РАСЧ.НН} = 879,77 \text{ (А)}.$$

Предварительно выбираем выключатель марки ВБМЭ–40/2500 УХЛ1 [2, табл.7.5] – вакуумный трехполюсный. Предназначен для установки в закрытых РУ. Его паспортные данные представлены в таблице 25.

Таблица 25 - Паспортные данные выключателя ВБМЭ–40/2500 УХЛ1

$U_{НОМ}$, кВ	$I_{НОМ}$, А	$I_{ОТКЛ.НОМ}$, кА	$i_{ДИН}$, кА	$I_{ТЕР}$, кА	$t_{ТЕР}$, с	$t_{ОТК.В}$, с
10	2500	40	100	40	3	0,07

Произведем проверки:

1. по напряжению: $U_{Н.В} = 10 \geq U_H = 10 \text{ (кВ)}$;
2. по току: $I_H = 2500 \geq I_{РАСЧ} = 1759,54 \text{ (А)}$;
3. на электродинамическую стойкость: $i_{ДИН} = 100 \geq i_{ВД} = 8,81 \text{ (кА)}$;
4. по отключающей способности: $I_{ОТКЛ.НОМ} = 40 \geq I_{П0} = 3,26 \text{ (кА)}$;
5. на термическую стойкость:

$$I_{ТЕРМ}^2 \cdot t_{ТЕРМ} = 1200 \geq B_k = 13,02 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

$$t_{ПР} = t_{Р.З.} + t_{ОТКЛ} = 0,7 + 0,07 = 0,77 \text{ (с)},$$

$$T_a = \frac{x_{ВЛ} + x_{ТР}}{\omega \cdot r_{ВЛ}} = \frac{0,019 + 1,67}{314 \cdot 0,011} = 0,5 \text{ (с)},$$

$$B_k = I_{П0}^2 \cdot (t_{ПР} + T_a) = 3,26^2 \cdot (0,77 + 0,5) = 13,02 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

$$I_{\text{ТЕРМ}}^2 \cdot t_{\text{ТЕРМ}} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Выбранный выключатель соответствует всем необходимым требованиям, что подтверждается результатами прохождения проверок.

Выключатели Q6-Q13:

Выбираются по мощности трансформатора цеховой ТП:

$$I_{\text{РАСЧ.ТП}} = \frac{S_{\text{НОМ.ТР.ТП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,74 \text{ (А)}.$$

Выбираем ВВ/TEL-10-20/1000-У2.

Таблица 26

Расчетные данные	Выключатель ВВ/TEL-10-20/1000- У2.
$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 57,47 \text{ А}$	$I_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ А}$
$I_{\text{n,t}} = 4,4 \text{ кА}$	$I_{\text{ОТК.НОМ}} = 20 \text{ кА}$
$I_{\text{n,0}} = 4,4 \text{ кА}$	$I_{\text{ДИН}} = 51 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}} = 8,81 \text{ кА}$	$i_{\text{ДИН}} = 51 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = 13,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Выбор предохранителей

Необходимо исключить ложное срабатывание предохранителей при включении трансформаторов, электродвигателей или батарей конденсаторов. Чтобы обеспечить выполнение этого условия ток плавкой вставки завышается в 1,4-2,5 раз относительно номинального тока защищаемого электроприемника.

Предохранители FU1 и FU2:

По номинальному току первичной обмотки ТМ-630/10

$$I_{\text{НОМ.ТЧ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,34 \text{ (А)}$$

по [17, стр.101] выбираем ПКТ-101-10-60-31,5УЗ со следующими каталожными данными (табл.3.10):

Таблица 3.3 – Параметры ПКТ-101-10-60-31,5УЗ

$U_{НОМ}$, кВ	$I_{НОМ}$, А	$I_{ОТКЛ.НОМ}$, кА
10	60	31,5

Произведем проверки:

1. по напряжению: $U_{Н.П} = 10 \geq U_{Н} = 10$ (кВ);
2. по току: $I_{Н.ВСТ} = 60 \geq I_{РАСЧ} = 36,34$ (А);
3. по отключающей способности: $I_{ОТКЛ.НОМ} = 31,5 \geq I_{ПО} = 8,81$ (кА);

Все проверки успешно пройдены.

Предохранители FU3 и FU4:

Для защиты трансформаторов напряжения НТМИ-10-УХЛ1 выбираем ПKN-001-10 ХЛ1.

Проверки не требуются.

Выбор ограничителей перенапряжения

ОПН FV1-FV4:

Для защиты силовых трансформаторов и ТН 110 кВ по [18, табл.1.8] выбираем ОПН-РК-110 УХЛ1.

ОПН FV5-FV6:

Для защиты силовых трансформаторов и ТСН 10 кВ по [18, табл.1.2] выбираем ОПН-КР/TEL-10 УХЛ1.

Данные выбранного оборудования сведем в таблицу 27.

Таблица 27 – Общий список оборудования ГПП

Обозначение	Наименование	Тип
QS1...QS4	Разъединители	РНДЗ-110/2000-УХЛ1
QS5...QS10	Разъединители	РДЗ-1-110/1000-УХЛ1
FV1...FV4	Ограничители перенапряжения	ОПН-РК-110 УХЛ1
FV5...FV6	Ограничители перенапряжения	ОПН-КР/TEL-10 УХЛ1
T1...T2	Силовые трансформаторы	ТМН-16000/110
T3...T4	Трансформаторы собственных нужд	ТМ-630/10
FU1...FU2	Предохранители	ПКТ-101-10-60-31,5У3
FU3...FU4	Выключатели масляные	ПКН-001-10ХЛ1
Q3...Q12	Выключатели вакуумные (на ЦТП)	ВВ/TEL-10-20/1000-У2
ТА1...ТА2	Трансформаторы тока	ТФЗМ -110 – УХЛ1
ТА3...ТА4	Трансформаторы тока	ТЛМ10-У3
ТВ1...ТВ2	Трансформаторы напряжения	ЗНОГ-110 УХЛ1
ТВ3...ТВ4	Трансформаторы напряжения	НТМИ-10-УХЛ2

Глава 4. Электроснабжение промышленных потребителей внутри зданий и сооружений .

4.1 Электроснабжение сборочного цеха

При проектировании системы электроснабжения цеха необходимо выполнить следующее:

- 1) Распределить все ЭП по распределительным пунктам, а также выбрать схему питания и способ ее прокладки от цеховой подстанции;
- 2) Определить расчетные нагрузки по всем пунктам питания цеха;
- 3) Выбрать силовую сеть, аппараты защиты и управления;
- 4) Выбрать сечение питающей сети;
- 5) Рассчитать выбранную питающую сеть по потере напряжения;
- 6) Рассчитать токов КЗ для участка сети от ТП до наиболее удаленного от нее приемника;
- 7) Построить карту селективности действия аппаратов защиты.

4.1. Расчет электрических нагрузок производственного помещения

Расчет электрических нагрузок производится методом коэффициента расчетной мощности. Метод был принят как основной в Российской Федерации с 1993 года [1].

Согласно [6], для приемников до 1000 В, расчет электрических нагрузок выполняется по форме Ф636-92.

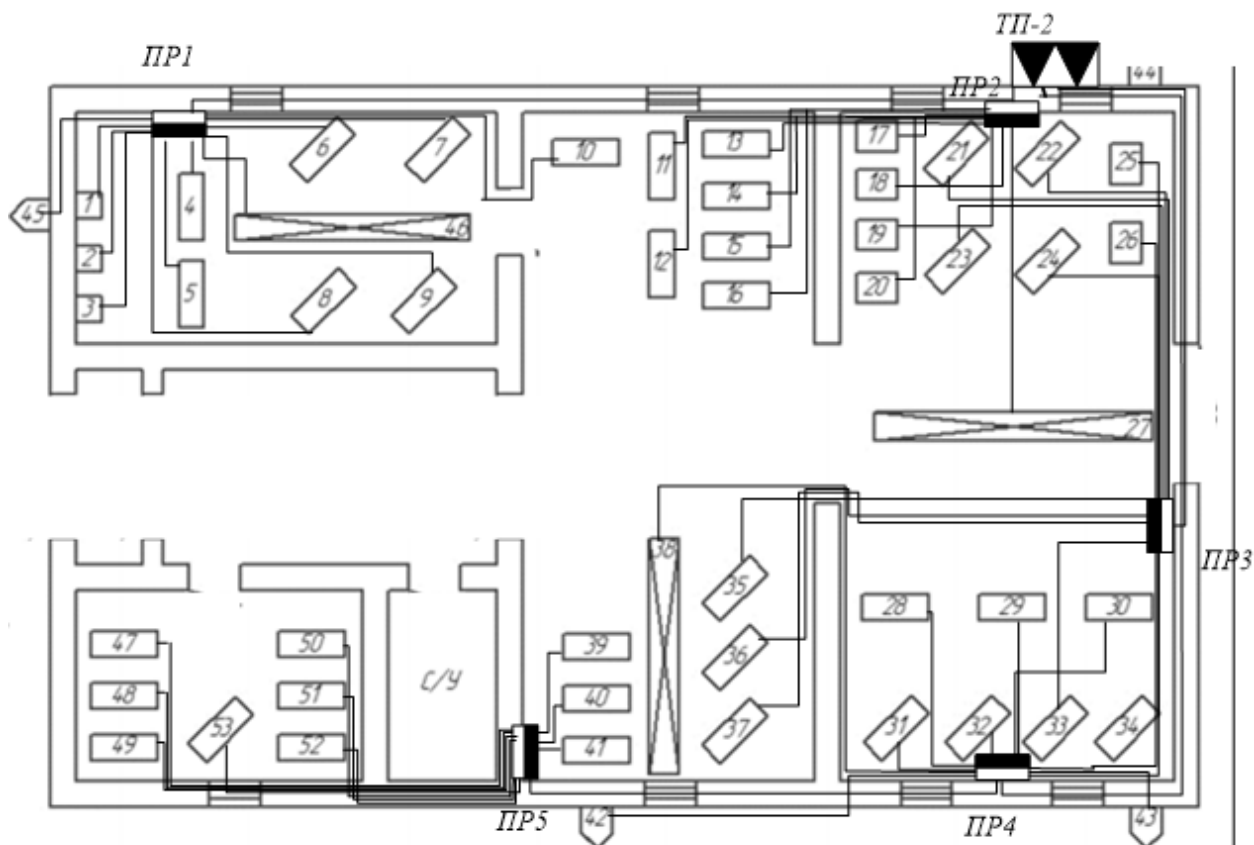


Рисунок 11 – Схема электроснабжения цеха

Подробный расчет произведем на примере ПР1

Графы 1-4 заполняются по полученным в задании данным. Графы 5-6 заполняются по усредненным справочным данным, например, по [19, табл. 3.1]. В графы 7-8 записываются соответственно величины $k_u \cdot P_n$ и $k_u \cdot P_n \cdot \text{tg}\varphi$. В итоговые по ПР графы записываются суммы найденных для каждого ЭП величин. Так для ПР1:

- «А» ($K_n < 0,6$);
- «Б» ($K_n \geq 0,6$; $K_z \geq 0,9$; $K_v = 1$).

Определим номинальную мощность всех электроприборов группы

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^m n P_{\text{ном.}i} = 60 + 26 + 10 + 5 + 80 = 181 \text{ кВт.}$$

K_n , $\cos\varphi$, $\text{tg}\varphi$ определяются по справочным данным [2].

Среднесменные нагрузки для электроприемников:

$$P_{\text{CM}} = K_u \cdot P_{\text{НОМ.}\Sigma} = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{CM}} = P_{\text{CM}} \cdot \text{tg}\varphi = 18 \cdot 2,29 = 41,24 \text{ кВар},$$

Общая среднесменная нагрузка для группы ЭП:

$$P_{\text{CM}}^{\text{"A"}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{CM},i} = 18 + 3,12 + 1,2 + 1,04 + 12,8 = 35,52 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{CM}}^{\text{"A"}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{CM},i} = 41,24 + 4,16 + 2,08 + 1,04 + 12,8 = 61,32 \text{ кВар}.$$

$$K_{u,\text{cp}} = \frac{P_{\text{CM}}^{\text{"A"}}}{P_{\text{НОМ.}\Sigma}} = \frac{35,52}{181} = 0,18.$$

Групповой коэффициент реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{CM}}^{\text{"A"}}}{P_{\text{CM}}^{\text{"A"}}} = \frac{61,32}{93,3} = 1,89.$$

Число эффективное электроприемников для группы А:

$$n_{\text{э}} = \frac{[\sum n \cdot P_{\text{НОМ.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{НОМ}}^2 \cdot n} = \frac{181^2}{4383} = 7,4 = \text{шт},$$

принимаем $n_{\text{э}} = 7$ шт.

Коэффициент максимума активной мощности [9]

$$K_M = 1,64.$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_M = 1,0.$$

Расчетная активная и реактивная мощности для группы "А"

$$P_p^{\text{"A"}} = K_M \cdot P_{\text{CM}}^{\text{"A"}} = 1,64 \cdot 93,3 = 152,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p^{\text{"A"}} = K'_M \cdot Q_{\text{CM}}^{\text{"A"}} = 1,0 \cdot 126,8 = 126,8 \text{ кВар}.$$

Среднесменная мощность для электроприемников группы Б:

$$P_p^{''B''} = P_{см}^{''B''} = 114,3 \text{ кВт}, \quad Q_p^{''B''} = Q_{см}^{''B''} = 41,5 \text{ кВАр}.$$

Расчетная мощность электроприемников по цеху

$$P_p = P_p^{''A''} + P_p^{''B''} = 152,5 + 114,3 = 266,8 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_p^{''A''} + Q_p^{''B''} = 126,8 + 41,5 = 168,3 \text{ кВАр}.$$

Для освещения цеха применяется светодиодное освещение.

Номинальная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по удельной установленной мощности осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{н.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,006 \cdot 13107 = 78,6 \text{ кВт},$$

где $F_{ц}$ – площадь цеха, m^2 ;

$P_{уд.о}$ – удельная установленная мощность осветительной нагрузки [8, табл. 7.2], $кВт/м^2$.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{р.о} = K_{со} \cdot P_{н.о} = 0,95 \cdot 78,6 = 74,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \text{tg}\varphi_0 = 74,7 \cdot 0,48 = 36,8 \text{ кВАр},$$

где $K_{со}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки [9, стр. 22, табл. 1.10];

$\text{tg}\varphi_0$ – для светодиодных ламп.

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_p + P_{р.о})^2 + (Q_p + Q_{р.о})^2} = \\ &= \sqrt{(266,8 + 74,7)^2 + (168,3 + 36,2)^2} = 398,1 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{398,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 604,8 \text{ А},$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электроприемников, В.

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток наиболее мощного электроприемника:

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{40,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,40 \cdot 0,98} = 155,0 \text{ А.}$$

Пусковой ток самого мощного электроприемника цеха:

$$I_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}} = 3 \cdot 155,0 = 465,1 \text{ А.}$$

Пиковый ток цеха:

$$\begin{aligned} I_{\text{пик.ц}} &= I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{р}} - K_{\text{u.max}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}) = 465,1 + (604,8 - 0,30 \cdot 155,0) \\ &= 1023,4 \text{ А.} \end{aligned}$$

Исходные данные						Расчетные величины					Расчетная нагрузка			
по заданию технологов				по справочным данным		$k_u P_n$	$k_u \cdot P_n \cdot t$ $g\varphi$	$n p_n^2$			n_ε	K_m	P_p , кВт	Q_p , кВар
Наименование ЭП	Количество во ЭП, n	Номинальная мощность, кВт		k_u	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$									
		Одного ЭП, p_n	Общая $P_n =$ $p_n \cdot n$											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР1:														
Группа А:														
Сварочный трансформатор ПВ=25%	5,00	12,00	60,00	0,30	0,40	2,29	18,00	41,24	720,00					
Токарно- вертикальный полуавтомат	2,00	13,00	26,00	0,12	0,60	1,33	3,12	4,16	338,00					
Радиально- сверлильный	1,00	10,00	10,00	0,12	0,50	1,73	1,20	2,08	100,00					
Кран-балка (ПВ=60%)	1,00	5,00	5,00	0,12	0,50	1,73	0,60	1,04	25,00					
Токарно- вертикальный	2,00	40,00	80,00	0,12	0,60	1,33	9,60	12,80	3200,00					

станок															
Итого по группе А:	11,00		181,00	0,18	0,47	1,89	32,52	61,32	4383,00	7,00	2,20	71,54	61,32	94,23	143,16
Группа Б:															
Вентилятор	1,00	12,00	12,00	0,60	0,80	0,75	7,20	5,40	144,00						
Итого по группе Б:	1,00		12,00	0,60	0,80	0,75	7,20	5,40	144,00			7,20	5,40	9,00	13,67
Итого по ПР1:	12,00		193,00		0,76	0,85	39,72	66,72	4527,00			78,74	66,72	103,23	156,84
ПР2:															
Группа А:															
Пресс-ножницы	1,00	4,00	4,00	0,20	0,65	1,17	0,80	0,94	16,00						
Пресс-листогибочный	1,00	14,00	14,00	0,20	0,65	1,17	2,80	3,27	196,00						
Сверлильно-фрезерный станок	4,00	13,00	52,00	0,12	0,50	1,73	6,24	10,81	676,00						
Универсально-заточной	4,00	10,00	40,00	0,12	0,50	1,73	4,80	8,31	400,00						
Кран-балка ПВ=40%	1,00	14,00	14,00	0,10	0,50	1,73	1,40	2,42	196,00						
Итого по группе А:	11,00		124,00	0,13			16,04	25,76	1484,00	10,00	2,29	36,73	25,76	44,86	68,16

Группа Б:															
Вентилятор	1,00	12,00	12,00	0,60	0,80	0,75	7,20	5,40	144,00						
Итого по группе Б:	1,00		12,00	0,60	0,80	0,75	7,20	5,40	144,00			7,20	5,40	9,00	13,67
Итого по ПР2:	12,00		136,00		0,82	0,71	23,24	31,16	1628,00			43,93	31,16	53,86	81,83
ПР3 (все ЭП группы А):			0,00				0,00	0,00	0,00						
Намоточный станок	2,00	1,00	2,00	0,12	0,50	1,73	0,24	0,42	2,00						
Намоточный станок	2,00	1,80	3,60	0,12	0,50	1,73	0,43	0,75	6,48						
Профильно-шлифовальный станок	2,00	1,00	2,00	0,17	0,65	1,17	0,34	0,40	2,00						
Плоскошлифовальный станок	3,00	2,00	6,00	0,17	0,65	1,17	1,02	1,19	12,00						
Итого по ПР3:	9,00		13,60	0,15			2,03	2,75	22,48	8,00	2,31	4,69	3,03	5,59	8,49
ПР4			0,00				0,00	0,00	0,00						
Группа А:															
Фрезерный станок	2,00	20,00	40,00	0,12	0,50	1,73	4,80	8,31	800,00						
Круглошлифовая	2,00	23,00	46,00	0,12	0,50	1,73	5,52	9,56	1058,00						

льный станок															
Кран-балка ПВ=40%	1,00	14,00	14,00	0,10	0,50	1,73	1,40	2,42	196,00						
Радиально- сверлильный	1,00	10,00	10,00	0,12	0,50	1,73	1,20	2,08	100,00						
Итого по группе А:	6,00		110,00	0,12			12,92	22,38	2154,00	5,00	3,01	38,89	22,38	44,87	68,17
Группа Б:															
Вентилятор	2,00	12,00	24,00	0,60	0,80	0,75	14,40	10,80	288,00						
Термокамера	2,00	17,00	34,00	0,75	0,95	0,33	25,50	8,38	578,00						
Итого по группе Б:	4,00		58,00				39,90	19,18	866,00			39,90	19,18	44,27	67,26
Итого по ПР4:	10,00		168,00		0,88	0,53	52,82	41,56	3020,00			78,79	41,56	89,14	135,43
ПР5:			0,00				0,00	0,00	0,00						
Группа А:															
Наждак	1,00	8,00	8,00	0,12	0,50	1,73	0,96	1,66	64,00						
Сварочный трансформатор ПВ=25%	2,00	21,50	43,00	0,30	0,40	2,29	12,90	29,56	924,50						
Строгальный станок	3,00	18,00	54,00	0,16	0,60	1,33	8,64	11,52	972,00						

Итого по группе А:	6,00		105,00	0,21			22,50	42,74	1960,50	5,00	2,38	53,55	42,74	68,52	104,10
Группа Б:															
Компрессор	1,00	11,00	11,00	0,70	0,80	0,75	7,70	5,78	121,00						
Сушильный шкаф	1,00	9,00	9,00	0,80	0,95	0,33	7,20	2,37	81,00						
Нагревательная плита	1,00	8,00	8,00	0,80	0,95	0,33	6,40	2,10	64,00						
Отопительный агрегат	1,00	1,00	1,00	0,80	0,95	0,33	0,80	0,26	1,00						
Итого по группе Б:	4,00		29,00				22,10	10,51	267,00			22,10	10,51	24,47	37,18
Итого по ПР5:	10,00		134,00		0,82	0,70	44,60	53,25	2227,50			75,65	53,25	92,99	141,28
РУНН ТП															
Итого по ПР5:	10,00		134,00				44,60	53,25				75,65	53,25	92,99	141,28
Итого по ПР4:	10,00		168,00				52,82	41,56				78,79	41,56	89,14	135,43
Итого по ПР3:	9,00		13,60				2,03	2,75				4,69	3,03	5,59	8,49
Итого по ПР2:	12,00		136,00				23,24	31,16				43,93	31,16	53,86	81,83
Итого по ПР1:	12,00		193,00				39,72	66,72				78,74	66,72	103,23	156,84
Итого силовая нагрузка:	53,00		644,60				162,41	195,44				281,81	195,71	343,10	521,29

Осветительная нагрузка:		49,70		0,95	0,80	0,75						47,22	35,41	59,02	89,67
Итого по ТП:	53,00	49,70			0,82	0,70	324,8 2	390,88				329,02	231,13	402,12	610,96

4.2 Выбор шкафов распределительных (ПР)

В качестве силовых РП в цехе выбираем РП серии ПР 8503.

Согласно с таблицей 28 распределим электроприемники по ПР. Результаты сведены в таблицу 29.

Таблица 29 – РП цеха

№ Шкафа	I_p , А	Отх. лин, шт	Тип
ПР1	110,93	10,00	ПР8503-1160-2
ПР2	110,50	10,00	ПР8503-1160-2
ПР3	7,00	10,00	ПР8503-1160-2
ПР4	71,83	12,00	ПР8503-1014-5
ПР5	135,11	12,00	ПР8503-1199-1

4.3 Выбор сечений линий и автоматических выключателей питающей сети цеха

Для защиты сетей напряжением до 1000 В используются плавкие предохранители (ПР) и автоматические выключатели (АВ). Предохранители защищают электроприемники только от токов КЗ. Современные автоматические выключатели защищают и от токов КЗ, и от перегрузки оборудования. Кроме того, автоматы могут служить и в качестве коммутационных аппаратов, чего предохранители обеспечить не могут. Поэтому будем использовать автоматические выключатели.

Произведем выбор АВ. Условия их выбора следующие:

1. По номинальному напряжению $U_{НОМ.АВ} \geq U_{НОМ}$;

2. По номинальному току $I_{НОМ.АВ} \geq K_{ЗАП} \cdot I_{ДЛИТ}$;

3. По номинальному току теплового расцепителя

$$I_{НОМ.ТЕПЛ} \geq K_{ЗАП} \cdot I_{ДЛИТ};$$

4. По току срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{НОМ.Э.О.} \geq 1,25 \cdot I_{ПИК} \text{ - для группы ЭП;}$$

$$I_{НОМ.Э.О.} \geq 1,5 \cdot I_{ПУСК} \text{ - для отдельного ЭП.}$$

Выберем автомат для защиты радиально-сверлильного станка:

1. $U_{НОМ.ЭП} = 0,38 \geq U_{НОМ} = 0,38$ (В);
2. $I_{НОМ.АВ} = 50 \geq K_{ЗАП} \cdot I_{ДЛИТ} = 43,68$ (А),

где $K_{ЗАП} = 1,15$ - коэффициент запаса для отдельного ЭП;

$$I_{ДЛИТ} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 0,8} = 37,98 \text{ (А)};$$

3. $I_{НОМ.ТЕПЛ} = 50 \geq K_{ЗАП} \cdot I_{ДЛИТ} = 43,68$ (А);
4. $I_{НОМ.Э.О.} = 300 \geq 1,5 \cdot I_{ПУСК} = 284,87$ (А)

где $I_{ПУСК} = 5 \cdot I_{ДЛИТ} = 5 \cdot 37,98 = 189,92$ (А).

Принимаем к установке ВА13-29-63-50-6. Аналогичным образом выбираются автоматы для остальных ЭП.

Выберем автомат для защиты ПР1:

1. $U_{НОМ.ЭП} = 0,38 \geq U_{НОМ} = 0,38$ (В);
2. $I_{НОМ.АВ} = 250 \geq K_{ЗАП} \cdot I_{ДЛИТ} = 172,52$ (А),

где $K_{ЗАП} = 1,1$ - коэффициент запаса для группы ЭП;

$I_{ДЛИТ} = 156,84$ (А) по табл.4.1;

3. $I_{НОМ.ТЕПЛ} = 250 \geq K_{ЗАП} \cdot I_{ДЛИТ} = 172,52$ (А);
4. $I_{НОМ.Э.О.} = 160 \geq 1,5 \cdot I_{ПИК} = 960$ (А)

где $I_{ПИК} = I_{ПУСК.МАХ} + (I_{Р.ПР} - k_H \cdot I_{НОМ.МАХ})$;

$$I_{ПИК} = 506,45 + (156,83 - 0,12 \cdot 101,29) = 651,12 \text{ (А)}.$$

Принимаем к установке ВА57-35-250-160-6. Аналогичным образом выбираются автоматы для остальных ПР, а также АВ для защиты питающей линий инструментального цеха (таблица 30).

а) Выбор отходящего автоматического выключателя подстанции

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{р.ПС} = \frac{S_{р.ПС}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{402,12}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 610,96 \text{ А}.$$

Номинальный ток трансформатора подстанции

$$I_{\text{НОМ.ТР}} = \frac{S_{\text{НОМ.ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519,34 \text{ А.}$$

Максимальный рабочий ток трансформатора подстанции

$$I_{\text{МАХ.РАБ}} = 1,4 \cdot I_{\text{НОМ.ТР}} = 1,4 \cdot 1519,34 = 2127,08 \text{ А.}$$

Пиковый ток подстанции

$$\begin{aligned} I_{\text{ПИК.ПС}} &= I_{\text{ПУСК}}^{\text{МАХ}} + (I_{\text{МАХ.РАБ}} - K_{\text{У.МАХ}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{МАХ}}) = \\ &= 506,45 + (2127,08 - 0,12 \cdot 101,29) = 2621,37 \text{ А.} \end{aligned}$$

$$5. \quad U_{\text{НОМ.ЭП}} = 0,38 \geq U_{\text{НОМ}} = 0,38 \text{ (В);}$$

$$6. \quad I_{\text{НОМ.АВ}} = 2500 \geq K_{\text{ЗАП}} \cdot I_{\text{МАХ.РАБ}} = 2339,78 \text{ (А)},$$

где $K_{\text{ЗАП}} = 1,1$ - коэффициент запаса для группы ЭП;

$$I_{\text{МАХ.РАБ}} = 2127,08 \text{ (А);}$$

$$7. \quad I_{\text{НОМ.ТЕПЛ}} = 2500 \geq K_{\text{ЗАП}} \cdot I_{\text{МАХ.РАБ}} = 2339,78 \text{ (А);}$$

$$8. \quad I_{\text{НОМ.Э.О.}} = 5000 \geq 1,1 \cdot I_{\text{ПИК}} = 2883,5 \text{ (А)}$$

где $I_{\text{ПИК}} = I_{\text{ПУСК.МАХ}} + (I_{\text{Р.ПР}} - k_{\text{И}} \cdot I_{\text{НОМ.МАХ}})$;

$$I_{\text{ПИК}} = 506,45 + (156,83 - 0,12 \cdot 101,29) = 651,12 \text{ (А)}.$$

Автомат ВА75-45-2500-2500-2. Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Выбор секционного автоматического выключателя подстанции

Максимальный рабочий ток трансформатора

$$I_{\text{МАХ.РАБ}} = 2127,08 \text{ А.}$$

Расчетный ток секционного выключателя

$$I_{\text{Р.СВ}} = 0,7 \cdot I_{\text{МАХ.РАБ}} = 0,7 \cdot 2127,08 = 1488,95 \text{ А.}$$

Пиковый ток сборных шин

$$\begin{aligned} I_{\text{ПИК.СШ}} &= I_{\text{ПУСК}}^{\text{МАХ}} + (I_{\text{Р.СН}} - K_{\text{У.МАХ}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{МАХ}}) = \\ &= 506,45 + (1488,95 - 0,30 \cdot 155,0) = 1948,9 \text{ А.} \end{aligned}$$

Результаты расчета сечений сети цеха приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Выбор автоматических выключателей и сечения кабелей.

№ п/ п	Название участка питающей линии		$I_{ДЛ},$ A	$I_{кр}, I_{п}$ <i>уск</i> <i>или</i> $I_{крДЛ}$ <i>я</i> <i>плав</i> <i>кого)</i> A	Аппарат защиты	(1,5- 1,1) $I_{кр}$	Кп	По условиям перегрузки пусковыми и пиковыми токами. ($1.5 * I_{пуск}$ или $I_{кр}/a$ для плавкого)	$I_{НОМ}$ ап. за щ., A	$\frac{I_{н.вс}$ или $\frac{I_{н.рас}}$ $I_{кз}}$	Марка кабеля	Сечение по длительному току, мм ²	$I_{доп}, A$	K_3	I_3	$\frac{K_3 * I_3}{Kп}$	Принят кабель
	Начало участка	Конец участка															
1	ПР1	Сварочный трансформатор ПВ=25%	45,58	136,74	ВА51-31-1	205,11	0,82	52,42	63,00	63/378	АВВГ	16,00	77,00	1	63	76,82927	АВВГ-(4x63)
2		Вентилятор	28,49	142,44	ВА13-29	213,66	0,92	32,76	63,00	40/240	АВВГ	10,00	59,00	1	40	43,47826	АВВГ-(4x10)
3		Токарно-вертикальный полуавтомат	41,15	205,74	ВА13-29	308,62	0,92	47,32	63,00	63/315	АВВГ	16,00	77,00	1	63	68,47826	АВВГ-(4x16)

4		Радиально-сверлильный	37,98	189,92	BA13-29	284,88	1,00	43,68	63,00	50/300	ABBГ	16,00	77,00	1	50	50	ABBГ-(4x16)
5		Кран-балка (ПВ=60%)	18,99	94,96	BA13-29	142,44	1,00	21,84	25,00	31,5/189	ABBГ	4,00	37,00	1	31,5	31,5	ABBГ-(4x4)
6		Токарно-винторезный станок	101,29	506,45	BA57-35	759,67	0,92	116,48	250,00	125/1000	ABBГ	50,00	143,00	1	125	135,8696	ABBГ-(4x70)
7	ПР2	Пресс-ножницы	11,69	58,44	BA13-25	87,65	1,00	13,44	25,00	16/96	ABBГ	2,50	28,00	1	16	16	ABBГ-(4x2,5)
8		Пресс-листогибочный	40,91	204,53	BA13-29	306,79	1,00	47,04	63,00	63/315	ABBГ	16,00	77,00	1	63	63	ABBГ-(4x16)
9		Сверлильно-фрезерный станок	49,38	246,89	BA57-35	370,34	0,84	56,79	250,00	80/400	ABBГ	25,00	102,00	1	80	95,2381	ABBГ-(4x25)
10		Универсально-заточной	37,98	189,92	BA13-29	284,88	0,84	43,68	63,00	63/315	ABBГ	16,00	77,00	1	63	75	ABBГ-(4x16)
11		Кран-балка ПВ=40%	53,18	265,88	BA57-35	398,83	1,00	61,15	250,00	63/504	ABBГ	16,00	77,00	1	63	63	ABBГ-(4x25)

12		Вентилятор	28,49	142,44	BA13-29	213,66	1,00	32,76	63,00	40/240	ABBГ	10,00	59,00	1	40	40	ABBГ-(4x10)
13	ПР3	Намоточный станок	3,80	18,99	BA13-25	28,49	0,92	4,37	25,00	5/35	ABBГ	2,50	28,00	1	5	5,434783	ABBГ-(4x2,5)
14		Намоточный станок	6,84	34,19	BA13-25	51,28	0,92	7,86	25,00	10/70	ABBГ	2,50	28,00	1	10	10,86957	ABBГ-(4x2,5)
15		Профильно-шлифовальный станок	2,92	14,61	BA13-25	21,91	0,92	3,36	25,00	5/35	ABBГ	2,50	28,00	1	5	5,434783	ABBГ-(4x2,5)
16		Плоскошлифовальный станок	5,84	29,22	BA13-25	43,83	0,87	6,72	25,00	10/70	ABBГ	2,50	28,00	1	10	11,49425	ABBГ-(4x2,5)
17	ПР4	Фрезерный станок	75,97	379,84	BA57-35	569,75	0,92	87,36	250,00	100/800	ABBГ	35,00	123,00	1	100	108,6957	ABBГ-(4x50)
18		Круглошлифовальный станок	77,66	388,28	BA57-35	582,41	0,92	89,30	250,00	100/600	ABBГ	35,00	123,00	1	100	108,6957	ABBГ-(4x70)
19		Кран-балка ПВ=40%	53,18	265,88	BA 51-31-1	398,83	1,00	61,15	250,00	63/504	ABBГ	16,00	102,00	1	77	77	ABBГ-(4x255)
20		Вентилятор	28,49	142,44	BA13-25	213,66	0,92	32,76	63,00	40/240	ABBГ	10,00	59,00	1	40	43,47826	ABBГ-(4x10)

21		Термокамера	33,99	33,99	BA13-25	50,98	0,92	39,08	63,00	40/120	ABBГ	10,00	59,00	1	40	43,47826	ABBГ-(4x16)
22		Радиально-сверлильный	37,98	189,92	BA13-25	284,88	1,00	43,68	63,00	50/378	ABBГ	16,00	77,00	1	50	50	ABBГ-(4x16)
23	ПР5	Наждак	30,39	151,93	BA13-25	227,90	1,00	34,94	63,00	50/300	ABBГ	10,00	59,00	1	50	50	ABBГ-(4x10)
24		Сварочный трансформатор ПВ=25%	32,67	98,00	BA57-35	147,00	0,92	37,57	63,00	40/160	ABBГ	10,00	59,00	1	40	43,47826	ABBГ-(4x70)
25		Компрессор	26,11	130,57	BA13-29	195,85	1,00	30,03	63,00	40/240	ABBГ	6,00	44,00	1	40	40	ABBГ-(4x6)
26		Сушильный шкаф	17,99	89,96	BA13-29	134,94	1,00	20,69	63,00	31,5/180	ABBГ	4,00	37,00	1	31,5	31,5	ABBГ-(4x4)
27		Нагревательная плита	15,99	47,98	BA13-25	71,97	1,00	18,39	25,00	25/75	ABBГ	2,50	28,00	1	25	25	ABBГ-(4x28)
28		Отопительный агрегат	2,00	2,00	НПН-2-60	3,00	1,00	2,30	60,00	6,3	ABBГ	2,50	28,00	1	6,3	6,3	ABBГ-(4x2,5)
29		Строгальный станок	50,64	253,22	BA13-25	379,84	0,87	58,24	63,00	63/500	ABBГ	16,00	77,00	1	63	72,41379	ABBГ-(4x16)

30	ТП	ПП5	141,28	635,57	BA57-35	699,13	1,00	155,41	250,00	125/1000	ABBГ	70	143,00	1	125	125	ABBГ-(4x95)
31	ТП	ПП4	135,43	514,39	BA57-35	565,83	1,00	148,98	250,00	160/750	ABBГ	70,00	178,00	1	160	160	ABBГ-(4x70)
32	ТП	ПП3	8,49	41,85	BA13-29	46,04	1,00	9,34	63,00	10/70	ABBГ	2,50	28,00	1	10	10	ABBГ-(4x2,5)
33	ТП	ПП2	81,83	342,78	BA57-35	377,06	1,00	90,02	250,00	80/640	ABBГ	25,00	102,00	1	80	80	ABBГ-(4x25)
34	ТП	ПП1	156,84	651,13	BA57-35	716,24	1,00	172,52	250,00	160/960	ABBГ	70,00	178,00	1	160	160	ABBГ-(4x95)
35	ГПП	ТП	2127,08	2621,37	BA75-45	2883,51		2339,79	2500,00	2500/5000							

4.4 Проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного ЭП

При рассмотрении отклонения напряжений РП учтем тот факт, что отклонение напряжений не должен превышать $\pm 5\%$ от номинального значения.

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП1 – ПР5 – ЭП №50. С учетом того, что в нашем случае мы используем трансформатор без РПН, то отстройку эпюры напряжений будем производить из одной точки $+5\%$. Так для наиболее мощного электроприемника получим:

Расчетные данные приемника №8.

$$P_{\text{НОМ}} = 140 \text{ кВт}, \quad Q_{\text{НОМ}} = 53,2 \text{ кВар}, \quad S_{\text{НОМ}} = 66,56 \text{ кВА}.$$

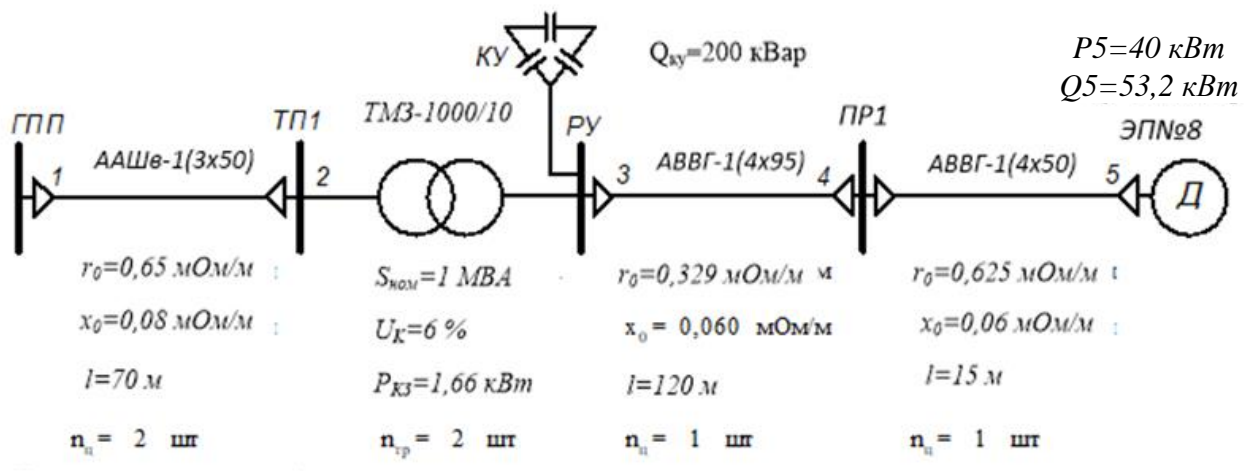


Рисунок 11 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,65 \cdot 70}{2} \cdot 10^{-3} = 0,023 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,08 \cdot 70}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0028 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{ц.ТП} = 1192,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{12} = \sum Q_{ц.ТП} - Q_{КУ} = 1012,53 - 200,0 = 812,53 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{1192 \cdot 0,023 + 812,53 \cdot 0,0028}{10 \cdot 10500^2} = 0,00003\%.$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,00003 \cdot \frac{10500}{100} = 0,0028 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 0,0028 = 10499,997 \text{ В.}$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{ном.тр}} = \frac{1,662 \cdot 100\%}{1000} = 0,166$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{6^2 - 0,166^2} = 5,998.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta_T = \frac{S_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{1443}{2 \cdot 1000} = 0,721.$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{1192}{1443} = 0,826, \quad \sin \varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{268,5}{557,4} = 0,563.$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned} \Delta U_{23,\%} &= \beta_T \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = \\ &= 0,721 \cdot (0,166 \cdot 0,826 + 5,998 \cdot 0,56) + \frac{0,721^2}{200} \cdot (0,166 \cdot 0,563 - 5,998 \cdot 0,82) = \\ &= 2,523\%. \end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2,523 \cdot \frac{10499,9997}{100} = 264,923 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10499,9997 - 264,923 = 10240 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3 с учетом коэффициента трансформации

$$U_3^{\text{нн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{10240}{10500} = 389,9 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,329 \cdot 118}{1} \cdot 10^{-3} = 0,039 \text{ Ом,}$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,060 \cdot 118}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0072 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 78,74 \text{ кВт,} \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 66,72 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{78,74 \cdot 0,039 + 66,72 \cdot 0,0072}{10 \cdot 0,389^2} = 2,217\%.$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 2,217 \cdot \frac{389,9}{100} = 8,64 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 389,9 - 8,64 = 381,26 \text{ В.}$$

Участок 4-5.

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,625 \cdot 15}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0094 \text{ Ом,}$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,06 \cdot 15}{1} \cdot 10^{-3} = 0,0004 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{НОМ}} = 40 \text{ кВт,} \quad Q_{45} = Q_{\text{НОМ}} = 53,2 \text{ кВАр.}$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{40 \cdot 0,00094 + 53,2 \cdot 0,0004}{10 \cdot 0,381^2} = 0,291\%.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,291 \cdot \frac{383,8}{100} = 1,1 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 381,26 - 1,1 = 380,16 \text{ В.}$$

Для расчёта режима минимальной нагрузки необходимо по графикам нагрузки предприятия определить коэффициенты минимальной нагрузки по активной и реактивной мощности.

Послеаварийный режим – отключение одного из трансформаторов ГПП, вся нагрузка приходится на одну из линий, питающих ЦТП.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 31.

Таблица 31.1 – Расчётные данные для построения эпюр отклонения напряжений наиболее мощного электроприемника

Максимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	1192	1192	78,74	40
Q_i , кВАр	812,53	812,53	66,72	53,2
S_i , кВА	1443	1443	103,206	66,56
R_i , Ом	0,023	—	0,039	0,0094
X_i , Ом	0,0028	—	0,0072	0,0009
$\cos\varphi$	—	0,826	—	—
$\sin\varphi$	—	0,563	—	—
β_T	—	0,721	—	—
U_a , %	—	0,166	—	—
U_p , %	—	5,998	—	—
ΔU_i , %	0,00026	2,523	2,217	0,291
ΔU_i , В	0,0028	264,92	8,643	1,109
U_i , В	10497	389,08	381,47	380,7
Минимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	59,61	59,61	3,937	2
Q_i , кВАр	203,132	203,132	14,2	13,3
S_i , кВА	211,698	211,698	13,87	13,45
R_i , Ом	0,023	—	0,039	0,0094
X_i , Ом	0,0028	—	0,0072	0,0009
$\cos\varphi$	—	0,282	—	—
$\sin\varphi$	—	0,96	—	—
β_T	—	0,106	—	—
U_a , %	—	0,166	—	—
U_p , %	—	5,988	—	—
ΔU_i , %	0,0000017	0,614	0,155	0,0097
ΔU_i , В	0,000183	64,473	0,617	0,039
U_i , В	10500	397,544	396,425	395,386

Окончание таблицы 31.1

Послеаварийный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	2384	2384	75,65	40
Q_i , кВАр	1625	1625	53,25	53,2
S_i , кВА	2886	1443	92,512	33,28
R_i , Ом	0,046	—	0,039	0,0094
X_i , Ом	0,0056	—	0,0072	0,0009
$\cos\varphi$	—	0,826	—	—
$\sin\varphi$	—	0,563	—	—
β_T	—	1,42	—	—
U_a , %	—	0,166	—	—
U_p , %	—	5,998	—	—
ΔU_i , %	0,000533	5,021	2,335	0,154
ΔU_i , В	0,0056	527,18	8,871	0,57
U_i , В	10494	379,916	371,046	370,476

По результатам расчетов строим эпюры отклонения напряжений. Эпюры представлена на рисунке 12.

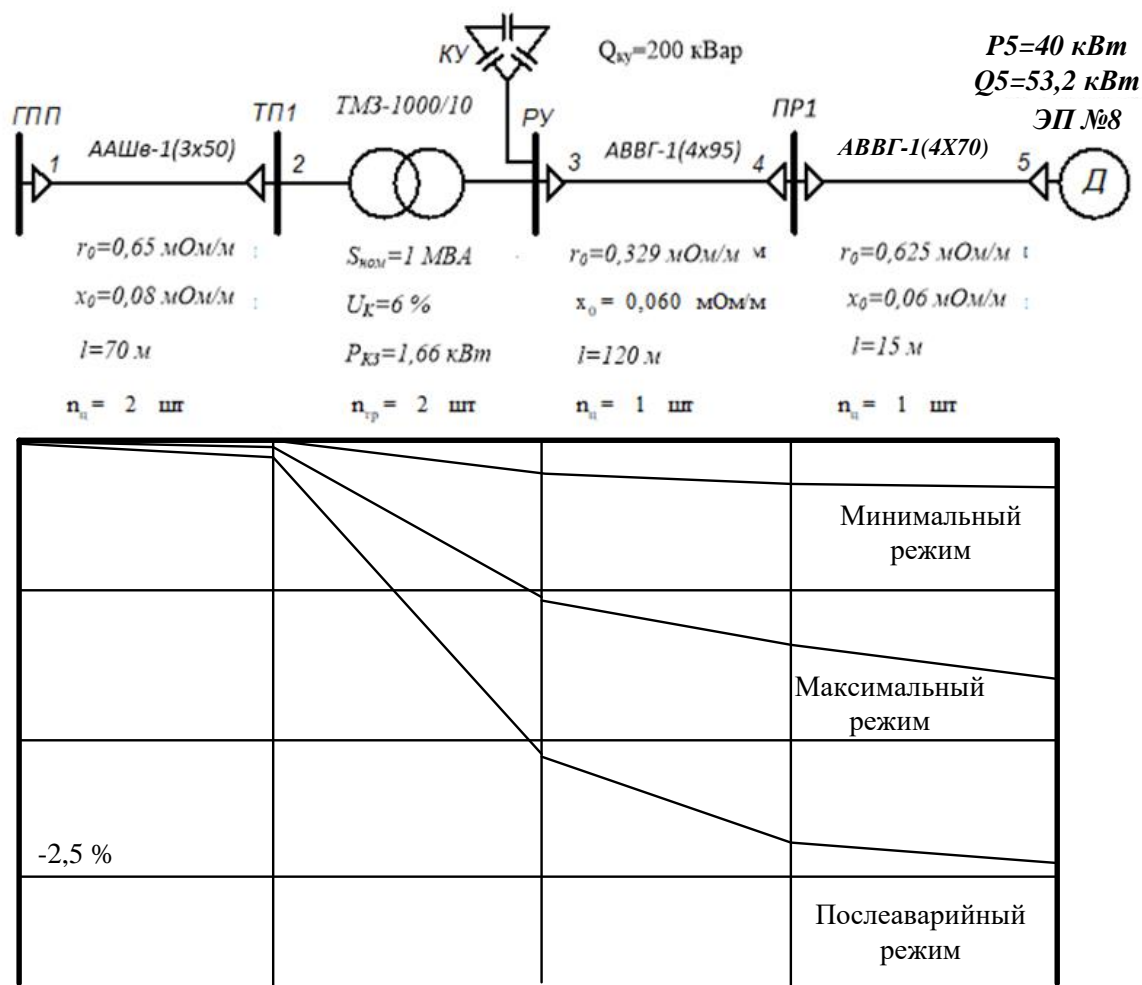


Рисунок 12.1 – Эпюры отклонения напряжений для наиболее мощного ЭП №8

Для наиболее удаленного электроприемника ЭП №48:

Таблица 31.2 - Расчётные данные для построения эпюр отклонения напряжений наиболее мощного электроприемника

Участок	1-2	2-3	3-4	4-5
Марка	ААШВ 2(3x50)	ТМЗ- 1000/10	АВВГ- 2(4x95)	АВВГ1(4x50)
R, Ом	0,023	—	0,023	0,034
X, Ом	0,0028	—	0,0058	0,0033
Максимальный режим				
P, кВт	1192	1192	75,65	21,5
Q, кВар	812,53	812,53	53,25	9,23

$\Delta U, \%$	0,00003	2,523	1,369	0,61
$\Delta U, В$	0,0028	264,92	8,643	2,344
Минимальный режим				
$P, кВт$	59,61	59,61	3,783	1,073
$Q, кВар$	203,132	203,132	13,313	12,307
$\Delta U, \%$	0,0000017	0,614	0,126	0,049
$\Delta U, В$	0,000183	64,473	0,617	0,039
Послеаварийный режим				
$P, кВт$	2384	2384	75,65	21,5
$Q, кВар$	1625	1625	53,25	49,23
$\Delta U, \%$	0,000533	5,021	1,897	0,649
$\Delta U, В$	0,0056	527,18	7,207	2,419

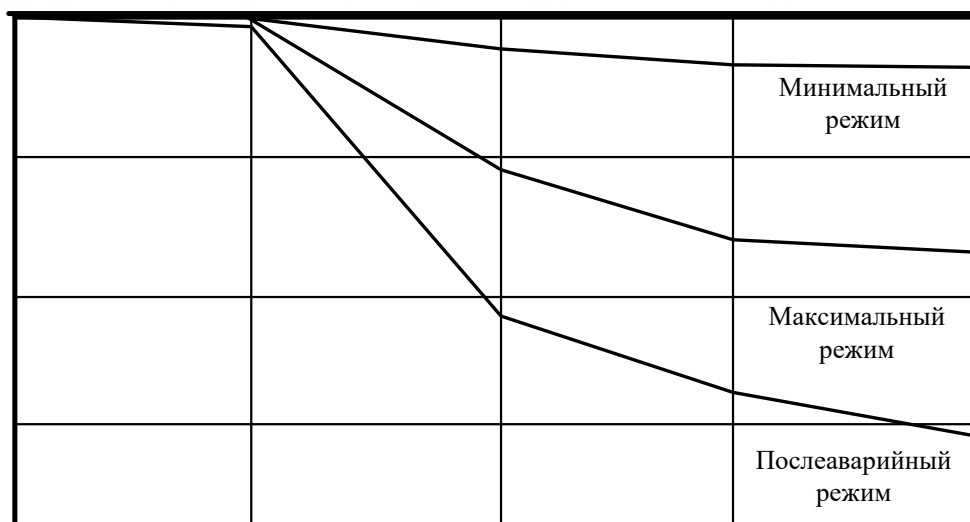
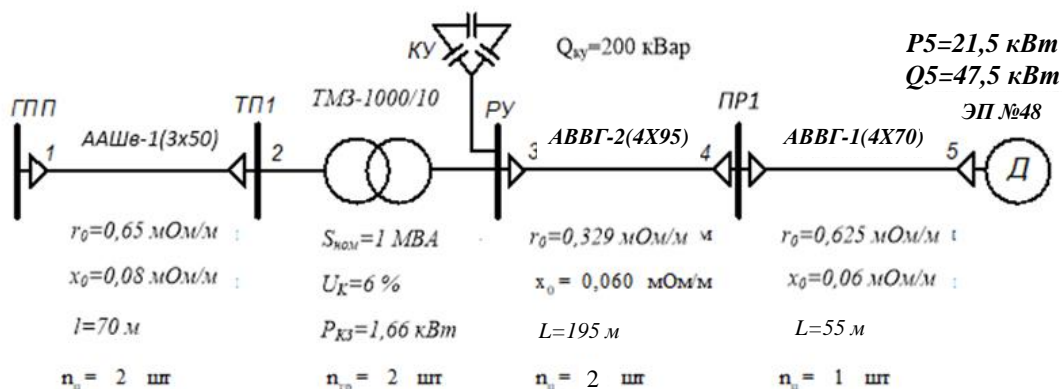


Рисунок 12.1 – Эпюры отклонения напряжений для наиболее удаленного ЭП

Исходя из анализа полученных эпюр можно сделать вывод, что выбранные сечения линий удовлетворяют требованиям падения напряжений и пригодны для эксплуатации.

4.5 Расчет токов короткого замыкания низкого напряжения

Учтем некоторые особенности расчета токов КЗ в сетях до 1000 В:

- напряжение на шинах ТП считается неизменным;
- напряжение выше номинального напряжения сети на 10%;
- учитываем полные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети.

Для определения токов КЗ строят расчетную схему системы электроснабжения, рисунок 13 и на её основе схему замещения, рисунок 14.

Рассмотрим участок сети ТП1 – ПР3 – ЭП №19.

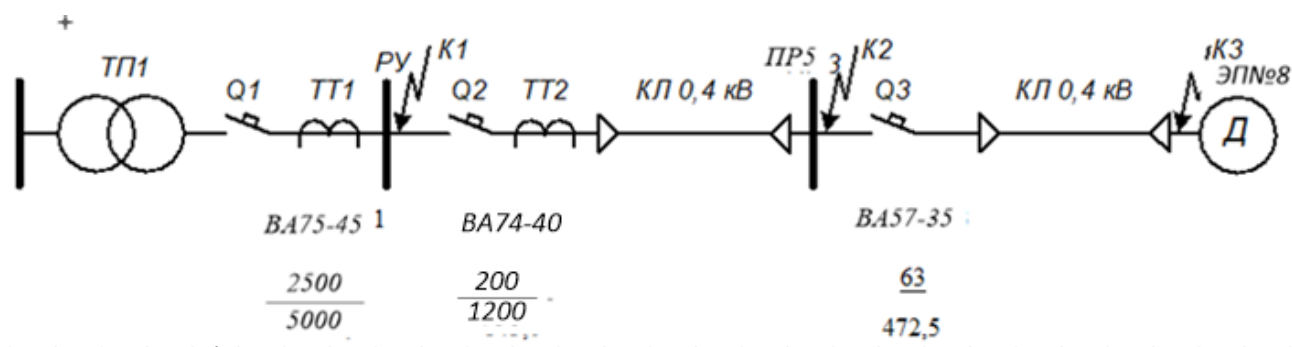


Рисунок 13 – Расчетная схема

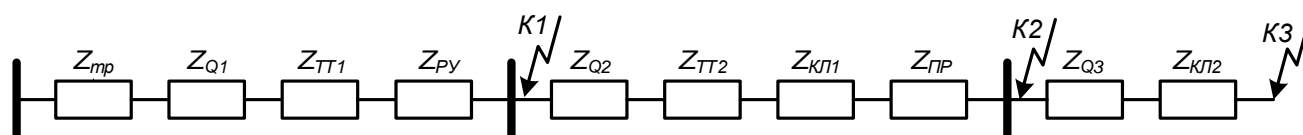


Рисунок 14 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{\text{тр}} = \frac{U_a}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.тр}}} = \frac{0,166}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 0,266 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_p}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ.тр}}} = \frac{5,998}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 9,596 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{тр}} = \sqrt{R_{\text{тр}}^2 + X_{\text{тр}}^2} = \sqrt{0,266^2 + 9,596^2} = 9,6 \text{ мОм}.$$

Сопротивления ступеней распределения складывается из переходного сопротивления распределительного устройства и переходного сопротивления неподвижных контактных соединений [1, стр. 243, табл. 7.2, стр. 244, табл. 7.4]

$$Z_{\text{РУ}} = R_{\text{РУ}} + R_{\text{н.к}} + R_{\text{к.к.л}} = 15,0 + 0,024 = 15,024 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{ПР}} = R_{\text{ПР}} + R_{\text{н.к}} + R_{\text{к.к.л}} = 20,0 + 0,056 = 20,056.$$

Сопротивления автоматических выключателей складывается из сопротивления расцепителя и переходного сопротивления контактов [1, стр. 244, табл. 7.3]

$$Z_{\text{Q1}} = \sqrt{(R_{\text{расц1}} + R_{\text{к1}})^2 + X_{\text{расц1}}^2} = \sqrt{(0,07 + 0,08)^2 + 0,06^2} = 0,16 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{Q2}} = \sqrt{(R_{\text{расц2}} + R_{\text{к2}})^2 + X_{\text{расц2}}^2} = \sqrt{(0,70 + 0,6)^2 + 0,70^2} = 1,240 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{Q3}} = \sqrt{(R_{\text{расц3}} + R_{\text{к3}})^2 + X_{\text{расц3}}^2} = \sqrt{(1,3 + 0,7)^2 + 1,2^2} = 2,33 \text{ мОм}.$$

Сопротивления первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации $>1000/5$ не учитывается, поэтому, сопротивление трансформатора тока ТТ1 не учитываем [1, стр. 157, табл. 7.2]1

$$Z_{\text{ТТ2}} = \sqrt{R_{\text{ТТ2}}^2 + X_{\text{ТТ2}}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,2^2} = 1,42 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$Z_{\text{КЛ1}} = \sqrt{R_{\text{КЛ1}}^2 + X_{\text{КЛ1}}^2} = \sqrt{39^2 + 7,2^2} = 40,13 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$Z_{\text{КЛ2}} = \sqrt{R_{\text{КЛ2}}^2 + X_{\text{КЛ2}}^2} = \sqrt{9,375^2 + 0,9^2} = 9,418 \text{ мОм.}$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{\text{К1}} = Z_{\text{тр}} + Z_{\text{Q1}} + Z_{\text{ТТ1}} + Z_{\text{ру}} = 9,6 + 0,36 + 0 + 15,024 = 25,144 \text{ мОм.}$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{\text{К1}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{К1}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 37,3} = 9,185 \text{ кА.}$$

Постоянная времени

$$T_{\text{a1}} = \frac{X_{\text{рез1}}}{\omega \cdot R_{\text{рез1}}} = \frac{9,724}{314 \cdot 15,479} = 0,002 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{\text{уд1}} = 1 + e^{-0,01/T_{\text{a1}}} = 1 + e^{-0,01/0,002} = 1,007.$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{\text{уд,К1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд1}} \cdot I_{\text{К1}} = \sqrt{2} \cdot 1,007 \cdot 9,185 = 13,078 \text{ кА.}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 32.

Таблица 32 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_{Σ} , мОм	$k_{\text{уд}}$	T_{a} , с	$I_{\text{к}}$, кА	$i_{\text{уд}}$, кА
К1	25,144	1,007	0,002	9,185	13,078
К2	55,78	1,005	0,0018	4,14	5,886
К3	67,526	1,000	0,0017	3,42	4,877

4.6 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности сведены в таблицу 33.

Таблица 33 – Данные для построения карты селективности

Узел нагрузки	ТП1	ПР1	Станок №8
Расчетный ток I_p , А	850,8	156,84	–
Пиковый ток $I_{пик}$, А	1269,4	651,13	–
Номинальный ток $I_{ном}$, А	–	–	101,29
Пусковой ток $I_{пуск}$, А	–	–	506,45
Ток КЗ I_k , А	13078	5,886	4,877
Тип аппарата	ВА75-45	ВА74 – 40	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном,расц}$, А	2500	200	125
– при КЗ I_k , А	5000	1200	1000
Условия срабатывания по времени, с	0,2	0,1	0,02

Карта селективности представлена на рисунке 15.

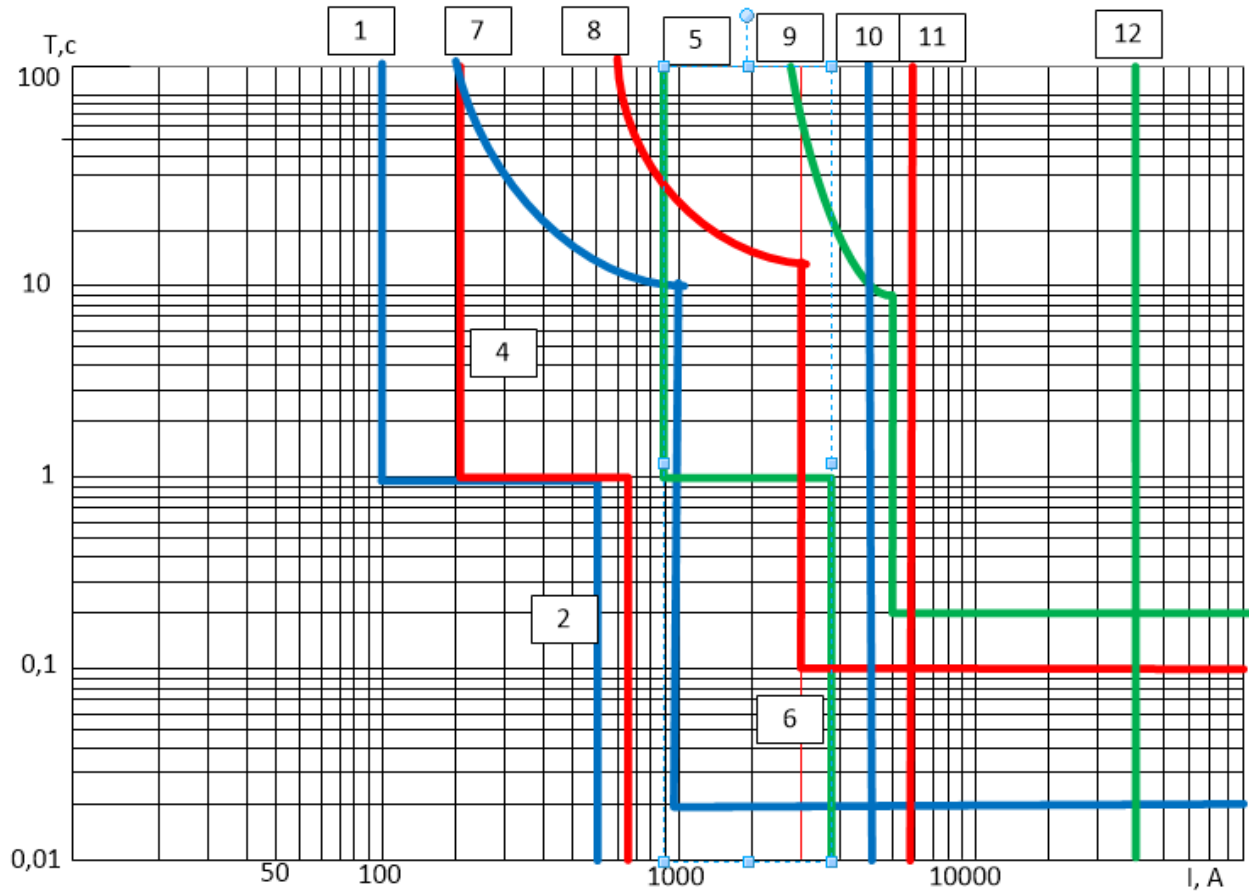
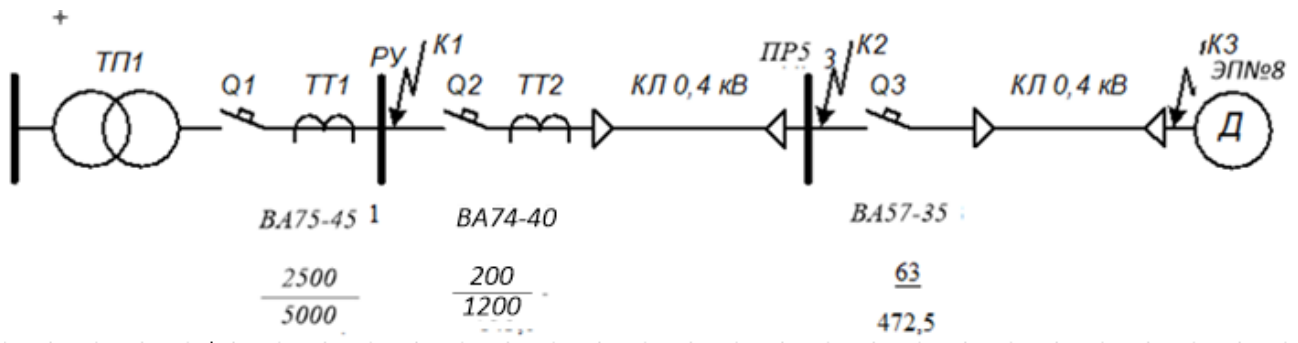


Рисунок 15 – Карта селективности действия аппаратов защиты

- 1 – номинальный ток электроприемника;
- 2 – пусковой ток электроприемника;
- 3 – расчетный ток ПР;
- 4 – пиковый ток ПР;
- 5 – расчетный ток ТП;
- 6 – пиковый ток ТП;
- 7 – автомат электроприемника;

8 – автомат ПР;

9 – автомат ТП;

10– КЗ в точке К3;

11 – КЗ в точке К2;

12 – КЗ в точке К1.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель дипломной работы: проектирование электроснабжения механического завода с детальным рассмотрением сборочного цеха.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта электроснабжения Эртильского механического завода, согласно всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Задачи раздела:

1. оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
2. провести SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон проекта;
3. произвести планирование научно-исследовательских работ;
4. определить бюджет научного проекта;
5. определить ресурсоэффективность проекта.

6.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений со стороны ресурсосбережения и ресурсной эффективности дает возможность произвести сравнительную оценку эффективности научной разработки и определить тренд для ее дальнейшего усиления.

Данный анализ рационально производить с использованием оценочной карты. Построим оценочную карту для возможных схем распределительных

устройств высокого напряжения главной понизительной подстанции (ГПП) 110/10 кВ, а конкретно:

- два блока с выключателями и неавтоматической переемычкой со стороны линий (схема 4Н);
- мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной переемычкой со стороны линий (схема 5Н);
- мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной переемычкой со стороны трансформаторов (схема 5АН).

Составим таблицу, в которой пронумеруем анализируемые варианты. Таблица 29 – Альтернативные варианты схем РУ ВН ГПП

Номер варианта	Символьное обозначение схемы
1	4Н
2	5Н
3	5АН

6.2 Оценка при помощи технологии QuaD

Оценка альтернативных вариантов по технологии QuaD дает возможность описать качество новой разработки и ее перспективность на рынке, а так же позволяет принимать решения о целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины различных групп показателей.

Таблица 30 – QuaD оценка вакуумного выключателя.

Критерий	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относит. значение	Средневзвеш. значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Унифицированность	0,1	80	100	0,8	0,08
2. Простота обслуживания	0,1	85	100	0,85	0,085

3.Надежность	0,25	90	100	0,9	0,225
4.Эргономичность	0,05	90	100	0,9	0,045

Продолжение таблицы 30

Показатели коммерческого потенциала разработки					
5.Расход материалов (на установку)	0,05	80	100	0,8	0,04
6.Конкурентноспособность	0,1	95	100	0,95	0,095
7.Перспективность	0,1	95	100	0,95	0,095
8.Цена	0,25	75	100	0,75	0,186
Итого	1	690	800	6,9	0,851

Таблица 31 – QuaD оценка маломасляного выключателя.

Критерий	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относит. значение	Средневзвеш. значение
Показатели оценки качества разработки					
1.Унифицированность	0,1	80	100	0,8	0,08
2.Простота обслуживания	0,1	75	100	0,75	0,075
3.Надежность	0,25	80	100	0,8	0,2
4.Эргономичность	0,05	75	100	0,75	0,0375
5.Расход материалов (на установку)	0,05	85	100	0,85	0,0425
Показатели коммерческого потенциала разработки					
6.Конкурентноспособность	0,1	75	100	0,75	0,075
7.Перспективность	0,1	75	100	0,75	0,075
8.Цена	0,25	90	100	0,9	0,225
Итого	1	635	800	6,9	0,81

Таблица 32 – QuaD оценка масляного выключателя.

Критерий	Вес кр-ия	Баллы	Макс. балл	Относит. значение	Средневзвеш. значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Унифицированность	0,1	75	100	0,75	0,075
2. Простота обслуживания	0,1	70	100	0,7	0,07
3. Надежность	0,25	70	100	0,7	0,175
4. Эргономичность	0,05	70	100	0,7	0,035
5. Расход материалов (на установку)	0,05	80	100	0,8	0,04
Показатели коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность	0,1	70	100	0,7	0,07
7. Перспективность	0,1	65	100	0,65	0,065
Итого	1	595	700	5,95	0,768

Пример качества оценки и перспективности выключателя по технологии QuaD приведем для всех вариантов:

$$P_{cp} = 0,1 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,85 + 0,25 \cdot 0,9 + 0,05 \cdot 0,9 + 0,05 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,95 + 0,1 \cdot 0,95 + 0,25 \cdot 0,75 = 0,851;$$

$$P_{cp} = 0,1 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,75 + 0,25 \cdot 0,8 + 0,05 \cdot 0,75 + 0,05 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,75 + 0,1 \cdot 0,75 + 0,25 \cdot 0,90 = 0,81;$$

$$P_{cp} = 0,1 \cdot 0,75 + 0,1 \cdot 0,7 + 0,25 \cdot 0,7 + 0,05 \cdot 0,7 + 0,05 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,7 + 0,1 \cdot 0,65 + 0,25 \cdot 0,95 = 0,768.$$

Значение средневзвешенного коэффициента P_{cp} дает возможность оценить перспективы разработки схемы. В данном случае среди рассмотренных вариантов средневзвешенное значение для первого варианта получилось наибольшим ($P_{cp} = 85,1 \%$). Это говорит о перспективности работы в этом направлении.

По результатам расчетов анализа конкурентоспособности технического решения по оценочной карте, можно сделать вывод о том, что схема 4Н имеет более высокий показатель конкурентоспособности по сравнению с представленными аналогами. В основном это обусловлено достаточной функциональностью и легкостью проведения оперативных переключений. К недостаткам относятся сравнительно низкая надежность, которая тем не менее способна обеспечить бесперебойное снабжение предприятия.

6.3 SWOT-анализ проектируемого производства

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [2].

Применительно к проектируемой АСР уровня, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы. Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

SWOT-анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая учитывает сочетание возможностей с сочетанием (корреляцией) сильных сторон.

Таблица 33 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	+	+	-
	B2	+	-	-	+	+
	B3	-	-	-	-	+
	B4	+	+	+	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	B1	-	-	+	-	
	B2	+	+	-	+	
B3	-	+	-	-		
B4	+	+	+	-		

Таблица 34– Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	+	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-	+
	У4	+	+	+	-	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	У1	+	+	-	-	
	У2	-	-	+	+	
У3	+	+	-	-		
У4	-		-	+		

Таблица 35– Результаты SWOT анализа

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Высокая энергоэффективность и энергосбережение технологи. С2. Экологичность технологии. С3. Квалифицированный персонал. С4. Повышение безопасности производства С5. Уменьшение затрат на ремонт оборудования</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Трудность монтажа системы Сл2. Дороговизна оборудования Сл3. Высокая техническая ответственность электрооборудования Сл4. Сложность эксплуатации электрооборудования</p>
<p>Возможности: В1. Увеличение производительности электрооборудования В2. Появление дополнительной автоматизированной системы управления внутрицеховой структуры В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при производстве. В4. Появление более простых универсальных электрических и конструктивных систем внутризаводской и внутрицеховой сети</p>	<p>В1С1С3С4 В2С1С4С5 В3С5 В4С1С2С3</p>	<p>В1Сл3 В2Сл1Сл2Сл4 В3Сл2 В4Сл1</p>
<p>Угрозы:</p>		

У1. Отсутствие спроса на технологии производства У2. Ограничения на экспорт технологии У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4. Угрозы выхода из строя сложного энергоемкого оборудования	У1С3 У2С1С4 У3С5 У4С1С2	У1Сл1Сл2 У2Сл3 У3Сл1Сл2 У4Сл4
--	----------------------------------	--

На основании SWOT-анализа можно сделать следующие выводы:

- Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Так схема 4Н достаточно проста в обслуживании, а также обладает широким спектром возможностей для будущего развития (использование современных выключателей и новых материалов). Слабая сторона схемы – надежность, но данный недостаток компенсируется приведенными выше возможностями.
- Угрозой проекта: возможность возникновения аварийных ситуаций, что может привести к необходимости отключить часть нагрузки на предприятии.
- Таким образом, на основании сравнения конкурентных решений была определена наиболее подходящая схема ГПП, а также при помощи SWAT-анализа получена положительная тенденция сильной корреляции между возможностями и сильными сторонами проекта. Этот факт говорит о перспективности проекта и целесообразности проведения дальнейших разработок в этом направлении. В качестве перспективных направлений развития можно рассматривать как применение современных выключателей (вакуумных, элегазовых), так и использование новых разработок материалов при строительстве ГПП.

6.4 Планирование научно-исследовательской разработки

Для рационального использования времени, отведенного на выполнение проекта необходимо его правильно спланировать. С этой целью составляется перечень этапов и работ в рамках проекта, а также проводится распределение исполнителей по видам работ (табл. 6.4).

Таблица 36 – Структура работ

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
3	Определение схемы и конструктивного исполнения внутрицеховой сети напряжением до 1000 В	Инженер
4	Размещение ГПП на генплане предприятия	Инженер
5	Выбор и расчет потерь мощности трансформаторов цеховых подстанций и ГПП	Инженер
6	Выбор сечения линий напряжением выше 1000 В	Инженер
7	Выбор высоковольтного оборудования	Инженер
8	Проработка системы электроснабжения инструментального цеха	Инженер
9	Подготовка графического материала	Инженер
10	Проверка работы	Руководитель
11	Сдача ВКР	Инженер

6.4.1 Трудоемкость выполнения работ в рамках проекта

Данный параметр определяется в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от большого количества факторов. Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5},$$

где $t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Для работы №1:

$$t_{\text{ож}1} = \frac{3t_{\text{мин}1} + 2t_{\text{макс}1}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ (чел.-дн.)}.$$

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , с учетом возможности параллельного выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Так как данная работа выполнялась индивидуально, то $T_{p_i} = t_{\text{ож}i}$.

Ожидаемая длительность каждой из работ приведена в таблице 36.

6.4.2 График выполнения проекта

Для наглядности построим график проведения научных работ в форме диаграммы Гантта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график. Он представляет работы над проектом протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и окончания работ.

Длительность рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Для построения графика проектных работ необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Предполагается что и руководитель, и инженер работают по 6-дневной рабочей неделе. По производственному календарю на 2020 год суммарное количество выходных и праздничных дней составляет: при шестидневной рабочей неделе – 66 дней.

где $T_{\text{кал}}$ – число календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – число выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – число праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа (табл. 6.5).

Таблица 37 – План разработки выполнения этапов проекта

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни		
Составление и утверждение технического задания	3	5	3,8	3,8	5
Подбор и изучение материалов по теме	2	3	2,4	2,4	4

Определение схемы и конструктивного исполнения внутрицеховой сети напряжением до 1000 В	10	12	10,8	10,8	16
Размещение ГПП на генплане предприятия	6	8	6,8	6,8	10
Выбор и расчет потерь мощности трансформаторов цеховых подстанций и ГПП	10	11	10,4	10,4	16
Выбор сечения линий напряжением выше 1000 В	6	7	6,4	6,4	10
Выбор высоковольтного оборудования	5	6	5,4	5,4	8
Проработка системы электроснабжения инструментального цеха	11	13	11,8	11,8	18
Подготовка графического материала	2	3	2,4	2,4	4
Проверка работы	1	2	1,4	1,4	2
Сдача ВКР	1	2	1,4	1,4	2
Итого				63	93

№ раб	Вид работ	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	5	■												
2	Подбор и изучение материалов по теме	4		■											
3	Определение схемы и конструктивного исполнения внутрицеховой сети напряжением до 1000 В	16		■	■	■									
4	Размещение ГПП на генплане предприятия	10				■									
5	Выбор и расчет потерь мощности трансформаторов цеховых подстанций и ГПП	16					■	■							
6	Выбор сечения линий напряжением выше 1000 В	10							■						
7	Выбор высоковольтного оборудования	8								■					
8	Проработка системы электроснабжения инструментального цеха	18									■	■	■		
9	Подготовка графического материала	4												■	
10	Проверка работы	2												■	
11	Сдача ВКР	2													■

Рисунок 15– Календарный план-график проведения исследований

Таким образом в ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Был построен график Ганта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта участниками. Таким образом была определена трудоемкость выполнения проекта, она составила 63 человеко-дня, а также был построен оптимальный график выполнения работ.

6.5 Определение бюджета проекта

В процессе планирования бюджета проекта необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Ниже представлена группировка затрат по статьям расходов, используемая при формировании бюджета проекта:

- материальные затраты проекта;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата участников;
- дополнительная заработная плата участников;

- страховые отчисления;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат на разработку проекта

Стоимость материалов, используемых при разработке данного проекта, приведена в таблице 38.

Таблица 38 – материальные затраты на разработку проекта

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Комплект канцелярских принадлежностей	штук	1	650	650
Бумага для принтера	упаковка	1	282	282
Скоросшиватель	штук	1	63	63
Тетрадь 96 листов	штук	1	80	80
Итого:				1075

Исходя из данных, представленных в таблице 38, материальные затраты на выполнение проекта составили 1075 рублей.

Амортизационные отчисления

В данный раздел входят затраты, которые связаны с приобретением специального оборудования, которое необходимо для работ по данной теме, а именно приборов, устройств и механизмов, контрольно-измерительной аппаратуры и т.д. Стоимость спецоборудования в ряде случаев берется по договорной цене или по действующим прейскурантам. Затраты, рассчитанные в данном разделе занесены в таблицу 39.

Таблица 39 –Амортизационные отчисления на оборудование и программные комплексы

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во оборудования, ед	Стоимость ед. оборудования, руб.	Амортизация, руб.
1	Персональный компьютер	1	34999	2748,8
3	Лицензия на программное обеспечение MicrosoftOffice	1	3600	282,7
Итого				3031,5

Так как данное оборудование используется длительно, необходимо учесть стоимость амортизационных отчислений для данного оборудования:

$$A_i = \frac{S \cdot N}{H \cdot 365}$$

где: A_i – амортизационные отчисления;

S – стоимость оборудования и программного обеспечения;

N – количество дней использования в при проектировании;

H – предполагаемый срок службы оборудования и программного обеспечения.

Расчет показателей амортизации, результаты представлены в таблице 39:

$$A_{ПК} = \frac{34999 \cdot 86}{3 \cdot 365} = 2748,8 \text{ руб.};$$

$$A_{Office} = \frac{3600 \cdot 86}{3 \cdot 365} = 282,7 \text{ руб.}$$

Таким образом были определены амортизационные отчисления на разработку проекта, которые составили 3031,5 руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по проекту. Величина расходов по заработной плате

определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Зарботная плата работников представляет собой сумму двух составляющих: основная и дополнительная зарботная плата.

В состав основной зарботной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда зарботной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Формула расчета зарботной платы представлена ниже:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где: $Z_{зп}$ – зарботная плата;

$Z_{осн}$ – основная зарботная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная зарботная плата.

Расчет основной зарботной платы выполняем по формуле, представленной ниже:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где: $Z_{дн}$ – среднедневная зарботная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Расчет среднедневной зарботной платы выполняем по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб.Дн.

Таблица 40 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	366	
Количество нерабочих дней:		
- выходные и праздничные дни	66	
Потери рабочего времени:		
- отпуск, невыходы по болезни	52	
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	

Зарплата работника за месяц рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где: Z_{TC} – заработная плата за месяц по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

1) Расчёт заработной платы

$$Z_{м.рук} = 35860 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 69927 \text{ руб.};$$

$$Z_{м.исп} = 21760 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 42432 \text{ руб.}$$

2) Расчет средневзвешенной заработной платы:

$$Z_{дн.рук} = \frac{69927 \cdot 10,4}{248} = 2932,42 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн.исп} = \frac{42432 \cdot 10,4}{248} = 1779,4 \text{ руб.}$$

3) Расчёт основной заработной платы:

$$Z_{осн.рук} = 2177,16 \cdot 5,2 = 11321,23 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн.исп} = 1779,4 \cdot 57,8 = 102849,32 \text{ руб.}$$

Результат расчетов представлен в таблице 41.

Таблица 41 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ТС}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{М}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	35860	0,3	0,2	1,3	69927	2932,42	5,2	11321,23
Инженер	21760	0,3	0,2	1,3	42432	1779,4	57,8	102849,32
Затраты по основной заработной плате, руб.	114170,55							

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где: $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{Доп.рук} = k_{доп} \cdot Z_{Осн} = 0,15 \cdot 11321,23 = 1698,18 \text{руб.}$$

$$Z_{Доп.исп} = k_{доп} \cdot Z_{Осн} = 0,15 \cdot 102849,32 = 15427,34 \text{руб.}$$

$$Z_{Доп} = Z_{Доп.рук} + Z_{Доп.исп} = 15427,34 + 1698,18 = 17125,58 \text{руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2020 год составляет 30,2%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где: $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб. руковод.}} = 0,302 \cdot (11321,23 + 1698,18) = 3931,86 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{внеб. испол.}} = 0,302 \cdot (102849,32 + 15427,34) = 35719,55 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внеб.}} = З_{\text{внеб. испол.}} + З_{\text{внеб. руковод.}} = 3931,86 + 35719,55 = 39651,41 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не вошедшие в предыдущие статьи, такие как ксерокопирование и печать материалов исследования, размножение материалов, оплата электроэнергии, услуг связи, телеграфные, почтовые расходы и т.д.

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{аморт}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб.}}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается равной 16%.

$$З_{\text{накл}} = (1075 + 3031,5 + 114170,55 + 17125,58 + 39651,41) \cdot 0,16 = 28008,65 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат работ по разработке проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 42

Таблица 42 – Расчет бюджета затрат на разработку проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты	1075	0,53
2. Амортизация оборудования и программных комплексов	3031,5	1,49
3. Затраты по основной заработной плате	114171	56,22
4. Затраты по дополнительной заработной плате	17125,6	8,43
5. Отчисления во внебюджетные фонды	39651,4	19,53
6. Накладные расходы	28008,7	13,79
Бюджет затрат проекта	203062,7	100

Таким образом были определены затраты на разработку проекта, сумма необходимая на его реализацию составляет 203062,7 рублей.

Основные расходы пришлось на статью затрат по заработной плате сотрудников – 56,22 % от общего бюджета проекта.

6.6 Ресурсоэффективность

С помощью интегрального критерия ресурсоэффективности определим ресурсоэффективность автоматизированной системы. Формула для его определения имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 43 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	5
3. Удобство в эксплуатации	0,20	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Ремонтопригодность	0,10	3
Итого:	1,00	4,4

Для разрабатываемого проекта интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,3.$$

Полученное значение интегрального показателя свидетельствует о достаточно хорошей эффективности реализации технического проекта.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. В ходе проведения данного анализа было выявлено, что схема РУ ГПП 4Н имеет преимущество над аналогами, в связи с чем проектирование защиты с использованием данной схемы.

2. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует об перспективности разработок проекта.

3. Также установлено, что в календарных днях длительность работ для руководителя составляет 5,2 дней, а для инженера – 56,8 дней. На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это расчет уставок защит.

После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 203062,7 рублей.

Также были определены показатели ресурсоэффективности значения которых свидетельствуют о достаточно высокой эффективности реализации технического проекта.

4. Таким образом, капиталовложения в размере 203062,7 рублей позволят реализовать разработанный проект по электроснабжению Эртильского

машиностроительного завода. Выбор современной аппаратуры позволяет избежать аварийных ситуаций, а также отключение потребителя от сети.

Заключение

В ходе выполнения работы было спроектировано электроснабжение механического завода, а также детально проработан сборочный цех.

Были определены следующие параметры предприятия:

1. Расчетная нагрузка сборочного цеха методом коэффициента спроса;
2. Нагрузка предприятия в целом.

Помимо этого, была построена картограмма нагрузок и определен центр электрических нагрузок. Поскольку он находится вне доступа ЛЭП с учетом охранной зоны было принято решение вынести ГПП за зону рассеяния электрической нагрузки.

Была рассчитана схема снабжения предприятия до 1000 В и оформлена ее однолинейная схема. На ГПП установлены два трансформатора ТМН-1600/110. Питание осуществляется по двухцепной линии 110 кВ проводом АС-120/19.

Были выбраны и проверены кабельные линии, питающие цеховые ТП, а также аппараты защиты.

Был осуществлен выбор и проверка КЛ, питающих ЦТП, а также аппараты защиты.

В сетях до 1000 В, также были проведен выбор оборудования, в том числе кабельных линий, распределительных пунктов, а также выбраны аппараты защиты.

Затем система была проверена на отклонение напряжения. Построена эпюра отклонения напряжения, которая подтвердила верность выбранных сечений кабеля. Карта селективности аппаратов защиты сети 0,4 кВ позволила сделать вывод, что все оборудование работает селективно.

Список литературы

1. Указания по расчету электрических нагрузок (РТМ 36.18.32.4-92) // Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. 1992. № 7-8. С. 4 – 27. (ВНИПИ Тяжпромэлектропроект);
2. Официальный сайт АО «ЕСК»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.aocks.ru/ (Дата обращения 04.04.20);
3. ГОСТ 15150-69: Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5);
4. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. — М.: Эксмо, 2012. — 752 с. — (Российское законодательство. Техническая литература);
5. А.В. Кабышев, С.Г. Обухов – Расчет и проектирование электроснабжения объектов и установок: учебное пособие/ Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с;
6. Л.П. Сумарокова — Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие/ Л.П. Сумарокова; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 288 с;
7. Трансформаторы 6(10) кВ «Трансформер» с нормальными потерями, – 2019;
8. Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие/ Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 185 с;
9. ГОСТ 14209-85: Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (с Изменением N 1);
10. Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с;

11. Д. Л. Файбисович – Справочник по проектированию электрических сетей– 4-е изд., перераб. и доп. – М.:ЭНАС, 2012. – 376 с.: ил;
12. НТП ЭПП–94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий (взамен СН 174-75);
13. АЛТТРАНС. Трансформаторы масляные. – Алтайский трансформаторный завод, – 2019;
14. ЗЭТО. Технический каталог газонаполненного оборудования, 2020, – 54 с;
15. Трансформаторы напряжения НТМИ-6 (10). Техническая информация, – 2019;
16. ВВ/TEL. Вакуумный выключатель. Техническая информация. Версия 2.4. – Таврида электрик, – 2019;
17. Электротехник. Высоковольтное оборудование. Каталог, – 2019;
18. ОПН. Техническая информация, – Таврида электрик, – 2019;
19. А.А. Сивков, А.С. Сайгаш, Д.Ю. Герасимов – Основы электроснабжения: учебное пособие. /Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 184 с;
20. Выключатели-разъединители серии РВ32. КЭАЗ, – 2019;
21. С.Г. Обухов – Математическое моделирование в системах электроснабжения: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Математическое моделирование в системах электроснабжения» для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение промышленных предприятий» / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 74 с.
22. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с., ил

23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
24. СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция.
25. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
26. [ГОСТ 12.1.029-80](#) ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
27. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
28. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
29. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
31. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
32. Требования к освещению СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
34. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т. Пожарная безопасность. Общие требования.
35. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др. - 5-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с
36. ГОСТ 17.1.3.06 – 82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
37. Методические рекомендации "Организация тренировок по эвакуации персонала предприятий и учреждений при пожаре и иных

чрезвычайных ситуациях" (утв. Главным государственным инспектором РФ по пожарному надзору 4 сентября 2007 г. N 1-4-60-10-19);

38. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

39. СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов.

40. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

41. ГН 2.1.6.2309 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

42. СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий, актуализированная редакция.

43. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

44. ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий

45. Эргономика: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.В. Адамчук. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 254 с.

46. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

47. СанПиН 2.2.4.3359. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

48. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

Приложение А

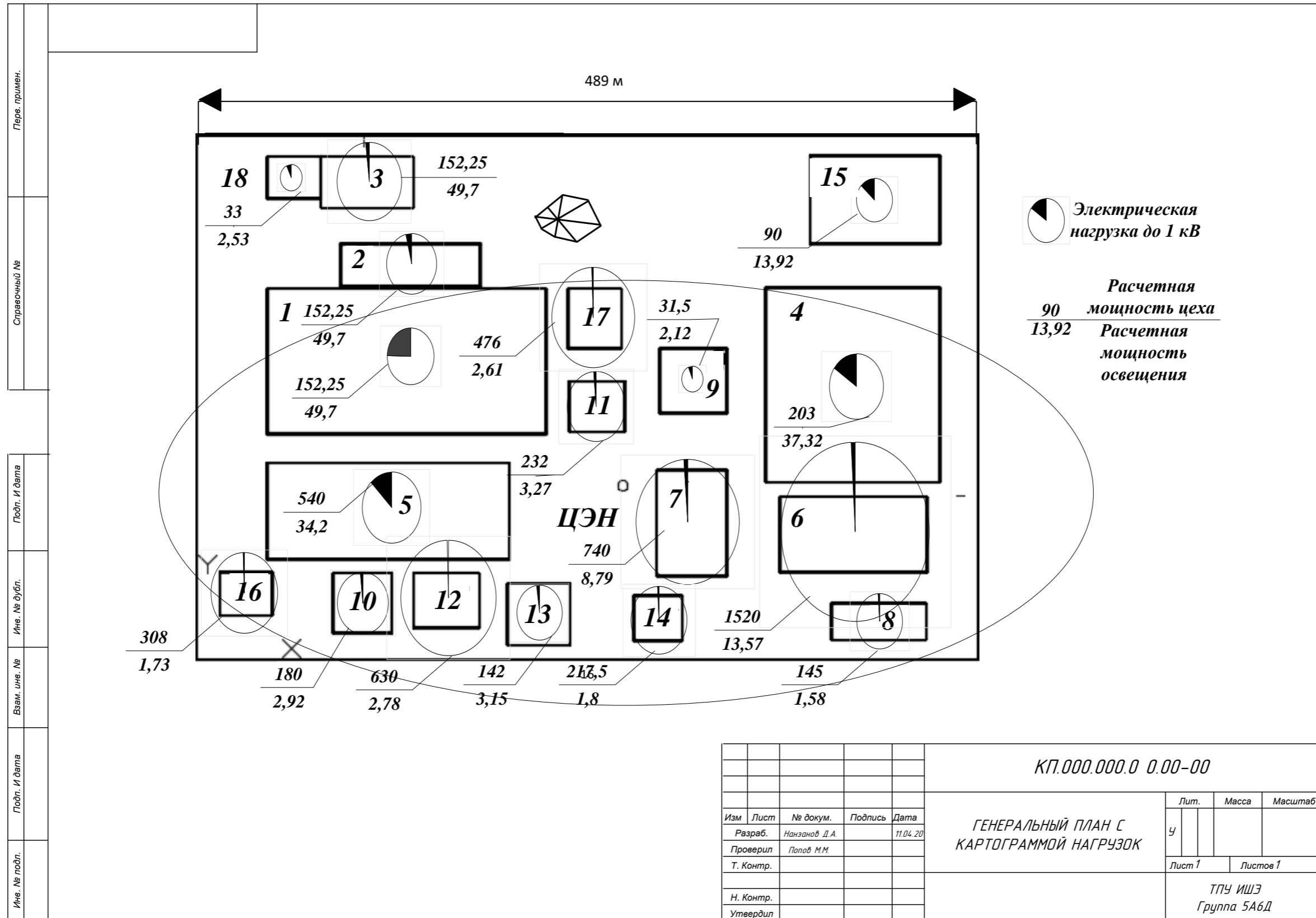
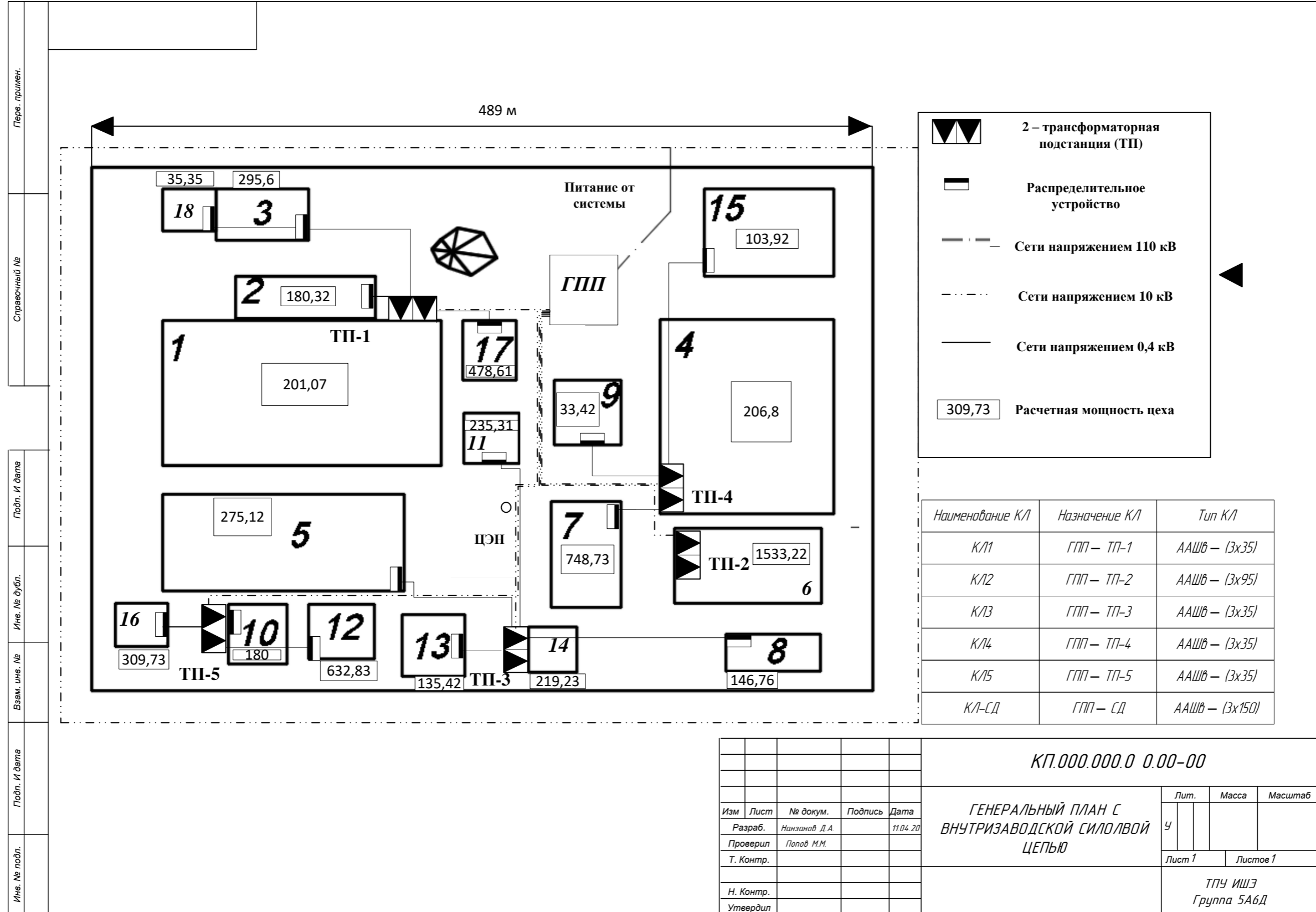
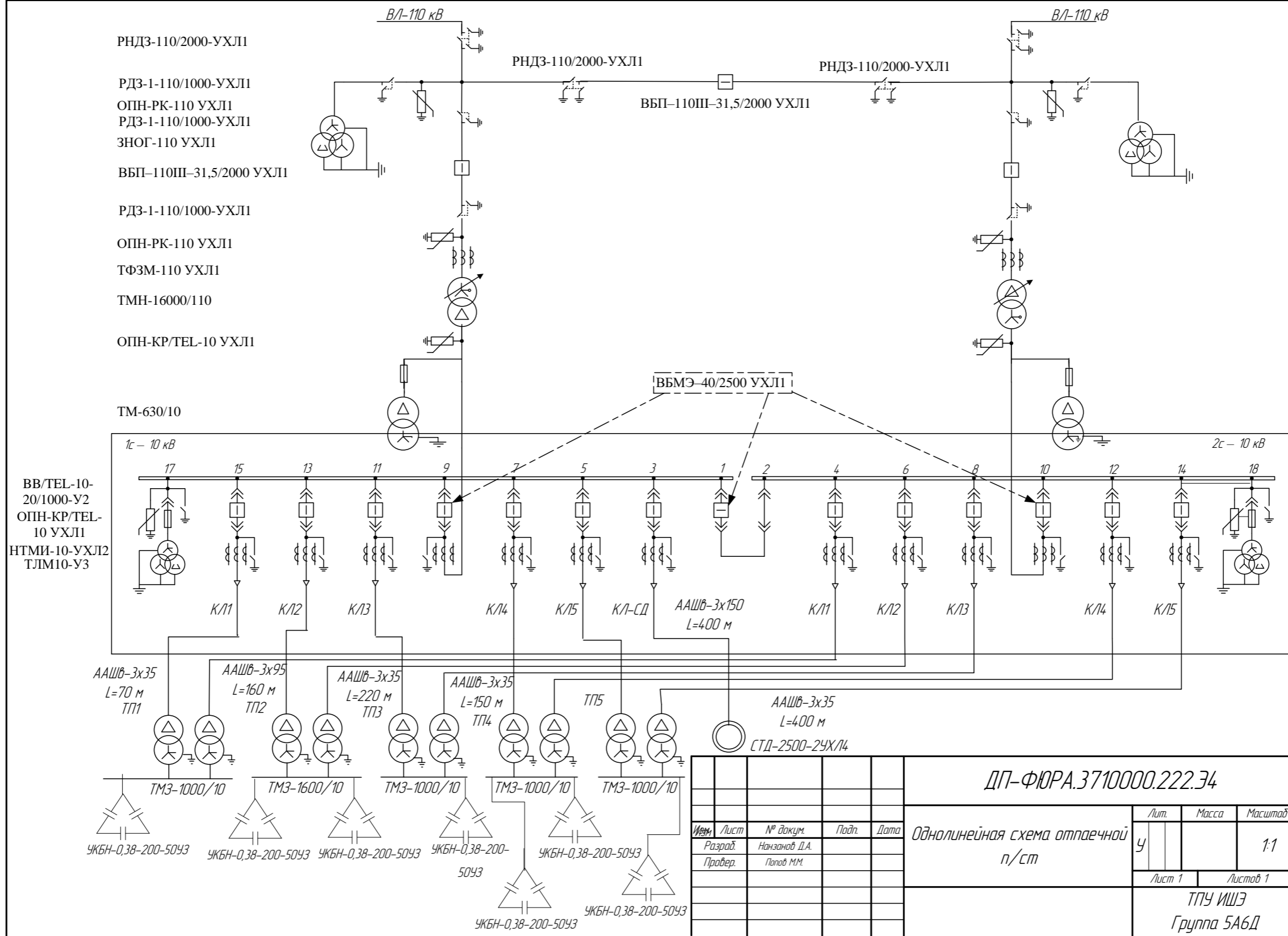


Рисунок А.1– Генеральный план предприятия с картограммой нагрузок

Приложение Б



Приложение В



Приложение Г

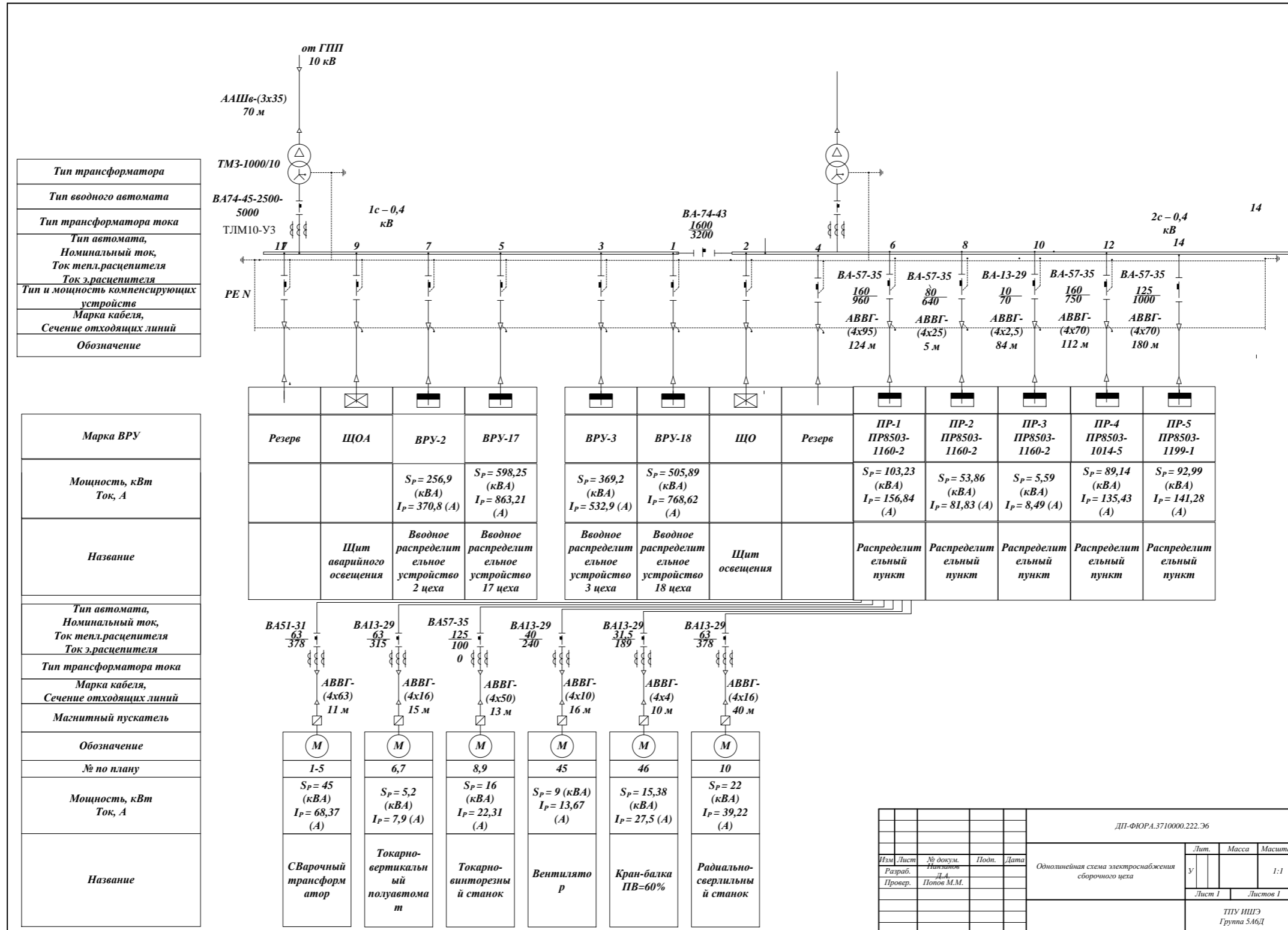


Рисунок Г.1 – Однолинейная схема электроснабжения инструментального цеха

Приложение Д

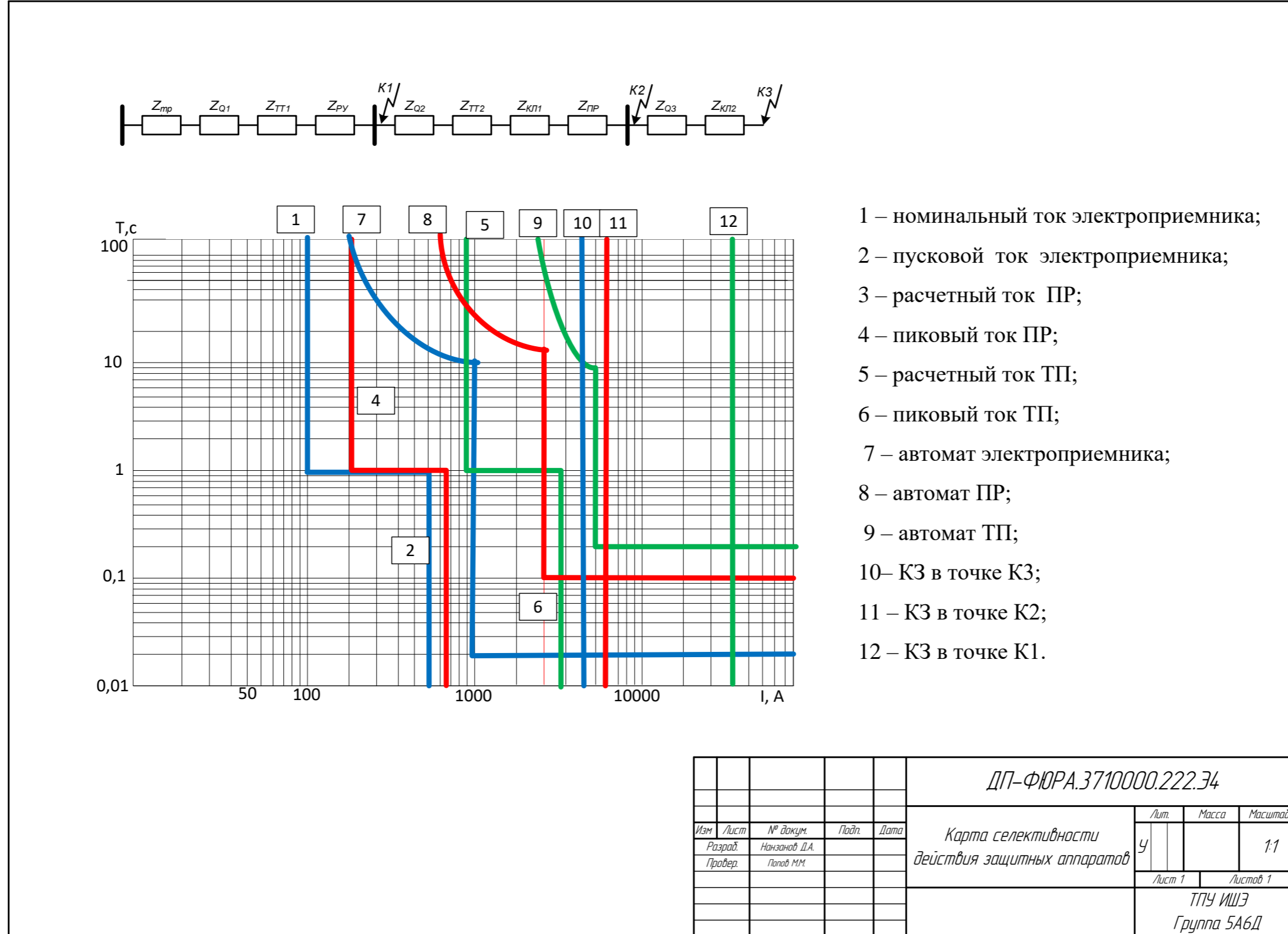


Рисунок Д.1 – Карта селективности

Приложение Е

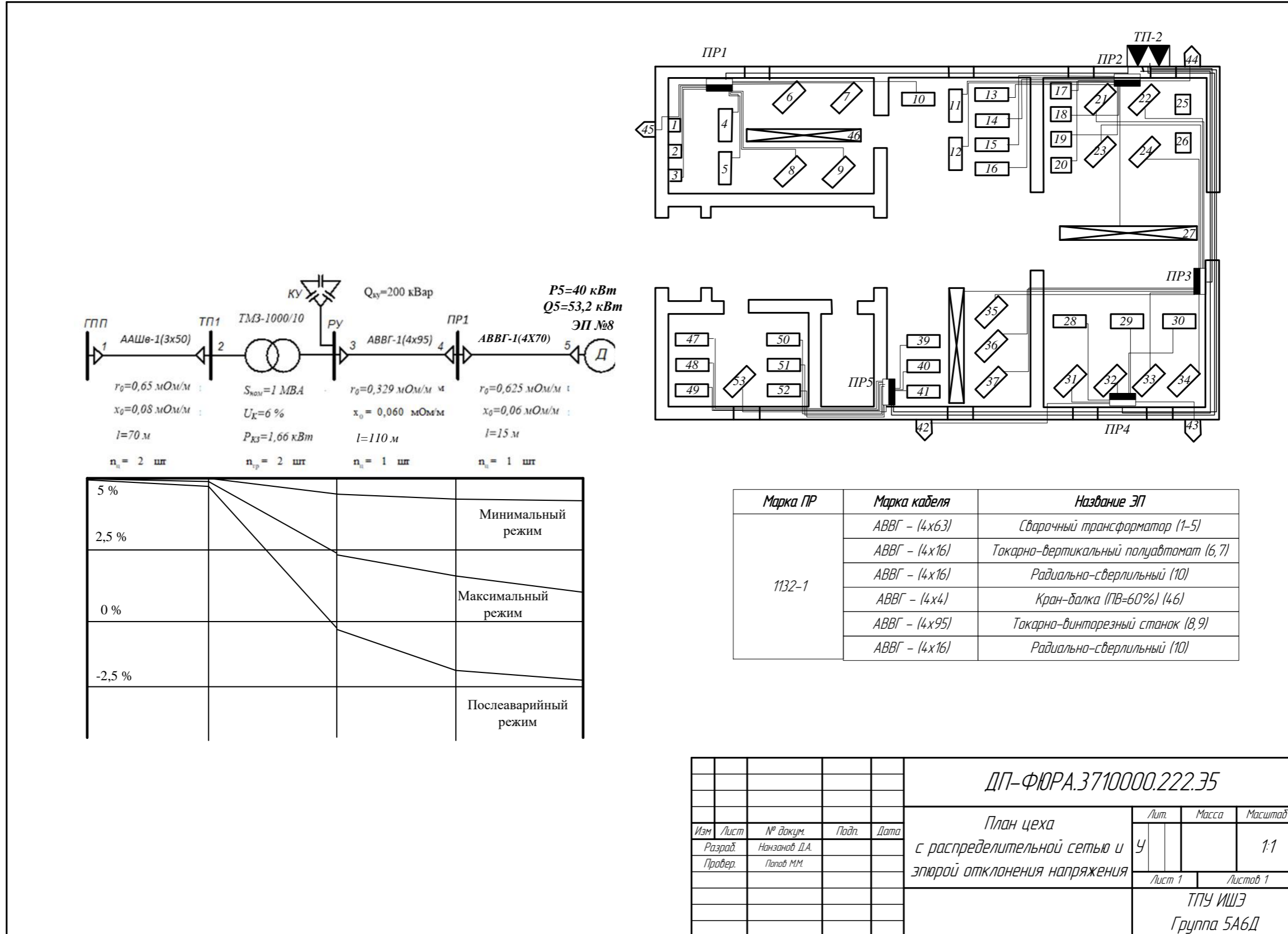


Рисунок Е.1 – Схема силовой цепи цеха и эпюра отклонения напряжени

