TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение завода пластиковых окон «Фаворит»

УДК 621.31.031:692.82.002:678.023.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4Б2	Хамраев Сайёд Журахон угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Розаев И.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. руководителя ООЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа *электрических устройств, объектов* и *систем*.
Р 2	Уметь формулировать задачи в области *электроэнергетики и электротехники*, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать *электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты*.
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния *электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники*, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области *электроэнергетики и электротехники*.
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий *электроэнергетической и электротехнической* отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области *электроэнергетики и электротехники*
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях *электроэнергетики и электротехники*.
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области *электроэнергетики и электротехники*.
Р 10	Проявлять **л**ичную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области *электроэнергетики и электротехники* с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области *электроэнергетики и электротехники*.

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)
Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:
И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ
_____ _____ А.С. Ивашутенко
(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
З-5Г4Б2	Хамраеув Сайёду Журахон угли

Тема работы:

Электроснабжение завода пластиковых окон «Фаворит	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Общие сведения о предприятии 2. Определение расчетной нагрузки цеха 3. Определение расчетной нагрузки предприятия 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Компенсация реактивной мощности 7. Схема внешнего электроснабжения 8. Схема внутризаводской сети выше 1000 В 9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 10. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В 11.. Электроснабжение цеха 12. Выбор защитных аппаратов и сечений линий,

	питающих распределительные пункты и электроприемники 13. Построение эпюры отклонения напряжения 14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В 15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты 16. Релейная защита 17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 18. Социальная ответственность
Перечень графического материала	1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии 2. Картограмма нагрузок 3. Схема электрическая принципиальная 4. Схема силовой сети цеха экструзионных изделий 5. Электроснабжение цеха экструзионных изделий. Однолинейная схема 6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2019г...

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	к.т.н.		05.04.2019г.
Ассистент	Розаев И.А.			05.04.2019г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4Б2	Хамраев Сайёд Журахон угли		05.04.2019г..

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.05.2019	Основная часть	60
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
17.05.2019	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:
Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Розаев И.А.			

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 с., 16 рис., 33 табл., 30 источников, 15 прил.

Ключевые слова: полипропилен, пластик, оконные изделия, ПВХ, цех, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, оборудование, защита, ток, напряжение.

Объектом исследования является электрическая часть компании «Фаворит-Плюс».

Цель работы – проектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

В процессе исследования проводился сбор исходных данных в ходе производственной практики на объекте исследования.

В результате была спроектирована схема электроснабжения от подстанции энергосистемы, до конечного электроприемника. Были выбраны кабели и провода, коммутационное оборудование, были сделаны необходимые проверки. Также результатом работы стал экономический расчет капитальных затрат на сооружение данной схемы, определены условия безопасного труда рабочих предприятии.

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются вакуумные выключатели, в низковольтной сети автоматические выключатели. Воздушные линии располагаются на опорах, кабельные – на лотках. Схема проста в эксплуатации и надежна по степени бесперебойности питания. Схема пригодна к эксплуатации.

Значимость проектирования схемы электроснабжения очень высокая, так как от правильной ее работы зависит работа всего предприятия и населенных пунктов.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ 6
ВВЕДЕНИЕ 10
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 11
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ЦЕХА ЭКСТРУЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 13
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания 13
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха 13
3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ 16
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия 16
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок 18
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 19
3.4 Компенсация реактивной мощности 20
3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения 21
3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП 23
3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП 26
3.8 Технико-экономическое сравнение вариантов 27
3.9 Схема внутризаводской сети выше 1000 В 27
3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 30
4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В 33
4.1 Выбор выключателей и разъединителей 33
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока 34
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения 37
4.4 Учет электрической энергии 38
5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЦЕХА ЭКСТРУЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 41
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники 41
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения 43
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В 46
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты 48
5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ 48

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА.....51
6.1 Назначение РЗиА.....51
6.2 Защиты трансформатора.....52
6.4 Газовая защита.....52
6.5 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов 53
6.6 Расчет дифференциальной защиты трансформатора ГПП 54
ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» 58
7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....59
7.1 SWOT-анализ системы электроснабжения завода пластиковых окон «Фаворит» 59
7.2. Организация работ технического проекта.....62
7.2.1. Структура работ в рамках технического проектирования.....62
7.2.2. Определение трудоемкости выполнения ТП 63
7.2.3.Разработка графика проведения технического проекта.....66
7.3.Составление сметы затрат на разработку ТП.....66
7.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта.....66
7.3.2. Полная заработная плата исполнителей темы 67
7.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....68
7.3.4. Накладные расходы.....69
7.4. Формирование сметы затрат технического проекта 69
7.5. Определение ресурсоэффективности проекта 70
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....72
8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....74
8.1 Правовые и организационные вопросы 74
8.2. Производственная безопасность.....75
8.3 Производственная санитария 78
8.4 Пожарная безопасность.....81
8.5 Экологическая безопасность 83
8.6 Чрезвычайные ситуации 83

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 88
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 90
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 92
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 93
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 94
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 95
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 98
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 99
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 100
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 101
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 102
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 103
ПРИЛОЖЕНИЕ 12 104
ПРИЛОЖЕНИЕ 13 105
ПРИЛОЖЕНИЕ 14 106
ПРИЛОЖЕНИЕ 15 107

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проекта является проектирование системы электроснабжения цеха экструзионных изделий завода пластиковых окон «Фаворит-Плюс», используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

Компания «Фаворит-Плюс» долгие годы выпускает пластиковые окна в Ташкенте. За время работы производство завоевало доверие, как частных покупателей, так и компаний. Предприятие не просто делает окна, но и проводит весь комплекс работ над внешним видом зданий клиентов – замеры, проекты, изготовление, монтаж и обслуживание.

Монтаж окон ПВХ осуществляется с 2010 года, а в 2013 компания обзавелась собственным производственным комплексом. За это время компания многому научилась и собрала надежную команду профессионалов – от менеджеров и конструкторов, до монтажных бригад, а также добилась высоких темпов производства окон.

Сегодня компания готова обеспечить оптимальное инженерное решение для любых потребностей заказчика – от остекления частного дома или коттеджа, до комплексного обслуживания торговых центров или новостроек. Но основным направлением работы компании остается производство и монтаж пластиковых окон.

Постоянно отслеживая тенденции рынка производства и монтажа окон в Узбекистане, компания готова предложить оптимальное соотношение цены и качества. Использование в производстве современных технологий позволяет сократить срок изготовления и как можно быстрее выполнить заказ.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках, степени надежности и среде производственных помещений

№ п/п	*Наименование объекта*	*Число смен*	*Категория ЭП*	*Среда*	*Установленная мощность, кВт*
1	Цех экструзионных изделий	2	II	Нормальная	—
2	Цех по чистке и ремонту фильеров	2	III	Нормальная	350
3	Цех по ремонту основн. оборудования	2	III	Нормальная	850
4	Цех по ремонту вспомог. оборудования	2	III	Нормальная	650
5	Сварочный участок	2	III	Нормальная	450
6	Термический цех	2	II	Жаркая	650
7	Электроэрозионный цех	2	II	Нормальная	800
8	Склад готовой продукции	2	III	Нормальная	220
9	Компрессорная	2	II	Нормальная	—
	0,38 *кВ*				450
	6,0 *кВ* *АД* 2 × 630 *кВт*				1260
10	Административное здание	2	III	Нормальная	275

Генплан предприятия представлен в приложении 10.

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках цеха экструзионных изделий

№ п/п	*Наименование*	$P_{уст}$ *кВт*	$K_{исп}$	$cos\varphi$	$tg\varphi$	η	$K_{пуск}$	$I_{ном}$ *А*	$I_{пуск}$ *А*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
1	Калибровочный стол	26,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	51,6	258,2
2	Калибровочный стол	15,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	29,8	149,0
3	Калибровочный стол	6,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	11,9	59,6
4	Калибровочный стол	26,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	51,6	258,2
5	Калибровочный стол	15,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	29,8	149,0
6	Калибровочный стол	6,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	11,9	59,6
7	Калибровочный стол	26,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	51,6	258,2
8	Калибровочный стол	15,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	29,8	149,0
9	Калибровочный стол	6,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	11,9	59,6
10	Тянущее устройство	18,5	0,55	0,80	0,75	0,89	5	39,5	197,4
11	Тянущее устройство	12,3	0,55	0,80	0,75	0,89	5	26,2	131,2
12	Тянущее устройство	5,2	0,55	0,80	0,75	0,89	5	11,1	55,5
13	Тянущее устройство	18,5	0,55	0,80	0,75	0,89	5	39,5	197,4
14	Тянущее устройство	12,3	0,55	0,80	0,75	0,89	5	26,2	131,2
15	Тянущее устройство	5,2	0,55	0,80	0,75	0,89	5	11,1	55,5
16	Тянущее устройство	18,5	0,55	0,80	0,75	0,89	5	39,5	197,4
17	Тянущее устройство	12,3	0,55	0,80	0,75	0,89	5	26,2	131,2
18	Тянущее устройство	5,2	0,55	0,80	0,75	0,89	5	11,1	55,5

Окончание таблицы 1.2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
19	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
20	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
21	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
22	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
23	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
24	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
25	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
26	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
27	Экструдер	22,5	0,60	0,85	0,62	0,89	5	45,2	225,9
28	Вентилятор	4,5	0,65	0,80	0,75	0,89	5	9,6	48,0
29	Вентилятор	4,5	0,65	0,80	0,75	0,89	5	9,6	48,0
30	Смеситель	35,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	70,3	351,5
31	Смеситель	35,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	70,3	351,5
32	Смеситель	35,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	70,3	351,5
33	Смеситель	35,0	0,70	0,85	0,62	0,89	5	70,3	351,5
34	Вентилятор	6,0	0,65	0,80	0,75	0,89	5	12,8	64,0
35	Вентилятор	6,0	0,65	0,80	0,75	0,89	5	12,8	64,0
36	Насосная станция	15,0	0,70	0,80	0,75	0,89	5	32,0	160,0
37	Калибровочный стол	26,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	51,6	258,2
38	Калибровочный стол	15,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	29,8	149,0
39	Калибровочный стол	6,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	11,9	59,6
40	Калибровочный стол	26,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	51,6	258,2
41	Калибровочный стол	15,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	29,8	149,0
42	Калибровочный стол	6,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	11,9	59,6
43	Калибровочный стол	26,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	51,6	258,2
44	Калибровочный стол	15,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	29,8	149,0
45	Калибровочный стол	6,0	0,55	0,85	0,62	0,90	5	11,9	59,6
46	Тянущее устройство	18,5	0,55	0,80	0,75	0,89	5	39,5	197,4
47	Тянущее устройство	12,3	0,55	0,80	0,75	0,89	5	26,2	131,2
48	Тянущее устройство	5,2	0,55	0,80	0,75	0,89	5	11,1	55,5
49	Тянущее устройство	18,5	0,55	0,80	0,75	0,89	5	39,5	197,4
50	Тянущее устройство	12,3	0,55	0,80	0,75	0,89	5	26,2	131,2
51	Тянущее устройство	5,2	0,55	0,80	0,75	0,89	5	11,1	55,5
52	Тянущее устройство	18,5	0,55	0,80	0,75	0,89	5	39,5	197,4
53	Тянущее устройство	12,3	0,55	0,80	0,75	0,89	5	26,2	131,2
54	Тянущее устройство	5,2	0,55	0,80	0,75	0,89	5	11,1	55,5
55	Холодильная машина	22,0	0,60	0,80	0,75	0,89	5	46,9	234,7
56	Установка водоподгонки	40,0	0,60	0,80	0,75	0,89	5	85,4	426,8

План цеха с расположением электрического оборудования представлен в приложении 13.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ЦЕХА ЭКСТРУЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприемников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному пункту ПР.

Распределительные пункты устанавливаются по возможности в центре электрических нагрузок, подключенных к нему, чтобы расстояния до электроприемников было минимально. Это позволит избежать большой протяженности кабельных линий, и сократить потери в них.

Питание отдельных электроприемников и распределительных пунктов осуществляем по радиальным линиям, проложенным открыто на лотках по стенам. Принятая схема обеспечивает требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха.

В качестве РП принимаем распределительные пункты марки ПР11-7123. Данный РП рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

В приложении 13 изображен план цеха с расположением ПР и питаемых от них электроприемников.

2.2 Определение расчетной нагрузки цеха

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок рассматриваемого цеха. Для этого воспользуемся методом коэффициента максимума.

Паспортные мощности электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы (ПКР) приводятся к ПВ = 100%, то есть к номинальной установленной мощности.

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность (на примере группы «А» ПР6)

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} P_{\text{ном.}i} = 108{,}0\text{кВт}.$$

Коэффициент использования K_{u}, cosφ, tgφ для каждого электроприемника или группы электроприемников определяется по справочным данным [1, стр. 19, табл. 1.7].

Средняя активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену для электроприемников (на примере тянущих устройств)

$$P_{\text{см}} = K_u \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0{,}55 \cdot 108{,}0 = 59{,}4\text{кВт},$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot tg\varphi = 59{,}4 \cdot 0{,}75 = 44{,}6\text{кВАр},$$

где $P_{ном}$ – суммарная номинальная активная мощность электроприемников;

K_u – коэффициент использования активной мощности;

$tg\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Для каждой группы приемников подводится итог по среднесменной активной и реактивной нагрузке для всей группы (на примере группы «А»)

$$P_{\text{см}}^{\text{"А"}} = \sum_{i=1}^{n} P_{\text{см}.i} = 59{,}4\text{кВт},$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{"А"}} = \sum_{i=1}^{n} Q_{\text{см}.i} = 44{,}6\text{кВАр},$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном}.max}}{P_{\text{ном}.min}} = \frac{18{,}5}{5{,}2} = 3{,}6 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{и.\text{ср}} = \frac{P_{\text{см}}^{\text{"А"}}}{P_{\text{ном}.\Sigma}} = \frac{59{,}4}{108{,}0} = 0{,}55.$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$tg\varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{"А"}}}{P_{\text{см}}^{\text{"А"}}} = \frac{44{,}6}{59{,}4} = 0{,}75.$$

Для приемников группы «А» определим эффективное число электроприемников

$$n_{\text{э}} = \frac{[P_{\text{ном}.\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{ном}}^2} = \frac{108{,}0^2}{1561{,}7} = 7{,}5 \text{ шт, принимаем } n_{\text{э}} = 7\text{шт}.$$

Коэффициент максимума активной мощности [2, стр. 28, табл. 2.1]

$$K_{\text{м}} = 1{,}51.$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_{\text{м}} = 1{,}1.$$

Расчетная активная и реактивная максимальные мощности пункта

$$P_{\text{м}}^{\text{"А"}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}^{\text{"А"}} = 1{,}51 \cdot 59{,}4 = 88{,}9\text{кВт},$$

$$Q_{\text{м}}^{\text{"А"}} = K'_{\text{м}} \cdot Q_{\text{см}}^{\text{"А"}} = 1{,}1 \cdot 44{,}6 = 49{,}0\text{кВАр}.$$

Для электроприемников группы «Б» с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная и реактивная мощность принимается равной средней за наиболее загруженную смену

$$P_{\text{м}}^{\text{"Б"}} = P_{\text{см}}^{\text{"Б"}} = 37{,}2\text{кВ}, \qquad Q_{\text{м}}^{\text{"Б"}} = Q_{\text{см}}^{\text{"Б"}} = 27{,}9\text{кВАр}.$$

Определяем активную, реактивную и полную максимальные мощности электроприемников пункта

$$P_{\text{м}} = P_{\text{м}}^{\text{"А"}} + P_{\text{м}}^{\text{"Б"}} = 89{,}9 + 37{,}2 = 102{,}4\text{кВт},$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{м}}^{\text{"А"}} + Q_{\text{м}}^{\text{"Б"}} = 49{,}0 + 27{,}9 = 76{,}9\text{кВАр},$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{127{,}1^2 + 76{,}9^2} = 148{,}5\text{кВА}.$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{148{,}5}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 225{,}7\text{А},$$

где $U_{ном}$ − номинальное напряжение электроприемников, В.

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

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0{,}016 \cdot 760 = 12{,}2кВт,$$

где $F_ц$− площадь цеха, м^2;

$P_{уд.о}$ − удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11], кВт/м^2.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{расч.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0{,}95 \cdot 12{,}2 = 11{,}6кВт,$$

где $K_{со}$− коэффициент спроса для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов [1, стр. 22, табл. 1.10].

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$S_{м} = \sqrt{\left(P_{м} + P_{расч.о}\right)^2 + Q_{м}^2} = \sqrt{(695{,}2 + 11{,}6)^2 + 358{,}8^2} = 805{,}2кВА.$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_{м} = \frac{S_{м}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{805{,}2}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 1223{,}4А,$$

где $U_{ном}$ − номинальное напряжение электроприемников, В.

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника (Установка водоподгонки)

$$I_{ном}^{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot cos\varphi \cdot \eta} = \frac{40{,}0}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}89} = 85{,}4А,$$

где $P_{ном}$ − номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

η− КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника

$$I_{пуск}^{max} = K_{пуск} \cdot I_{ном}^{max} = 5 \cdot 85{,}4 = 426{,}8А,$$

где $K_{пуск}$ − кратность пускового тока.

Пиковый ток цеха

$$I_{пик.ц} = I_{пуск}^{max} + (I_{м} - K_{и.max} \cdot I_{ном}^{max}) = 426{,}8 + (1223{,}4 - 0{,}60 \cdot 85{,}4) = 1598{,}9А,$$

где $K_{и.max}$ − коэффициент использования самого мощного электроприемника.

Табличный расчет нагрузки цеха приведен в приложении 1.

3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия

Расчет электрических нагрузок предприятия производится по установленной мощности и коэффициенту спроса [3].

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений

$$P_р = K_с \cdot P_{уст}, \qquad Q_р = P_р \cdot tg\varphi,$$

где $P_р$, $Q_р$ – суммарные активная и реактивная мощности всех приемников цеха;

$K_с$ – коэффициент спроса [1, стр. 13, табл. 1.6];

$tg\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Расчет осветительной нагрузки цехов идентичен расчету осветительной нагрузки рассчитанного цеха.

Расчетная активная мощность групп приемников выше 1000 В определяется по выше приведенным формулам и учитываются отдельно.

Результаты расчетов располагаются в приложении 2.

Пример расчета (Цех по чистке и ремонту фильеров).

$P_{уст} = 350{,}0$кВт; $K_с = 0{,}55$; $\cos\varphi = 0{,}75$; $tg\varphi = 0{,}88$.

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_р = K_с \cdot P_{уст} = 0{,}55 \cdot 350{,}0 = 192{,}5\text{кВт},$$

$$Q_р = P_р \cdot tg\varphi = 192{,}5 \cdot 0{,}88 = 169{,}8\text{кВАр}.$$

Номинальная нагрузка осветительных приемников корпуса определяется по удельной плотности осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_ц = 0{,}015 \cdot 1115 = 16{,}7\text{кВт},$$

где $F_ц$ – площадь цеха, м^2;

$P_{уд.о}$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11], кВт/м^2.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по номинальной мощности и коэффициенту спроса

$$P_{расч.о} = K_{со} \cdot P_{ном.о} = 0{,}95 \cdot 16{,}7 = 15{,}9 \text{ кВт},$$

где $K_{со}$– коэффициент спроса [1, стр. 22, табл. 1.10].

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_р = \sqrt{\left(P_р + P_{расч.о}\right)^2 + Q_р^2} = \sqrt{(192{,}5 + 15{,}9)^2 + 169{,}8^2} = 268{,}8 \text{ кВА}.$$

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

ЭП до 1000 В	ЭП выше 1000 В
$\sum P_р^н = 3309{,}5$кВт,	$\sum P_р^в = 756{,}0$кВт
$\sum Q_р^н = 2563{,}5$кВАр,	$\sum Q_р^в = 666{,}7$кВАр
$\sum P_{расч.о} = 163{,}5$кВт,	

Полная мощность нагрузки предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену

$$S_{\text{р}}^{\text{н}} = \sqrt{\left(\sum P_{\text{р}}^{\text{н}} + \sum P_{\text{расч.о}}\right)^2 + \left(\sum Q_{\text{р}}^{\text{н}}\right)^2} = \sqrt{(3309{,}5 + 163{,}5)^2 + 2563{,}5^2} = 4316{,}6\text{кВа}.$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений [3, стр. 32]

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0{,}02 \cdot S_{\text{р}}^{\text{н}} = 0{,}02 \cdot 4316{,}6 = 86{,}3\text{кВт},$$
$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0{,}10 \cdot S_{\text{р}}^{\text{н}} = 0{,}10 \cdot 4316{,}6 = 431{,}7\text{кВАр},$$
$$\Delta P_{\text{л}} = 0{,}03 \cdot S_{\text{р}}^{\text{н}} = 0{,}03 \cdot 4316{,}6 = 129{,}5\text{кВт},$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ – потери активной мощности в цеховых трансформаторах, кВт;

$\Delta Q_{\text{тр}}$ – потери реактивной мощности в цеховых трансформаторах, кВАр;

$\Delta P_{\text{л}}$ – потери активной мощности в линиях, кВт.

Суммарные расчетные активная, реактивная и полная мощности с учетом потерь в линиях и цеховых трансформаторах

$$P_{\text{р}\Sigma} = \left(\sum P_{\text{р}}^{\text{н}} + \sum P_{\text{р}}^{\text{в}}\right) \cdot K_{\text{р.м}} + P_{\text{расч.о}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{л}} = (3309{,}5 + 756{,}0) \cdot 0{,}95 + 163{,}5 + 86{,}3 + 129{,}5 = 4241{,}6\text{кВт},$$

$$Q_{\text{р}\Sigma} = \left(\sum Q_{\text{р}}^{\text{н}} + \sum Q_{\text{р}}^{\text{в}}\right) \cdot K_{\text{р.м}} + \Delta Q_{\text{тр}} = (2563{,}5 + 666{,}7) \cdot 0{,}95 + 431{,}7 = 3500{,}4\text{кВАр},$$

$$S_{\text{р}\Sigma} = \sqrt{\left(P_{\text{р}\Sigma}\right)^2 + \left(Q_{\text{р}\Sigma}\right)^2} = \sqrt{4241{,}6^2 + 3500{,}4^2} = 5499{,}4\text{кВА}.$$

где $K_{\text{р.м}}$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки [3, стр. 35].

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 0{,}02 \cdot S_{\text{р}\Sigma} = 0{,}02 \cdot 5499{,}4 = 110{,}0\text{кВт},$$
$$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}} = 0{,}10 \cdot S_{\text{р}\Sigma} = 0{,}10 \cdot 5499{,}4 = 549{,}9\text{кВАр},$$

где $\Delta P_{\text{тр.ГПП}}$ – потери активной мощности в трансформаторах ГПП, кВт;

$\Delta Q_{\text{тр.ГПП}}$ – потери реактивной мощности в трансформаторах ГПП, кВАр.

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП

$$S_{\text{р}} = \sqrt{\left(P_{\text{р}\Sigma} + \Delta P_{\text{тр.ГПП}}\right)^2 + \left(Q_{\text{р}\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр.ГПП}}\right)^2} = \sqrt{(4241{,}6 + 110{,}0)^2 + (3500{,}4 + 549{,}9)^2} = \sqrt{4351{,}6^2 + 4050{,}4^2} = 5944{,}9\text{кВА}.$$

Т.о., произведен расчет нагрузки предприятия без учета компенсации реактивной мощности.

Чтобы учесть компенсацию реактивной мощности необходимо определиться с уровнем напряжения питающих линий.

При выборе напряжения питающей линии ГПП используются следующие рекомендации [5, стр. 46]:

−напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА;

−напряжение 110 кВ целесообразно применять при потребляемой предприятием мощности 10 − 120 МВА;

−при мощностях, превышающих 120 − 150 МВА, для электроснабжения предприятия возможно применение напряжения 220 кВ.

Для определения экономически целесообразной величины напряжения питающей линии ГПП воспользуемся формулой Илларионова

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_{\text{р}}}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{5,0} + \frac{2500}{4,325}}} = 38,5\text{кВ},$$

где L− длина питающей линии, км;

$U_{\text{эк}}$ − экономическое напряжение рассматриваемого участка, кВ.

С учетом рекомендаций принимаем к рассмотрению напряжение питающих линий

$$U_{\text{ном}} = 35\text{кВ}$$

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_{\text{э}} = \alpha \cdot P_p = 0,24 \cdot 4351,6 = 1044,4\text{кВАр},$$

где α − расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы [3, стр. 35].

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_{\text{э}} = 4050,4 - 1044,4 = 3006,0\text{кВАр}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом компенсации реактивной мощности

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + \left(Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}}\right)^2} = \sqrt{4351,6^2 + (4050,4 - 3006,0)^2} = \sqrt{4351,6^2 + 1044,4^2} = 4475,1\text{кВА}.$$

В дальнейшем, после точного определения мощности компенсирующих устройств будет определено более точное значение полной расчетной мощности предприятия.

3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Для определения места расположения ГПП, на генплане предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В.

На генплан предприятия произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_{i} и y_{i} для каждого цеха.

Пример расчета (Цех экструзионных изделий).

$S_{\text{р}} = 805{,}2\text{кВА}, \quad P_{\text{р.о}} = 11{,}6\text{кВт}, \quad x = 109{,}1\text{мм} \qquad y = 188{,}7\text{мм}$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_{\text{р}}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{805{,}2}{3{,}14 \cdot 0{,}450}} = 23{,}9\text{мм}$$

где $S_{\text{р.i}}$ – расчетная полная мощность i-того цеха с учетом освещения, кВА;
m − масштаб для определения площади круга нагрузки до 1000 В, кВА/мм^2;
m − масштаб для определения площади круга нагрузки выше 1000 В, кВА/мм^2;

Угол сектора нагрузки освещения корпуса

$$\alpha = \frac{360° \cdot P_{\text{р.о}}}{S_{\text{р}}} = \frac{360° \cdot 11{,}6}{805{,}2} = 5{,}2 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_{\text{р}} \cdot x = 805{,}2 \cdot 109{,}1 = 87847{,}5\text{кВА} \cdot \text{мм},$$
$$S_{\text{р}} \cdot y = 805{,}2 \cdot 188{,}7 = 151941{,}6\text{кВА} \cdot \text{мм}.$$

Результаты расчетов располагаются в приложении 3.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum\left(S_{\text{р}.i} \cdot x_i\right)}{\sum S_{\text{р}.i}} = \frac{507498{,}5}{5353{,}7} = 94{,}8 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum\left(S_{\text{р}.i} \cdot y_i\right)}{\sum S_{\text{р}.i}} = \frac{802215{,}4}{5353{,}7} = 149{,}8 \text{ мм}.$$

Так как ЦЭН попал в зону расположения цехов, то расположение ГПП смещается в сторону открытой площадки. Тогда новые координаты ЦЭН будут

$$x_0 = 101{,}3\text{мм}, \qquad y_0 = 136{,}9\text{мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена в приложении 11.

3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки [2, стр. 82, табл. 5.1]

$$\sigma = \frac{S_{\text{р}}^{\text{н}}}{F_{\text{ц}}} = \frac{4316{,}6}{11354{,}0} = 0{,}380 \text{ кВА/м}^2 \text{ принимаем } S_{\text{ном.тр}} = 1000 \text{ кВА}.$$

Таблица 3.1 – Данные по трансформаторам [1, стр. 157, табл. 7.3]

Тип	$S_{ном}$, ***МВА***	$U_{вн}$, ***кВ***	$U_{нн}$, ***кВ***	$P_{хх}$, ***кВт***	$Q_{хх}$, ***кВАр***	$P_{кз}$, ***кВт***	$Q_{кз}$, ***кВАр***	$U_{к}$, ***%***	$I_{хх}$, ***%***
ТМ-1000/10	1,00	6,0	0,4	2,45	14,0	12,2	55,0	5,5	1,40

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\sum\left(P_{\text{р}}^{\text{н}} + P_{\text{р.о}}\right)}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{3473{,}0}{0{,}7 \cdot 1000} = 4{,}96 \text{ шт, принимаем } n_{\text{тр}} = 10 \text{ шт}$$

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum\left(P_{\text{р}}^{\text{н}} + P_{\text{р.о}}\right)}{n_{\text{тр}}} = \frac{3473{,}0}{5} = 694{,}6 \text{ кВт}.$$

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия (корпус №1)

$$n_{\text{тр}.i} = \frac{\sum\left(P_{\text{р}}^{\text{н}} + P_{\text{р.о}}\right)}{P_1} = \frac{706{,}8}{694{,}6} = 1{,}018\text{шт}.$$

Нагрузки цехов объединяются таким образом, чтобы трансформаторные подстанции были загружены оптимально, а количество трансформаторов было в пределах расчетного числа трансформаторов.

Результаты расчетов располагаются в приложении 4.

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, приложение 10.

3.4 Компенсация реактивной мощности

При выборе средств компенсации реактивной мощности решающее значение имеет количество установленных трансформаторов, наличие синхронных и асинхронных двигателей и нагрузки со стороны напряжения выше 1000 В.

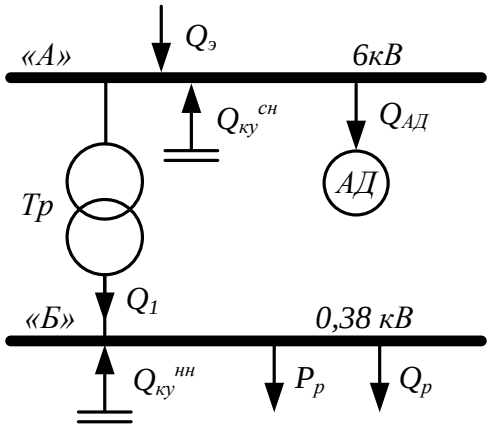


Рисунок 3.1 – Схема распределения реактивной мощности

На данном предприятии имеется синхронная высоковольтная нагрузка.

$$Q_{\text{АД}} = 666{,}7\text{кВАр}.$$

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана со стороны сети выше 1000 В в сеть до 1000 В

$$Q_1 = \sqrt{\left(N_{\text{тр}} \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}}\right)^2 - \left(P_{\text{р}}^{\text{н}} + P_{\text{р.о}}\right)^2} = \sqrt{(5 \cdot 0{,}7 \cdot 1000)^2 - 3473{,}0^2}$$
$$= 433{,}9\text{кВАр}.$$

Баланс реактивной мощности в узле «А»

$$Q_{\text{А}} = Q_{\text{э}} - Q_{\text{ад}} - Q_1 = 1044{,}4 - 666{,}7 - 433{,}9 = -56{,}2\text{кВАр}.$$

Компенсация со стороны среднего напряжения не требуется.

Баланс реактивной мощности в узле «Б»

$$Q_{\text{Б}} = Q_1 - Q_{\text{р.н}} = 433{,}9 - 2563{,}5 = -2129{,}7\text{кВАр}.$$

Мощность конденсаторных установок на напряжении 0,4 кВ

$$Q_{\text{ку.расч}}^{\text{нн}} = Q_{\text{р.н}} - Q_1 = 2563{,}5 - 433{,}9 = 2129{,}7\text{кВАр}.$$

Намечаем установку комплектных конденсаторных установок типа УК-0,38-450-УЗс параметрами [5, стр. 167, табл. П6.2]:

−номинальное напряжение $U_{\text{ном.ку}}$=0,38кВ;

−номинальная мощность $Q_{\text{ном.ку}}$=450кВАр;

Полная реактивная мощность, генерируемая одной комплектной конденсаторной установкой

$$Q_{\text{ку}} = \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{сн}}}{U_{\text{ном.ку}}}\right)^2 \cdot Q_{\text{ном.ку}} = \left(\frac{0{,}38}{0{,}38}\right)^2 \cdot 450 = 450\text{кВАр}.$$

Необходимое количество комплектных конденсаторных установок для установки на стороне НН

$$n_{\text{ку.расч}} = \frac{Q_{\text{ку.расч}}^{\text{сн}}}{Q_{\text{ку}}} = \frac{2129{,}7}{450{,}0} = 4{,}7\text{шт}, \text{принимаем } n_{\text{ку}} = 5\text{шт}$$

Полная реактивная мощность, генерируемая комплектными конденсаторными установками

$$Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} = Q_{\text{ку}} \cdot n_{\text{ку}} = 450 \cdot 5 = 2250{,}0\text{кВАр}.$$

Суммарная генерируемая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{ку}}^{\text{сн}} + Q_{\text{ку}}^{\text{нн}} = 0{,}0 + 2250{,}0 = 2250{,}0\text{кВАр}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом точного значения реактивной мощности компенсирующих устройств

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + \left(Q_{\text{р}} - Q_{\text{ку}}\right)^2} = \sqrt{4351{,}6^2 + (4050{,}4 - 2250{,}0)^2}$$
$$= \sqrt{4351{,}6^2 + 1800{,}4^2} = 4709{,}3\text{кВА}.$$

3.5 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя

в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороны подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители в ремонтной перемычке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора или выключателя в цепи трансформатора есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей перемычки. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора.

Произведем расчет капитальных затрат на сооружение схемы внешнего электроснабжения.

При расчетах рационально учитывать повышающий зональный коэффициент на базисную стоимость электроэнергетических объектов. Для Сибири данный коэффициент [6, стр. 279, табл. 7.2]

$$\gamma = 1{,}2.$$

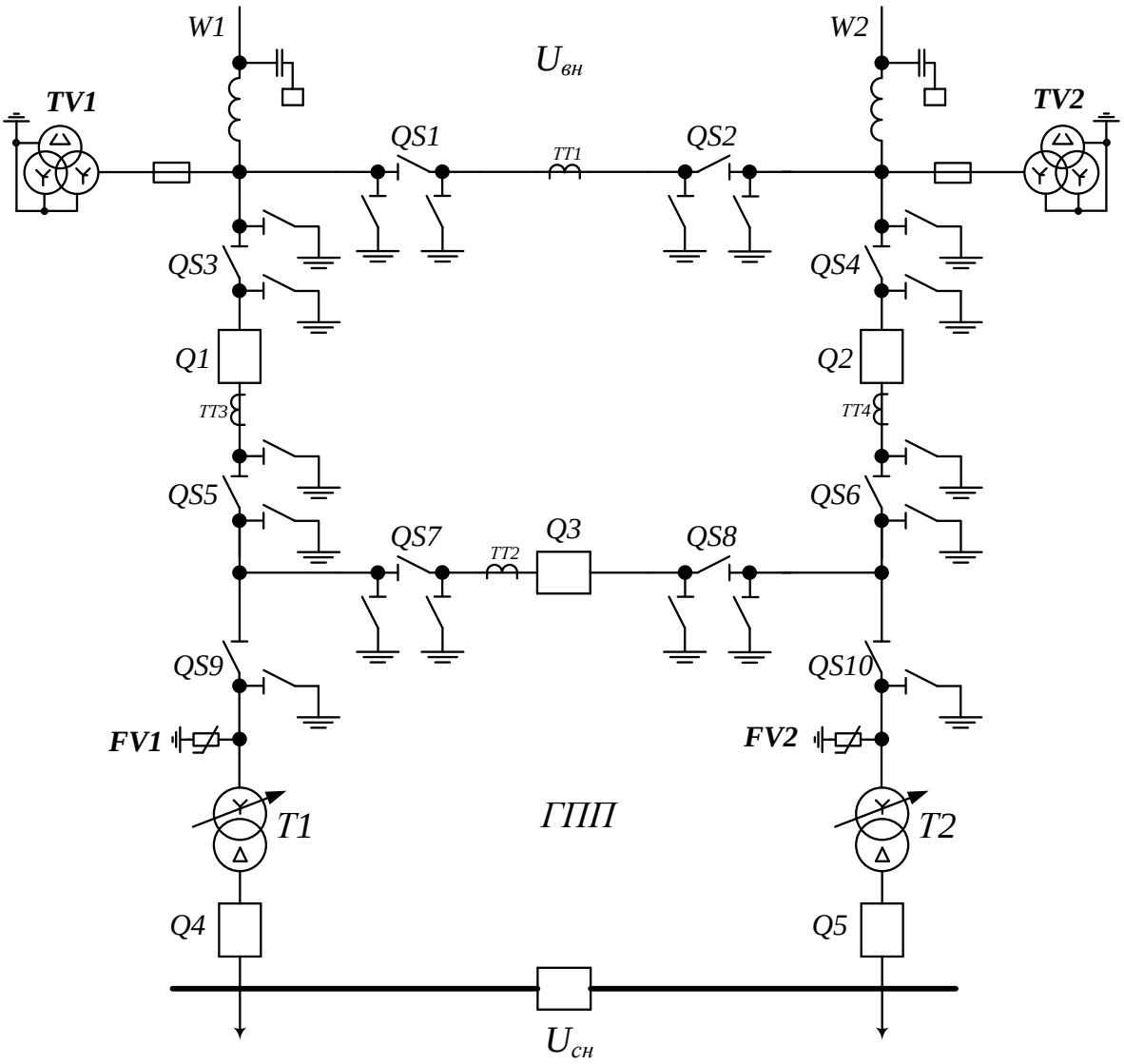


Рисунок 3.2 – Схема внешнего электроснабжения

Капитальные затраты на сооружение блочных и мостиковых схем указываются в целом с учетом затрат на выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, трансформаторы тока и напряжения, разрядники, аппаратуру управления, сигнализации, релейной защиты и автоматики, а так же строительные конструкции, фундаменты и соответствующие строительно-монтажные работы

$$K_{\text{сх}}^{\text{а}} = K_{\text{сх}} \cdot \gamma = 1749300{,}0 \cdot 1{,}2 = 2099160{,}0\text{руб},$$

где $K_{\text{сх}}$ − капитальные затраты на сооружение схемы [6, стр. 291, табл. 7.15.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы

$$И_{\text{сх}}^{\text{а}} = K_{\text{сх}}^{\text{а}} \cdot (E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) = 2099160{,}0 \cdot (0{,}067 + 0{,}059) = 264494{,}2\text{руб/год},$$

где $E_{\text{ам}}$ − нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр. 258, табл. 6.1.];

$E_{\text{об}}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр. 258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты

$$З_{\text{сх}}^{\text{а}} = K_{\text{сх}}^{\text{а}} \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) = 2099160{,}0 \cdot (0{,}193 + 0{,}067 + 0{,}059) = 669632{,}0\text{руб/год},$$

где $E_н$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования [5, стр. 76].

3.6 Выбор мощности силовых трансформаторов на ГПП

Мощность трансформатора выберем с учетом известного суточного графика нагрузки предприятия, рисунок 3.3.

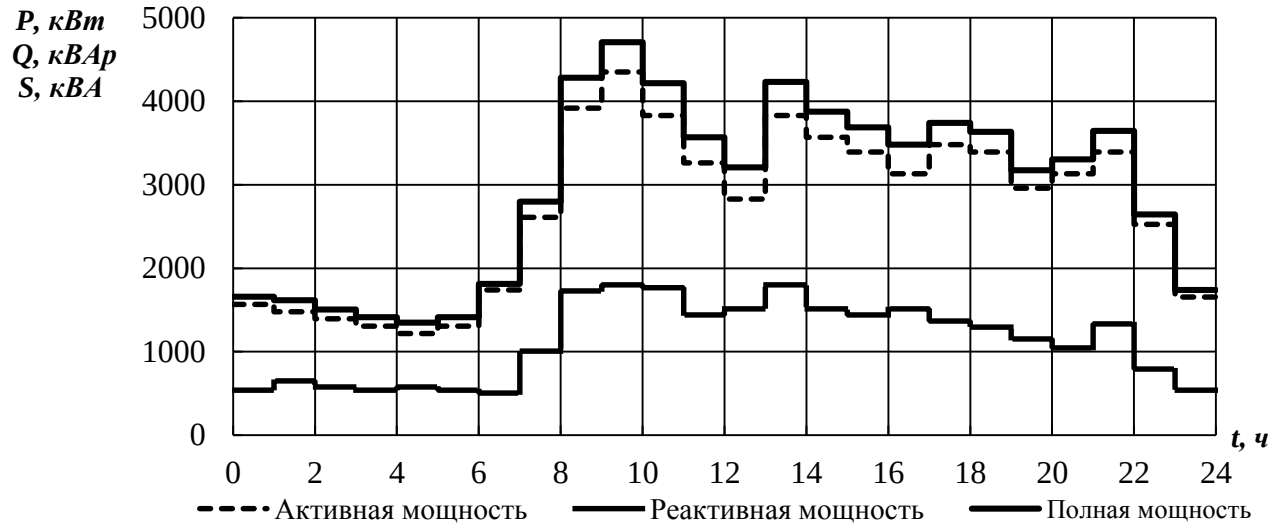


Рисунок 3.3 – Суточный график нагрузок предприятия

Из суточного графика можно определить

$$S_{max} = 4709{,}3\text{кВА}.$$

Потребляемая за сутки активная и реактивная энергия

$W = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot t_i = 65273{,}3\text{кВт} \cdot \text{ч}, \qquad V = \sum_{i=1}^{n} Q_i \cdot t_i = 26969{,}3\text{кВАр} \cdot \text{ч}.$

Средняя за сутки нагрузка предприятия

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{W^2 + V^2}}{24} = \frac{\sqrt{65273{,}3^2 + 26969{,}3^2}}{24} = 2942{,}7\text{кВА}.$$

Суточный график активной нагрузки перестраиваем в годовой график нагрузок по продолжительности, рисунок 3.4.

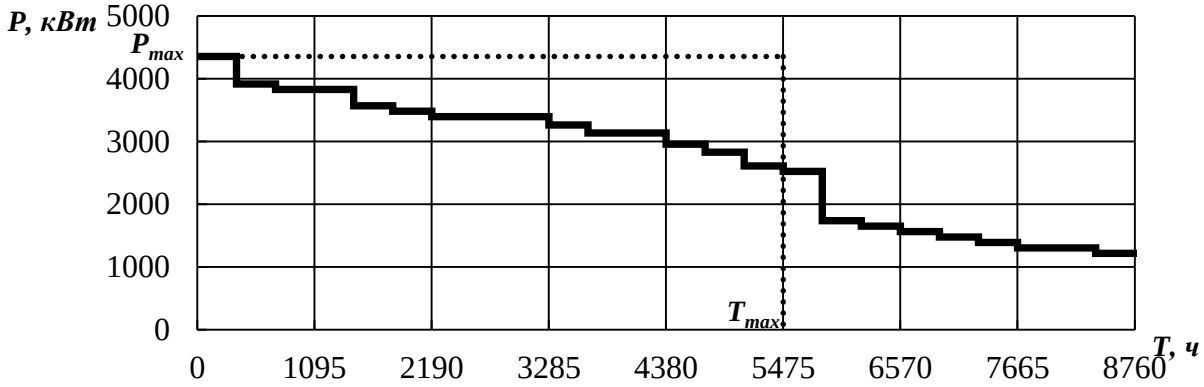


Рисунок 3.4 – Годовой график нагрузки по продолжительности

Количество потребленной за год электрической энергии

$$W_{\text{год}} = 23824758{,}8\text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Число часов использования максимальной нагрузки

$$T_{max} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{max}} = \frac{23824758{,}8}{4351{,}6} = 5475{,}0\text{ч}.$$

Время максимальных потерь

$$\tau_{max} = (0{,}124 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0{,}124 + 5475{,}0 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3950{,}0\text{ч}.$$

Выбор трансформаторов по перегрузочной способности производится по продолжительности максимума нагрузки $t_{\max}$ и коэффициенту заполнения графика нагрузки $k_{\text{зап.гр}}$, который определяется по суточному графику нагрузки

$$k_{\text{зап.гр}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{max}} = \frac{2942{,}7}{4709{,}3} = 0{,}62.$$

Продолжительность максимума нагрузки из суточного графика нагрузок предприятия

$$t_{max} = 1\text{ч}.$$

Кратность допустимой нагрузки трансформатора с учетом коэффициента заполнения графика и продолжительности максимума нагрузки [5, стр. 70, рис. 3.9.]

$$k_{\text{нагр}} = \frac{S_{max}}{S_{\text{ном.тр}}} = 1{,}23.$$

Номинальная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{max}}{k_{\text{нагр}}} = \frac{4709{,}3}{1{,}23} = 3828{,}7\text{кВА}.$$

Принимаем к установке на ГПП по два трансформатора мощностью

$$S_{\text{ном.тр}} = 2500\text{кВА}. \qquad S_{\text{ном.тр}} = 4000кВА,$$

1) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{4709{,}3}{2 \cdot 2500} = 0{,}94.$$

Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$1{,}4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1{,}4 \cdot 2500 = 3500{,}0\text{кВА} >$$
$$k_{I-II} \cdot S_{max} = 0{,}59 \cdot 4709{,}3 = 2799{,}9\text{кВА}.$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в послеаварийном режимах.

2) Коэффициент загрузки

$$\beta = \frac{S_{max}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{4709{,}3}{2 \cdot 4000} = 0{,}59.$$

Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$1{,}4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1{,}4 \cdot 4000 = 5600{,}0\text{кВа} >$$
$$k_{I-II} \cdot S_{max} = 0{,}59 \cdot 4709{,}3 = 2799{,}9\text{ кВа}.$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в послеаварийном режимах.

Таблица 3.2 – Параметры трансформаторов [II, стр. 207, табл. 5.12], [II, стр. 209, табл. 5.13], [II, стр. 212, табл. 5.17]

Тип	$S_{ном}$, *МВА*	$U_{вн}$, *кВ*	$U_{нн}$, *кВ*	$P_{хх}$, *кВт*	$Q_{хх}$, *кВАр*	$P_{кз}$, *кВт*	$Q_{кз}$, *кВАр*	$U_{к}$, *%*	$I_{хх}$, *%*	*Цена руб*
ТМН-2500/35	2,5	35,0	6,3	5,1	27,5	23,5	162,5	6,5	1,10	2320500
ТМН-4000/35	4,0	35,0	6,3	6,7	40,0	33,5	300,0	7,5	1,00	2606100

Трансформатор ТМН-2500/35

Приведенные потери мощности в трансформаторах

$$\Delta P'_{\text{хх}} = \Delta P_{\text{хх}} + k_{\text{эк}} \cdot \Delta Q_{\text{хх}} = 5{,}1 + 0{,}07 \cdot 27{,}5 = 7{,}2\text{кВт},$$

$$\Delta P'_{\text{кз}} = \Delta P_{\text{кз}} + k_{\text{эк}} \cdot \Delta Q_{\text{кз}} = 23{,}5 + 0{,}07 \cdot 162{,}5 = 34{,}9\text{кВт},$$

где $k_{\text{эк}}$ − экономический эквивалент реактивной мощности, коэффициент, который учитывает потери активной мощности, связанные с производством и распределением 1 кВАр реактивной мощности, кВт/кВАр [8].

Полные потери мощности в двух трансформаторах

$$\Delta P^{\text{а}}_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta P'_{\text{хх}} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{\text{кз}}) = 2 \cdot (7{,}0 + 0{,}94^2 \cdot 34{,}9) = 75{,}9\text{кВт}.$$

Потери активной энергии

$$\Delta W^{\text{а}}_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot \left(\Delta P'_{\text{хх}} \cdot t_{\text{год}} + \beta^2 \cdot \Delta P'_{\text{кз}} \cdot \tau_{max}\right)$$

$$= 2 \cdot (7{,}0 \cdot 8760 + 0{,}94^2 \cdot 34{,}9 \cdot 3950{,}0) = 367482{,}4\text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторах

$$\Delta C^{\text{а}}_{\text{тр}} = \Delta W^{\text{а}}_{\text{тр}} \cdot \Delta C_{\text{э}} = 367482{,}4 \cdot 0{,}216 = 79335{,}8\text{руб},$$

где $\Delta C_{\text{э}}$ − стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч).

Капитальные затраты на установку трансформаторов

$$K^{\text{а}}_{\text{тр}} = K_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}} \cdot \gamma = 2320500 \cdot 2 \cdot 1{,}2 = 5569200{,}0\text{руб}.$$

где $K_{\text{тр}}$ − капитальные затраты на установку одного трансформатора [6, стр. 293, табл. 7.17.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы

$$\text{И}^{\text{а}}_{\text{тр}} = K^{\text{а}}_{\text{тр}} \cdot (E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C^{\text{а}}_{\text{тр}} = 5569200{,}0 \cdot (0{,}067 + 0{,}059) + 79335{,}8 =$$

$$781055{,}0\text{руб/год},$$

где $E_{\text{ам}}$ − нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр. 258, табл. 6.1.];

Еоб− нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр. 258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты

$$З^{\text{а}}_{\text{тр}} = K^{\text{а}}_{\text{тр}} \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{ам}} + E_{\text{об}}) + \Delta C^{\text{а}}_{\text{тр}} = 556920{,}0 \cdot (0{,}193 + 0{,}067 +$$

$$0{,}059) + 79335{,}8 = 1855910{,}6 \text{ руб/год},$$

где $E_{\text{н}}$ − нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования [5, стр. 76].

Расчет по другим трансформаторам сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Определение суммарных приведенных затрат на установку силового оборудования

$U_{\text{ном}}$, *кВ*	*Тр-тор* –	$\Delta P_{\text{кз}}$, *кВт*	$\Delta P_{\text{хх}}$, *кВт*	β –	$К_{\text{тр}}$, *руб*	$С_{\text{пот}}$, *руб/год*	$С_{\text{ам}}$, *руб/год*	$С_{\text{об}}$, *руб/год*	$З_{\text{тр}}$, *руб/год*
35	ТМН-2500/35	34,9	7,0	0,94	5569200,0	79335,8	373136,4	328582,8	1855910,6
	ТМН-4000/35	54,5	9,5	0,59	6254640,0	68142,2	419060,9	369023,8	2063372,4

3.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП

Выбор сечения линии производится для двух видов трансформаторов с последующим технико-экономическим сравнением двух вариантов.

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока.

ВЛЭП 35 кВ, трансформаторы ТМН–2500/35

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 2500}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 41{,}2\text{А}.$$

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.ГПП}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 2500}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 82{,}5\text{А}.$$

Экономическое сечение

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{41{,}2}{1{,}0} = 41{,}2\text{мм}^2$$

где $j_{\text{эк}}$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [6, стр. 78, табл. 3.12], А/мм^2.

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод АС 120/19 с $I_{\text{доп}}$=390А [6, стр. 82, табл. 3.15.]

–Проверка по перегрузочной способности (в послеаварийном режиме при отключении одной из питающих линий)

$$I_{\text{расч.п/ав}} < 1{,}3 \cdot I_{\text{доп}} = 1{,}3 \cdot 390 = 507{,}0\text{А}.$$

Проверка выполняется

–Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 120 мм^2. Таким образом, проверка выполняется.

–Проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{\text{доп}} < L_{\Delta U1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{расч}}} = 2{,}05 \cdot 5 \cdot \frac{390}{41{,}2} = 96{,}9 \text{ км} > L_{\text{факт}} = 5{,}0\text{км},$$

где $\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимое значение потери напряжения;

$L_{\text{доп}}$ – допустимая длина питающей линии, км;

$L_{\text{факт}}$ – фактическая длина питающей линии, км;

$L_{\Delta U1\%}$ – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1%, [3, стр. 89, табл. П.2.7].

–Проверка на корону: при номинальном напряжении 35 кВ не производится.

Потери активной энергии

$$\Delta W_{\text{лэп}}^{\text{а}} = n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot k_{\text{з}}^2 \cdot L \cdot \tau_{max} = n_{\text{ц}} \cdot \Delta p_{\text{уд}} \cdot \left(\frac{I_{\text{расч}}}{I_{\text{доп}}}\right)^2 \cdot L \cdot \tau_{max}$$

$$= 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{41{,}2}{390}\right)^2 \cdot 5{,}0 \cdot 3950{,}0 = 61832{,}6\text{кВт} \cdot \text{ч},$$

где $k_з$ – коэффициент загрузки линии по току;

$\Delta p_{уд}$ – удельные потери в линии при номинальной загрузке [3, стр. 89, табл. П.2.7], кВт/км.

Стоимость годовых потерь электроэнергии в линии

$$\Delta C^{а}_{лэп} = \Delta W^{а}_{лэп} \cdot \Delta C_{э} = 61832{,}6 \cdot 0{,}216 = 13349{,}0 руб,$$

где $\Delta C_{э}$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч).

Капитальные затраты на сооружение линии

$$K^{а}_{лэп} = K_{лэп} \cdot L \cdot \gamma = 1999200 \cdot 5{,}0 \cdot 1{,}2 = 11995200{,}0 руб,$$

где $K_{лэп}$ – капитальные затраты на строительство одного километра ВЛЭП, для двухцепной линии на стальных опорах, для I района по гололеду [6, стр. 282, табл. 7,5.], руб.

Годовые эксплуатационные расходы

$$И^{а}_{лэп} = K^{а}_{лэп} \cdot (E_{ам} + E_{об}) + \Delta C^{а}_{лэп} = 11995200{,}0 \cdot (0{,}100 + 0{,}008) + 13349{,}0 = 1308830{,}6 руб/год,$$

где $E_{ам}$ – нормы ежегодных отчислений на амортизацию [6, стр. 258, табл. 6.1.];

$E_{об}$ – нормы ежегодных отчислений на обслуживание [6, стр. 258, табл. 6.2.].

Суммарные приведенные затраты

$$З^{а}_{лэп} = K^{а}_{лэп} \cdot (E_{н} + E_{ам} + E_{об}) + \Delta C^{а}_{лэп} = 11995200{,}0 \cdot (0{,}152 + 0{,}100 + 0{,}008) + 13349{,}0 = 3132101{,}0 руб/год,$$

где $E_{н}$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для линий электропередачи [5, стр. 76].

Расчет по другим ЛЭП сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Определение суммарных приведенных затрат на сооружение ЛЭП, питающих ГПП

$U_{ном}$, *кВ*	*Тр-тор* –	*Сечение* *мм*^{2}	$k_з$ –	$К_{ЛЭП}$, *руб*	$К_{об}$, *руб*	$С_{пот}$, *руб/год*	$С_{ам}$, *руб/год*	$С_{об}$, *руб/год*	$З_{ЛЭП}$, *руб/год*
35	ТМН-2500/35	АС 120/19	0,106	11995200,0	2099160,0	13349,0	1199520,0	95961,6	3132101,0
	ТМН-4000/35	АС 120/19	0,169	11995200,0		34173,6	1199520,0	95961,6	3152925,6

3.8 Технико-экономическое сравнение вариантов

Для удобства сравнения сведем результаты технико-экономических расчетов в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Сравнение суммарных приведенных затрат

$U_{ном}$, *кВ*	*Тр-тор* –	*Сечение* *мм*^{2}	З, *руб/год*
35	ТМН-2500/35	АС 120/19	4988011,6
	ТМН-4000/35	АС 120/19	5216297,9

Исходя из сравнения расчетов, можно сделать вывод, что по приведенным затратам наиболее целесообразен вариант с трансформаторами мощностью 2500 кВА.

3.9 Схема внутризаводской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки ВБбШв (кабель с медными

жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированный, с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга) с прокладкой по эстакадам. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой по эстакадам.

Схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена в приложении 12.

ГПП – РУ1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}} + S_{\text{р}}^{\text{в}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000 + 1008{,}0}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 144{,}7\text{А}.$$

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

$S_{\text{р}}$ – расчетная мощность высоковольтной нагрузки РУ, кВА;

$n_{\text{тр}}$ – количество трансформаторов, шт;

$n_{\text{ц}}$ – количество цепей питающей линии, шт.

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}} + S_{\text{р}}^{\text{в}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000 + 1008{,}0}{(2-1) \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 289{,}4\text{А}.$$

Экономическое сечение при работе предприятия с T_{max} > 5000 час/год и питании кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{\text{эк}}$ = 2,0 А/мм^2 [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{144{,}7}{2{,}0} = 72{,}4\text{мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

F =120мм^2 с $I_{\text{доп}}$=260А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1{,}00 \cdot 260 = 260\text{А} > I_{\text{расч}} = 144{,}7\text{А},$$

где $K_{пр}$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам;

$$1{,}3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1{,}3 \cdot 260 = 338{,}0\text{А} > I_{\text{расч.}\frac{\text{п}}{\text{ав}}} = 289{,}4\text{А}.$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Оставляем ранее намеченный кабель.

РУ1 – ТП3

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 96{,}2\text{А}.$$

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

$n_{\text{тр}}$ – количество трансформаторов, шт;

$n_{\text{ц}}$ – количество цепей питающей линии, шт.

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{(2-1) \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 192{,}5\text{А}.$$

Экономическое сечение при работе предприятия с T_{max} > 5000 час/год и питании кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{эк}$ = 2,0 А/мм^2 [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{96{,}2}{2{,}0} = 48{,}1\text{мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

F =70мм^2 с $I_{\text{доп}}$=180А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1{,}00 \cdot 180 = 180{,}0\text{А} > I_{\text{расч}} = 96{,}2\text{А},$$

где $K_{пр}$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам;

$$1{,}3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1{,}3 \cdot 180 = 234{,}0\text{А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 192{,}5\text{А}.$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Оставляем ранее намеченный кабель.

РУ1 – АД630кВт

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{СД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot cos\varphi} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0{,}75} = 80{,}8\text{А}.$$

где $P_{\text{СД}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт.

Экономическое сечение при работе предприятия с T_{max} > 5000 час/год и питании кабелями с медными жилами определяется для экономической плотности тока $j_{эк}$ = 2,0 А/мм^2 [1, стр. 72, табл. 3.16]

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{80{,}8}{2{,}0} = 40{,}4\text{мм}^2$$

Намечаем кабель ближайшего стандартного сечения марки ВБбШв

F =35мм^2 с $I_{\text{доп}}$=120А. [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1{,}00 \cdot 120 = 120{,}0\text{А} > I_{\text{расч}} = 80{,}8\text{А},$$

где $K_{пр}$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам.

Выбранное сечение проходит по результату проверки. Оставляем ранее намеченный кабель.

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

№ п/п	Участок	Мощность участка, кВА	$n_ц$, шт	$U_{ном}$, кВ	L, км	Расчетная нагрузка		$F_{эк}$, мм^2	Способ прокладки	$K_{пр}$	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
						$I_{расч}$, А	$I_{расч.ав}$, А					$I'_{доп}$, А	$1{,}3 \cdot I'_{доп}$, А
1	ГПП − ТП1	1000,0	1	6	0,109	96,2	–	48,1	Эстакады	1,00	ВБбШв - 1 (3 × 70)	180,0	–
2	ГПП − ТП2	2000,0	2	6	0,048	96,2	192,5	48,1		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 70)	180,0	234,0
3	РУ1 − ТП3	2000,0	2	6	0,025	96,2	192,5	48,1		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 70)	180,0	234,0
4	ГПП −РУ1	3008,0	2	6	0,029	144,7	289,4	72,4		1,00	ВБбШв - 2 (3 × 120)	260,0	338,0
5	РУ1 − АД	840,0	1	6	0,040	80,8	–	40,4		1,00	ВБбШв - 1 (3 × 35)	120,0	–

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена в приложении 10. Схема электрическая принципиальная приведена в приложении 12.

3.10 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

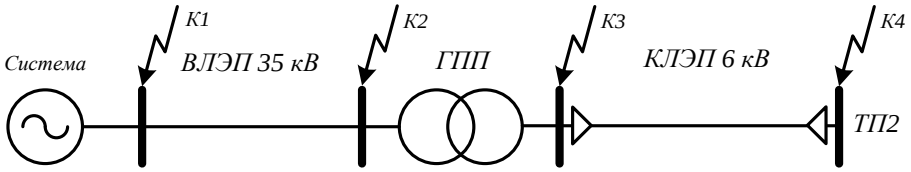
В электрических установках могут возникать различные виды КЗ, сопровождающихся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

Напряжение на шинах ВН ГПП при расчете можно считать постоянным, так как предприятие получает питание от энергосистемы неограниченной мощности, это означает, что периодическая составляющая тока КЗ практически не изменяется во времени и остается постоянной от начала КЗ до его окончания.

Расчет токов КЗ ведем в относительных единицах. Для этого все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности.

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения рисунок 3.5 и на её основе схему замещения рисунок 3.6. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

Расчет токов КЗ ведем на участке Система – ГПП – ТП2.



$S_с$ =400 МВА 2×АС-120/19 ТМН-2500/35 ВБбШв-2(3×70)

$U_{ном}$ =35кВ	$S_{ном}$ = 2,5 МВА	$U_{ном}$ =6кВ
l =5,0км	$U_к$ =6,5%	l =0,048км
r_0 =0,244Ом/км		r_0 =0,260Ом/км
x_0 =0,427Ом/км		x_0 =0,080Ом/км
$n_ц$ =2шт		$n_ц$ =2шт

Рисунок 3.5 – Расчетная схема рассматриваемого участка

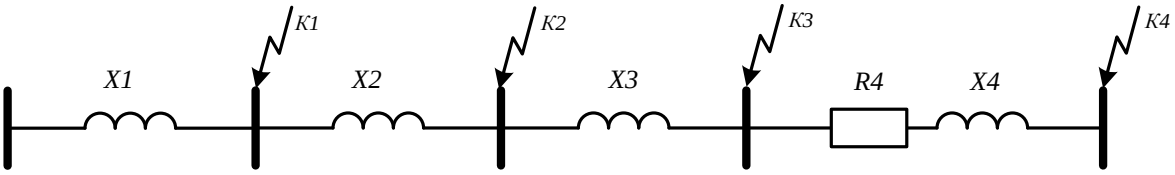


Рисунок 3.6 – Схема замещения рассматриваемого участка

По исходным данным определяем мощность системы. Приблизительно принимаем за мощность системы мощность отключения выключателя на присоединении подстанции к системе

$$S_с = 400\text{МВА}.$$

Принимаем за базисные величины

$S_б = 100\text{МВА}$, $U_{б1} = 37{,}0\text{кВ}$, $U_{б2} = 6{,}3\text{кВ}$.

$I_{б1} = \frac{S_б}{\sqrt{3}\cdot U_{б1}} = \frac{100}{\sqrt{3}\cdot 37{,}0} = 1{,}560\text{кА}$, $I_{б2} = \frac{S_б}{\sqrt{3}\cdot U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3}\cdot 6{,}3} = 9{,}164\text{кА}$.

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтной ВЛЭП, как правило, учитываются только индуктивные сопротивления. Целесообразно учитывать активные сопротивления, если $R_\Sigma > X_\Sigma / 3$.

Сопротивления элементов

Система

$$X_с = X_1 = \frac{S_б}{S_с} = \frac{100}{400} = 0{,}250.$$

Воздушная линия

$$X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б1}^2} = 0{,}427 \cdot 5{,}0 \cdot \frac{100}{1 \cdot 37{,}0^2} = 0{,}156.$$

Трансформаторы

$$X_3 = \frac{U_{к,\%}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{ном.тр}} = \frac{6{,}5}{100} \cdot \frac{100}{2{,}5} = 2{,}600.$$

Кабельная линия

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б2}^2} = 0{,}260 \cdot 0{,}048 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6{,}3^2} = 0{,}031,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{n_ц \cdot U_{б2}^2} = 0{,}088 \cdot 0{,}048 \cdot \frac{100}{1 \cdot 6{,}3^2} = 0{,}010.$$

Полное приведенное сопротивление от источника до точки К1

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_{\Sigma 1}^2 + X_{\Sigma 1}^2} = X_1 = 0{,}250.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{к1} = \frac{I_{б1}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{1{,}560}{0{,}250} = 6{,}242 кА.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1{,}608 \cdot 6{,}242 = 14{,}2 кА,$$

где $k_{уд}$ − ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени $T_а$, определяемый по зависимости $k_{уд} = f(T_а)$ [9, стр. 44, табл. П1.5].

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	$U_б$,	$I_б$,	Z_Σ	$k_{уд}$	$T_а$,	$I_к$,	$i_{уд}$,
	кВ	***кА***	−	−	***сек***	***кА***	***кА***
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***
К1	37,0	1,560	0,250	1,608	0,02	6,242	14,2
К2	37,0	1,560	0,406	1,608	0,02	3,844	8,7
К3	6,3	9,164	3,006	1,869	0,01	3,049	8,1
К4	6,3	9,164	3,016	1,869	0,01	3,039	8,0

Полученное по экономической плотности тока сечение высоковольтных линий необходимо проверить на термическую стойкость при коротком замыкании.

Время отключения короткого замыкания [9, стр. 206-211]

$$t_{пр} = 0{,}1 \div 0{,}3 сек.$$

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$B_к = I_к^2 \cdot t_{пр} = 3048{,}7^2 \cdot 0{,}3 = 2788396{,}0 А^2 \cdot сек.$$

где $I_к$ – ток короткого замыкания на низкой стороне трансформаторов ГПП.

Термически стойкое сечение равно

$$F_{min} = \frac{I_к \cdot \sqrt{t_{пр}}}{C} = \frac{\sqrt{B_к}}{C} = \frac{2788396{,}0}{141} = 11{,}8 мм^2 < F_{real} = 70 мм^2,$$

где С – (для кабелей до 10 кВ с медными жилами) – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника [3, стр. 42], $А \cdot с^{1/2}/мм^2$;

$F_{реал}$ – сечение линии, питающей подстанцию, $мм^2$.

Таким образом, предварительно выбранное сечение по термической стойкости проходит. Оставляем ранее выбранное сечение.

4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

В системах электроснабжения могут возникать режимы, характеризующиеся электрическими, тепловыми и механическими нагрузками, превышающие нагрузки нормального режима работы и представляющие, опасность для элементов системы электроснабжения. Правильно выбранное оборудование – залог надежной работы электрооборудования и всей системы электроснабжения.

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

Намечаем к установке выключатель типа ВВУ-35-40/2000

Параметры выключателя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{ном}$ = 35кВ;

номинальный ток $I_{ном}$ = 2000А;

номинальный ток отключения $I_{отк.ном}$ = 40кА;

ток электродинамической стойкости $I_{дин}$ =40кА;

пик тока электродинамической стойкости $i_{дин}$ = 100кА;

ток термической стойкости $I_{тер}$ =40,0кА;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}$ = 3с;

полное время отключения выключателя $t_{отк.в}$ = 0,07с.

Проверка выключателя

–по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 35{,}0\text{кВ} = U_{ном} = 35{,}0\text{кВ};$$

–по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4709{,}3}{\sqrt{3} \cdot 35{,}0} = 77{,}7\text{А} < I_{ном} = 2000{,}0\text{А};$$

–по отключающей способности $I_{n,t} \leq I_{отк.ном}$

$$I_{n,t} = 6{,}242\text{кА} < I_{отк.ном} = 40{,}0\text{кА};$$

–по электродинамической стойкости $I_{п,0} \leq I_{дин}$, $i_{уд} \leq i_{дин}$

$$I_{n,0} = 6{,}242\text{кА} < I_{дин} = 40\text{кА},$$

$$i_{уд} = 14{,}2\text{кА} < I_{дин} = 100\text{кА};$$

–по термической стойкости $B_к \leq I^2_{тер \cdot ттер}$

$$B_к = I^2_{п,0} \cdot \left(t_{р.з.} + t_{отк.в} + T_а\right) = 6{,}242^2 \cdot (1{,}2 + 0{,}07 + 0{,}020) = 50{,}256\text{кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 40{,}0^2 \cdot 3 = 4800{,}0 \cdot \text{с},$$

$$B_к = 50{,}256\text{кА}^2 \cdot \text{с} < I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 4800{,}0\text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-35/1000

Параметры разъединителя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{ном}$ =35*кВ;*

номинальный ток $I_{ном}$ =1000*А;*

амплитуда предельного сквозного тока $i_{пр.с}$ = 51 *кА;*

ток термической стойкости $I_{тер}$ =20,0 *кА;*

длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}$ =4 *с;*

Проверка разъединителя

−по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 35{,}0 \text{ кВ} = 35{,}0 \text{кВ};$$

−по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = 77{,}7\text{А} < I_{ном} = 1000{,}0\text{А};$$

−по электродинамической стойкости $i_{уд} \leq i_{пр.с}$

$$i_{уд} = 14{,}2\text{кА} < I_{пр.с} = 51\text{кА};$$

−по термической стойкости $B_к \leq I_{2тер \cdot ттер}$

$$\text{B}_\text{к} = 50{,}256\ \text{кА}^2 \cdot \text{с} < \text{I}_{\text{тер}}^2 \cdot \text{t}_{\text{тер}} = 20{,}0^2 \cdot 4 = 1600{,}0\text{кА}^2 \cdot \text{с};$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

Оборудование выбираем однотипное, т.е. все разъединители на высокой стороне будут одной марки и все выключатели на высокой стороне будут одной марки.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

Расчетные данные	***Выключатель ВВУ-35-40/2000***	***Разъединитель РДЗ-35/1000***
$U_{уст}$ = 35 *кВ*	$U_{ном}$ = 35 *кВ*	$U_{ном}$ = 35 *кВ*
I_{max} = 77,7 *А*	$I_{ном}$ = 2000 *А*	$I_{ном}$ = 1000 *А*
$I_{п,t}$ = 6,2 *кА*	$I_{отк.ном}$ = 40 *кА*	—
$I_{п,о}$ = 6,2 *кА*	$I_{дин}$ = 40 *кА*	—
$I_{уд}$ = 14,2 *кА*	$i_{дин}$ = 100 *кА*	$i_{пр.с}$ = 51 *кА*
$B_к$ = 50,3 *кА²·с*	$\cdot I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 4800 кА^2 \cdot с$	$\cdot I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 1600 кА^2 \cdot с$
Расчетные данные	***Выключатель ВЭ-10-20/630***	***Разъединитель***
$U_{уст}$ = 6 *кВ*	$U_{ном}$ = 10 *кВ*	Используется выкатная тележка
I_{max} = 207,7 *А*	$I_{ном}$ = 630 *А*	
$I_{п,t}$ = 3,0 *кА*	$I_{отк.ном}$ = 20 *кА*	
$I_{п,о}$ = 3,0 *кА*	$I_{дин}$ = 20 *кА*	
$i_{уд}$ = 8,1 *кА*	$i_{дин}$ = 51 *кА*	
$B_к$ = 5,2 *кА²·с*	$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 1200 кА^2 \cdot с$	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а так же для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам тока на понизительных подстанциях являются амперметры, ваттметры,

варметры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр.362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов тока представлена в таблице 4.2 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

Место установки	***Прибор***	***Тип***	***Нагрузка, В·А***		
			A	***B***	***C***
Сторона ВН трансформатора	Амперметр	Э – 350	–	0,5	–
	Ваттметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Счетчик *W*	СЭТ-4ТМ	2,5	–	2,5
	Счетчик *V*	СЭТ-4ТМ	2,5	–	2,5
Итого:			***6,0***	***0,5***	***6,0***
Сторона НН трансформатора	Амперметр	Э – 350	–	0,5	–
	Ваттметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Варметр	Д – 335	0,5	–	0,5
	Счетчик *W*	СЭТ-4ТМ	2,5	–	2,5
	Счетчик *V*	СЭТ-4ТМ	2,5	–	2,5
Итого:			***6,0***	***0,5***	***6,0***

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП.

Из таблицы 4.2 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем к установке трансформатор тока типа ТФЗМ35

Параметры трансформатора тока [8, стр. 295, табл. 5-9]

номинальное напряжение $U_{ном}$ =35кВ;

номинальный ток $I_{ном}$ =100А;

вторичный номинальный ток трансформатора тока I_2 =5А;

ток электродинамической стойкости $i_{дин}$ =21кА;

ток термической стойкости $I_{тер}$ =4,7кА;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер}$ =3с;

вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2ном}$ =1,2Ом;

класс точности 0,5.

−проверка трансформатора тока по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 35{,}0\text{кВ} = U_{ном} = 35{,}0\text{кВ};$$

−проверка трансформатора тока по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4709{,}3}{\sqrt{3} \cdot 35{,}0} = 77{,}7\text{А} < I_{ном} = 100{,}0\text{А};$$

−проверка трансформатора тока по вторичной нагрузке $Z_2 \leq Z_{2ном}$

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6{,}0}{5^2} = 0{,}24\text{Ом},$$

где $S_{приб}$ – мощность потребляемая приборами (таблица 4.2).

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{\text{пр.доп}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = 1{,}2 - 0{,}24 - 0{,}10 = 0{,}86\text{Ом},$$

где $r_{\text{к}}$ – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух-трех приборах; 0,1 Ом при большем количестве приборов) [9, стр. 374].

Для присоединения приборов к трансформаторам тока используем кабель с алюминиевыми жилами. Расчетное сечение кабеля

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0{,}0238 \cdot 12}{0{,}86} = 0{,}39\text{мм}^2$$

где ρ = 0,0283 Ом/мм^2— удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр. 374];

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением q=4мм^2 [9, стр. 375].

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{q} = \frac{0{,}283 \cdot 12}{4} = 0{,}085\text{Ом}.$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0{,}24 + 0{,}085 + 0{,}10 = 0{,}425\text{Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1{,}200\text{Ом}.$$

−проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$

$$i_{\text{уд}} = 14{,}2\ \text{кА} < i_{\text{дин}} = 21\text{кА};$$

−проверка трансформатора тока на термическую стойкость $B_{\text{к}} \leq I^2_{\text{тер}} \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_{\text{к}} = 50{,}256\ \text{кА}^2 \cdot \text{с} < I^2_{\text{тер}} \cdot t_{\text{тер}} = 4{,}7^2 \cdot 3 = 66{,}3\text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

Трансформатор тока на низкой стороне трансформатора ГПП производится аналогично. Поэтому дальнейшие расчеты сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	***Расчетные данные***	***Каталожные данные***
ТА1	$U_{\text{уст}}$ = 6 *кВ*	$U_{\text{ном}}$ = 10 *кВ*
ТШЛ 10	$I_{\max}$ = 207,7 *А*	$I_{\text{ном}}$ = 2000 *А*
	$B_{\text{к}}$ = 5,2 *кА^2·с*	$B_{\text{к}}$ = 14700 *кА^2·с*
Сторона НН трансформатора	$i_{\text{уд}}$ = 8,1 *кА*	*не проверяется*
	r_2 = 0,375 *Ом*	$Z_{2\text{ном}}$ = 0,800 *Ом*
ТА2	$U_{\text{уст}}$ = 35 *кВ*	$U_{\text{ном}}$ = 35 *кВ*
ТФЗМ35	$I_{\max}$ = 77,7 *А*	$I_{\text{ном}}$ = 100 *А*
	$B_{\text{к}}$ = 50,3 *кА^2·с*	$B_{\text{к}}$ = 66,3 *кА^2·с*
Сторона ВН трансформатора	$i_{\text{уд}}$ = 14,2 *кА*	$i_{\text{дин}}$ = 21 *кА*
	r_2 = 0,425 *Ом*	$Z_{2\text{ном}}$ = 1,200 *Ом*

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения веского напряжения до стандартного значения 100 вольт, а так же для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам напряжения на понизительных подстанциях являются вольтметры, ваттметры, варметры, частотомеры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 4.4 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.4 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	***Прибор***	***Тип***	$S_{обм}$, $В \cdot А$	$n_{обм}$	$cos\varphi$	$sin\varphi$	$n_{приб}$	***Потр. мощн.***	
								P, Вт	***Q, ВАр***
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	1	2,0	0,0
	Вольтметр	Н – 393	10,0	1	1	0	1	10,0	0,0
	Частотомер	Н – 397	7,0	1	1	0	1	7,0	0,0
	Ваттметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик *W*	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	1	0,02	0,0
	Счетчик *V*	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	1	0,02	0,0
Итого:								***25,0***	***0,0***
Сторона НН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	2	4,0	0,0
	Ваттметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик *W*	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	4	0,08	0,0
	Счетчик *V*	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	4	0,08	0,0
Итого:								***10,2***	***0,0***

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-6

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном}$ =6кВ;

номинальная мощность $S_{ном}$ =50В· А;

класс точности 0,5.

−проверка трансформатора напряжения по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 6кВ = U_{ном} = 6кВ;$$

−проверка трансформатора напряжения по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{ном}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10{,}2^2 + 0{,}0^2} = 10{,}2В \cdot А < S_{ном} = 50В \cdot А.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН

трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа ЗНОМ-35

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном} = 35кВ$;

номинальная мощность $S_{ном} = 150$ В· А;

класс точности 0,5.

−проверка трансформатора напряжения по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 35кВ = U_{ном} = 35кВ;$$

−проверка трансформатора напряжения по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{ном}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{25{,}0^2 + 0{,}0^2} = 25{,}0В \cdot А < S_{ном} = 150В \cdot А.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил q= 4мм2 по условию механической прочности [9, стр. 375].

4.4 Учет электрической энергии

Для присоединения точных измерительных приборов используются трансформаторы тока с классом точности – 0,2, для счетчиков денежного расчета – 0,5, для всех технических измерительных приборов – 1, для релейной защиты – 3 и 10.

Большое значение играет точность измерения потребленной электроэнергии, так как вопросы рационального и экономного расходования электроэнергии занимают важнейшую роль на промышленном предприятии. Одним из главных условий решения этих вопросов является организация доступной и качественной системы учета электроэнергии. В качестве такой системы применим автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

АСКУЭ – иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность измерительно-информационных комплексов точек измерений, информационно-вычислительных комплексов электроустановок, информационно-вычислительного комплекса и системы обеспечения единого времени, выполняющее функции проведения измерений, сбора, обработки и хранения результатов измерений, информации о состоянии объектов и средств измерений, а также передачи полученной информации в интегрированную автоматизированную систему управления коммерческим учетом на оптовом рынке электроэнергии в автоматизированном режиме.

В системе общего учёта расхода электроэнергии на промышленном предприятии важное место занимает технический учёт, то есть контроль расхода электроэнергии по цехам, энергоёмким агрегатам и линиям. Технический учёт позволяет осуществлять контроль за соблюдением режимов электропотребления и является основой для составления

электробалансов на промышленном предприятии. Наличие такого учёта позволяет определить удельный расход электроэнергии на различные виды выпускаемой продукции.

Основными функциями АСКУЭ является:

–непрерывный опрос счетчиков электроэнергии устройством сбора данных;

–дистанционная запись тарифных расписаний в приборы учета по отложенному заданию;

–автоматическая коррекция текущего времени для каждого счетчика по внутренним часам сервера сбора данных;

–хранение даты и времени начала эксплуатации;

–возможность дистанционного отключения нагрузки;

–организация прозрачного канала связи для работы со счетчиками при помощи конфигурационного программного обеспечения;

–определение и регистрация фактов безучетного потребления электроэнергии в системе, на основе сведения балансов отпущенной и потребленной энергии за интервалы времени;

–передача данных о потребленной электроэнергии в биллинговые системы;

–технический учет расхода электроэнергии.

Система АСКУЭ дает возможность связать планирование энергозатрат с планом выпуска готовой продукции, точно определить расход энергоресурсов и выделить его в себестоимости конечного продукта производства. Кроме этого, АСКУЭ позволяет видеть моменты простоя и перегрузки работы предприятия, утечки электроэнергии, что помогает скорректировать работу и повысить экономическую эффективность предприятия.

Система является рациональным решением для:

–повышения точности учета электроэнергии;

–снижения потребляемой мощности на предприятии в часы пиковых нагрузок энергосистемы;

–перехода на расчет за электроэнергию с энергосистемой по дифференцированным тарифам;

–контроля за качеством электроэнергии.

Распространенным на сегодняшней день являются организация связи между точками учёта и УСПД (устройство сбора и передачи данных) посредством связи RS-485, PLC(связь по силовой сети) и RF (радио связь) которая часто используется как дублирующая основного канала связи.

На рассматриваемом предприятии используется организация системы АСКУЭ с применением PCL.

В случае применения в системе АСКУЭ интерфейса PLC установленные приборы учета объединяться в единую сеть (или в несколько не зависящие друг от друга сети) по средствам канала PLC. Замыкающим и

ключевым звеном такой сети могут является GSM/GPRS коммуникатор, который передает данные на сервер, где они обрабатываются и хранятся.

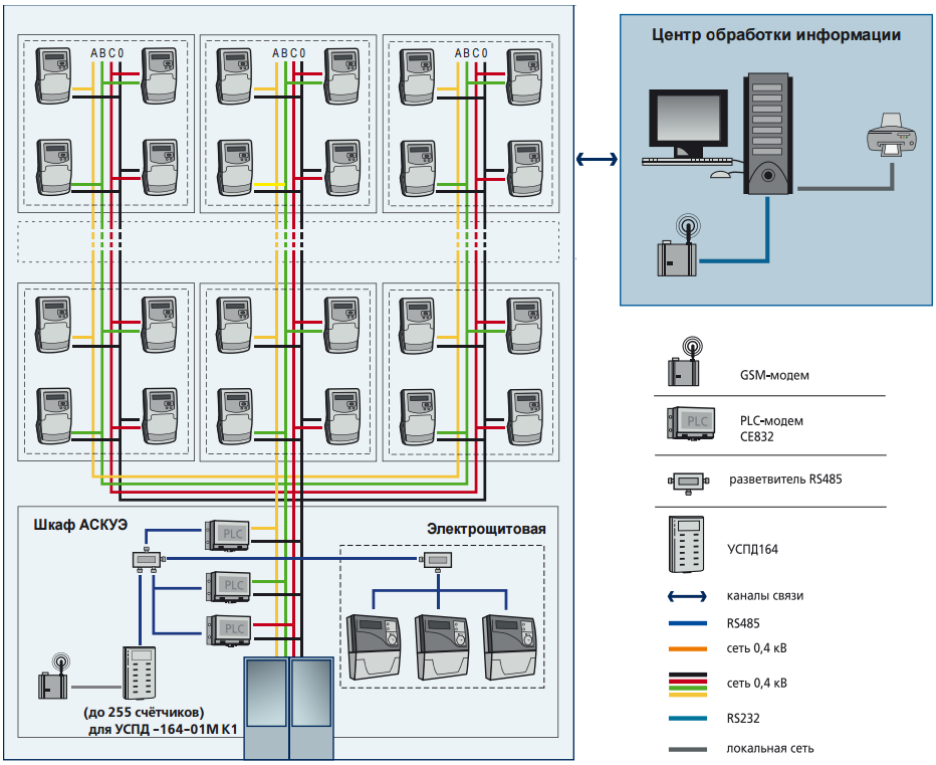


Рисунок 4.1 – Структурная схема АСКУЭ по средствам связи канала PLC

В случае использования связи по средством PLC технологий, контроль потребления электроэнергии осуществляется непосредственно по самой распределительной силовой сети 0,4 кВ, т.е. для связи УСПД с точками учёта не используется никаких дополнительных каналов связи, что влечет за собой снижение себестоимости точки учёта. При идеальных условиях и отсутствии большего количества помех в силовой сети потребителя скорость обмена данных по силовой сети можно достичь до 10-15 Mb/сек. В случае применения проводки из алюминия, а не из меди, происходит более быстрое затухание сигнала и в действительности скорость передачи информации по силовой сети значительно снижается, но чаще всего её хватает для выполнения основных задач АСКУЭ.

В настоящий момент более обоснованным является применение технологий PLC передачи данных нежели организация связи между точками учёта и УСПД посредством, например, RS-485 интерфейса. Несмотря на то, что технология PLC немого уступает в скорости передачи данных её хватает на выполнения основных задач системы АСКУЭ, а также стоимость монтажа и обслуживания точки учёта при использовании PLC технологии значительно меньше, т.к. часто прокладка дополнительного канала связи в точку учёта электроэнергии просто невозможна или слишком дорогостоящая.

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЦЕХА ЭКСТРУЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

Приёмники распределяются по пунктам питания, определяются расчётные электрические нагрузки, выбирается схема и способ прокладки сети.

Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения.

Производится выбор аппаратов защиты и силовой распределительной сети, согласуя с аппаратами защиты.

Для участка сети проектируемого объекта строится карта селективности действия аппаратов защиты.

Производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения.

5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники

В качестве аппаратов защиты принимаем автоматические выключатели серии ВА с электромагнитным расцепителем для защиты линии от токов КЗ и тепловым для защиты от перегрузки.

Выбор сечений питающей линий производится по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева. Линии, питающие распределительные пункты, проверяются по допустимой потере напряжения. Сечения кабелей согласовываются с действием аппаратов защиты.

Для питания распределительных пунктов и отдельных электроприемников принимаем кабель марки $ВВГ_{НГ}$ с прокладкой на лотках по стенам. Питание осуществляем по радиальным линиям.

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего выключателя ТП

Расчетная мощность нагрузки подстанции

$$S_{\text{м.ПС}} = 1791{,}6 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{\text{р.ПС}} = \frac{S_{\text{м.ПС}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1791{,}6}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 2722{,}0 \text{ А}.$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

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

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции

$$I_{\text{п/ав.тр}} = 1{,}4 \cdot I_{\text{ном.тр}} = 1{,}4 \cdot 1519{,}3 = 2127{,}1\text{А},$$

Пиковый ток подстанции

$$\mathrm{I}_{\text{пик.ПС}} = \mathrm{I}_{\text{пик}}^{\text{max.ПР}} + \mathrm{I}_{\text{ном.тр}} - \mathrm{I}_{\text{м}}^{\text{ПР}} = 601{,}2 + 2722{,}0 - 225{,}7 = 3097{,}6\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 − 45 с параметрами

$I_{\text{ном.ав}}$ =3000А, $I_{\text{тепл}}$ =3000А [3, стр. 87, табл. П.2.3].

–проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 3000\text{А} > 1{,}1 \cdot I_{\text{ном.тр}} = 1{,}1 \cdot 2722{,}0 = 2994{,}2\text{А}.$$

– проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{\text{пер}} = 2 \cdot I_{\text{тепл}} = 2 \cdot 3000 = 600{,}0\text{А} > I_{\frac{\text{п}}{\text{ав}}.\text{тр}} = 2127{,}1\text{А}.$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1{,}25 \cdot I_{\text{пик.ПС}} = 1{,}25 \cdot 3097{,}6 = 3872{,}0\text{А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1{,}25 \cdot I_{\text{пик.ПС}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{3872{,}0}{3000} = 1{,}3, \text{принимаем К} = 2{,}0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 2{,}0 \cdot 3000 = 6000{,}0\text{А} > 1{,}25 \cdot I_{\text{пик.ПС}} = 3872{,}0\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_{\text{р}} = 195{,}5\text{А}, \qquad I_{\text{пик}} = 425{,}3\text{А}.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА57 − 35 с параметрами

$I_{\text{ном.ав}}$ =250А, $I_{\text{тепл}}$ =250А [3, стр. 87, табл. П.2.3].

–проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 250\text{А} > 1{,}1 \cdot I_{\text{р}} = 1{,}1 \cdot 195{,}5 = 215{,}1\text{А}.$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1{,}25 \cdot I_{\text{пик}} = 1{,}25 \cdot 425{,}3 = 531{,}6\text{А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1{,}25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{531{,}6}{250} = 2{,}1, \text{принимаем К} = 2{,}5.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о.}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 2{,}5 \cdot 250 = 625{,}0\text{А} > 1{,}25 \cdot I_{\text{пик}} = 531{,}6\text{А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ – 1(4 ×120) $I_{\text{доп}}$ =260А [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 260\text{А} > I_{\text{р}} = 215{,}1\text{А}.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 145\text{А} > \frac{K_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 250}{1} = 250{,}0\text{А},$$

где $I_{\text{з}}$ – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

$k_{\text{прокл}}$ – поправочный коэффициент на условие прокладки (для нормальных условий принимается равным 1);

$k_{\text{з}}$ – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ).

–проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{р\%} = \Delta U_0 \cdot I_р \cdot l = 0{,}078 \cdot 195{,}5 \cdot 0{,}012 = 0{,}18\% < 5\%,$$

где l – длина рассматриваемой линии, км.

5% – допустимое значение потерь напряжения.

ΔU_0 – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В [3, стр. 91, табл. П.2.11], % / (А·км);

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

в) Участок ПР1 – Калибровочный стол

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{ном} = 51{,}6А, \qquad I_{пуск} = 258{,}2А.$$

Намечаем к установке автомат марки: ВА57 – 29 с параметрами

$I_{ном.ав}$ =250А, $I_{тепл}$ =63А [3, стр. 87, табл. П.2.3].

–проверка намеченного автомата по нагреву номинальным током

$$I_{тепл} = 63А > 1{,}1 \cdot I_р = 1{,}1 \cdot 51{,}6 = 56{,}8А.$$

–проверка намеченного автомата по условию перегрузки пусковым током

$$1{,}5 \cdot I_{пуск} = 1{,}5 \cdot 258{,}2 = 387{,}3А.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1{,}5 \cdot I_{пуск}}{I_{тепл}} = \frac{387{,}3}{63} = 6{,}1, \text{принимаем К} = 12{,}0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.о.} = K \cdot I_{тепл} = 12{,}0 \cdot 63 = 756{,}0А > 1{,}5 \cdot I_{пуск} = 387{,}3А.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки ВВГ – 1(4 ×16) $I_{доп}$ =75А [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

–проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{доп} = 75А > I_{ном} = 56{,}8А.$$

–согласование с действием аппарата защиты

$$I_{доп} = 95А > \frac{K_з \cdot I_з}{K_{прокл}} = \frac{1 \cdot 63}{1} = 63{,}0А.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Выбор аппаратов защиты и кабельных линий приведен в приложении 5.

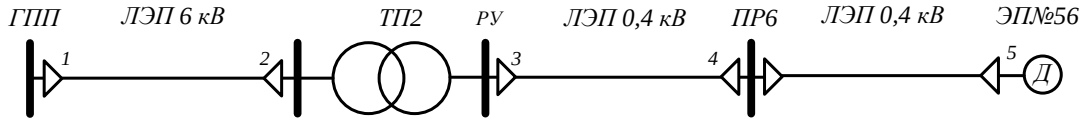
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

В соответствии с этим ГОСТ для силовых сетей промышленных предприятий отклонение напряжений не должен превышать ±5% от номинального значения. На шинах 6-10 кВ подстанции, к которой присоединены распределительные сети, напряжение должно поддерживаться не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП2 – ПР6 – ЭП №56.

Расчетные данные приемника №66

$P_{ном}$ =40,0кВт; $Q_{ном}$=30,0кВАр; $S_{ном}$ =50,0кВА.



ВБбШв -	ТМ-1000/10	ВВГ-	$ВВГ_{НГ}$-
2(3 × 70)	$S_{ном}$ =1,00МВА	1(4 × 120)	1(4 × 35)
l =47,9м	$U_к$ =5,5%	l =15,6м	l =14,9м
r_0 =0,260мОм/м	$P_{кз}$ =12,2кВт	r_0 =0,153мОм/м	r_0 =0,520мОм/м
x_0 =0,080мОм/м	$n_{тр}$ =2шт	x_0 =0,060мОм/м	x_0 =0,064мОм/м
$n_ц$ =2шт		$n_ц$ =1шт	$n_ц$ =1шт

Рисунок 5.1 − Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_ц} = \frac{0{,}260 \cdot 47{,}9}{2} \cdot 10^{-3} = 0{,}006Ом,$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_ц} = \frac{0{,}080 \cdot 47{,}9}{1} \cdot 10^{-3} = 0{,}002Ом.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{ц.ТП} = 1418{,}8кВт, \qquad Q_{12} = \sum Q_{ц.ТП} = 1061{,}3кВАр.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{1418{,}8 \cdot 0{,}006 + 1061{,}3 \cdot 0{,}002}{10 \cdot 6{,}3^2} = 0{,}027\%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0{,}027 \cdot \frac{6300}{100} = 1{,}7В.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 6300 - 1{,}7 = 6298{,}3 \text{ В}.$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_а = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{ном.тр}} = \frac{12{,}2 \cdot 100}{1000} = 1{,}220,$$

$$U_р = \sqrt{U_к^2 + U_а^2} = \sqrt{5{,}5^2 + 1{,}220^2} = 5{,}363.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{тр} \cdot S_{ном.тр}} = \frac{1418{,}8}{2 \cdot 1000} = 0{,}709.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{тр} = 0{,}02 \cdot P_{12} = 0{,}02 \cdot 1418{,}8 = 28{,}4кВт,$$

$$\Delta Q_{тр} = 0{,}10 \cdot P_{12} = 0{,}10 \cdot 1418{,}8 = 141{,}9кВАр.$$

Активная, реактивная и полная мощности, протекающие по участку 2-3

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{тр} = 1418{,}8 - 28{,}4 = 1390{,}4кВт,$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{\text{тр}} = 1061{,}3 - 141{,}9 = 919{,}4\text{кВАр}.$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{1390{,}4^2 + 919{,}4^2} = 1666{,}9\text{кВА}.$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos\varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{1390{,}4}{1666{,}9} = 0{,}834, \qquad \sin\varphi = \frac{Q_{23}}{S_{23}} = \frac{919{,}4}{1666{,}9} = 0{,}552,$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\Delta U_{23,\%} = \beta \cdot \left(U_{\text{а}} \cdot \cos\varphi + U_{\text{р}} \cdot \sin\varphi\right) + \frac{\beta^2}{200} \cdot \left(U_{\text{а}} \cdot \sin\varphi - U_{\text{р}} \cdot \cos\varphi\right)$$

$$= 0{,}709 \cdot (1{,}220 \cdot 0{,}834 + 5{,}363 \cdot 0{,}552) + \frac{0{,}709^2}{200}$$

$$\cdot (1{,}220 \cdot 0{,}552 - 5{,}363 \cdot 0{,}834) = 2{,}811\%.$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 2{,}811 \cdot \frac{6298{,}3}{100} = 177{,}0\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 6298{,}3 - 177{,}0 = 6121{,}2\text{В}.$$

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

$$U_3^{\text{нн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{6121{,}2}{6300} = 388{,}7\text{В}.$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}153 \cdot 15{,}6}{1} \cdot 10^{-3} = 0{,}0024\text{Ом},$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}060 \cdot 15{,}6}{1} \cdot 10^{-3} = 0{,}0009\text{Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 127{,}1\text{кВт}, \qquad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 76{,}9\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{127{,}1 \cdot 0{,}0024 + 76{,}9 \cdot 0{,}0009}{10 \cdot 0{,}389^2} = 0{,}248\%$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 0{,}248 \cdot \frac{388{,}7}{100} = 1{,}0\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 388{,}7 - 1{,}0 = 387{,}7\text{В}.$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}520 \cdot 14{,}9}{1} \cdot 10^{-3} = 0{,}008\text{Ом},$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}064 \cdot 14{,}9}{1} \cdot 10^{-3} = 0{,}001\text{Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{ном}} = 40{,}0\text{кВт}, \qquad Q_{45} = Q_{\text{ном}} = 30{,}0\text{кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45,\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{40{,}0 \cdot 0{,}008 + 30{,}0 \cdot 0{,}001}{10 \cdot 0{,}388^2} = 0{,}225\%.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45,\%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0{,}225 \cdot \frac{387{,}7}{100} = 0{,}9\text{В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 387{,}7 - 0{,}9 = 386{,}8\text{В}.$$

Результаты расчетов приведены в приложении 15.

Из эпюр отклонений напряжения видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации.

5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет в сравнении с расчетом токов КЗ в сетях напряжением выше 1000 В обладает следующими особенностями:

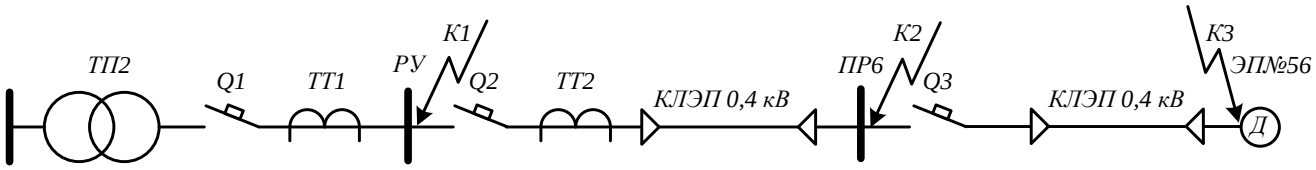
−напряжение на шинах ЦТП считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

−при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;

−расчет ведем в именованных единицах;

−напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2 – ПР6 – ЭП №56.



ТМ-1000/10	ВА74-45	ВА57-35	ВВГ-	ВА57-35	ВВГ-
$S_{\text{ном}}$ =1,00МВА	3000	250	1(4×120)	100	1(4×35)
$U_{\text{а}}$ =1,2%	6000,0	1000,0	l =15,6м	800,0	l =14,9м
$U_{\text{р}}$ =5,4%			r_0 =0,153мОм/м		r_0 =0,520мОм/м
$P_{\text{кз}}$ =12,2кВт	ТШМС-0,66	ТК-40	x_0 =0,060мОм/м		x_0 =0,064мОм/м
$I_{\text{ном.тр}}$ =1,52кА	3000/5	300/5	$n_{\text{ц}}$ =1шт		$n_{\text{ц}}$ =1шт

Рисунок 5.2 − Расчетная схема

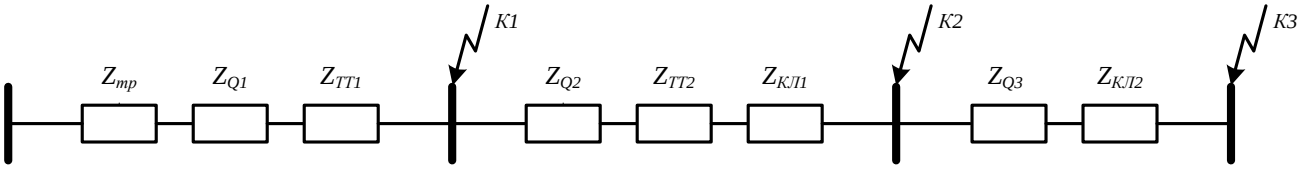


Рисунок 5.3 − Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{а}}}{100} \cdot \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{1{,}220}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 2{,}0\text{мОм},$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{р}}}{100} \cdot \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{5{,}363}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8{,}6\text{мОм}.$$

Сопротивление катушек максимального тока автоматов при номинальных токах больше 1000 А не учитываются, по этому, сопротивление автомата Q1 не учитываем.

Автоматы Q2, Q3

$$\text{R}_{\text{Q2}} = 0{,}36\text{мОм}, \qquad \text{X}_{\text{Q2}} = 0{,}28\text{мОм},$$

$$\text{R}_{\text{Q2}} = 1{,}30\text{мОм}, \qquad \text{X}_{\text{Q2}} = 0{,}86\text{мОм},$$

Сопротивления первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации >1000/5 не учитывается, по этому, сопротивление трансформатора тока ТТ1 не учитываем.

Трансформатор тока ТТ2

$$R_{\text{ТТ2}} = 0{,}20\text{мОм}, \qquad X_{\text{ТТ2}} = 0{,}30\text{мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{\text{кл1}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}153 \cdot 15{,}6}{1} = 2{,}4\text{мОм},$$

$$X_{\text{кл1}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}060 \cdot 16{,}6}{1} = 0{,}9\text{мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{\text{кл2}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}520 \cdot 14{,}9}{1} = 7{,}7\text{мОм},$$

$$X_{\text{кл2}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}064 \cdot 14{,}9}{1} = 0{,}9\text{мОм}.$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{\text{К1}} = Z_{\text{тр}} = \sqrt{R_{\text{тр}}^2 + X_{\text{тр}}^2} = \sqrt{2{,}0^2 + 8{,}6^2} = 8{,}8\text{мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{\text{К1}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{К1}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8{,}8} = 26{,}2\text{кА}.$$

Постоянная времени

$$T_{a1} = \frac{X_{\text{рез1}}}{\omega \cdot R_{\text{рез1}}} = \frac{8{,}6}{314 \cdot 2{,}0} = 0{,}0140\text{с}.$$

Ударный коэффициент

$$k_{\text{уд1}} = 1 + e^{-0,01/T_{a1}} = 1 + e^{-0,01/0,0140} = 1,490.$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{\text{уд.К1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд1}} \cdot I_{\text{К1}} = \sqrt{2} \cdot 1,490 \cdot 26,2 = 55,3\text{кА}.$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	Z_{Σ} ***мОм***	$k_{\text{уд}}$ ***–***	T_a, ***сек***	$I_{\text{к}}$, ***кА***	$i_{\text{уд}}$, ***кА***
К1	8,8	1,490	0,0140	26,2	1,5
К2	11,2	1,218	0,0066	20,6	35,4
К3	18,3	1,025	0,0027	12,6	18,3

5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Карта селективности действия аппаратов защиты строиться в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов зашиты. На карту селективности наносятся:

–номинальный и пусковой токи электроприёмника;

–расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;

–расчётный и пиковый ток вводного распределительного устройства (при его наличии);

–расчётный и пиковый ток подстанции;

–характеристики защитных аппаратов;

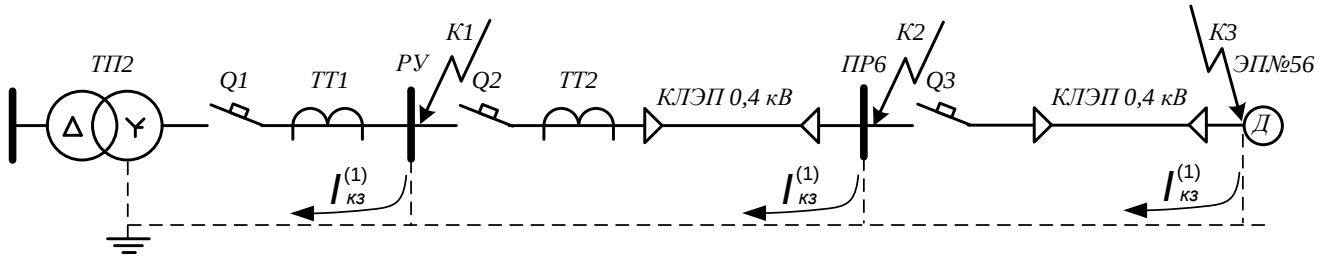
–значения токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ.

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности, а так же сама карта селективности приведены в приложении 15.

5.5 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ

Обеспечение отключения аппаратами защиты токов трехфазного КЗ не является гарантией отключения однофазного КЗ, по той причине, что токи однофазного короткого замыкания в несколько раз меньше токов трехфазного КЗ. В сети напряжения 0,4 кВ необходимо быстрое отключение повреждения. Это достигается высокой проводимостью петли фаза ноль.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2–ПР6–ЭП№56.



ТМ1000/10	ВА74-45	ВА57-35	ВВГ-	ВА57-35	ВВГнг-
$z_{тр}$ =27,0мОм	2000	250	1(4×120)	100	1(4×35)
	6000,0	1000,0	l =15,6м	800,0	l =14,9м
			$r_ф$ =0,153мОм/м		$r_ф$ =0,520мОм/м
	ТШМС-0,66	ТК-40	$r_н$ =0,363мОм/м		$r_н$ =1,242мОм/м
	3000/5	300/5	x' =0,600мОм/м		x' =0,600мОм/м
			$n_ц$ =1шт		$n_ц$ =1шт

Рисунок 5.4 − Расчетная схема

Сопротивления элементов.

Сопротивление трансформатора току однофазного замыкания на корпус [2, стр. 60, табл. 4.6]

$$\frac{Z_{тр}}{3} = \frac{27,0}{3} = 9,0мОм.$$

Сопротивление катушек максимального тока автоматов при номинальных токах больше 1000 А не учитываются, по этому, сопротивление автомата Q1 не учитываем.

Автоматы Q2, Q3

$$R_{Q2} = 0,36мОм, \qquad X_{Q2} = 0,28мОм,$$
$$R_{Q3} = 1,30мОм, \qquad X_{Q3} = 0,86мОм,$$

Сопротивления первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации >1000/5 не учитывается, по этому, сопротивление трансформатора тока ТТ1 не учитываем.

Трансформатор тока ТТ2

$$R_{ТТ2} = 0,20мОм, \qquad X_{ТТ2} = 0,30мОм.$$

Кабельная линия КЛ1

активное сопротивление основных проводников

$$R_{ф1} = \frac{r_ф \cdot l}{n_ц} = \frac{0,153 \cdot 15,6}{1} = 2,4мОм,$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{н1} = \frac{r_н \cdot l}{n_ц} = \frac{0,363 \cdot 15,6}{1} = 5,7мОм,$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X_1' = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}600 \cdot 15{,}6}{1} = 9{,}4\text{мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

активное сопротивление основных проводников

$$R_{\text{ф1}} = \frac{r_{\text{ф}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}520 \cdot 14{,}9}{1} = 7{,}7,$$

активное сопротивление нулевого проводника [1, стр. 143, табл. 6.22]

$$R_{\text{н2}} = \frac{r_{\text{н}} \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{1{,}242 \cdot 14{,}9}{1} = 18{,}5\text{мОм},$$

внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль [2, стр. 61]

$$X_2' = \frac{x' \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0{,}600 \cdot 14{,}9}{1} = 8{,}9\text{мОм}.$$

Сопротивление дуги в точке КЗ [2, стр. 61]

$$R_{\text{д}} = 0{,}03\text{мОм}.$$

Сопротивление питающей системы [2, стр. 61]

$$X_{\text{с}} = 3{,}2\text{мОм}.$$

Внутреннее индуктивное сопротивление проводов зануления X" учитывается только для проводов выполненных из стали [2, стр. 61].

Для расчета тока однофазного КЗ рекомендуется упрощенная формула

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф}}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_n},$$

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение сети, В.

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Сопротивление петли фаза ноль до точки К1

$$Z_{n1} = \sqrt{R_{\text{д}}^2 + X_{\text{с}}^2} = \sqrt{0{,}03^2 + 3{,}2^2} = 3{,}2\text{мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{\text{К1}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф}}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + Z_{n1}} = \frac{220}{9{,}0 + 3{,}2} = 18{,}0\text{кА}.$$

Проверка условия

$$I_{\text{К1}}^{(1)} = 18{,}0\text{кА} > 3 \cdot I_{\text{ном.расц}} => 3 \cdot 3{,}000 = 9{,}0\text{кА},$$

следовательно, в случае однофазного КЗ в точке К1 автомат, защищающий отходящую линию на ТП, должен безотказно сработать.

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт токов короткого замыкания для рассматриваемого участка

Точка КЗ	Z_{Σ} *мОм*	$I_{к}$, *кА*	$3 \cdot I_{ном.расц}$, *кА*
К1	3,2	18,0	9,0
К2	15,7	8,90	0,75
К3	42,9	4,24	0,30

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

6.1 Назначение РЗиА

Устройства защиты и автоматики должны выполнять определенные функции. Для релейной защиты такими функциями являются ее срабатывания при повреждении защищаемого элемента и несрабатывания при КЗ за пределами этого элемента. С целью ограничения отказов функционирования защите придаются определенные свойства. Основные из них – селективность, устойчивость и надежность функционирования.

Основные условия надежной работы релейной защиты:

–обеспечение селективности, т.е. отключение только поврежденных участков. Время срабатывания защиты характеризуется выдержкой времени, обеспечивающей селективность;

–чувствительность ко всем видам повреждений на защищаемой линии и на линиях, питаемых от нее, а также к изменению в связи с этим параметров, что оценивается коэффициентом чувствительности;

–максимальная простота схем с наименьшим числом аппаратов и достаточная надежность и быстродействие;

–наличие сигнализации о неисправностях в цепях, питающих аппараты релейной защиты.

Релейная защита выполняется на реле различных типов. Реле, применяемые в релейной защите, классифицируются по следующим признакам:

–по способу воздействия на отключение – прямого и косвенного действия;

–по принципу действия – электромагнитные, электродинамические, тепловые, электронные и другие;

–по параметру действия – ток, напряжение, мощность, тепловые и другие.

6.2 Защиты трансформатора

Устройства релейной защиты для силовых трансформаторов предусматривают защиту от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

–многофазных замыканий в обмотках и на выводах;

–однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;

–витковых замыканий в обмотках, токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ и перегрузкой, понижения уровня масла.

Виды защит трансформатора определяются его мощностью, назначением, режимом работы, местом установки, схемой включения.

6.3 Токовые защиты трансформатора от коротких замыканий

Для защиты трансформатора небольшой и средней мощности от коротких замыканий в его обмотках на выводах и в соединениях используют токовую отсечку без выдержки времени и токовую защиту со ступенчатой характеристикой выдержки времени. Защита устанавливается со стороны источника питания непосредственно у выключателя. При этом в зону действия защиты входят трансформатор и его соединения с выключателем. Срабатывая, защита действует на отключение выключателей.

Недостатком отсечки без выдержки времени является неполная защита трансформатора. В её зону действия входит только часть обмотки. Защита не реагирует на замыкания на выводах и в соединениях с выключателем со стороны низшего напряжения.

Для устранения этого недостатка токовую отсечку без выдержки времени дополняют максимальной токовой защитой, которая является вместе с тем защитой трансформатора от сверхтоков внешних коротких замыканий. При установке на трансформаторе защита действует на отключение выключателя со стороны высшего напряжения. Для повышения чувствительности к повреждениям внутри бака защита со ступенчатой характеристикой дополняется газовой защитой.

Примеры схем защит приведены в приложении 6 (рисунок 1. а, б, в)

6.4 Газовая защита

Баки трансформаторов заполняются маслом. Ток короткого замыкания, проходящий через место установки токовой защиты при повреждении внутри бака трансформатора, определяется числом замкнувшихся витков и поэтому может оказаться недостаточным для ее действия. Однако витковые замыкания представляют опасность для трансформатора и должны отключаться.

Опасным внутренним повреждением является «пожар стали» магнитопровода, который возникает при нарушении изоляции между листами магнитопровода. Токовая и дифференциальная защиты на этот вид

повреждения не реагируют. В этом случае применяют газовую защиту, фиксирующую появление в баке трансформатора газа. Образование газа является следствием разложения масла и других изолирующих материалов под действием электрической дуги или недопустимого нагрева.

Основным элементом газовой защиты является газовое реле (приложение 6, рисунок 1. г) Корпус газового реле врезается в маслопровод между крышкой бака и расширителем, так чтобы не препятствовать циркуляции масла между ними. Элементы выполнены в виде плоскодонных алюминиевых чашек, вращающихся вместе с подвижными контактами 4 вокруг осей 3. Эти контакты замыкаются с неподвижными контактами 5 при опускании чашек.

В нормальном режиме при наличии масла в кожухе реле чашки удерживаются пружинами 6 в положении, указанном на рисунке. Система отрегулирована так, что масса чашки с маслом является достаточной для преодоления силы пружины при отсутствии масла в кожухе реле. Поэтому понижение уровня масла сопровождается опусканием чашек и замыканием соответствующих контактов. Сначала опускается верхняя чашка и реле действует на сигнал. При интенсивном газообразовании возникает сильный поток масла и газов из бака в расширитель через газовое реле. На пути потока находится лопасть 7, действующая вместе с нижней чашкой на общий контакт. Лопасть поворачивается и замыкает контакт в цепи отключения трансформатора.

Достоинства газовой защиты: высокая чувствительность и реагирование практически на все виды повреждения внутри бака; сравнительно небольшое время срабатывания; простота выполнения.

Недостаток защиты – нереагирование на повреждения вне бака, в зоне между трансформатором и выключателями. Так же, вследствие несовершенства конструкции современных газовых реле защиту приходится выводить из действия при попадании воздуха в бак трансформатора, что может быть, например, при доливке масла, после ремонта системы охлаждения и др.

6.5 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов

Дифференциальные токовые защиты трансформаторов выполняются в виде: дифференциальной токовой отсечки; дифференциальной защиты с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока; дифференциальной токовой защиты с реле, имеющими торможение.

Дифференциальная токовая отсечка выполняется посредством максимальных реле тока КА1 и КА2, например РТ – 40 или РТМ, включаемых непосредственно в дифференциальную цепь схемы без каких-либо промежуточных устройств.

Достоинства – быстродействие и простота. Однако из-за большого тока срабатывания токовая отсечка иногда недостаточна чувствительна, поэтому она применяется на трансформаторах небольшой мощности.

Для выполнения дифференциальной токовой защиты с насыщающимися трансформаторами используются реле с НТТ типа РНТ – 565. Реле РНТ – 565 применяется при низкой чувствительности токовой отсечки или если требуются дополнительные устройства для выравнивания токов в схеме с реле косвенного действия. Благодаря НТТ защита отстраивается от бросков тока намагничивания. Если чувствительность защиты с реле типа РНТ недостаточна, то дифференциальная защита выполняется посредством реле с торможением.

6.6 Расчет дифференциальной защиты трансформатора ГПП

Дифференциальная защита трансформатора является основной быстродействующей защитой от межфазных КЗ и замыканий между витками одной фазы. Схема расчета дифференциальной защиты приведена на рисунке 6.1.

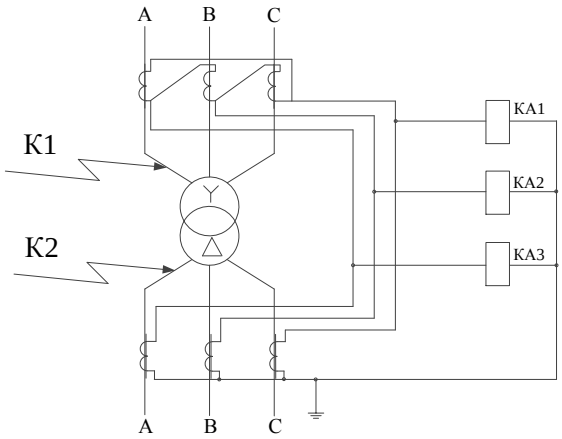


Рисунок 6.3 – Дифференциальная токовая защита трансформатора

При создавшемся аварийном режиме в зоне защиты в работу вступает дифференциальная защита и отключает повреждение без выдержки времени со стороны НН и ВН одновременно.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета дифференциальной защиты

Числовое значение для стороны	
35,0	***10,0***
Номинальные токи защищаемого трансформатора	
$I_{\text{вн}} = \frac{1{,}4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{вн}}} = \frac{1{,}4 \cdot 2500}{\sqrt{3} \cdot 35{,}0} = 57{,}7\text{А}.$	$I_{\text{нн}} = \frac{1{,}4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}} = \frac{1{,}4 \cdot 2500}{\sqrt{3} \cdot 6{,}0} = 336{,}8\text{А}.$
Схема соединения обмоток трансформаторов	
Y	Δ
Схема соединения обмоток трансформаторов тока	
Δ	Y
Коэффициент схемы	
$K_{\text{сх}}^{(3)} = \sqrt{3}$	$K_{\text{сх}}^{(3)} = 1$
Принятый стандартный коэффициент трансформации трансформаторов тока	
$K_{A.\text{вн}} = \frac{100}{5} = 20{,}0$	$K_{A.\text{нн}} = \frac{2000}{5} = 400{,}0$

Расчетный коэффициент трансформации трансформаторов тока	
$K_{A\Delta} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{вн}}}{5} = \frac{\sqrt{3} \cdot 57{,}7}{5} = 20{,}0$	$K_{AY} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{нн}}}{5} = \frac{1 \cdot 336{,}8}{5} = 67{,}4$
Вторичный ток в плечах защиты	
$I_{2\text{вн}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{вн}}}{K_{A.\text{вн}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 57{,}7}{20{,}0} = 5{,}0\text{А}.$	$I_{2\text{нн}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{нн}}}{K_{A.\text{нн}}} = \frac{1 \cdot 336{,}8}{400{,}0} = 0{,}8\text{А}.$
Токи КЗ	
$I_{\text{кз.вн}} = 3843{,}8\text{А}.$	$I_{\text{кз.нн}} = 3048{,}7\text{А}.$

Ток небаланса, обусловленный погрешностью трансформаторов тока

$$I'_{\text{нб}} = I_{\text{нб.тр}} = K_a \cdot K_{\text{одн}} \cdot \Psi_i \cdot I_{\text{кз.вн}.max} = 1 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}1 \cdot 3843{,}8 = 384{,}4\text{А},$$

где $K_{\text{а}}$ – коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей [11, стр. 156];

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока [11, стр. 156];

Ψ_{i} – относительное значение полной погрешности трансформаторов тока [11, стр. 156].

Ток небаланса, обусловленный наличием РПН у силового трансформатора

$$I''_{\text{нб}} = I_{\text{нб.рег}} = \Delta U_{*a} \cdot K_{\text{ток}} \cdot I_{\text{кз.вн}.max} = 0{,}09 \cdot 1{,}0 \cdot 3843{,}4 = 345{,}9\text{А},$$

где $\Delta U_{*\text{а}}$ – относительная погрешность, обусловленная регулированием напряжения, равная половине диапазона регулирования силового трансформатора;

$K_{\text{ток}}$ – коэффициент токораспределения (для двухобмоточного трансформатора) [11, стр. 157].

Первичный расчетный ток небаланса при внешнем КЗ

$$I_{\text{нб}} = I'_{\text{нб}} + I''_{\text{нб}} = 384{,}4 + 345{,}9 = 730{,}3\text{А}.$$

Предварительный ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса

$$I_{\text{с.з}} \geq K_{\text{над}} \cdot I_{\text{нб}} = 1{,}3 \cdot 730{,}3 = 949{,}4\text{А},$$

где $K_{\text{над}}$ – коэффициент надежности, учитывающий ошибку реле и необходимый запас [11, стр. 158].

Предварительный ток срабатывания защиты по условию от броска тока намагничивания

$$I_{\text{с.з}} \geq K_{\text{над}} \cdot I_{\text{вн}} = 1{,}3 \cdot 57{,}7 = 75{,}1\text{А}.$$

Принимаем расчетный ток срабатывания защиты

$$I_{\text{с.з}} = 949{,}4\text{А}.$$

Расчетный ток в реле [11, стр. 27, табл. 2.1]

$$I_{\text{р}} = 1{,}5 \cdot \frac{I_{\text{кз.вн}.min}}{K_{A.\text{вн}}} = 1{,}5 \cdot \frac{3843{,}8}{20{,}0} = 288{,}63\text{А}.$$

При двухфазном КЗ на стороне НН ток повреждения проходит через обмотки трансформатора тока стороны ВН, соединенные в треугольник. Предварительный ток срабатывания реле

$$I_{\text{с.р}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{с.з}}}{K_{A.\text{вн}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 949{,}4}{20{,}0} = 82{,}2\text{А}.$$

Предварительное значение коэффициента чувствительности при двухфазном КЗ

$$K_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{с.р}}} = \frac{288{,}3}{82{,}2} = 3{,}51 > 2.$$

Проверка выполняется, можно вести расчет дальше. Необходимо определить число витков обмоток реле. Расчет начинается с определения числа витков обмотки ВН, так как это питающая сторона с регулируемым напряжением.

Таблица 6.2 – Определение числа витков насыщающегося трансформатора

Расчетный ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{\text{с.р.вн.расч}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{с.з}}}{K_{A.\text{вн}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 949{,}48}{20{,}0} = 82{,}2\text{А}.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны ВН
$W_{\text{вн.расч}} = \frac{F_{\text{ср}}}{I_{\text{с.р.вн.расч}}} = \frac{100}{82{,}2} = 1{,}2\text{шт}$, принимаем $W_{\text{вн}}$ =1,0шт.
Фактический ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{\text{с.р.вн}} = \frac{F_{\text{ср}}}{W_{\text{вн}}} = \frac{100}{1{,}0} = 100{,}0\text{А}.$
Фактический расчетный ток срабатывания защиты на стороне ВН
$I_{\text{с.з.вн}} = \frac{I_{\text{с.р.вн}} \cdot K_{A.\text{вн}}}{K_{\text{сх}}^{(3)}} = \frac{100{,}0 \cdot 20{,}0}{\sqrt{3}} = 1154{,}7\text{А}.$
Расчетный ток срабатывания защиты на стороне НН
$I_{\text{с.р.нн.расч}} = \frac{I_{\text{с.з.вн}} \cdot U_{\text{вн}}}{U_{\text{нн}}} = \frac{1154{,}7 \cdot 35{,}0}{6{,}0} = 6735{,}8\text{А}.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны НН
$W_{\text{нн.расч}} = \frac{W_{\text{вн}} \cdot I_{2\text{вн}}}{I_{2\text{нн}}} = \frac{1 \cdot 5{,}0}{0{,}8} = 5{,}9\text{шт}$, принимаем $W_{\text{нн}}$ =6,0шт.
Ток небаланса, составляющая I’’’$_{\text{нб}}$
$I_{\text{нб}}''' = \frac{W_{\text{нн.расч}} - W_{\text{нн}}}{W_{\text{нн.расч}}} \cdot I_{\text{кз.вн}.max} = \frac{5{,}9 - 6{,}0}{5{,}9} \cdot 3843{,}8 = 39{,}8\text{А}.$
Первичный расчетный ток небаланса
$I_{\text{нб}} = I_{\text{нб}}' + I_{\text{нб}}'' + I_{\text{нб}}''' = 384{,}4 + 345{,}9 + 39{,}8 = 770{,}2\text{А}.$
Ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса
$I_{\text{с.з}} \geq K_{\text{над}} \cdot I_{\text{нб}} = 1{,}3 \cdot 770{,}2 = 1001{,}2\text{А}.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны ВН
$W_{\text{вн.расч}} = \frac{F_{\text{ср}}}{I_{\text{с.р.вн}}} = \frac{100}{100{,}0} = 1{,}0\text{шт}$, принимаем $W_{\text{вн}}$ =1,0шт.

Фактический ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{\text{с.р.вн}} = \frac{F_{\text{ср}}}{W_{\text{вн}}} = \frac{100}{1,0} = 100,0\text{А}.$
Фактический расчетный ток срабатывания защиты на стороне ВН
$I_{\text{с.з.вн}} = \frac{I_{\text{с.р.вн}} \cdot K_{A.\text{вн}}}{K_{\text{сх}}^{(3)}} = \frac{100,0 \cdot 20,0}{\sqrt{3}} = 1154,7\text{А}.$
Расчетный ток срабатывания защиты на стороне НН
$I_{\text{с.р.нн.расч}} = \frac{I_{\text{с.з.вн}} \cdot U_{\text{вн}}}{U_{\text{нн}}} = \frac{1154,7 \cdot 35,0}{6,0} = 6735,8\text{А}.$
Расчетное число витков обмотки реле для стороны НН

Окончание таблицы 6.2

$W_{\text{нн.расч}} = \frac{W_{\text{вн}} \cdot I_{2\text{вн}}}{I_{2\text{нн}}} = \frac{1 \cdot 5,0}{0,8} = 5,9\text{шт},$ принимаем $W_{\text{нн}}$ =6,0шт.
Ток небаланса, составляющая I’’’$_{\text{нб}}$
$I_{\text{нб}}''' = \frac{W_{\text{нн.расч}} - W_{\text{нн}}}{W_{\text{нн.расч}}} \cdot I_{\text{кз.вн}.max} = \frac{5,9 - 6,0}{5,9} \cdot 3843,8 = 39,8\text{А}.$
Первичный расчетный ток небаланса
$I_{\text{нб}} = I_{\text{нб}}' + I_{\text{нб}}'' + I_{\text{нб}}''' = 384,4 + 345,9 + 39,8 = 770,2\text{А}.$
Ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса
$I_{\text{с.з}} \geq K_{\text{над}} \cdot I_{\text{нб}} = 1,3 \cdot 770,2 = 1001,2\text{А}.$
Уточненный ток срабатывания реле на стороне ВН
$I_{\text{с.р.вн}} = \frac{K_{\text{сх}}^{(3)} \cdot I_{\text{с.з}}}{K_{A.\text{вн}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1001,2}{20,0} = 86,7\text{А}.$
Окончательно принятое число витков
$W_{\text{вн}} = 1,0\text{шт}; \quad W_{\text{нн}} = 6,0\text{шт}.$
Проверка по уравнению
$I_{2\text{вн}} \cdot W_{\text{вн}} = 5,0 \cdot 1,0 = 5,0 \cong I_{2\text{нн}} \cdot W_{\text{нн}} = 0,8 \cdot 6,0 = 5,1$

Расчетный ток в реле [11, стр. 27, табл. 2.1]

$$I_{\text{р}} = 1,5 \cdot \frac{I_{\text{кз.вн}.min}}{K_{A.\text{вн}}} = 1,5 \cdot \frac{3843,8}{20,0} = 288,3\text{А}.$$

Оценка значения коэффициента чувствительности при двухфазном КЗ

$$K_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{с.р}}} = \frac{288,3}{86,7} = 3,32 > 2.$$

Рассчитанная защита достаточно чувствительна и может быть рекомендована к установке.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Г4Б2	Хамраеву Сайёду Журахон угли

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость затрат технического проекта(ТП):	*"Положения об оплате труда ТПУ".*
2. Продолжительность выполнения ТП	*По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 101 рабочих дня.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта (ТП) с позиции ресурсоэффективности*	*Потенциал и перспективность реализации ТП оценивается проведением SWOT-анализа, а ресурсоэффективность ТП с помощью интегральной оценки ресурсоэффективности.*
2. *Планирование графика работ по реализации ТП*	*При использовании графика работ по реализации ТП используется оценка трудоёмкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным составляется ленточная диаграмма Ганта.*
3. *Составление сметы ТП*	*При составлении сметы ТП используется следующая группировка затрат по статьям;* *- материальные затраты* *- полная заработная плата исполнителей* *- отчисления во внебюджетные страховые фонды* *- накладные расходы*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)***:**	
1. Диаграмма Ганта	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	*11.02.2019*

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, отделение социально-гуманитарных наук	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4Б2	Хамраеву Сайёду Журахон угли		

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта, отвечающего всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач**:**

- Составление SWOT-анализа системы электроснабжения завода пластиковых окон «Фаворит»
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной эффективности проекта

7.1 SWOT-анализ системы электроснабжения завода пластиковых окон «Фаворит»

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, которые помогают оценить возможности, угрозы сильных и слабых сторон.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проведем SWOT–анализ. Он проводится в несколько этапов. [13]

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл– слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOTприведена в таблице 7.1

Таблица 7.1 – Составление предварительной матрицыSWOT

	Сильные стороны проекта С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтопригодность	**Слабые стороны проекта** Сл1. Надежность электроснабжения Сл2. Доступность токоведущих частей Сл3: Низкая безопасность Сл4: Низкая энергоэффективность

Окончание Таблицы 7.1

Возможности		
В1: Прокладка кабелей в эстакадах	В1С1; С3; С5;	В1Сл1; Сл2; Сл3;
В2: Снижение расходов на используемое оборудование	В2С1;	
В3: Повышение стоимости конкурентных разработок	В3С1;	
В4: Растущая заинтересованность инвесторов	В4С1;	В4Сл3; Сл4;
Угрозы		
У1: Значительное увеличение стоимости схемы	У1С1	
У2: Повышение цен на компоненты системы	У2С1; С4;	У3Сл3; Сл4;
У3: Усовершенствования конкурентных технических решений		У4Сл2; Сл3; Сл4;
У4: Снижение спроса		

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие) [13].

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 7.2 и 7.3, показывает, что сильных сторон. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 7.2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
В1	+	-	+	-	+
В2	+	-	-	-	-
В3	+	-	-	-	-
В4	+	-	-	-	-

Возможности	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
В1	+	+	+	-	
В2	-	-	-	-	
В3	-	-	-	-	
В4	-	-	+	+	

Таблица 3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
У1	+	-	-	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	-	-	-	-
У4	-	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
У1	-	-	-	-	
У2	-	-	-	-	
У3	-	-	+	+	
У4	-	+	+	+	

В результате проведения SWOT – анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны технического проекта:

– Риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;

– Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;

– Для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтопригодность;

– Кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны проекта, такие как экономичность, надёжность и эргономика;

– Прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;

– За счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность;

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и

электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

7.2. Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

— определение структуры работ в рамках технического проектирования;
— определение участников каждой работы;
— установление продолжительности работ;
— построение графика проведения проектирования

7.2.1. Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 4:

№ 1 – Ознакомление с производственной документацией– включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к проекту, составление задания и плана;

№ 2 – Подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН– выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок;

№ 5– Выбор трансформаторов подстанций –выбор защитной аппаратуры, подбор трансформаторов согласно картограммы нагрузок;

№ 6 – Расчет внутризаводской сети предприятия – построение схемы внутризаводского электроснабжения с расчетом и нанесением картограммы нагрузок по заводу, построение схемы внутрицехового электроснабжения.

№ 7 – – Моделирование электроснабжения рабочей площади завода – создать модель электроснабжения рабочих цехов о завод с использованием профильных САПР.

№ 8 – Оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо и энергоэффективности;

№ 9 – Составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 10 – Проверка выпускной квалификационной работы руководителем - в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником.

№11–Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

Таблица 7.4 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	**№ раб**	**Содержание работ**	**Должность исполнителя**
Разработка технического задания	1	Ознакомление с производственной документацией	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчеты и проектирование системы электроснабжения завода	3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Дипломник, научный руководитель
	4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Дипломник, научный руководитель
	5	Выбор трансформаторов подстанций	Дипломник, научный руководитель
	6	Расчет внутризаводской сети предприятия	
	7	Моделирование электроснабжения завода	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Дипломник
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

7.2.2. Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\,i} + 2t_{max\,i}}{5} \quad , \qquad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения *i*-ой работы чел.-дн.;

$t_{min\,i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной *i*-ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\,i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной *i*-ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Таблица 7.5–Расчёт продолжительность работ чел.-дн.

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел. дни					
		Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы		Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы		Ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы	
		Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	7		5
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	1	19	1	23	1	20
4	Построение картограммы нагрузок и определения	1	17	1	25	1	20
5	Выбор трансформаторов подстанций	1	14	1	21	1	17
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	1	3	1	6	1	4
7	Моделирование электроснабжения рабочей площади цеха	1	14	1	18	1	16
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	6	1	8	1	7
9	Составление пояснительной записки	-	3	-	12	-	7
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	3	4	2	3

Таблица 7.6 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	T_{pi}, раб. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	5														
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Руководитель	1														
		Дипломник	20														
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Руководитель	1														
		Дипломник	20														
5	Выбор трансформаторов подстанций	Руководитель	1														
		Дипломник	17														
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	Руководитель	1														
		Дипломник	4														
7	Моделирование электроснабжения рабочей площади цеха	Руководитель	1														
		Дипломник	16														
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1														
		Дипломник	7														
9	Составление пояснительной записки	Дипломник	7														
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1														
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	2														
		Дипломник	3														

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность выполнения технического проекта составит 117 календарных и 101 рабочих дней. Из них:

10 – рабочий дни у научного руководителя

99 – рабочий дни у инженера дипломника

7.2.3.Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР [15] . На основе таблицы 5. строим план-график проведения работ (таблица 7.7).

7.3.Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи.

материальные затраты;

полная заработная плата исполнителей технического проекта;

отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

накладные расходы.

7.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{м} = \sum_{i=1}^{m} Ц_{i} \cdot N_{расхi} \qquad (2)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении технического проекта;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

К материальным затратам можно отнести: бумага, ручка, корректор, USB-накопитель, блокнот, линейка, мульти фора .

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Материальные затрат

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Лист	150	2,5	375
Ручка	Шт.	1	60	60
USB накопитель	Шт.	1	305	305
Линейка	Шт.	1	85	85
Мульти фора	Шт.	10	2	20
Блокнот	Шт.	1	100	100
Корректор	Шт.	1	55	55
Итого:				1000

7.3.2. Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле:

$$З_п = З_{осн} + З_{доп}, \quad (3)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = Т_р \cdot З_{дн}, \quad (4)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Т_р$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{Зм}{Д_{мес}}, \quad (5)$$

где: $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$Д_{мес}$ – количество рабочих дней, раб. дн.

Таблица 7.8- Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный основной оклад работника руб.	Средняя заработная плата работника руб.	Продолжительность работ, выполняемых работникомраб. дн.	Основная зароботная плата одного работникаруб.
Руководитель	21760	28288	1088	10	10880
Бакалавр	12300	15990	615	99	60900
Итого Зосн :					71780

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают оплату при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \qquad (6)$$

где: $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 7.9 – Расчетполной заработной платы

Исполнители	коэффициент дополнительной заработной платы. kдоп, руб	Основная зароботная плата одного работникаЗосн, руб.	Дополнительная зароботная плата Здоп, руб.	Полная заработная плата Зп, руб.
Руководитель	15%	10880	1620	12500
Бакалавр	12%	60900	7300	68200
Итого:		71780	8920	80700

7.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной разделе 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.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \qquad (7)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

В соответствии с Федеральным законом установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = 0{,}302 \times 80{,}7 = 24{,}3 \text{ тыс. руб}$$

7.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: амортизация активам, расходы, связанные с рекламой и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат на проектирование.

7.4. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 7.10.

Таблица 7.10 – Смета затрат технического проекта

Наименование раздели	Сумма, тыс. руб	Структура затрат,%
1. Материальные расходы	1,0	0,8
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	80,7	63,9
3. Отчисления во внебюджетные фонды	24,3	19,3
4. Накладные расходы	20,0	16,0
5. Итого	126,0	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 99 раб.дней. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 126.0 тыс.руб, из которых более половины (64%) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

7.5. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [13]

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \qquad (8):$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиями к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Эргономичность: оптимальная условия труда с целью увеличения производительности и сохранения сил, времени, энергии, работоспособность и здоровья человека;
2. Ремонтопригодность долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;
3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97;
5. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;
6. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электроборудования на предприятии;
7. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 7.11.

Таблица 7.11 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эргономичность	0,13	5
2. Ремонтопригодность	0,16	5
3. Безопасность	0,14	4
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	4
5. Надежность	0,15	5

6.Простота и удобство в эксплуатации	0,09	4
7.Энергоэффективность	0,15	5
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$Iр=5\times0,13+5\times 0,16+4\times 0,14+4\times 0,18+5\times 0,15+4\times 0,09+5\times 0,15=4,6$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасностии экономичности технического производства.
- при планировании технических работ был разработан график занятости для трех исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Г4Б2	Хамраев Сайед Журахон угли

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является: Эл. снабжении завода пластиковых окон «Фаворит-Плюс».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке эксплуатации оборудования: 2.1. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. 2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов. – Повышенный уровень шума на рабочей месте; – Повышенная вибрация; – Климатическое состояние воздушной среды. – Поражения электрическим током; – Механические травмы; – Пожаровзрывопасность.
3. Экологическая безопасность	– анализ воздействия объекта на атмосферу; – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. Разработка мер безопасности во время эксплуатации разрабатываемого решения: – по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения,

	пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения); – инструкция по пожарной безопасности для работников.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
З-5Г4Б2	Хамраев Сайед Журахон угли		

8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы охраны труда: проанализированы условия труда с точки зрения наличия возможности появления вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера.

В данной работе рассмотрен ремонтный цех экструзионных изделий завода пластиковых окон «Фаворит-Плюс». В данном цехе оборудование, которое создает множество опасных и вредных факторов. Необходимо строго соблюдать технику безопасности и применять различные меры для обеспечения безопасности рабочего персонала.

8.1 Правовые и организационные вопросы

Специальные правовые нормы трудового законодательства.

В соответствии со ст. 104 ТК РФ допускается введение суммированного учета рабочего времени с учетным периодом три месяца. В случае, если по причинам сезонного и (или) технологического характера, установленная продолжительность рабочего времени не может быть соблюдена в течение учетного периода продолжительностью три месяца, отраслевым (межотраслевым) соглашением и коллективным договором может быть предусмотрено увеличение учетного периода для учета рабочего времени таких работников, но не более чем до одного года. При этом продолжительность рабочего времени за учетный период не может превышать нормального числа рабочих часов.

Согласно ст.117 ТК РФ работники предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в силу условий труда, минимальная продолжительность которого составляет 7 календарных дней.

Правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности на производстве включает законодательство о труде и охране труда. Основными законами, на основе которых осуществляется управление охраной труда, являются Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от

17 июля 1999 г. № 181-ФЗ; Трудовой кодекс РФ, принятый 30 декабря 2001 г.; Гражданский кодекс РФ.

8.2. Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных факторов

При выполнении своих профессиональных обязанностей персонал цеха может столкнуться со следующими опасными производственными факторами:

1. Опасные факторы:

–механические травмы;
–поражения электрическим током;
–пожар;
–взрыв.

2. Вредные факторы:

–низкая освещенность;
–шум;
–вибрации;
–климатическое состояние воздушной среды.

Электробезопасность:

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок” (вступил в силу 4 августа 2014 года).

В отношении опасности поражения электрическим током рассматриваемый цех относится к помещению с повышенной опасностью. В цехе отсутствует токопроводящая пыль и влажность, но есть возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющего соединение с землей, технологическим аппаратам и механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются:

а) Основные защитные средства:

–изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, устройства и приспособления для ремонтных работ;

–изолирующие устройства и приспособления для работ на ВЛ с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим

частям (изолирующие лестницы, площадки, изолирующие тяги, канаты, корзины телескопических вышек, кабины для работы у провода и др.).

б) Дополнительные защитные средства:

–диэлектрические перчатки;

–диэлектрические боты;

–диэлектрические ковры;

–индивидуальные экранирующие комплекты;

–изолирующие подставки и накладки;

–диэлектрические колпаки;

–переносные заземления;

–оградительные устройства;

–плакаты и знаки безопасности.

2. Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

а) Основные защитные средства:

–изолирующие и электроизмерительные клещи;

–указатели напряжения;

–диэлектрические перчатки;

–слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

б) Дополнительные защитные средства:

–диэлектрические боты;

–диэлектрические ковры;

–переносные заземления;

–изолирующие подставки и накладки;

–оградительные устройства;

–плакаты и знаки безопасности.

На подстанция имеется комплект предупредительных плакатов.

На рабочем месте дежурного персонала находится полный комплект рабочих инструкций и инструкций по технике безопасности:

1. Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.
2. Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.
3. Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.
4. Инструкция по отысканию однофазных замыканий на землю в данном районе подстанций.
5. Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.
6. Оперативный журнал.
7. Журнал производства работ.
8. Журнал телефонограмм.
9. Журнал закороток.

На подстанции имеется список лиц административно – технического персонала утвержденный главным энергетиком предприятия, имеющих право единоличного осмотра подстанций.

Основными мерами защиты на объекте от поражения током являются

– обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения;

– электрическое разделение сети;

– устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и д.р.;

– применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;

– организация безопасной эксплуатации электроустановок;

– применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

– отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих частей;

– ограждение и вывешивание запрещающих, указательных, предупреждающих и предписывающих плакатов;

– сигнализация и блокировка;

– использование малых напряжений;

– электрическое разделение сети;

– зануление;

– выравнивание потенциалов;

– защитное отключение;

– индивидуальной защиты и защитные средства: штанги изолирующие, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, переносные заземления, предупредительные плакаты, предохранительные пояса.

К основным организационным мероприятиям, обеспечивающим безопасность работ в электроустановках согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

– оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

– допуск к работе;

– надзор во время работы;

– оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончание работы.

Механические травмы:

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются

«Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00.

В рассматриваемом цехе большая доля вероятности получить механическую травму, так как используется большое количество оборудования. При необходимости принимаются меры для уменьшения вероятности травмирования персонала - предупредительные плакаты, ограждения, сигнализация.

8.3 Производственная санитария

Микроклимат:

В обеспечении условий высокопроизводственного труда научно-технического персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Таблица 1 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	**Категория работ**	**Температура воздуха, °С**		**Температура поверхностей, °С**	**Относительная влажность, ϕ%**	**Скорость движения воздуха, м/с**	
		Диапазон ниже оптимальных величин $t_{опт}$				Если $t^o < t^o_{опт}$	Если $t^o > t^o_{опт}$
Холодный	IIа	17,0 – 18,9	21,1 – 23,0	16,0 – 24,0	15 – 75	0,1	0,3
Теплый	IIа	18,0 – 19,9	22,1 – 27,0	17,0 – 28,0	15 – 75	0,1	0,4

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период восьми часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Таблица 2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения.

Период года	**Категория работ**	**Температура воздуха, °С**	**Температура поверхностей, °С**	**Относительная влажность, ф%**	**Скорость движения воздуха, м/с**
Холодный	IIа	19,0-21,0	18,0 – 22,0	60 – 40	0,2
Теплый	IIа	20,0-22,0	19,0 – 23,0	60 – 40	0,2

Для рассматриваемого объекта установлены оптимальные величины показателей микроклимата. Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Вредные вещества:

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 вредные вещества разделяют на 4 класса опасности:

1. Чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/ м3);
2. Высокоопасные (ПДК = 0,1¸1 мг/ м3);
3. Умеренно опасные (ПДК = 1¸10 мг/ м3);
4. Малоопасные (ПДК > 10 мг/ м3).

В рассматриваемом цехе используются умеренно опасные (ПДК = 1¸10 мг/м3) вредные вещества (бензин, азотная и соляная кислоты). Основной мерой борьбы с вредными веществами является применение системы вентилирования.

Производственная вентиляция:

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91.

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м3/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

Виброакустические вредные факторы:

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [20], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Таблица 3 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					
	2	4	8	16	32,5	63
Технологическая	108	99	93	92	92	92

Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

Шум:

Шум наносит большой ущерб, вредно действует на организм человека и снижает производительность труда. Утомление рабочих из-за сильного шума увеличивает число ошибок при работе, способствует возникновению травм.

При нормирование шума используют два метода: нормирование по придельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». Поэтому для рабочих мест цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБ, а допустимый эквивалентный уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов не выходит за нормативы.

Основным источником шума на подстанции является гудение трансформатора. Шум, создаваемый трансформатором, не выходит за пределы норм. Никакие дополнительные средства защиты не предусмотрены.

Шум в рассматриваемом цехе может возникать только при использовании некоторых видов оборудования, поэтому применяются индивидуальные средства защиты от шума, а так же звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями и укрытия в кожухи источников шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Защита от электромагнитных полей:

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах".

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики.

В рассматриваемом цехе некоторое технологическое оборудование способно создавать напряженность электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м, при этом применяется рациональное размещение оборудования,

излучающее электромагнитную энергию, а рабочие места персонала удалены от источников электромагнитных полей.

Освещение:

Искусственное освещение в производственных помещения должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». Для безопасного продолжения работы, или выхода людей из помещений при внезапном отключении должно быть предусмотрено аварийное освещение. Длительное снижение напряжения у наиболее удаленной лампы не должно быть более 5%. Питание аварийного освещения должно быть надежным и от независимого источника. Для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или на них должны быть нанесены специальные знаки.

На объекте предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. При этом аварийное освещение представляет около 10% от общего освещения.

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики, так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

Ремонтное освещение предусматривается в технических помещениях, и осуществлено переносными светильниками напряжением питания 36 В. Светильники подключаются с помощью штепсельной розетки, которая размещена в отдельном корпусе вместе с трансформатором 220/36В.

8.4 Пожарная безопасность

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Рассматриваемый цех относится пожароопасной категории В (в цехе применяются горючие и

трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00) такие первичные средства пожаротушения, как (из расчета на 800 м2 защищаемой площади):

–ручные углекислотные огнетушители ОУ-2 (2 шт.), ОУ-5 (1 шт.);

–пенный огнетушитель (2 шт.);

–ящик с песком;

–асбест;

–ведра;

–лопаты и багор.

Кроме того, в некоторых помещениях цеха используются стационарные установки пожаротушения.

В рассматриваемом цехе возможен пожар Классов В (пожар горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ) и Е (пожар, связанный с горением электроустановок).

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах.

Первичные средства пожаротушения размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасном при пожаре месте, с обеспечением к ним свободного доступа.

В цехе используются пожарные гидранты надземного типа. Гидранты обозначены указательной табличкой. Пожарный рукав и вся необходимая арматура располагается рядом с гидрантом в специальном шкафу.

На предприятии используется система автоматической пожарной безопасности, основанная на датчиках различных видов (дымовые, тепловые, датчики пламени). В случае возникновения пожара, срабатывает система оповещения — подается световой и звуковой сигнал об опасности. Кроме того, появляются светящиеся табло с указанием аварийных выходов и схем эвакуации людей. Одновременно срабатывает система пожаротушения (порошковые устройства пожаротушения), а устройство связи, передает информацию на пульт централизованного наблюдения.

План эвакуации приведен в приложении 2.

8.5 Экологическая безопасность

Влияние электрических сетей на окружающую среду определяется воздействием электрического поля, использованием земельных ресурсов, нарушением природных ландшафтов.

Для исключения влияния на окружающую среду возможных сбросов трансформаторного масла при авариях с маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения), ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера).

Для работающих на промышленных предприятиях, непосредственной окружающей средой является воздух рабочей зоны.

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия, предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, которые обеспечивает вытяжному воздуху то же качество, что и на входе.

В самом процессе производства не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки и специальными сливами отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейн для нейтрализации.

Твердые отходы, к которым относятся первичная упаковка сырья, отработавшие фильтры, и т.д. сжигаются в собственных устройствах. Если правила допускают, эти отходы выносятся на свалки. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Также для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия.

8.6 Чрезвычайные ситуации

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия – явления природы, возникающие внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, гибели людей и уничтожению материальных ценностей. К стихийным бедствиям обычно относят землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы и др.

Большинство из перечисленных чрезвычайных ситуаций могут случиться на рассматриваемом предприятии. Для повышения устойчивости к ним предусмотрены различные меры:

1. Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии, удаленных на такое расстояние, чтобы исключить возможность разрушения их в военное время одним ядерным ударом, а в мирное время – стихийным бедствием или аварией, а также имеются резервные источники питания.

2. В целях снижения опасности взрыва применяют вентиляционные установки, автоматическая сигнализация, систематически контролируется температура узлов электрооборудования. На каждом этаже предприятия установлена радиоточка для оповещения людей о пожаре или другой ЧС.

3. От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

4. В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.

5. Для снижения вероятности пожара предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация. На случай возникновения пожара предусмотрены первичные средства пожаротушения.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО.

На сводные отряды, помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта, техники.

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике. Для этого на предприятии несколько раз в году производятся теоретическая подготовка и практические тренинги.

Список использованной литературы

1. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск 2019
2. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003
4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003
5. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003
6. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011
7. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклиматупроизводственных помещений, 1996
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996
9. ГОСТ 30494-2011,Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011
10. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования, 1984
11. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников цеха экструзионных изделий завода пластиковых окон «Фаворит-Плюс» и всего предприятия в целом. Первым этапом для достижения цели было определение расчетной электрической нагрузки цеха «методом упорядоченных диаграмм», то есть методом коэффициента спроса и коэффициента максимума и определение расчетной нагрузки предприятия в целом, определяемая, по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТДН-25000/35. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих линий было выбрано на основании технико-экономического расчета. На стороне 35кВ принята схема в виде мостика с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий. На стороне 6 кВ принята одинарная секционированная система шин, с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении. Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП 35 кВ.

Далее было определено число и мощность цеховых трансформаторов. Номинальная мощность цеховых трансформаторов принята равной 1000 кВА, минимальное расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно пяти. Расчет мощности компенсирующих устройств был произведен для минимального числа трансформаторов и для увеличенного числа цеховых трансформаторов. Технико-экономическое сравнение вариантов показало, что увеличение числа трансформаторов значительно снижает затраты на низковольтные комплектные конденсаторные установки, повышает затраты на высоковольтные установки, и в общем ведет к увеличению полных затрат, т.е. оптимальным является вариант с расчетным числом трансформаторов.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена самонесущими изолированными проводами СИП-3, а так же трёхжильными кабелями с медными жилами, с оболочкой из вулканизированного полиэтилена, бронированного, с наружным покровом из поливинилхлоридного шланга марки ВБбШв, с прокладкой по эстакадам.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных шкафов четырехжильными кабелями с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией марки ВВГ, с прокладкой по лоткам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА.

Карта селективности, построенная по результатам выбора аппаратов защиты показала, что селективность обеспечивается. А эпюра отклонения напряжения, построенная для максимального и минимального и послеаварийного режимов, показала, что во всех режимах работы у электроприёмников поддерживается напряжение в допустимых пределах и выбранные сечения пригодны для эксплуатации.

Кроме того была рассмотрена релейная защита трансформаторов ГПП и произведен расчет дифференциальной защиты. Рассчитанная защита достаточно чувствительна и может быть рекомендована к установке.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнен технический проект и решены следующие задачи:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.

- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.

- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства участка путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации. Произведен анализ опасных и вредных факторов на предприятии, техника безопасности, производственная санитария и пожарная безопасность. Так же был произведен расчет искусственного освещения цеха.

По проводимым в процессе расчётов проверкам, по карте селективности и по эпюрам отклонения напряжения можно сделать вывод, что данная модель электроснабжения цеха и всего предприятия в целом надёжна и пригодна к эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
10. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006
11. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 178 с.
12. Копьев В.Н. Релейная защита основного элек-рооборудовании электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп.– Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. - 107 с.
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие // И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина; Томский политехнический университет.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-36с
14. ГОСТ 12.1.038-82 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
16. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок”
17. ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

18. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция, кондиционирование.
19. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
20. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
21. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.1.002-84 (1999) ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
23. СП.52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
24. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2001.
25. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
26. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-34.0-03.301-00. ВППБ 01-02-95.
27. ГОСТ 17.0.001-86 Охране окружающей среды. Основные положения.
28. ГОСТ 17.2.1.01-86 Атмосфера.
29. ГОСТ 17.11.02-86 Гидросфера.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 – Определение расчетных нагрузок цеха экструзионных изделий по пунктам питания

№ п/п	Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП n	Установленная мощность		m = $P_{ном.max}/P_{ном.min}$	Коэффициент использования $K_и$	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников $n_э$	Коэффициент максимума $K_м$	Максимальная нагрузка			$I_м$, А	$I_{пик}$, А
			$P_{ном}$, кВт	$\Sigma P_{ном}$, кВт					$P_{см}=K_и \cdot P_{ном}$, кВт	$Q_{см}=P_{см} \cdot tgφ$, кВАр			$P_м=K_м \cdot P_{см}$, кВт	$Q_м=(1 \div 1,1) \cdot Q_{см}$, кВАр	$S_м=\sqrt{P_м^2+Q_м^2}$, кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Шкаф распределительный ПР-1																
	Электроприемники группы "А" $K_и$ < 0,6																
1	Калибровочный стол	9	6,0 ÷ 26,0	141,0		0,55	0,85	0,62	77,6	48,1							
Итого по группе "А"		***9***	***6,0 ÷ 26,0***	***141,0***	***>3***	***0,55***	***0,85***	***0,62***	***77,6***	***48,1***	***7***	***1,51***	***117,3***	***52,9***	***128,7***		
Итого по ПР-1		***9***	***6,0 ÷ 26,0***	***141,0***		***0,55***	***0,85***	***0,62***	***77,6***	***48,1***			***117,3***	***52,9***	***128,7***	***195,5***	***425,3***
	Шкаф распределительный ПР-2																
	Электроприемники группы "А" $K_и$ < 0,6																
1	Тянущее устройство	9	5,2 ÷ 18,5	108,0		0,55	0,80	0,75	59,4	44,6							
Итого по группе "А"		***9***	***5,2 ÷ 18,5***	***108,0***	***>3***	***0,55***	***0,80***	***0,75***	***59,4***	***44,6***	***7***	***1,51***	***89,9***	***49,0***	***102,4***		
Итого по ПР-2		***9***	***5,2 ÷ 18,5***	***108,0***		***0,55***	***0,80***	***0,75***	***59,4***	***44,6***			***89,9***	***49,0***	***102,4***	***155,5***	***331,2***
	Шкаф распределительный ПР-3																
	Электроприемники группы "Б" $K_и$ ≥ 0,6																
1	Экструдер	9	22,5 ÷ 22,5	202,5		0,60	0,85	0,62	121,5	75,3							
Итого по группе "Б"		***9***	***22,5 ÷ 22,5***	***202,5***		***0,60***	***0,85***	***0,62***	***121,5***	***75,3***		***1***	***121,5***	***75,3***	***142,9***		
Итого по ПР-3		***9***	***22,5 ÷ 22,5***	***202,5***		***0,60***	***0,85***	***0,62***	***121,5***	***75,3***			***121,5***	***75,3***	***142,9***	***217,2***	***416,0***

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Шкаф распределительный ПР-4																	
Электроприемники группы "Б" $K_и \geq 0,6$																	
1	Вентилятор	4	4,5 ÷ 6,0	21,0		0,65	0,80	0,75	13,7	10,2							
2	Смеситель	4	35,0 ÷ 35,0	140,0		0,70	0,85	0,62	98,0	60,7							
3	Насосная станция	1	15,0 ÷ 15,0	15,0		0,70	0,80	0,75	10,5	7,9							
Итого по группе "Б"		***9***	***4,5 ÷ 35,0***	***176,0***		***0,69***	***0,84***	***0,65***	***122,2***	***78,8***		***1***	***122,2***	***78,8***	***145,4***		
Итого по ПР-4		***9***	***4,5 ÷ 35,0***	***176,0***		***0,69***	***0,84***	***0,65***	***122,2***	***78,8***			***122,2***	***78,8***	***145,4***	***220,9***	***523,2***
Шкаф распределительный ПР-5																	
Электроприемники группы "А" $K_и < 0,6$																	
1	Калибровочный стол	9	6,0 ÷ 26,0	141,0		0,55	0,85	0,62	77,6	48,1							
Итого по группе "А"		***9***	***6,0 ÷ 26,0***	***141,0***	***>3***	***0,55***	***0,85***	***0,62***	***77,6***	***48,1***	***7***	***1,51***	***117,3***	***52,9***	***128,7***		
Итого по ПР-5		***9***	***6,0 ÷ 26,0***	***141,0***		***0,55***	***0,85***	***0,62***	***77,6***	***48,1***			***117,3***	***52,9***	***128,7***	***195,5***	***425,3***
Шкаф распределительный ПР-6																	
Электроприемники группы "А" $K_и < 0,6$																	
1	Тянущее устройство	9	5,2 ÷ 18,5	108,0		0,55	0,80	0,75	59,4	44,6							
Итого по группе "А"		***9***	***5,2 ÷ 18,5***	***108,0***	***>3***	***0,55***	***0,80***	***0,75***	***59,4***	***44,6***	***7***	***1,51***	***89,9***	***49,0***	***102,4***		
Электроприемники группы "Б" $K_и \geq 0,6$																	
1	Холод. машина, устан. водоподгонки	2	22,0 ÷ 40,0	62,0		0,60	0,80	0,75	37,2	27,9							
Итого по группе "Б"		***2***	***22,0 ÷ 40,0***	***62,0***		***0,60***	***0,80***	***0,75***	***37,2***	***27,9***		***1***	***37,2***	***27,9***	***46,5***		
Итого по ПР-6		***11***	***5,2 ÷ 40,0***	***170,0***		***0,57***	***0,80***	***0,75***	***96,6***	***72,5***			***127,1***	***76,9***	***148,5***	***225,7***	***601,2***
Итого силовая нагрузка		***56***	***4,5 ÷ 40,0***	***938,5***		***0,59***	***0,83***	***0,66***	***554,8***	***367,3***			***695,2***	***385,8***	***796,6***		
Электрическое освещение				***12,2***	***$K_{со}$ = 0,95***				***11,6***				***11,6***				
Итого по цеху		***56***	***4,5 ÷ 40,0***	***950,7***		***0,60***	***0,84***	***0,65***	***566,3***	***367,3***			***706,8***	***385,8***	***805,2***	***1223,4***	***1598,9***

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

№ п/п	Наименование цеха	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Суммарная нагрузка		
		$P_{уст}$, кВт	$K_с$	cosφ	tgφ	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	F, м^2	$P_{уд.о}$, Вт/м^2	$P_{н.о}$, кВт	$K_{с.о}$	$P_{р.о}$, кВт	$P_р+P_{р.о}$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1	Цех экструзионных изделий	938,5	–	0,84	0,65	695,2	385,8	760	16	12,2	0,95	11,6	706,8	385,8	805,2
2	Цех по чистке и ремонту фильеров	350,0	0,55	0,75	0,88	192,5	169,8	1115	15	16,7	0,95	15,9	208,4	169,8	268,8
3	Цех по ремонту основн. оборудования	850,0	0,50	0,70	1,02	425,0	433,6	1381	15	20,7	0,95	19,7	444,7	433,6	621,1
4	Цех по ремонту вспомог. оборудования	650,0	0,50	0,70	1,02	325,0	331,6	1050	15	15,8	0,95	15,0	340,0	331,6	474,9
5	Сварочный участок	450,0	0,55	0,65	1,17	247,5	289,4	1822	13	23,7	0,95	22,5	270,0	289,4	395,8
6	Термический цех	650,0	0,65	0,85	0,62	422,5	261,8	1115	13	14,5	0,95	13,8	436,3	261,8	508,8
7	Электроэрозионный цех	800,0	0,65	0,85	0,62	520,0	322,3	1266	16	20,3	0,95	19,2	539,2	322,3	628,2
8	Склад готовой продукции	220,0	0,40	0,85	0,62	88,0	54,5	1381	17	23,5	0,60	14,1	102,1	54,5	115,7
9	Компрессорная	450,0	0,60	0,75	0,88	270,0	238,1	304	16	4,9	0,95	4,6	274,6	238,1	363,5
10	Административное здание	275,0	0,45	0,85	0,62	123,8	76,7	1160	20	23,2	0,90	20,9	144,6	76,7	163,7
	Территория предприятия	0,0	–	–	–	0,0	0,0	39746	0,16	6,4	1	6,4	6,4	0,0	6,4
	Итого по 0,38 кВ	***5633,5***	–	–	–	***3309,5***	***2563,5***	***$\Sigma F_ц$ = 11354***		***181,7***	–	***163,5***	***3473,0***	***2563,5***	***4316,6***
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
9	Компрессорная	1260,0	0,60	0,75	0,88	756,0	666,7	–	–	–	–	–	756,0	666,7	1008,0
	Итого по 6 кВ	***1260,0***	–	–	–	***756,0***	***666,7***	–	–	–	–	–	***756,0***	***666,7***	***1008,0***

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха	Наименование цеха	$S_{р.i}$, кВА	$P_{р.о.i}$, кВт	r, мм	α, град	x_i, мм	y_i, мм	$S_{р.i} \cdot x_i$, кВА·мм	$S_{р.i} \cdot y_i$, кВА·мм
	Потребители электроэнергии до 1000 В								
1	Цех экструзионных изделий	805,2	11,6	23,9	5,2	109,1	188,7	87847,5	151941,6
2	Цех по чистке и ремонту фильеров	268,8	15,9	13,8	21,3	20,8	218,4	5590,8	58703,5
3	Цех по ремонту основн. оборудования	621,1	19,7	21,0	11,4	53,1	216,9	32979,2	134711,7
4	Цех по ремонту вспомог. оборудования	474,9	15,0	18,3	11,3	127,6	236,9	60594,6	112499,0
5	Сварочный участок	395,8	22,5	16,7	20,5	171,0	158,9	67675,8	62887,0
6	Термический цех	508,8	13,8	19,0	9,7	43,6	134,9	22184,3	68639,2
7	Электроэрозионный цех	628,2	19,2	21,1	11,0	157,5	57,3	98942,0	35996,0
8	Склад готовой продукции	115,7	14,1	9,0	43,8	153,0	244,7	17708,3	28321,8
9	Компрессорная	363,5	4,6	16,0	4,6	73,4	100,9	26679,3	36675,0
10	Административное здание	163,7	20,9	10,8	45,9	81,3	61,9	13309,3	10133,4
	Потребители электроэнергии выше 1000 В								
9	Компрессорная	1008,0	–	26,7	–	73,4	100,9	73987,2	101707,2
	Итого	***5353,7***	–	–	–	–	–	***507498,5***	***802215,4***

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

№ п/п	*Наименования цехов*	$P_р + P_{р.о}$, *кВт*	*Количество тр-ов* n_i, *шт*
1	Цех экструзионных изделий	706,8	1,018
2	Цех по чистке и ремонту фильеров	208,4	0,300
3	Цех по ремонту основн. оборудования	444,7	0,640
4	Цех по ремонту вспомог. оборудования	340,0	0,489
5	Сварочный участок	270,0	0,389
6	Термический цех	436,3	0,628
7	Электроэрозионный цех	539,2	0,776
8	Склад готовой продукции	102,1	0,147
9	Компрессорная	274,6	0,395
10	Административное здание	144,6	0,208

Таблица 5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	*Наименование пункта питания и количество трансформаторов*	*Потребители энергии (номер по генплану)*	*Суммарная мощность, кВт*	*Место расположения на генплане*
1	ТП1 1 трансф.	2, 3	653,1	Цех №3
2	ТП2 2 трансф.	1, 4, 5, 8	1418,8	Цех №1
3	ТП3 2 трансф.	6, 7, 9, 10	1394,8	Цех №9

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 6 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

№ п/п	Участок	$\frac{I_р}{I_{пик}}$	$1{,}1 \cdot I_р$	$1{,}25 \cdot I_{пик}$	Автомат			Способ прокладки	$K_{пр}$	$\frac{K_з \cdot I_з}{K_{пр}}$	Кабель		L	cosφ	ΔU_0	$\Delta U_р$
					K	$\frac{I_{тепл}}{I_{э.о}}$	Тип				$I_{доп}$	Марка				
		А	А	А	–	А			–	А	А		км	–	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Отходящий выключатель ТП	2722,0 / 3097,6	2994,2	3872,0	2,0	3000 / 6000,0	ВА74 – 45	На лотках	–	–	–	–	–	–	–	–
2	ТП - ПР1	195,5 / 425,3	215,1	531,6	2,5	250 / 625,0	ВА57 – 35		1	250	260	ВВГ - 1(4 × 120)	0,012	0,85	0,078	0,18
3	ТП - ПР2	155,5 / 331,2	171,1	414,0	2,5	200 / 500,0	ВА57 – 35		1	200	220	ВВГ - 1(4 × 95)	0,008	0,80	0,093	0,12
4	ТП - ПР3	217,2 / 416,0	238,9	520,0	2,5	250 / 625,0	ВА57 – 35		1	250	260	ВВГ - 1(4 × 120)	0,003	0,85	0,078	0,05
5	ТП - ПР4	220,9 / 523,2	243,0	653,9	4,0	250 / 1000,0	ВА57 – 35		1	250	260	ВВГ - 1(4 × 120)	0,002	0,84	0,078	0,04
6	ТП - ПР5	195,5 / 425,3	215,1	531,6	2,5	250 / 625,0	ВА57 – 35		1	250	260	ВВГ - 1(4 × 120)	0,011	0,85	0,078	0,17
7	ТП - ПР6	225,7 / 601,2	248,2	751,5	4,0	250 / 1000,0	ВА57 – 35		1	250	260	ВВГ - 1(4 × 120)	0,016	0,80	0,078	0,27

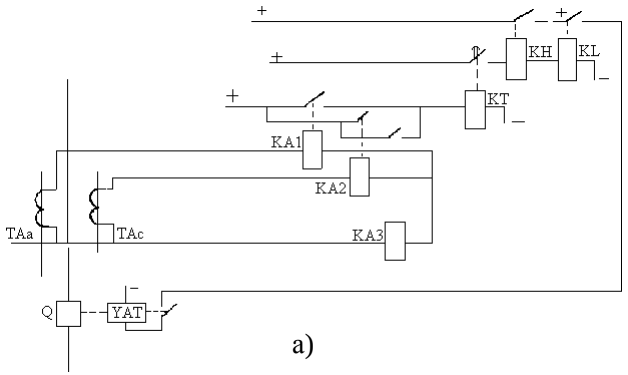
Таблица 7 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

№ п/п	Приемник	$P_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{пуск}$	$1{,}1 \cdot I_{ном}$	$1{,}5 \cdot I_{пуск}$	Автомат				$K_{пр}$	$\frac{K_з \cdot I_з}{K_{пр}}$	Кабель		ПР
							K	$I_{тепл}$	$I_{о.э.}$	Тип			$I_{доп}$	Марка	
		кВт	А	А	А	А	–	А	А		–	А	А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПР – 1															
1	Калибровочный стол	26,0	51,6	258,2	56,8	387,3	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	63,0	75	ВВГ - 4 × 16	ПР11-7123 $I_{ном}$ = 250А
2	Калибровочный стол	15,0	29,8	149,0	32,8	223,4	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	ВВГ - 4 × 6	
3	Калибровочный стол	6,0	11,9	59,6	13,1	89,4	–	16,0	–	ВА13 – 29	1,0	16,0	25	ВВГ - 4 × 2,5	
ПР – 2															
1	Тянущее устройство	18,5	39,5	197,4	43,4	296,1	6,0	50,0	300,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ - 4 × 10	ПР11-7123 $I_{ном}$ = 250А
2	Тянущее устройство	12,3	26,2	131,2	28,9	196,9	12,0	31,5	378,0	ВА13 – 29	1,0	31,5	35	ВВГ - 4 × 4	
3	Тянущее устройство	5,2	11,1	55,5	12,2	83,2	12,0	12,5	150,0	ВА13 – 29	1,0	12,5	25	ВВГ - 4 × 2,5	
ПР – 3															
1	Экструдер	22,5	45,2	225,9	49,7	338,9	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ - 4 × 10	ПР11-7123 $I_{ном}$ = 250А
2	Экструдер	22,5	45,2	225,9	49,7	338,9	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	50,0	55	ВВГ - 4 × 10	
ПР – 4															
1	Вентилятор	4,5	9,6	48,0	10,6	72,0	6,0	12,5	75,0	ВА13 – 29	1,0	12,5	25	ВВГ - 4 × 2,5	ПР11-7123 $I_{ном}$ = 250А
2	Смеситель	35,0	70,3	351,5	77,3	527,2	8,0	80,0	640,0	ВА57 – 35	1,0	80,0	95	ВВГ - 4 × 25	
3	Вентилятор	6,0	12,8	64,0	14,1	96,0	12,0	16,0	192,0	ВА13 – 29	1,0	16,0	25	ВВГ - 4 × 2,5	
4	Насосная станция	15,0	32,0	160,0	35,2	240,1	12,0	40,0	480,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	ВВГ - 4 × 6	
ПР – 5															
1	Калибровочный стол	26,0	51,6	258,2	56,8	387,3	12,0	63,0	756,0	ВА13 – 29	1,0	63,0	75	ВВГ - 4 × 16	ПР11-7123 $I_{ном}$ = 250А
2	Калибровочный стол	15,0	29,8	149,0	32,8	223,4	6,0	40,0	240,0	ВА13 – 29	1,0	40,0	42	ВВГ - 4 × 6	
3	Калибровочный стол	6,0	11,9	59,6	13,1	89,4	6,0	16,0	96,0	ВА13 – 29	1,0	16,0	25	ВВГ - 4 × 2,5	
ПР – 6															

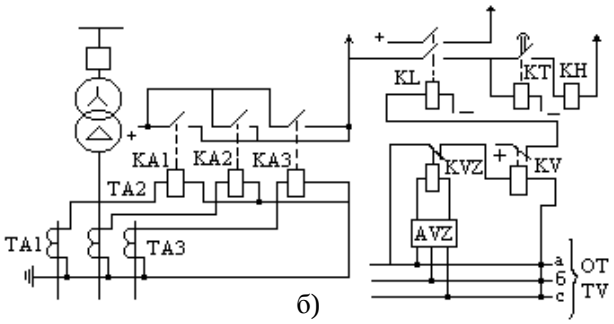
окончание таблицы 7

1	Тянущее устройство	18,5	39,5	197,4	43,4	296,1	6,0	50,0	300,0	*ВА13 − 29*	1,0	50,0	55	*ВВГ* - 4 × 10	*ПР11-7123* $I_{ном}$ *= 250А*
2	Тянущее устройство	12,3	26,2	131,2	28,9	196,9	12,0	31,5	378,0	*ВА13 − 29*	1,0	31,5	35	*ВВГ* - 4 × 4	
3	Тянущее устройство	5,2	11,1	55,5	12,2	83,2	6,0	16,0	96,0	*ВА13 − 29*	1,0	16,0	25	*ВВГ* - 4 × 2,5	
4	Холодильная машина	22,0	46,9	234,7	51,6	352,1	6,0	63,0	378,0	*ВА13 − 29*	1,0	63,0	75	*ВВГ* - 4 × 16	
5	Установка водоподгонки	40,0	85,4	426,8	93,9	640,2	8,0	100,0	800,0	*ВА57 − 35*	1,0	100,0	120	*ВВГ* - 4 × 35	

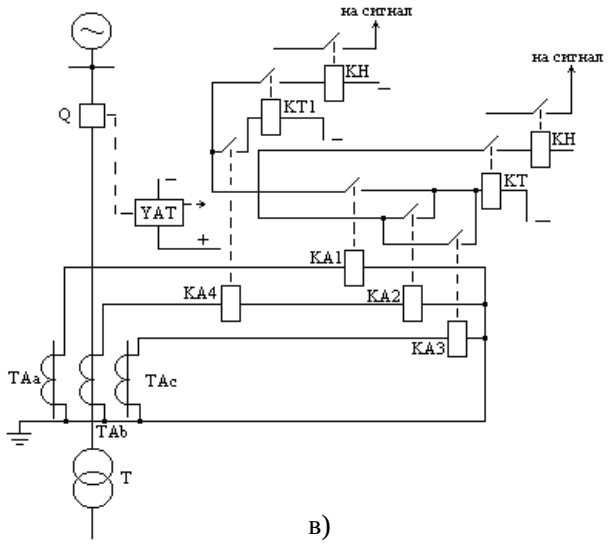
ПРИЛОЖЕНИЕ 6



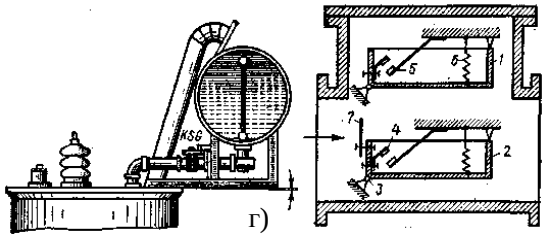
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1 – Релейная защита

а) МТЗ линии; б) МТЗ от внешних КЗ с комбинированным пусковым органом напряжения;
в) МТЗ трансформатора от внешних КЗ и защита от перегрузок; г) газовое реле защиты трансформатора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Наименование исполнителя	Календарные дни (10 20 30 40 50 60 70 80 90)	Перечень выполняемых работ
Руководитель проекта		Ознакомление с производственной документацией
		Составление расчетно-пояснительной записки
		Чертежные работы
Инженер		Ознакомление с производственной документацией
		Расчет электрических нагрузок по цеху
		Расчет электрических нагрузок по предприятию
		Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН
		Выбор трансформторов цеховых подстанций
		Выбор трансформаторов ГПП
		Расчет внутризаводской сети предприятия
		Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.
		Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В
		Расчет схемы электроснабжения цеха
		Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В
		Расчет молниезащиты
		Расчет релейной защиты и автоматики
		Расчет эпюры отклонений напряжения
		Фин. менеджмент, ресурсоэффект. и ресурсосбер.
		Социальная ответственность
		Составление расчетно-пояснительной записки
		Чертежные работы

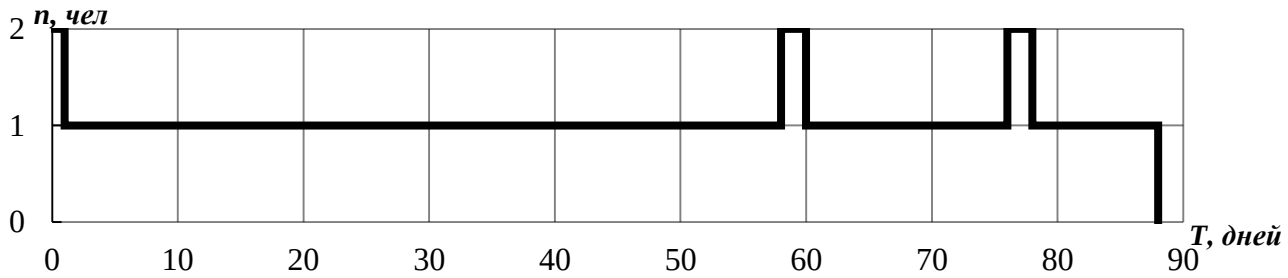


Рисунок 2 – Календарный план проекта и график занятости в выполнении проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

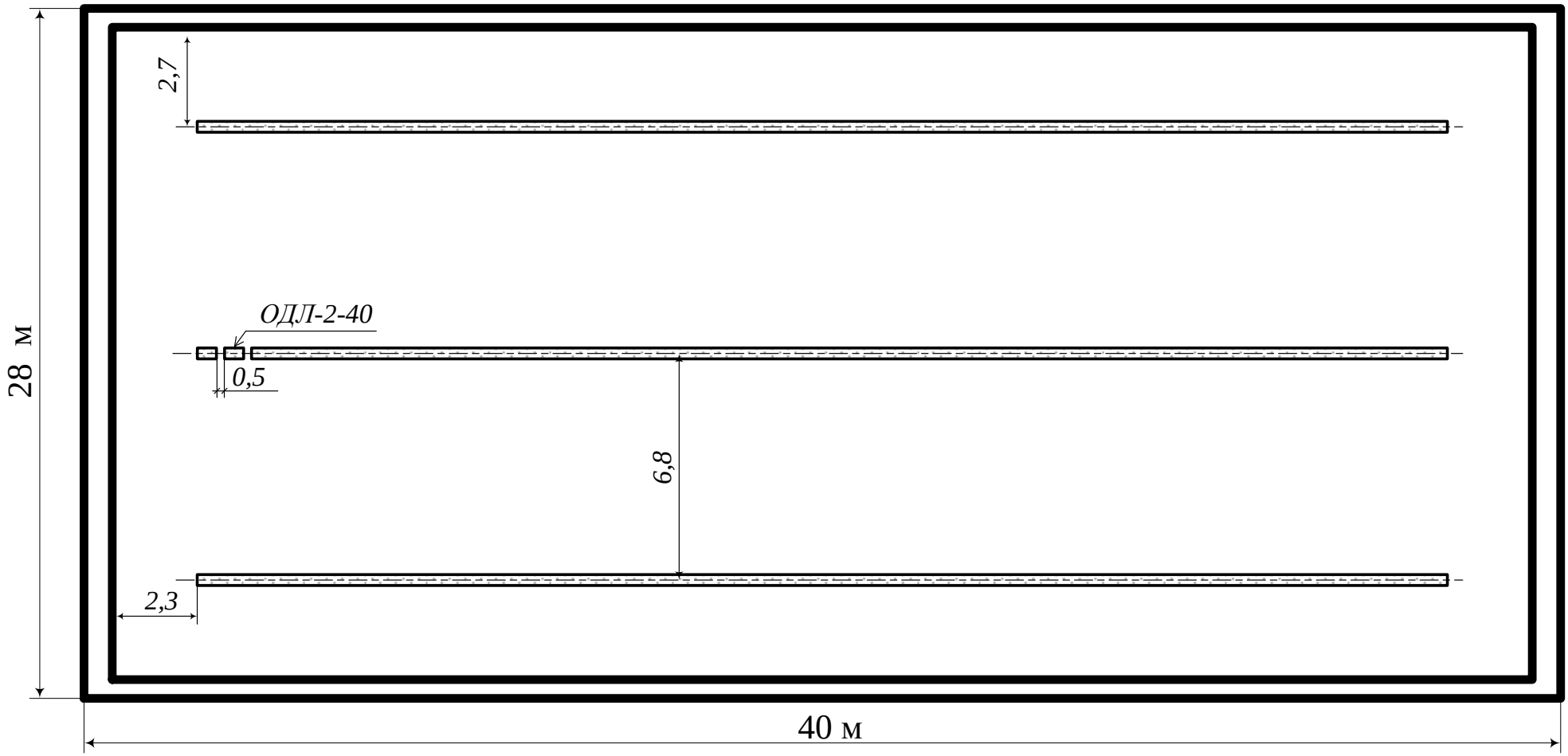


Рисунок 3 – План размещения светильников

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

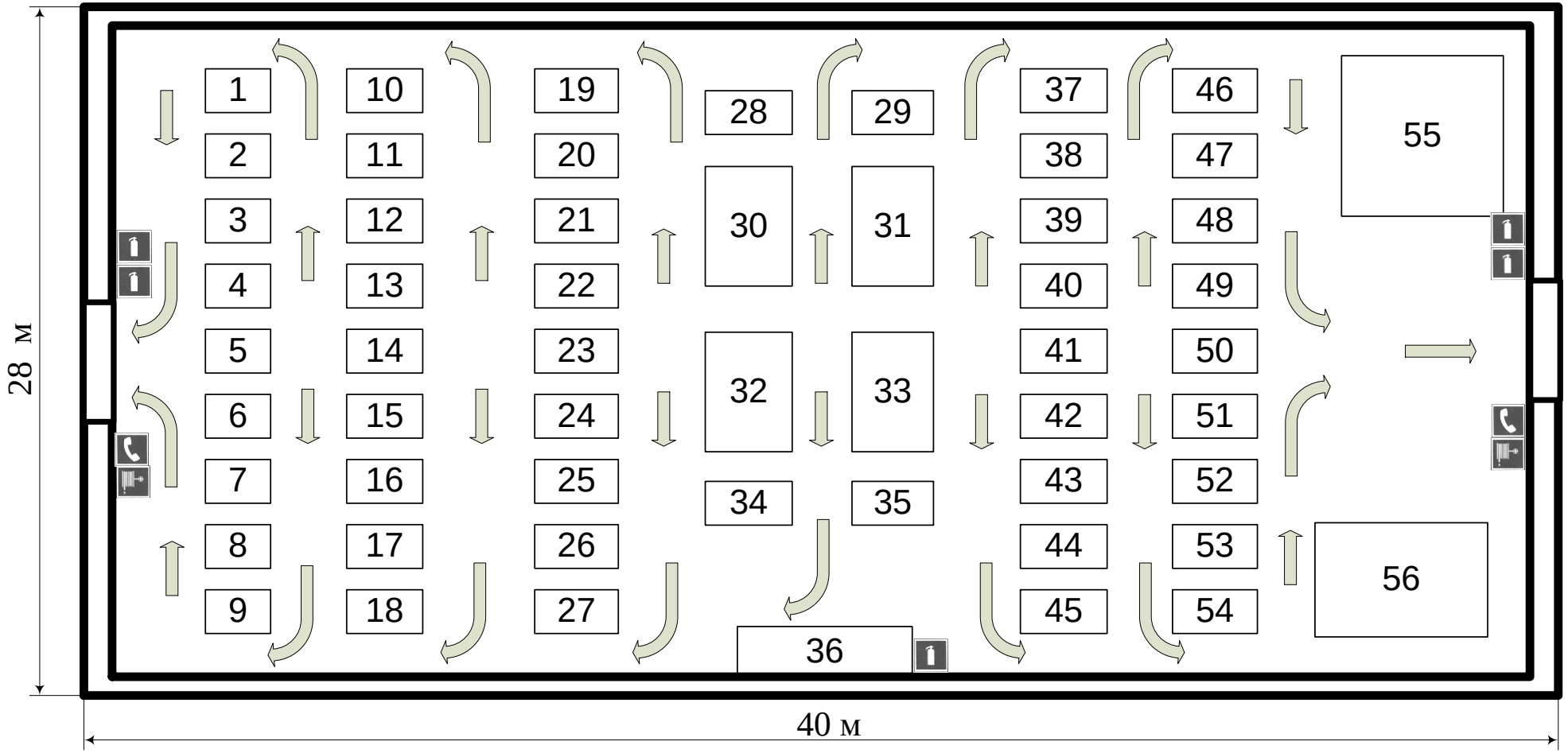


Рисунок 4 – План эвакуации

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

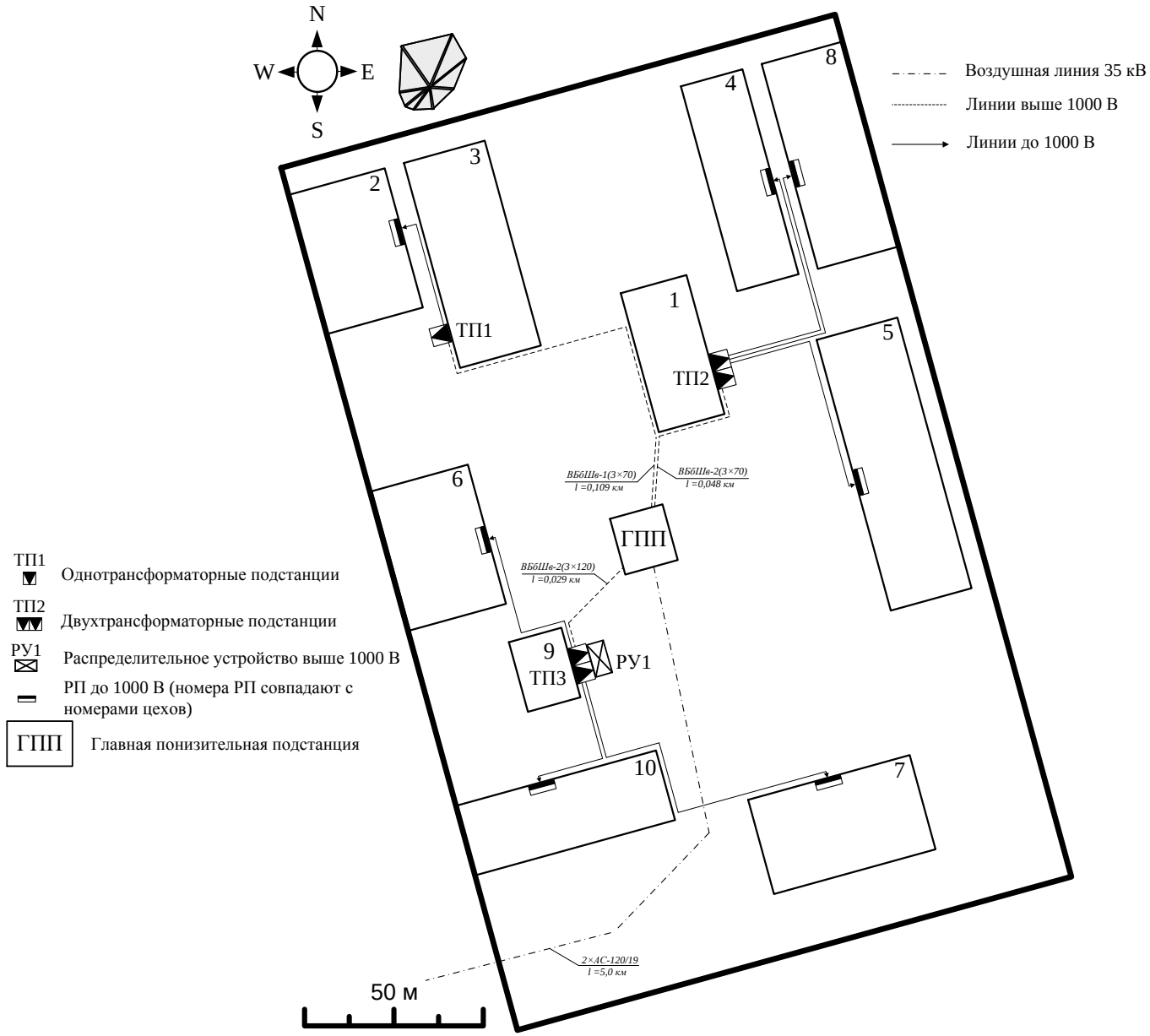


Рисунок 5 – Генплан предприятия. Распределение электроэнергии

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

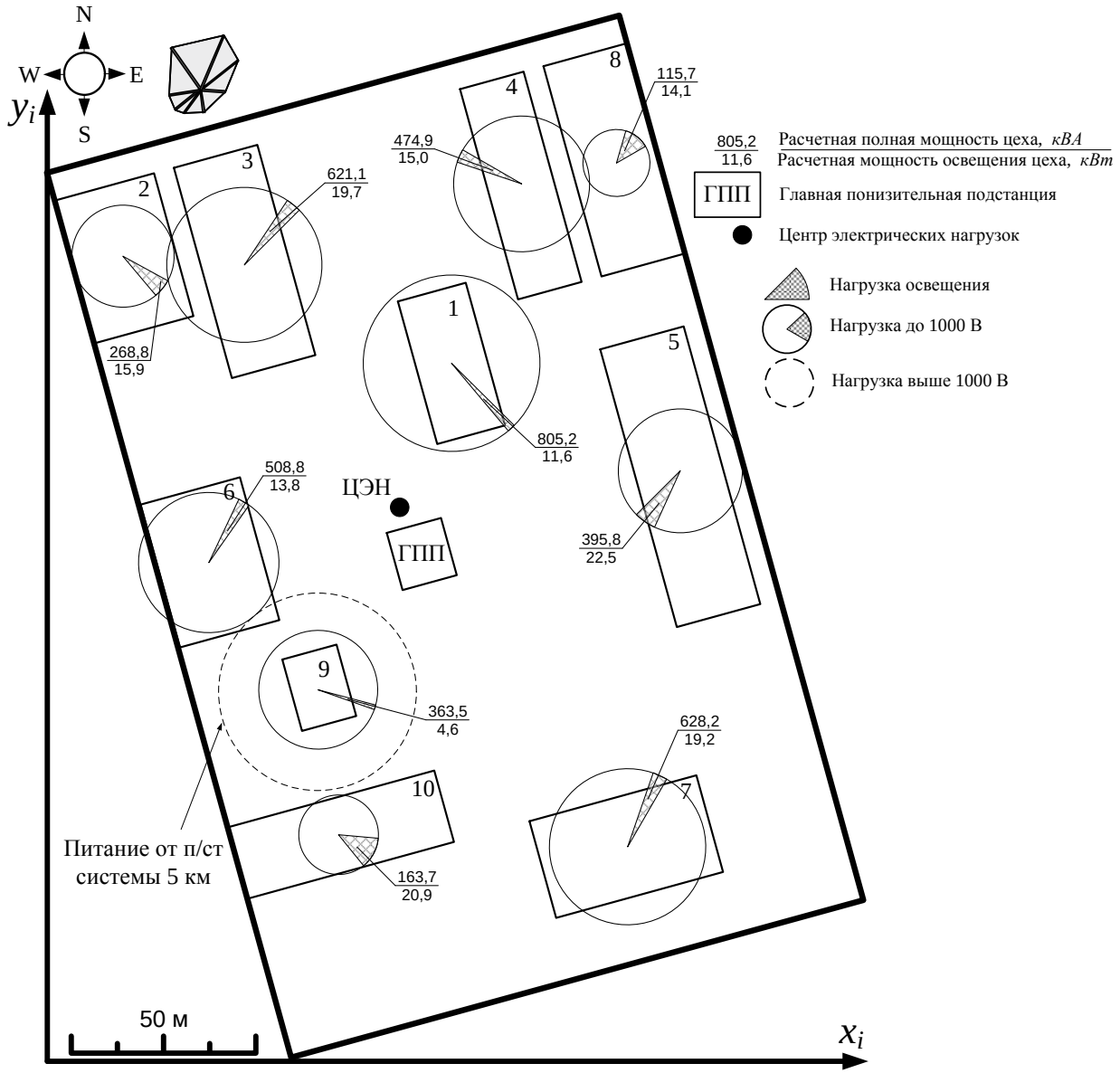


Рисунок 6 – Картограмма нагрузок

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

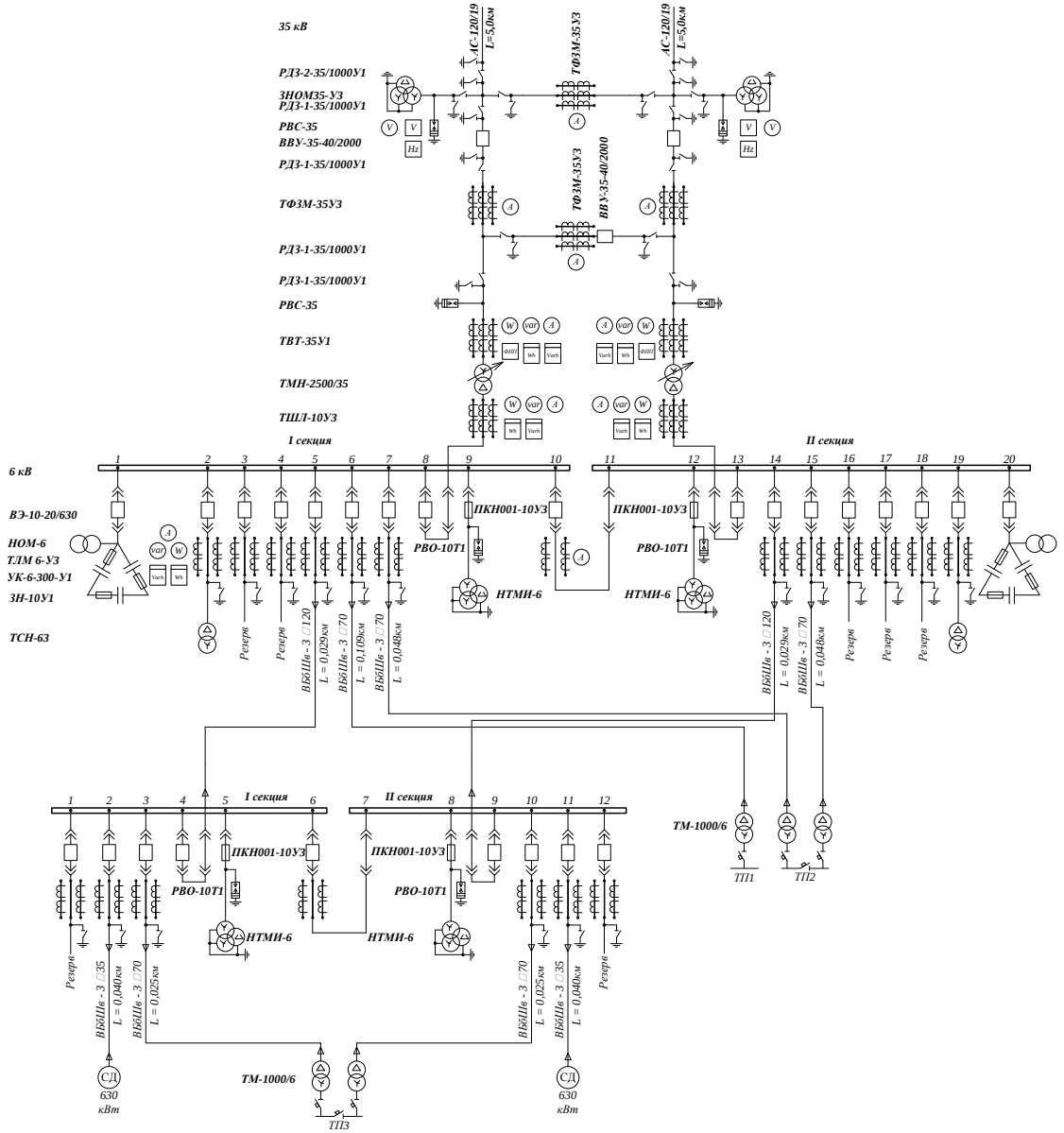


Рисунок 7 – Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

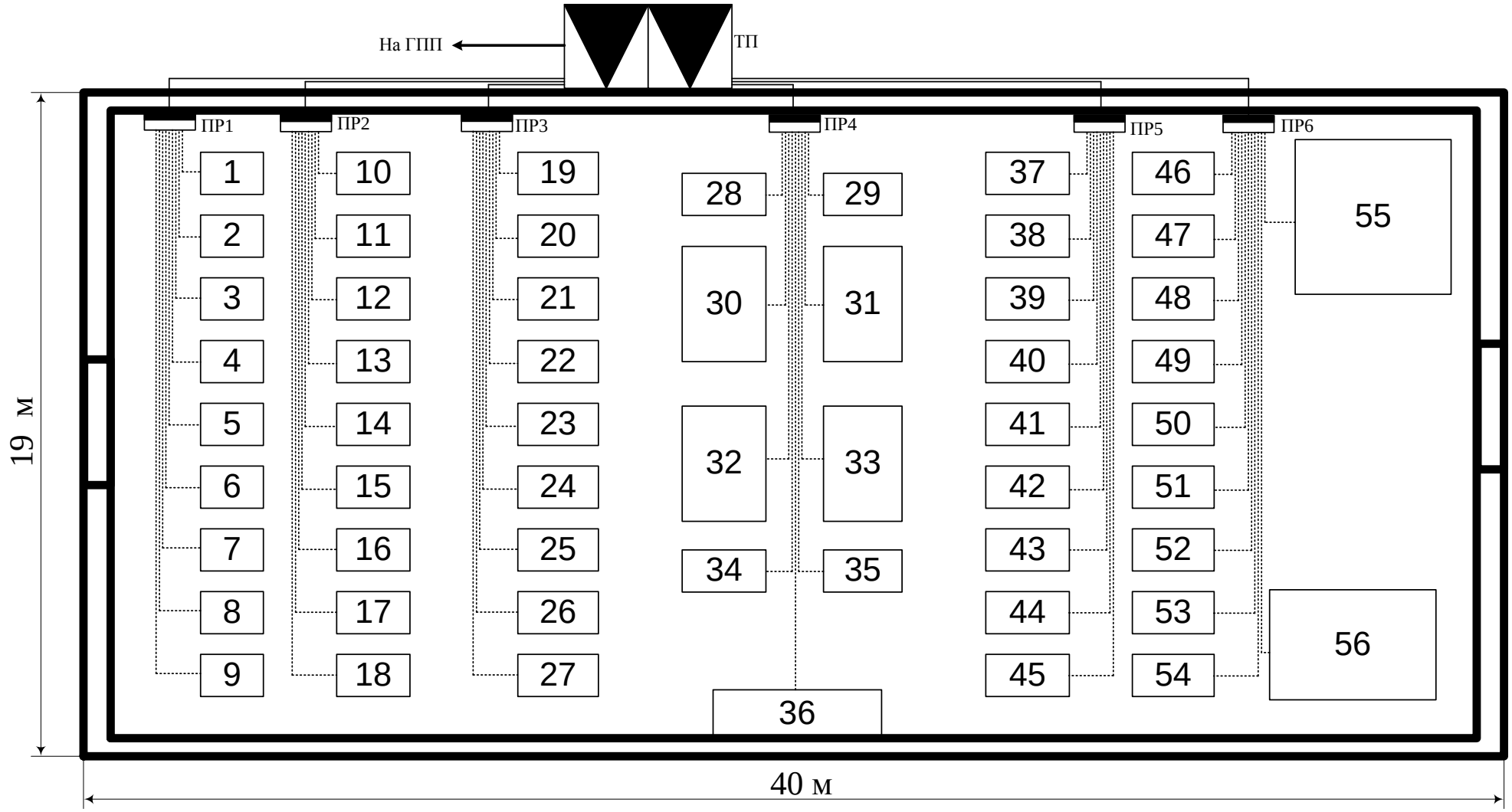


Рисунок 8 – Схема силовой сети цеха экструзионных изделий

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

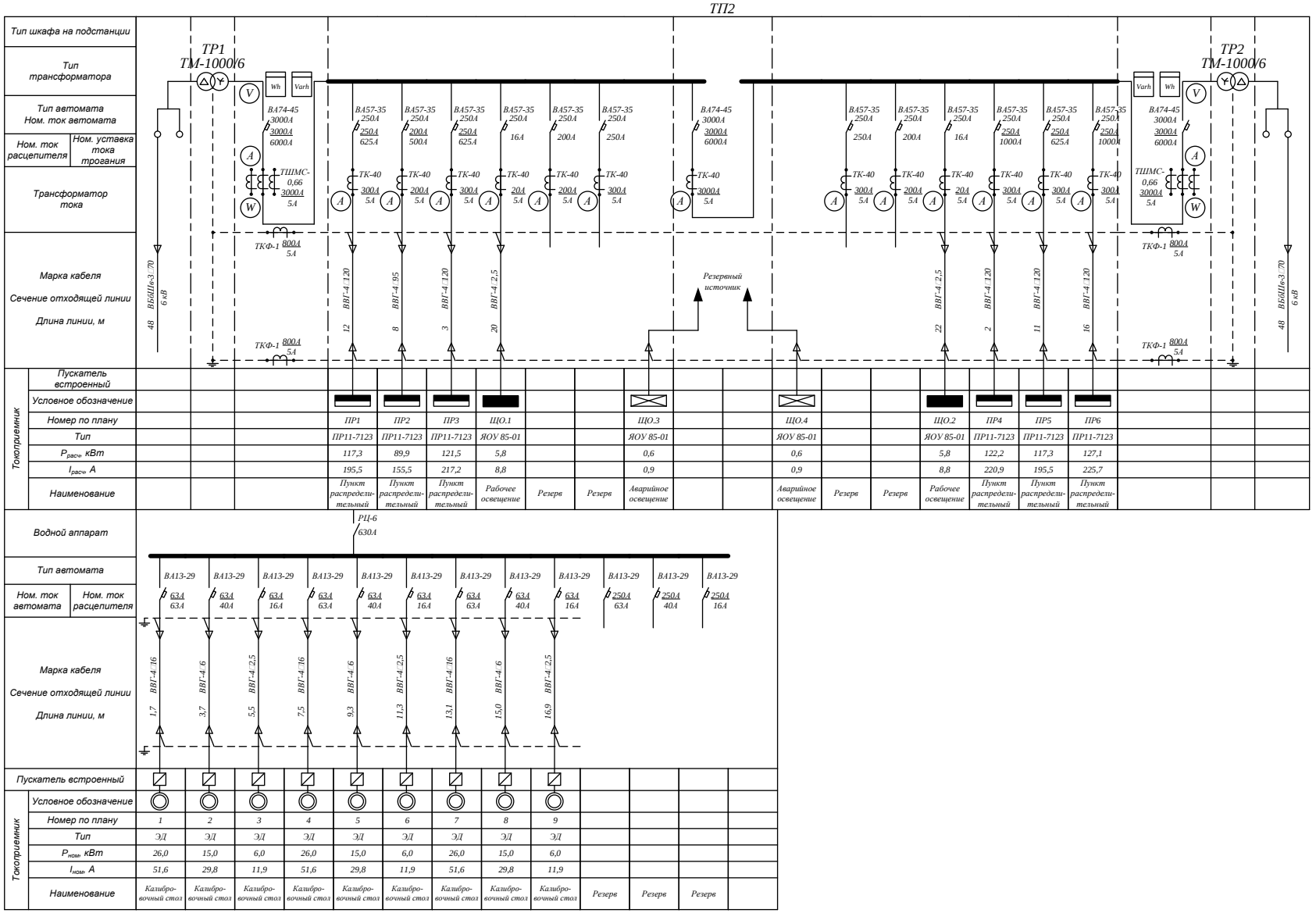
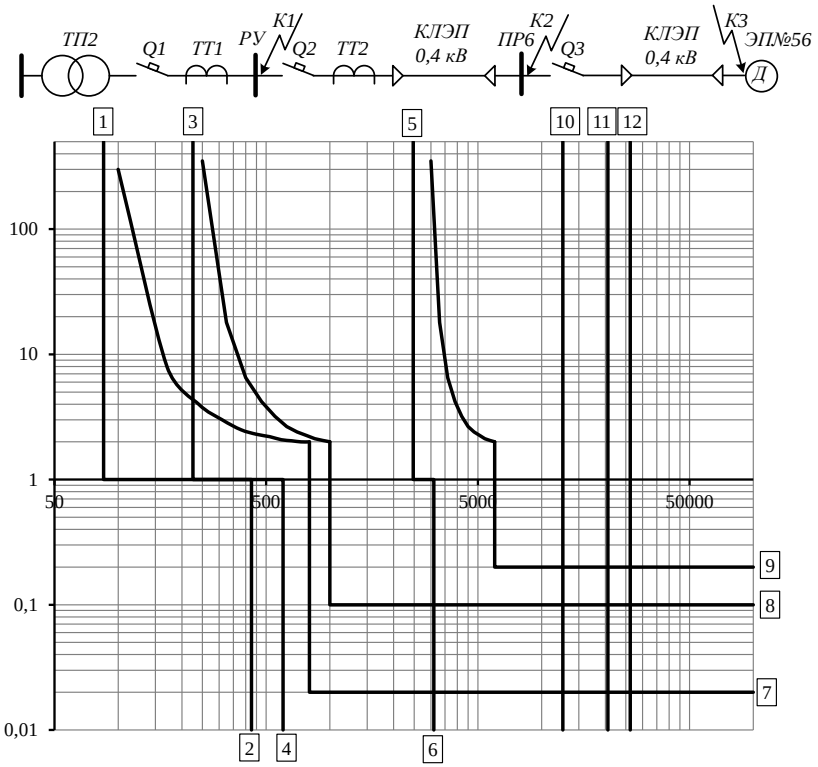


Рисунок 9 – Электроснабжение цеха экструзионных изделий

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Карта селективности действия защитных аппаратов



Узел нагрузки	*ТП2*	*ПР6*	*Установка №56*
Расчетный ток $I_м$, *А*	2474,6	225,7	–
Пиковый ток $I_{пик}$, *А*	3097,6	601,2	–
Номинальный ток $I_{ном}$, *А*	–	–	85,4
Пусковой ток $I_{пуск}$, *А*	–	–	426,8
Ток КЗ $I_к$, *А*	26243,2	20574,8	12593,2
Тип аппарата	***ВА74 – 45***	***ВА57 – 35***	***ВА57 – 35***
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном.расц}$, *А*	3000	250	100,0
– при КЗ $I_{кз}$, *А*	6000,0	1000,0	800,0
Условия срабатывания по времени, *с*	0,2	0,1	0,02

Эпюра отклонений напряжения

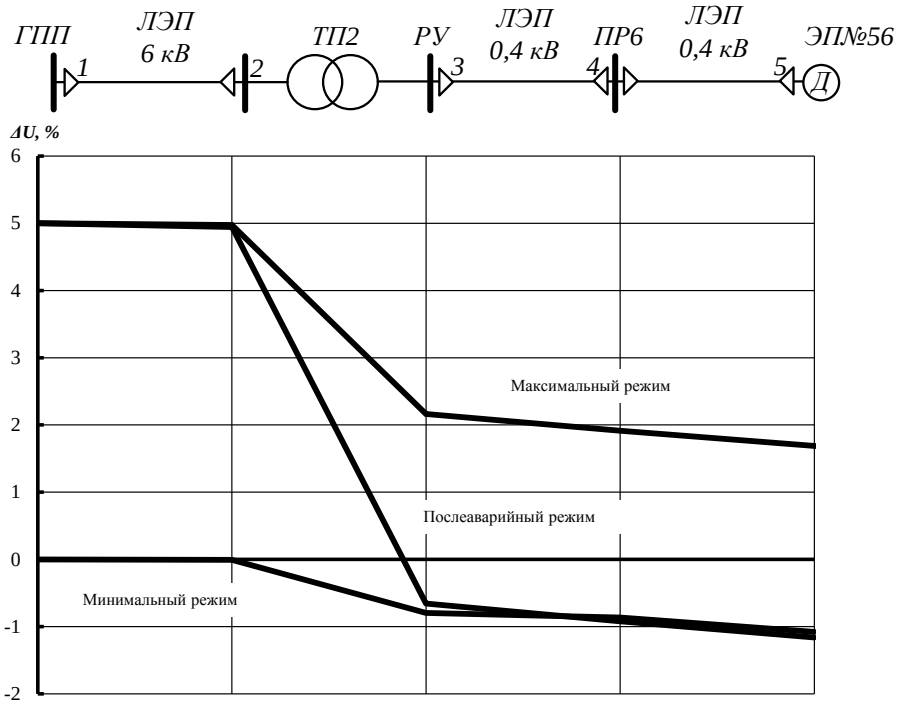


Рисунок 10 – Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности