

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение химического завода

УДК 621.31.031.001.6:66.013.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A18	Калиев Нурбол Вахиджанович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Плотников И.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных пред- приятий	Завьялов В.М.	д.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

Завьялов В.М.
(Ф.И.О.)

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А18	Калиеву Нурболу Вахиджановичу

Тема работы:

Электроснабжение химического завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

- а) ген.план с размещением производственно–вспомогательных цехов;*
б) сведения об электрических нагрузках цеха;
в) план цеха;
г) сведения об электрических нагрузках предприятия. .

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Введение;</i> <i>Описание предприятия;</i> <i>Картограмма и определение центра электрических нагрузок;</i> <i>Схема внешнего и внутрипроизводственного электроснабжения;</i> <i>Внутризаводская распределительная сеть 10 кВ;</i> <i>Расчет токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В;</i> <i>Выбор высоковольтного оборудования;</i> <i>Электроснабжение цеха полимеризации;</i> <i>Расчет электрической сети по потере напряжения;</i> <i>Расчет токов короткого замыкания в сетях ниже 1000 В;</i> <i>Построение карты селективности действия защит-</i></p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Генплан предприятия, картограмма нагрузок. 2. План кузнечного цеха 3. однолинейная схема электроснабжения завода. 4. однолинейная схема электроснабжения цеха 5. Карта селективности, эпюра отклонения напряжения.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Бородин Юрий Викторович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">Коршунова Лидия Афанасьевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">Доцент</p>	<p style="text-align: center;">Плотников И.А.</p>	<p style="text-align: center;">К.Т.Н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">3-5А18</p>	<p style="text-align: center;">Калиев Нурбол Вахиджанович</p>		

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Калиев Н.В.					
Провер.		Плотников И. А.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.							

Оглавление

ТПУ ЭНИН гр. 3-5А18₆

Оглавление

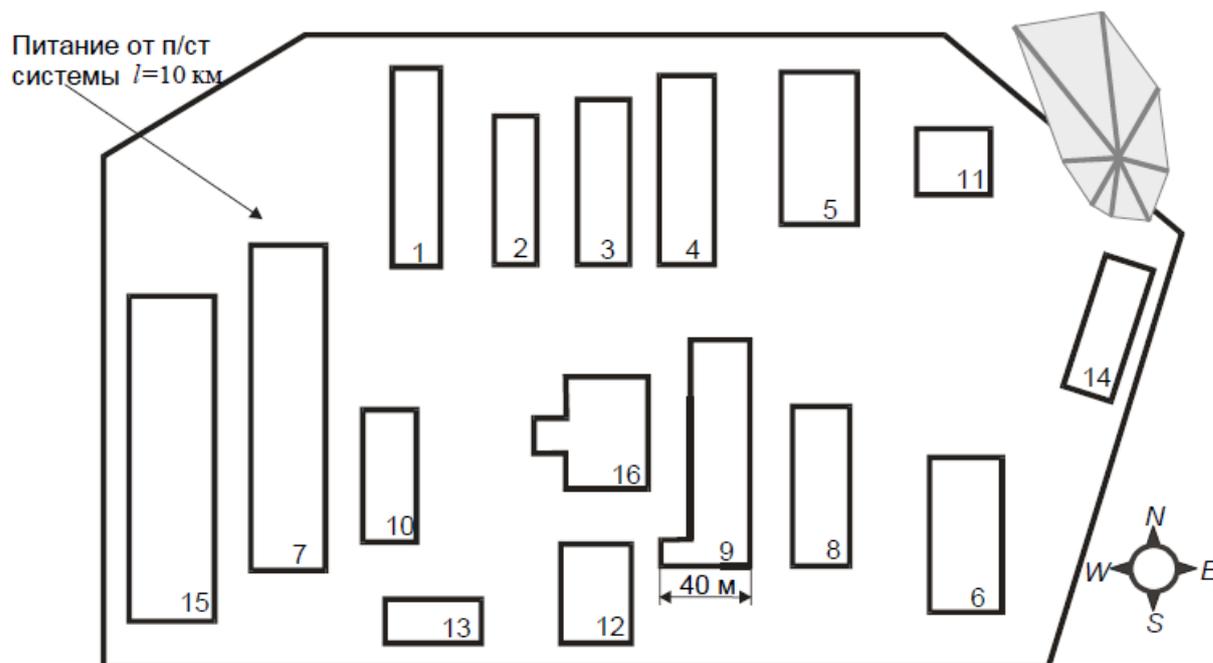
Введение	6
1. Определение расчётной нагрузки кузнечного цеха вагоноремонтного завода	7
2. Определение расчётной нагрузки предприятия в целом	12
3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	16
4. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	20
5. Схема внешнего электроснабжения	24
6. Схема внутриводской сети 6 кВ	27
7. Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	31
8. Электроснабжение кузнечного цеха	36
9. Финансовый менеджмент	77
10. Социальная ответственность	87
Заключение	
Список литературы	

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Генплан химического комбината

Таблица 1- Сведения об электрических нагрузках

N на плане	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Сернокислотное отделение	700
2	Печное отделение №1	680
3	Кислотное отделение	580
4	Склад апатита	420
5	Операционное отделение	600
6	Склад готовой продукции	350
7	Цех фторсолей	1100
8	Кузнечный цех	—
9	Печное отделение №2	350
10	Цех тукосмесей	200
11	Ремонтно-механический цех	510
12	Цех суперфосфата	550
13	Компрессорная	
	10 кВ	1600
	0,38 кВ	160
14	Заводоуправление	370
15	Цех СМС	500
16	Котельная	700



План кузнечного цеха

Таблица 2- Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт	
		Номер варианта	
		0	
1,2, 6,30	Кран-балка ПВ=40%	20	
18	Пресс	40	
3-5	Фрезерный станок	7	
7,10	Трубогибочный станок	14	
9,26	Шлифовальный станок	8	
8,12, 13,14,24	Сварочный трансформатор ПВ=25%	40	
31	Вентилятор	7	
15,27	Сушильный шкаф	8	
16,17	Закалочная печь	40	
19-23, 25,34	Токарный станок	6	
37	Сверлильный станок	4	
28,29	Электрованна	30	
32,36	Электромолот	25	
38	Поворотный кран	5	
33,40	Вентилятор горна	15	
35	Обдирочный станок	21	
39	Нагревательная плита	10	

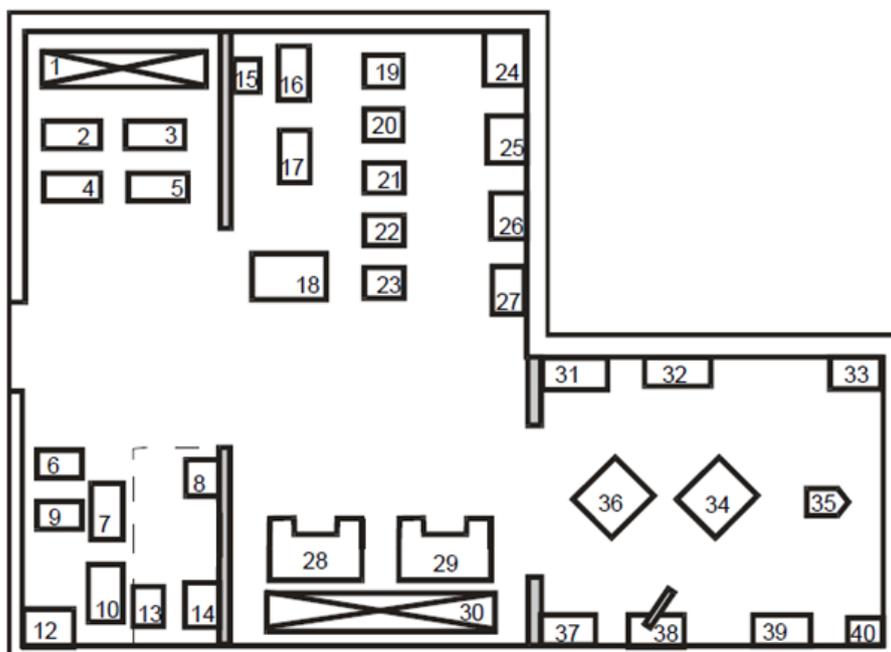


Таблица- 3 Характеристика среды производственных помещений

№ п/п	Наименование цехов	Характеристика производственных помещений
1.	Сернокислотное отделение	Пыльная
2.	Печное отделение №1	Жаркая ,пыльная
3.	Кислотное отделение	Жаркая ,пыльная
4.	Склад аппатита	Нормальная
5.	Операционное отделение	Нормальная
6.	Склад готовой продукции	Нормальная
7.	Цех фторсолей	Нормальная
8.	Кузнечный цех	Жаркая
9.	Печное отделение №2	Жаркая
10.	Цех тукосмесей	пыльная
11.	Ремонтно-механический цех	Нормальная
12.	Цех суперфосфата	Пыльная
13.	Компрессорная	Нормальная
14.	10 кВ	
15.	0,38 кВ	
16.	Заводоуправление	Нормальная

Таблица -4 Категорийность электроприёмников по цехам

№ п/п	Наименование цехов	Категории ЭП по степени бесперебойности питания
1.	Сернокислотное отделение	II
2.	Печное отделение №1	II
3.	Кислотное отделение	II
4.	Склад аппатита	III
5.	Операционное отделение	II
6.	Склад готовой продукции	III
7.	Цех фторсолей	II
8.	Кузнечный цех	III
9.	Печное отделение №2	II
10.	Цех тукосмесей	II
11.	Ремонтно-механический цех	III
12.	Цех суперфосфата	III
13.	Компрессорная	
14.	10 кВ	II
15.	0,38 кВ	III
16.	Заводоуправление	III

Введение

В современном мире многие сферы жизнедеятельности человека тесно связаны с электричеством, и мы не преувеличим, если скажем, что без него уже невозможно жить в комфорте и удобстве. Электрическая энергия стремительно внедряется во все сферы промышленности и городской жизни общества. Каждый день строятся новые здания, новые заводы и фабрики, открываются магазины и развлекательные центры, которые нуждаются в электрической энергии. И основной задачей энергетиков является в первую очередь качественное обеспечение электричеством всех потребителей. При этом система электроснабжения должна быть не дорогой и отвечать всем современным требованиям. Для выполнения всех этих задач в первую очередь нужно провести все необходимые расчеты, от которых будет зависеть выбор электрооборудования.

В данной работе мы будем проектировать систему электроснабжения химического завода, более детально рассмотрим электроснабжение кузнечного цеха завода. Используя все полученные знания в ходе обучения в данном учебном заведении, проведем все необходимые расчеты по которым произведем выбор схем электроснабжения и способов осуществления выбранных схем, выбор силового оборудования, а именно силовых трансформаторов, тип и марку силовых воздушных и кабельных линий электропередач, защитной аппаратуры. Осуществим все необходимые проверки предусмотренные для оценки правильности всех решений принятых в данной работе. В конечном итоге мы получим качественную, надежную систему электроснабжения, отвечающую всем современным требованиям.

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н.В.			Определение расчетных электрических нагрузок цеха	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А182		

Определение расчётной нагрузки кузнечного цеха вагоноремонтного завода

Все электроприёмники разделим на две группы:

- Группа А – ЭП с переменным графиком нагрузки $K_{и} < 0,6$
- Группа Б – ЭП с постоянным графиком нагрузки $K_{и} \geq 0,6$

Таблица №5. Справочные данные для ЭП кузнечного цеха

Наименование ЭП	$K_{и}$	$\cos\varphi$
Станки разные	0,14	0,5
Кран-балки, краны	0,06	0,6
Сварочный трансформатор	0,2	0,4
Электромолот	0,3	0,6
Пресс	0,25	0,65
Электрованна	0,55	0,95
Вентиляторы	0,75	0,8
Сушильный шкаф	0,75	0,95
Закалочная печь	0,8	0,95
Нагревательная плита	0,55	0,77

* Данные таблицы были приняты согласно справочной литературе [1, стр.119-121]

Определение установленной мощности, приведенной к ПВ=100%:

- Трансформатор сварочный $P_{ном} = P_{п} \cdot \sqrt{ПВ} = 40 \cdot \sqrt{0,25} = 20$ (кВт)
- Кран-балка $P_{ном} = P_{п} \cdot \sqrt{ПВ} = 20 \cdot \sqrt{0,4} = 12,6$ (кВт)

Определение $K_{и.ср}$ по группе А: $K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} = \frac{104,69}{437,2} = 0,24$

Определение эффективного числа электроприёмников $n_{э}$:

т.к. $m > 3$ и $K_{и.ср} > 0,2$ то $n_{э} = \frac{2 \sum P_{н}}{P_{н.маx}} = \frac{2 \cdot 437,2}{40} = 22$.

Определение осветительной нагрузки:

$P_{р.о.} = K_{с.о.} \cdot P_{н.о.}$; где

$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F_{ц}$; $P_{уд.о.} = 14$ (Вт/м²); $K_{с.о.} = 0,95$.

$F_{ц} = 2583,44$ (м²);

$P_{н.о.} = 0,014 \cdot 2583,44 = 36,17$ (кВт);

$P_{р.о.} = 0,95 \cdot 36,17 = 34,36$ (кВт).

Определение расчётной нагрузки:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{289,91^2 + 161,11^2} = 338,41 \text{ (кВА)}.$$

Определение расчётного тока:

$$\text{Расчётный ток } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{338,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 514,4 \text{ (А)}$$

Расчёты систематизируем в виде таблицы №6, представленной ниже.

Таблица №6. Определение расчётных нагрузок кузнечного цеха

№ п/п	Питающие магистрали и группы электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%, кВт		$m = P_{н.макс} / P_{н.мин}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi / \operatorname{tg}\varphi$		Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприемников $n_{э}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Максимальная нагрузка		
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего), $P_{н}$	общая $P_{н}$					$P_{см} = K_{и} P_{м}$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg}\varphi_{с}$, кВар			$P_{м} = K_{м} P_{см}$, кВт	$Q_{м} = Q_{см}$ при $n_{э} > 10$, $Q_{м} = 1,1 Q_{см}$ при $n_{э} \leq 10$, кВар	$S_{м} = P_{м}^2 + Q_{м}^2$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Приёмники группы А														
1	Кран- балка ПВ=40%	2	12,60	25,20		0,06	0,50 1,73	1,512	2,619						
2	Фрезерный станок	4	7,00	28,00		0,14	0,60 1,33	3,920	5,227						
3	Пресс	1	40,00	40,00		0,25	0,65 1,17	10,000	11,691						
4	Токарный станок	7	6,00	42,00		0,14	0,60 1,33	5,880	7,840						
5	Сверлильный станок	1	4,00	4,00		0,14	0,60 1,33	0,560	0,747						
6	Электрованна	2	30,00	60,00		0,55	0,95 0,33	33,000	10,847						
7	Поворотный кран	1	5,00	5,00		0,06	0,50 1,73	0,300	0,520						
8	Трубогибочный станок	4	14,00	56,00		0,14	0,60 1,33	7,840	10,453						
9	Шлифовальный станок	2	8,00	16,00		0,14	0,60 1,33	2,240	2,987						
10	Сварочный трансформатор ПВ=25%	4	20,00	80,00		0,20	0,40 2,29	16,000	36,661						
11	Обдирочный станок	1	21,00	21,00		0,14	0,60 1,33	2,940	3,920						
12	Электромолот	2	25	50		0,30	0,60 1,33	15,000	20,000						
13	Нагревательная плита	1	10	10		0,55	0,77 0,83	5,500	1,808						
	Итого по группе А	32	4-40	437,2	>3	0,24	--	104,69	115,32	22	1,45	151,80	115,32	190,64	
	Приёмники группы Б														
14	Сушильный шкаф	2	8,00	16,00		0,75	0,95 0,33	12,000	3,944						
15	Закалочная печь	2	40,00	80,00		0,80	0,95 0,33	64,000	21,036						
16	Вентилятор	1	7,00	7,00		0,75	0,80 0,75	5,250	3,938						
17	Вентилятор горна	2	15,00	30,00		0,75	0,80 0,75	22,500	16,875						
	Итого по группе Б	7	7-40	133	>3	0,78	--	103,75	45,79	5	1	103,75	45,79	113,41	
	Итого силовая нагрузка (гр.А и Б)	39	4-40	570,2	--	--	--	208,44	161,11	--	--	255,55	161,11	304,05	
	Электрическое освещение		--	36,17	--	$K_c=0,95$	--	34,36	--	--	--	34,36	--	34,36	
	Итого по цеху		--	606,37	--	--	--	242,8	161,11	--	--	289,91	161,11	338,41	

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н. В			Определение расчетных электрических нагрузок предприятия в целом	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А186		

2. Определение расчётной нагрузки предприятия в целом

Расчётная полная мощность предприятия определяется по расчётным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учётом расчётной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Расчётная нагрузка (активная и реактивная) силовых приёмников цехов определяются из выражений:

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

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

где P_p – суммарная установленная мощность всех приёмников цеха;

K_c – коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности;

Приёмники напряжением выше 1000 В учитывается отдельно. Расчётная активная и реактивная мощности групп приёмников выше 1000 В определяются по выше приведённым формулам. Расчёты систематизируем в виде таблицы №7, представленной ниже.

Так как трансформаторы цеховых подстанций и кабели распределительной сети еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\Delta P_m = 0,02 S_p^H;$$

$$\Delta Q_m = 0,1 S_p^H;$$

$$\Delta P_l = 0,03 S_p^H,$$

где S_p^H – расчётная мощность предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену.

Для удобства дальнейшего расчёта систематизируем данные в виде таблицы.

Таблица №7. Суммарные значения мощностей ЭП

Суммарное Значение мощности	Электроприёмники до 1000 В	Электроприёмники выше 1000 В
$\sum P_p$, кВт	3957,41	1200
$\sum Q_p$, кВар	3612,57	900
$\sum P_{po}$, кВт	467,87	—

$$S_p^u = \sqrt{(\sum P_p^u + \sum P_{po})^2 + \sum Q_p^{u2}} = \sqrt{(3957,41 + 467,87)^2 + 3612,57^2} = 5712,6 \text{ (кВА)}$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^u = 0,02 \cdot 5712,6 = 114,25 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^u = 0,1 \cdot 5712,6 = 571,26 \text{ кВАр};$$

$$\Delta P_a = 0,03 \cdot S_p^u = 0,03 \cdot 5712,6 = 171,38 \text{ кВт}$$

Суммарные расчётные активная и реактивная мощности, отнесённые к шинам 10 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^u + \sum P_p^s) K_{p.m} + \sum P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_a = (3957,41 + 1200) 0,95 + 467,87 + 114,25 + 171,38 = 5653 \text{ кВт}$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^u + \sum Q_p^s) K_{p.m} + \Delta Q_T = (3612,57 + 900) 0,95 + 571,26 = 4858,2 \text{ кВАр}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{5653^2 + 4858,2^2} = 7453,76 \text{ кВА}$$

где $K_{p.m}$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприёмников, принимаемый 0,95 согласно [3, стр.32]

Таблица №8. Определение полной нагрузки предприятия в целом

N по ген-плану	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		P _н , КВт	K _с	cosφ/tgφ	P _р , кВт	Q _р , кВАр	F, м ²	P _{уд о} , кВт/м	P _{но} , кВт	K _{со}	P _{ро} , КВт	P _р +P _{ро} , кВт	Q _р , КВАр	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 кВ														
1	Сернокислотное отделение	700	0,55	0,75/0,88	385	338,80	1963,52	0,017	33,38	0,95	31,71	416,71	338,80	537,06
2	Печное отделение №1	680	0,8	0,90/0,48	408	195,84	1287,59	0,015	19,31	0,95	18,35	426,35	195,84	469,18
3	Кислотное отделение	580	0,55	0,75/0,88	319	280,72	1683,94	0,017	28,63	0,95	27,20	346,2	280,72	445,71
4	Склад аппатита	420	0,2	0,50/1,73	84	145,32	2183,93	0,014	30,58	0,60	18,35	102,35	145,32	177,75
5	Операционное отделение	600	0,4	0,80/0,75	240	180,00	2291,56	0,017	38,96	0,90	35,06	275,06	180,00	328,72
6	Склад готовой продукции	350	0,2	0,50/1,73	70	121,10	2187,42	0,014	30,62	0,60	18,37	88,37	121,10	149,91
7	Цех фторсолей	1100	0,45	0,75/0,88	495	435,60	4617,93	0,014	64,65	0,95	61,42	556,42	435,60	706,65
8	Кузнечный цех	606	—	—	255,55	161,11	2583	—	—	—	34,36	289,91	161,11	338,41
9	Печное отделение №2	350	0,8	0,90/0,48	280	134,40	2839,06	0,015	42,59	0,95	40,46	320,46	134,40	347,50
10	Цех тукосмесей	200	0,45	0,75/0,88	90	79,20	1489,57	0,014	20,85	0,95	19,81	109,81	79,20	135,39
11	Ремонтно-механический цех	510	0,30	0,60/1,33	153	203,49	1006,33	0,016	16,10	0,95	15,30	168,3	203,49	264,07
12	Цех суперфосфата	550	0,45	0,75/0,88	247,5	217,80	1433,98	0,014	20,08	0,95	19,07	266,57	217,80	344,23
13	Компрессорная													0,00
	0,38 кВ	160	0,8	0,85/0,62	128	79,36	890,59	0,014	12,47	0,95	11,84	139,84	79,36	160,79
14	Заводоуправление	370	0,4	0,80/0,75	148	338,80	1313,12	0,014	18,38	0,90	16,55	164,55	338,80	376,65
15	Цех СМС	500	0,4	0,75/0,88	200	195,84	5497,57	0,014	76,97	0,95	73,12	273,12	195,84	336,08
16	Котельная	700	0,6	0,75/0,88	420	280,72	2023,03	0,014	28,32	0,95	26,91	446,91	280,72	527,76
	Территория завода	---	---	---	---	---	85035	0,22 Вт	---	0,6	18,7	---	---	---
	Итого по 0,38 кВ	8376			3923,05	3388,1			500,5		479,1			
Потребители электроэнергии 10 кВ														
17	Компрессорная	1600	0,75	0,80/0,75	1200	900	---	---	---	---	---	1200	900	1500
	Итого по 10 кВ	1600	---	---	1200	900	---	---	---	---	---	1200	900	1500

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются:

$$\Delta P_T^{ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 7453,76 = 149 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T^{ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 7453,76 = 745 \text{ кВАр}$$

Полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется:

$$S_{P.ГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{m.ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{m.ГПП} - Q_{ку})^2},$$

где $Q_{ку}$ – мощность компенсирующих устройств.

$$Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c;$$

где Q_c – наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}.$$

Так как $S_{p\Sigma} < 10000$ (кВА), принимаем $\alpha = 0,24$ для предприятий, расположенных в Сибири и величине напряжения питающей линии 35 (кВ) согласно [3, стр.35,41]

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 5653 = 1356,72 \text{ кВАр}$$

$$Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 4858,2 - 1356,72 = 3501,48 \text{ кВАр};$$

$$S_{P.ГПП} = \sqrt{(5653 + 149)^2 + (4858,2 + 745 - 3501,48)^2} = 6170,9 \text{ кВА. (кВА)}.$$

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н. В.			Картограмма и определение центра электрических нагрузок предприятия	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А18 ₁		

3. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

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

где S_{pi} – расчётная площадь i –го цеха с учётом освещения, кВА;

m – масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяется из соотношения полных расчётных (S_{pi}) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов:

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

Расчёты систематизируем в виде таблицы №9, представленной ниже.

На генплане завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода x_o и y_o определяются по формулам:

$$x_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}}, \quad y_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}.$$

Таблица №9. Расчётные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха на генплане	S_{pi} , кВА	P_{po} , кВт	r , мм	α , град	x_i , м	y_i , м	$S_{pi} \cdot x_i$, кВА·м	$S_{pi} \cdot y_i$, кВА·м	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потребители 0,38 кВ									
1.	537,06	31,71	11	21	136	223	73040,16	119764,38	$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}} = \frac{1486817}{7311} = 203; \text{ (м)}$ $y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{938741}{7311} = 128. \text{ (м)}$
2.	469,18	18,35	10	14	180	211	84452,4	98996,98	
3.	445,71	27,2	10	22	218	216	97164,78	96273,36	
4.	177,75	18,35	6	37	255	221	45326,25	39282,75	
5.	328,72	35,06	8	38	312	231	102560,6	75934,32	
6.	149,91	18,37	6	44	377	599	56516,07	89796,09	
7.	706,65	61,42	12	31	80	116	56532	81971,4	
8.	331,67	34,36	8	37	313	82	157689,4	41311,6	
9.	347,5	40,46	9	42	269	93	93477,5	32317,5	
10.	135,39	19,81	5	53	125	87	16923,75	11778,93	
11.	264,07	15,3	7	21	371	224	97969,97	59151,68	
12.	344,23	19,07	9	20	216	34	74353,68	11703,82	
13.	160,79	11,84	6	27	145	22	23314,55	3537,38	
14.	376,65	16,55	9	16	440	152	165726	57250,8	
15.	336,08	73,12	8	78	29	93	9746,32	31255,44	
16.	527,76	26,91	11	18	217	105	114523,9	55414,8	
Потребители 6 кВ									
11.	1500	---	18	---	145	22	217500	33000	—
Итого	7311,25	---	---	---	---	---	1486817	938741,23	—

* Так как расположить ГПП в центре электрических нагрузок невозможно, смещаем его в сторону питания от системы.

Питание от п/ст
системы $l=10$ км

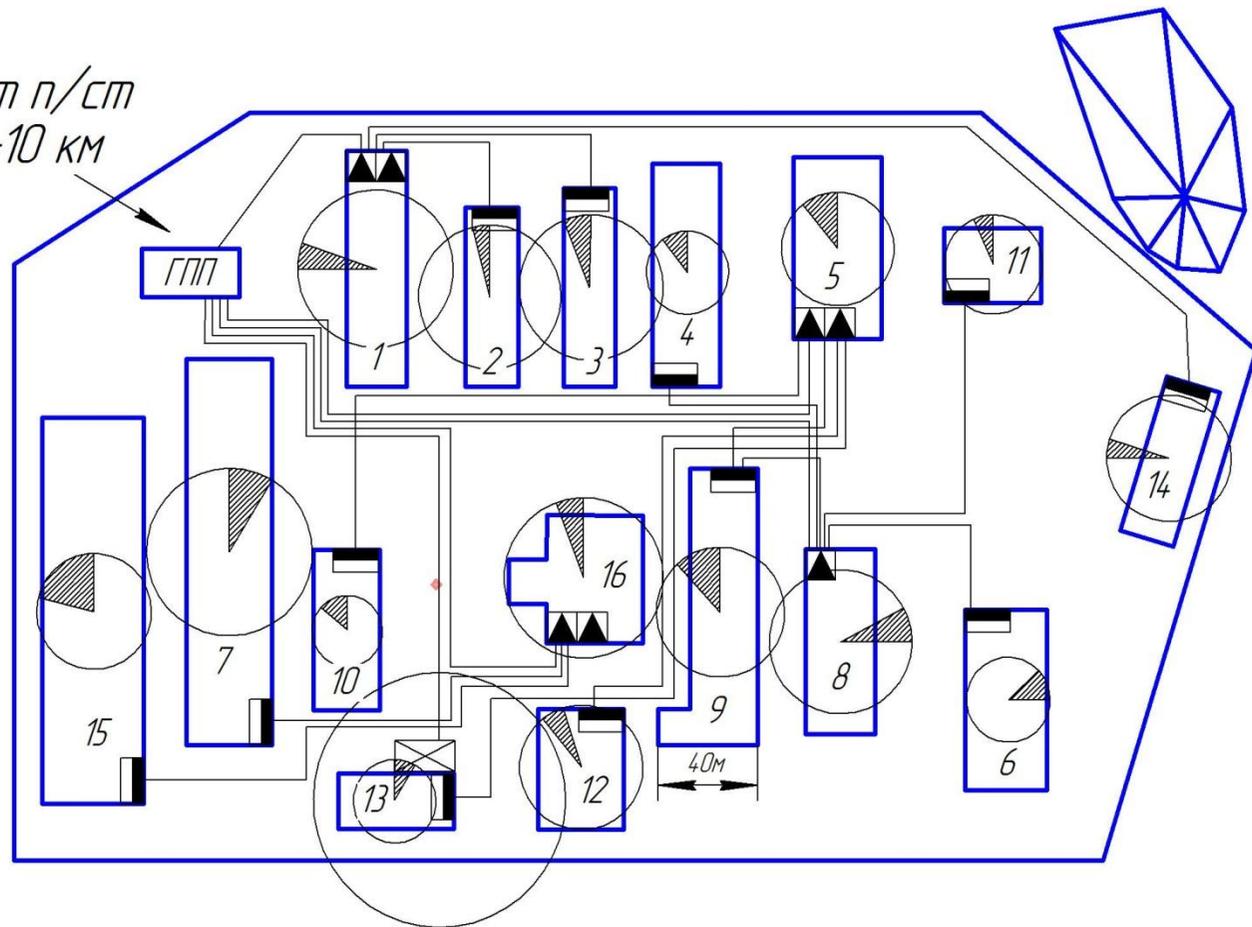


Рис. 1. Генплан предприятия с картограммой нагрузок

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н. В.			Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых ТП	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН эр.3-5А1&5		

4. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{цехов}} = \frac{5712}{35292} = 0,16 \text{ кВА} / \text{м}^2$$

где $F_{цехов}$ – площадь всех цехов предприятия, м².

В зависимости от полученной плотности нагрузки, наиболее предпочтительен вариант номинальной мощности цеховых трансформаторов 1000 (кВА).

Минимальное возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{\sum (P_p + P_{p.o})}{\beta m \cdot S_{н.тр}},$$

где βm – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимаем 0,7 согласно [3, стр.41]).

$\sum P_p^H$ – номинальная расчётная активная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

$$N_0 = \frac{\sum (P_p^H + P_{p.o})}{\beta_T S_{н.тр}} = \frac{3923 + 479}{0,7 \cdot 1000} = 6,29$$

Полученное значение округляем до ближайшего большего целого значения $N=7$ шт.

После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно. Активная нагрузка приходящая на один цеховой трансформатор может быть определена по формуле:

$$P_1 = \frac{P_p + P_{p.o}}{N} = \frac{3923 + 479}{7} = 629 \text{ (кВт)}.$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе, определяется делением нагрузки цеха $(P_p + P_{p.o})_i$ на P_1 :

$$N_i = \frac{(P_p + P_{p.o})i}{P_1}$$

Для систематизации расчёта представим полученное число трансформаторов, устанавливаемое в каждом цехе в виде таблицы №10, представленную ниже.

Таблица №10. Число трансформаторов в цехе

№ цеха на генплане	Наименование цехов	$P_p + P_{p.o}$, кВт	Количество трансформаторов N , шт
1.	Сернокислотное отделение	416,71	0,66
2.	Печное отделение №1	426,35	0,68
3.	Кислотное отделение	346,2	0,55
4.	Склад аппатита	102,35	0,16
5.	Операционное отделение	275,06	0,44
6.	Склад готовой продукции	88,37	0,14
7.	Цех фторсолей	556,42	0,88
8.	Кузнечный цех	289,91	0,46
9.	Печное отделение №2	320,46	0,51
10.	Цех тукосмесей	109,81	0,17
11.	Ремонтно-механический цех	168,3	0,27
12.	Цех суперфосфата	266,57	0,42
13.	Компрессорная 0,38 кВ	139,84	0,22
14.	Заводоуправление	164,55	0,26
15.	Цех СМС	273,12	0,43
16.	Котельная	446,91	0,71

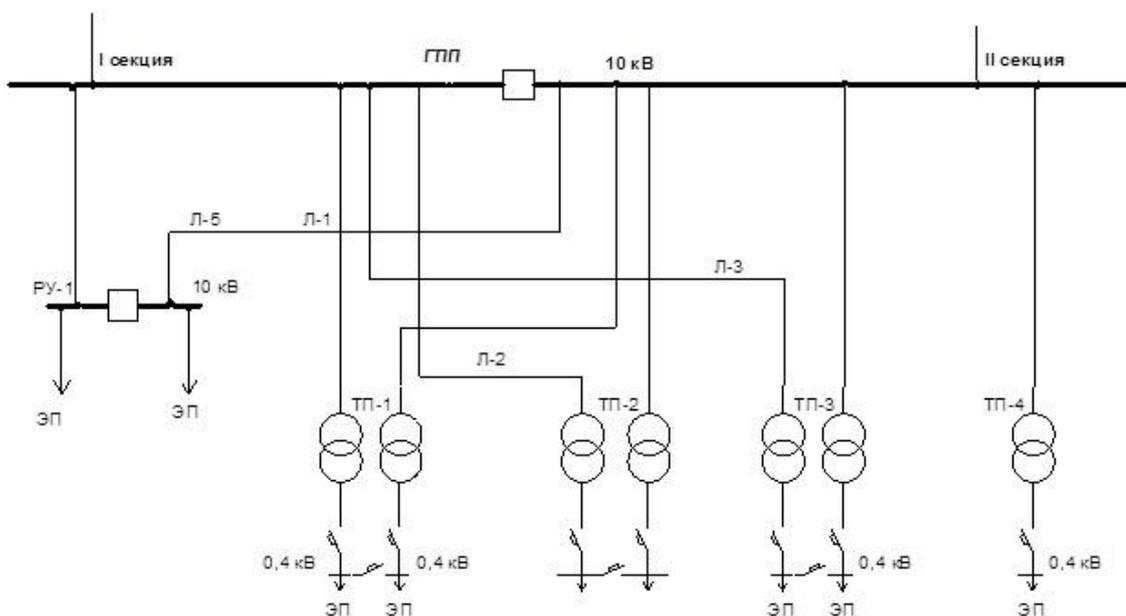


Рис. 2. Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников. кабели 10 кВ прокладываются в траншеях

Таблица №11. Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Месторасположение пунктов питания на генплане	Примечания
1.	ТП – 1	Цех– 1, 2, 3, 14	1	
2.	ТП – 2	Цеха – 7,15,16	16	
3.	ТП – 3	Цеха – 5, 9, 10, 12, 13	5	
3.	ТП – 4	Цех – 4, 6, 8, 11	8	
5.	РУ – 1	Цех– 13	Цех– 13	Потребители выше 1000В

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н.В.			Система внешнего электроснабжения	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А189		

5. Схема внешнего электроснабжения

Мощность трансформаторов ГПП определяется по выражению:

$$S_{н.тп}^{ГПП} = \frac{S_p^{ГПП}}{2\beta_t} = \frac{6171}{2 \cdot 0,7} = 4407,86 \text{ кВА (МВА)},$$

где $S_{р.гпп}$ – полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

β_t – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП (принимаем 0,7 согласно [3,стр.41]);

2 – число трансформаторов на ГПП.

Полученное значение $S_{н.тп}$ округляем до ближайшего стандартного значения и в соответствии со справочной литературой [5, стр.613] принимаем в качестве трансформаторов ГПП два двухобмоточных трансформатора типа ТМН – 6300/35.

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производится по нагреву расчётным током и экономической плотности тока:

$$I_{р.л} = \frac{S_p^{ГПП}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{6171}{2\sqrt{3} \cdot 35} = 50,9 \text{ (А)};$$

В аварийном режиме $I_{р.маx} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 50,9 = 101,8 \text{ (А)}$.

Так как основные узлы предприятия работают в две-три смены, то в соответствии с [1, стр.80] $T_m > 5000$ (ч). Соответственно экономическая плотность тока будет равна $j_{эк} = 1 \text{ А/мм}^2$, согласно [2,стр.78].

Рассчитаем экономически целесообразное сечение: $S_{эк} = \frac{I_p}{j_{э}} = \frac{50,9}{1} = 50,9 \text{ мм}^2$.

Полученное сечение округляем до стандартного и в соответствии с [5, стр.624] принимаем в качестве ВЛЭП провода марки АС – 50. Для данного провода сделаем необходимые проверки:

1. по нагреву $1,3 \cdot I_{дон} > I_{р.маx}$;

$$1,3 \cdot 210 > 101,79 \text{ (А)};$$

$$273 > 101,79 \text{ (A)}.$$

2. по механической прочности $F_{\text{эк.влэн}} > F_{\text{min.мех}}$; $50 > 25$ (мм²).
3. по допустимой потере напряжения $l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot K_3 \geq l$;

где $l_{\Delta U 1\%}$ – длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения, принимаем по справочной литературе [3, стр.90], км;

$\Delta U_{\text{доп}\%} = 5\%$ – допустимая потеря напряжения;

$$K_3 = \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} \text{ – коэффициент загрузки линии;}$$

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

l – фактическая длина линии, км;

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} \geq l$$

$$1,48 \cdot 10 \cdot \frac{210}{50,9} = 61,06 > 10 \text{ (км)}.$$

Проверку по условию коронирования проводов делать нет необходимости, так как напряжение питающей ВЛЭП=35 (кВ) < 110 (кВ).

Принятая схема внешнего электроснабжения отвечает основным требованиям, предъявляемым к схемам внешнего электроснабжения:

- необходимая надёжность;
- простота и удобство в эксплуатации;
- при аварийных ситуациях (выход из строя линии, трансформатора) оставшийся в работе элемент принимает на себя полностью или частично нагрузку с учётом дополнительной перегрузки в послеаварийном режиме работы (трансформатор допускает перегрузку 40%, линии 30%);
- схема учитывает перспективу развития предприятия;
- схема обеспечивает возможность проведения плановых и внеплановых ремонтных работ.

Электроснабжение химического комбината осуществляется от подстанции энергосистемы по двум ВЛЭП – 35 (кВ), выполненных проводом АС – 50 на железобетонных опорах. ГПП размещается на территории завода в соответ-

ствии с расчётным центром электрических нагрузок с некоторым смещением в сторону источника питания, то есть расположена в западной стороне завода. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора ТМН – 6300/35. Для принятого напряжения 35 (кВ) принята упрощенная схема отделитель и короткозамыкатель. На стороне 10 (кВ) одинарная система шин, секционированная вакуумным выключателем с устройством АВР.

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н. В.			Система внутривзаводско- го электроснабжения	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А18з		

6. Схема внутривозводской сети 10 кВ

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется кабельными линиями, проложенными в траншеях.

Сечение кабельных линий выбирается по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение определяется из выражения:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}},$$

где I_p – расчётный ток установки, А;

$j_{\text{ЭК}}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм².

Полученное значение округляется до ближайшего стандартного значения. Расчётный ток должен соответствовать условиям нормальной работы, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях. Расчётным током линии для питания цеховых трансформаторов, преобразователей, высоковольтных электродвигателей и трансформаторов электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической нагрузки.

Выбора кабеля для линии Л1 (ГПП – РУ-1):

$$\text{Определяем } I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{S_p^B + S_{н.мп}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{1500}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 43,30 \text{ (А)}.$$

$$\text{Определяем } I_n / \text{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 43,30 = 86,6 \text{ (А)}.$$

Используя исходные данные и справочную литературу [7, стр.437], найдем величину $j_{\text{ЭК}} = 1,6$ (А/мм²).

$$\text{Рассчитаем экономически целесообразное сечение } F_{\text{ЭК}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{43,3}{1,6} = 27,06 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 50 (мм²).

Используя справочную литературу [7, стр.438] выбираем кабель марки АпвПу 3х(1х50), у которого $I_{\text{дон.табл}} = 175$ (А); учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле $k_{нр}$ [7, стр.440]

$$I_{\text{дон}} = k_{нр} \cdot I_{\text{дон.табл}} = 0,85 \cdot 175 = 148,75 \text{ (А)}.$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{доп}$ $43,3 < 148,75$ (А);

$$I_{n/ав} \leq 1,3I_{доп} \quad 86,6 < 193,4$$
 (А).

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Выбора кабеля для линии Л2 (ГПП – ТП-1):

Определяем $I_p = \frac{S_{н.тр}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 6} = 96,34$ (А).

Определяем $I_{n/ав} = 2I_p = 2 \cdot 96,34 = 192,68$ (А).

Используя исходные данные и справочную литературу [7, стр. 437], найдем величину $j_{ЭК} = 1,6$ (А/мм²).

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{96,34}{1,6} = 60,21$ (мм²).

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 70 (мм²).

Используя справочную литературу [7, стр.438] выбираем кабель марки АПВПу 3х(1х70), у которого $I_{доп.табл} = 215$ (А); учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле $k_{нр}$ [7, стр.440] $I_{доп} = k_{нр} \cdot I_{доп.табл} = 0,85 \cdot 215 = 182,75$ (А).

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{доп}$ $96,34 < 182,75$ (А);

$$I_{n/ав} \leq 1,3I_{доп} \quad 192,68 \leq 237,6$$
 (А).

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Выбора кабеля для линии Л3 (ГПП – ТП-2):

Определяем $I_p = \frac{S_{н.тр}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 6} = 96,34$ (А).

Определяем $I_{n/ав} = 2I_p = 2 \cdot 96,34 = 192,68$ (А).

Используя исходные данные и справочную литературу [7, стр. 437], найдем величину $j_{ЭК} = 1,6$ (А/мм²).

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{ЭК} = \frac{I_p}{i_{ЭК}} = \frac{96,34}{1,6} = 60,21$ (мм²).

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 70 (мм²).

Используя справочную литературу [7, стр.438] выбираем кабель марки АпвПу 3х(1х70), у которого $I_{доп.табл} = 215$ (А); учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле k_{np} [7, стр.440] $I_{доп} = k_{np} \cdot I_{доп.табл} = 0,85 \cdot 215 = 182,75$ (А).

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{доп}$ $96,34 < 182,75$ (А);

$$I_{n/ав} \leq 1,3I_{доп} \quad 192,68 \leq 237,6 \text{ (А)}.$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Выбора кабеля для линии Л4 (ГПП – ТП-3):

Определяем $I_p = \frac{S_{н.тр}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 6} = 96,34$ (А).

Определяем $I_{n/ав} = 2I_p = 2 \cdot 96,34 = 192,68$ (А).

Используя исходные данные и справочную литературу [7, стр. 437], найдем величину $j_{эк} = 1,6$ (А/мм²).

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{эк} = \frac{I_p}{i_{эк}} = \frac{96,34}{1,6} = 60,21$ (мм²).

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 70 (мм²).

Используя справочную литературу [7, стр.438] выбираем кабель марки АпвПу 3х(1х70), у которого $I_{доп.табл} = 215$ (А); учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле k_{np} [7, стр.440] $I_{доп} = k_{np} \cdot I_{доп.табл} = 0,85 \cdot 215 = 182,75$ (А).

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{доп}$ $96,34 < 182,75$ (А);

$$I_{n/ав} \leq 1,3I_{доп} \quad 192,68 \leq 237,6 \text{ (А)}.$$

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Выбора кабеля для линии Л5 (ГПП – ТП-4):

Определяем $I_p = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3}U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 96,34$ (А).

Используя исходные данные и справочную литературу [7, стр. 437], найдем величину $j_{эк} = 1,6$ (А/мм²).

Рассчитаем экономически целесообразное сечение $F_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{96,34}{1,6} = 60,21$ (мм²).

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 70 (мм²).

Используя справочную литературу [7, стр.438] выбираем кабель марки АПВПу 3х(1х70), у которого $I_{доп.табл} = 215$ (А); учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле $k_{нр}$ [7, стр.440]

$$I_{доп} = k_{нр} \cdot I_{доп.табл} = 1 \cdot 215 = 215 \text{ (А)}.$$

Сделаем необходимые проверки $I_p \leq I_{доп}$ $96,34 < 215$ (А);

Проверки показали, что кабель выбран верно.

Таблица №12. Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 6 кВ

№	Назначение линии	Количество линий	Расчётная нагрузка на один кабель		Длина линии, км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент прокладки кабеля	Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева S , мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель	
			в нормальном режиме I_n , А	в аварийном режиме $I_{н\text{ав}}$, А					в нормальном режиме $I_{доп}$, А	в аварийном режиме $I_{3I_{доп}}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	ГПП – РУ-1	2	43,3	86,6	0,420	траншея	0,85	АпвПу(1х120)	148,75	193,4
2.	ГПП – ТП-1	2	96,34	192,68	0,140	траншея	0,85	АпвПу(1х70)	182,75	237,6
3.	ГПП – ТП-2	1	96,34	192,68	0,245	траншея	0,85	АпвПу(1х70)	182,75	237,6
4.	ГПП – ТП-3	4	96,34	192,68	0,410	траншея	0,85	АпвПу(1х70)	182,75	237,6
5.	ГПП – ТП-4	1	96,34	–	0,330	траншея	1	АпвПу(1х70)	215	—

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н.В.			Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И.А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А189		

7. Расчёт токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчёта этих величин.

Расчёт токов КЗ ведётся в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности.

Величина базисного напряжения U_b превышает номинальное на 5%. За базисную мощность S_b принимают любое число кратное 10.

Для расчёта токов КЗ составляется расчётная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии.

По расчётной схеме составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчётов токов КЗ.

Базисные сопротивления в относительных единицах определяются по следующим формулам:

1. сопротивление воздушных и кабельных линий

$$r_{\delta^*} = r_o \cdot l \frac{S_b}{U_b^2};$$

$$x_{\delta^*} = x_o \cdot l \frac{S_b}{U_b^2},$$

где r_o и x_o – соответственно активное и индуктивное сопротивление линии на один км длины, Ом/км;

l – длина линии, км.

2. индуктивное сопротивление трансформатора

$$x_{\delta^*} = \frac{U_k}{100} \frac{S_b}{S_{н.тр}},$$

где U_k – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{н.тр}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА.

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтных линий обычно учитываются только индуктивные сопротивления. При значительной протяжённости сети (кабельной и воздушной) учитываются также их активные сопротивления. Считается целесообразно учитывать активное сопротивление, если соотношение между суммарными активными r_{Σ} и реактивными x_{Σ} сопротивлениями до места КЗ следующие: $r_{\Sigma} > x_{\Sigma} / 3$.

Действующее значение установившегося тока КЗ:

$$I_k = \frac{I_b}{Z_{b^* \Sigma}},$$

где $I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b}$ – базисный ток;

$Z_{b^* \Sigma} = \sqrt{r_{b^* \Sigma}^2 + x_{b^* \Sigma}^2}$ – полное сопротивление от источника питания до точки КЗ, выраженное в относительных единицах и приведенное к базисной мощности (если активное сопротивление не учитывается, то $Z_{b^* \Sigma} = x_{b^* \Sigma}$).

Ударный ток КЗ $i_y = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд}$,

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент.

По величине I_k проверяют электрические аппараты и токоведущие части на термическую устойчивость. По величине i_y проверяются аппараты на динамическую устойчивость.

Для расчёта токов КЗ принимаем базисные величины:

Согласно [3, стр.43] используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{b1} = 37$ (кВ), $U_{b2} = 6,3$ (кВ).

За базисную мощность, согласно [3, стр.43] принимаем $S_b = 100$ (МВА).

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы) $S_c = \infty$ и соответственно индуктивное сопротивление $x_c = 0$.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 6 кВ ГПП – ТП-7 (рис.3). Для данного участка составляем расчётную схему и схему замещения, представленные ниже.

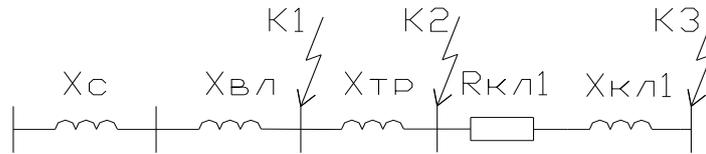


Рис.3. Расчётная схема (а) и схема замещения (б) для участка распределительной сети 6 кВ ГПП – ТП-4

Расчёт токов для точки К1:

Для ВЛЭП принимаем удельное индуктивное сопротивление $x_0 = 0,4$ (Ом/км), согласно [5, стр.130].

$$x1^* = x_0 \cdot l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 1}^2} = 0,4 \cdot 10 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,29 \text{ (о.е.)};$$

$$I_{\delta 1} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta 1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ (кА)};$$

$$x^*_{\Sigma K1} = x1^* = 0,29 \text{ (о.е.)};$$

$$I_{K1} = \frac{I_{\delta}}{x^*_{\Sigma K1}} = \frac{1,56}{0,29} = 5,37 \text{ (кА)};$$

Согласно [3, стр.45] принимаем $K_{уд1} = 1,8$;

$$i_{y1} = I_{K1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд1} = 5,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 13,69 \text{ (кА)};$$

$$S_{K1} = \frac{S_{\delta}}{x_{\Sigma K1}} = \frac{100}{0,29} = 344,83 \text{ (МВА)}.$$

Расчёт токов для точки К2:

Напряжение короткого замыкания для выбранного трансформатора принимаем равным $U_K = 7,5\%$, согласно [5, стр.613].

$$x2^* = x_{mp}^* = \frac{U_K\%}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{н.мп}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,19 \text{ (о.е.)};$$

$$I_{\delta 2} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2 \text{ (кА)};$$

$$x^*_{\Sigma K2} = x1^* + x2^* = 0,29 + 1,19 = 1,48 \text{ (о.е.)};$$

$$I_{K2} = \frac{I_{\delta 2}}{x^*_{\Sigma K1}} = \frac{9,2}{1,48} = 6,22 \text{ (кА)};$$

Согласно [3, стр.45] принимаем $K_{y\delta 2} = 1,8$;

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\delta 2} = 6,22 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 15,8 \text{ (кА)};$$

$$S_{K2} = \frac{S_{\delta}}{x_{\Sigma K2}} = \frac{100}{1,48} = 67,57 \text{ (МВА)}.$$

Расчёт токов для точки К3:

Для кабельных линий принимаем удельное активное сопротивление $r_o = 0,44$ (Ом/км), согласно [3 стр.90].

$$x3^* = x_o \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} = 0,177 \cdot 0,330 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,147 \text{ (о.е.)};$$

$$r3^* = r_o \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} = 0,44 \cdot 0,330 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,36 \text{ (о.е.)};$$

$$x^*_{\Sigma K3} = x^*_{\Sigma K2} + x3^* = 1,48 + 0,147 = 1,627 \text{ (о.е.)};$$

Принимая во внимание соотношение $r_{\Sigma} < x_{\Sigma} / 3$ согласно [3, стр.45] активное сопротивление не учитываем.

$$I_{K3} = \frac{I_{\delta 2}}{x^*_{\Sigma K3}} = \frac{9,2}{1,627} = 5,65 \text{ (кА)};$$

$$i_{y3} = I_{K3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\delta 3} = 5,65 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 14,39 \text{ (кА)};$$

$$S_{K3} = \frac{S_{\delta}}{x_{\Sigma K3}} = \frac{100}{1,627} = 61,46.$$

Используя полученные значения токов короткого замыкания проверим принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии. Термически стойкое сечение равно:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T},$$

где $B_K = I_K^2 (t_{omK} + T_a)$ – тепловой импульс тока КЗ, А²с;

T_a – постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, принимаем равной 0,01 с, согласно [5, стр.150];

$t_{отк} = t_z + t_{\epsilon}$ – время отключения КЗ, с;

t_z – время действия основной защиты, принимаем равной 1,2 с, согласно [5, стр.209];

t_{ϵ} – полное время отключения выключателя; учитывая, что в ЗРУ ГПП установлены выключатели типа ВВ/TEL-10, у которого согласно [5, стр.630]

$t_{\epsilon} = 0,03$ с;

C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника; принимаем, согласно [8, стр.139] равным 90 ($A \cdot c^{1/2}/mm^2$).

$(t_{отк} + T_a) = 1,2 + 0,03 + 0,01 = 1,24$ (с);

Линия ГПП – ТП-4

$$F_{\min} = \frac{I_{к3} \sqrt{t_{отк} + T_a}}{C_T} = \frac{5,65 \cdot 10^3 \sqrt{1,24}}{90} = 69,9 \text{ (мм}^2\text{)};$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 (кВ) АпвПу(1х70) проходит по термической стойкости к току КЗ: $F \geq F_{\min}$.

Таблица №13. Расчет токов КЗ в сети 35-10 кВ

Расчетные точки		К1	К2	К3
Токи КЗ	I_{∞} , кА	5,37	6,22	5,65
	i_y , кА	13,69	15,8	14,39
	S_k , МВА	344,83	67,57	61,46

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н. В.			Электроснабжение кузнечного цеха	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А1&5		

8. Электроснабжение кузнечного цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности.

1. Приёмники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам или шинопроводам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников и перемещения приёмников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды.

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха.

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

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха.

5. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного или самого удалённого электроприёмника) строится карта селективности действия аппаратов защиты.

6. Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП или наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима.

7. 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.

8.1. Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприёмников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному шкафу ШР. Так как ШР бывают различных типов и имеют определённое число присоединений, а именно 5 или 8, то для каждого электроприёмника необходимо выбрать предохранитель, а затем, зная тип предохранителя, подключить его к соответствующему ШР. Кроме того, для каждого ШР необходимо выбрать защитный аппарат – автоматический выключатель.

Таблица №14. Определение расчётных нагрузок по пунктам питания кузнечного цеха

№ п/п	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$n = P_{н, max} / P_{н, min}$	Коэффициент использования $K_{п}$	$\cos \phi / \text{tg } \phi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число ЭП n_3	Коэффициент максимума K_M	Максимальная нагрузка			Расчетные токи $I_M / I_{п}$
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего) $P_{н}$, кВт	общая $P_{н}$, кВт				$P_{см} = K_{п} \cdot P_{н}$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg } \phi$, кВАр			$P_M = K_M \cdot P_{см}$, кВт	$Q_M = Q_{см}$ при $n_3 > 10$, $Q_M = 1,1 Q_{см}$ при $n_3 \leq 10$, кВАр	$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Силовой распределительный шкаф ПР-1															
Приемники группы А															
1	Кран – балка ПВ=40%	1	12,6	12,6		0,1	0.5/1.73	1,260	2,182						
2-5	Фрезерный станок	4	7	28		0,25	0.4/2,29	7,000	16,039						
Итого по группе А		5	7-12,6	40,6		0,2	—	4,68	6,54	5	2,42	19,99	20,04	28,31	43,01
Итого по ПР-1		5	8-12,6	40,6		—	—	8,26	18,22	—	—	19,99	20,04	28,31	43,01
Силовой распределительный шкаф ПР-2															
Приемники группы А															
18	Пресс	1	40	40		0,25	0.65/1.17	10	11,69						
23	Токарный станок	1	6	6		0,14	0.6/1.33	0,84	1,12						
Итого по группе А		2	6-40	46		0,24	—	10,84	12,81	—	1	10,84	14,09	17,78	27,01
Приемники группы Б															
15	Сушильный шкаф	1	8	8		0,75	0.95/0.33	6	1,972						
16,17	Закалочная печь	2	40	80		0,8	0.95/0.33	64	21,04						
Итого по группе Б		3	8-40	88		0,8	—	70	23,01	—	1	70	25,31	74,43	113,09
Итого по ПР-2		5		134		—	—	80,84	35,82	—	—	80,84	39,4	92,21	140,1

Продолжение таблицы №14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Силовой распределительный шкаф ПР-3															
	Приемники группы А														
19-22, 25	Токарный станок	5	6	30		0,25	0.4/2,29	2,000	4,583						
26	Шлифовальный станок	1	8	8		0,25	0,4/2,29	7,500	17,185						
24	Сварочный трансформатор ПВ=25%	1	20	20		0,40	0.4/2.29	8,000	18,330						
	И того по группе А	7	6-20	58		0,3	—	17,50	40,10	5	2	35,00	44,11	56,31	85,55
	Приемники группы Б														
27	Сушильный шкаф	1	8	8		0,75	0.95/0.33	6	1,97						
	Итого по группе Б	1	8	8		0,75	—	6	1,97	—	1	6	2,17	6,38	9,69
	И того по ПР-3	8		66		—	—	23,5	42,07	—	—	41	46,28	62,29	94,64
Силовой распределительный шкаф ПР-4															
	Приемники группы А														
34	Токарный станок	1	6	6		0,14	0.6/1.33	0,840	1,120						
35	Обдирочный станок	1	21	21		0,14	0,6/1,33	2,94	3,92						
32,36	Электролопат	2	25	25		0,3	0.6/1.33	15	20,00						
39	Нагревательная плита	1	10	10		0,55	0.95/0.33	5,5	1,81						
	И того по группе А	5	6-25	87		0,28	—	24,28	26,85	4	2,3	55,84	47,89	73,56	111,7
	Приемники группы Б														
31	Вентилятор	1	7	7		0,75	0.8/0.75	5,250	3,938						
33,40	Вентилятор горна	2	15	30		0,75	0,8/0,75	22,50	16,875						
	Итого по группе Б	3	7-15	37		0,75	0.8/0.75	27,75	20,81	—	1	27,75	22,89	35,97	54,66
	И того по ПР-4	8		124		—	—	52,03	47,66	—	—	77,59	65,83	101,76	154,6

Окончание таблицы №14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Силовой распределительный шкаф ПР-5															
	Приемники группы А														
37	Сверлильный станок	1	4	4		0,14	0,6/1,33	0,56	0,747						
30	Кран – балка ПВ=40%	1	12,6	12,6		0,1	0,5/1,73	0,756	1,309						
28,29	Электрованна	2	30	60		0,55	0,95/0,33	33,00	10,847						
38	Поворотный кран	1	5	5		0,06	0,5/1,73	0,30	0,52						
	И того по группе А	5	4-30	81,6		0,42	—	34,62	13,42	3	1	34,62	14,76	37,63	57,18
	И того по ПР-5	5		81,6		—	—	34,62	13,42	—	—	34,62	14,76	37,63	57,18
Силовой распределительный шкаф ПР-6															
	Приемники группы А														
6-8, 10	Трубогибочный станок	4	14	56		0,14	0,6/1,33	7,840	10,453						
9	Шлифовальный станок	1	8	8		0,14	0,6/1,33	1,120	1,493						
12-14	Сварочный трансформатор ПВ=25%	3	20	60		0,4	0,4/2,29	24,00	54,991						
	И того по группе А	8	8-20	124		0,27	—	32,96	66,94	8	1,45	56,69	73,63	92,93	141,2
	И того по ПР-6	8		124		—	—	32,96	66,94	—	—	56,69	73,63	92,93	141,2

8.2. Выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения, выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха

Условие выбора проводников: $I_p = I_{дл.} \leq I_{доп.}$;

Пример расчёта для линии РП –ПР-1:

$$I_{ном} = I_p = I_{дл} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{28,31}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 43,01 \text{ (А)};$$

Используя справочную литературу [6, стр.67] выбираем кабель марки АПВВнг-(4×16), у которого $I_{доп} = 65 > 43,01$ (А).

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_p \% = \Delta U_o \cdot I_p \cdot l,$$

где ΔU_o – потеря напряжения в 3-х фазных сетях, %/А·км, принимаем по справочной

литературе [3, стр.91];

I_p – расчётный ток;

l – длина проводника.

$$\Delta U_p \% = 0,642 \cdot 43,01 \cdot 0,043 = 1,19\% < 5\% ;$$

Пример расчёта для ответвления к закалочной печи :

$$I_{ном} = I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95 \cdot 0,95} = 67,42 \text{ (А)};$$

Используя справочную литературу [6, стр.65] выбираем провод марки АП-вВнг(А)LS-(4×35), у которого $I_{доп} = 91.233 > 67,42$ (А).

После выбора аппаратов защиты, выбранные сечения проводников должны быть проверены на согласование с этими защитными аппаратами.

Условия выбора автоматических выключателей:

1. $I_{н.расц} \geq I_{дл}$;
2. $I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25(I_{пуск.наиб.} + \sum I_{ном})$ – для группы ЭД в количестве до 5 шт. (вкл).;

$I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25[I_{пуск.наиб.} + (I_p - K_u \cdot I_{ном.наиб})]$ – для группы ЭД больше 5 шт.,

где $I_{н.расц}$ – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;

$I_{кз}$ – номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ.

Выбор автоматических выключателей для защиты ПР:

ПР1:

$$I_{дл} = 43,01(A)$$

$$I_{тик} = I_{пуск.наиб.} + (I_p - K_u \cdot I_{ном.наиб}) = 201,75 + (43,01 - 0,1 \cdot 40,35) = 240,73(A)$$

$$I_{н.расц} \geq 43,01(A)$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot 240,73 = 300,91(A)$$

Используя справочную литературу [3, стр.86] выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35 с данными: $I_{н.расц} = 50(A)$, $I_{н.ап.} = 50(A)$, $I_{кз} = 10 \cdot I_{н.расц.} = 10 \cdot 50 = 500(A)$.

ПР2:

$$I_{дл} = 140,1(A)$$

$$I_{тик} = I_{пуск.наиб.} + (I_p - K_u \cdot I_{ном.наиб}) = 492,7 + (140,1 - 0,25 \cdot 98,54) = 608,165(A)$$

$$I_{н.расц} \geq 140,1(A)$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot 608,165 = 760,2(A)$$

Используя справочную литературу [3, стр.86] выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35 с данными: $I_{н.расц} = 160(A)$, $I_{н.ап.} = 160(A)$, $I_{кз} = 5 \cdot I_{н.расц.} = 5 \cdot 160 = 800(A)$.

ПР3:

$$I_{\text{дл}} = 94,64(A)$$

$$I_{\text{тик}} = I_{\text{пуск.наиб.}} + (I_p - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.наиб.}}) = 240,18 + (94,64 - 0,4 \cdot 80) = 302,82(A)$$

$$I_{\text{н.расц}} \geq 94,64(A)$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot 302,82 = 378,525(A)$$

Используя справочную литературу [3, стр.86] выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35 с данными: $I_{\text{н.расц}} = 100(A)$, $I_{\text{н.ап.}} = 100(A)$, $I_{\text{кз}} = 5 \cdot I_{\text{н.расц.}} = 5 \cdot 100 = 500(A)$ (А).

ПР4:

$$I_{\text{дл}} = 154,61(A)$$

$$I_{\text{тик}} = I_{\text{пуск.наиб.}} + (I_p - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.наиб.}}) = 333,6 + (154,61 - 0,3 \cdot 66,72) = 468,194(A)$$

$$I_{\text{н.расц}} \geq 154,61(A)$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot 468,194 = 585,24(A)$$

Используя справочную литературу [3, стр.86] выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35 с данными: $I_{\text{н.расц}} = 160(A)$, $I_{\text{н.ап.}} = 160(A)$, $I_{\text{кз}} = 5 \cdot I_{\text{н.расц.}} = 5 \cdot 160 = 800(A)$ (А).

ПР5:

$$I_{\text{дл}} = 57,18(A)$$

$$I_{\text{тик}} = I_{\text{пуск.наиб.}} + (I_p - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.наиб.}}) = 201,75 + (57,18 - 0,06 \cdot 40,35) = 256,509(A)$$

$$I_{\text{н.расц}} \geq 57,18(A)$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot 256,509 = 320,64(A)$$

Используя справочную литературу [3, стр.86] выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35 с данными: $I_{\text{н.расц}} = 63(A)$, $I_{\text{н.ап.}} = 63(A)$, $I_{\text{кз}} = 7,93 \cdot I_{\text{н.расц.}} = 7,93 \cdot 63 = 500(A)$ (А).

ПР6:

$$I_{\partial л} = 141,19(A)$$

$$I_{тик} = I_{пуск.наиб.} + (I_p - K_{и} \cdot I_{ном.наиб.}) = 240,18 + (141,19 - 0,4 \cdot 80) = 349,37(A)$$

$$I_{н.расц} \geq 160(A)$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot 349,37 = 436,71(A)$$

Используя справочную литературу [3, стр.86] выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35 с данными: $I_{н.расц} = 100(A)$, $I_{н.ап.} = 100(A)$, $I_{кз} = 3,1 \cdot I_{н.расц.} = 3,1 \cdot 160 = 500(A)$.

Выбор вводного автоматического выключателя для КТП:

$$I_{н.расц.} \geq I_{\partial л.} = I_{ном.тр} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519,34(A);$$

$$I_{кз} \geq 1,25 I_{кр} = 1,25 I_{тик.n / ст.} = 1,25 \cdot [I_{пуск.наиб.} + (I_{ном.тр} - K_{и} \cdot I_{ном.наиб.})] = 1,25 \cdot [492 + (1519 - 0,25 \cdot 98,54)] = 2483(A);$$

Используя справочную литературу [3, стр.88] выбираем автоматический выключатель типа ВА55-43 с данными: $I_{н.расц} = 1600(A)$, $I_{н.ап.} = 1600(A)$ $I_{кз} = 4 \cdot I_{н.расц.} = 4 \cdot 1600 = 6400(A)$.

Выбор автоматического выключателя для отходящей линии КТП:

$$I_{н.расц.} \geq I_{\partial л.} = I_{ном.тр} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{338,41}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 514,77(A);$$

$$I_{кз} \geq 1,25 I_{кр} = 1,25 I_{тик.n / ст.} = 1,25 \cdot [I_{пуск.наиб.} + (I_p - K_{и} \cdot I_{ном.наиб.})] = 1,25 \cdot [492 + (514,77 - 0,25 \cdot 98,54)] = 1227,66(A);$$

Используя справочную литературу [3, стр.88] выбираем автоматический выключатель типа ВА51-39 с данными: $I_{н.расц} = 630(A)$, $I_{н.ап.} = 630(A)$ $I_{кз} = 3 \cdot I_{н.расц.} = 3 \cdot 630 = 1920(A)$.

Таблица №15. Выбор сечений линий питающей сети цеха

№ п/п	Номер линии на плане цеха	Назначение участка линии питающей сети	Расчетная нагрузка S_p , кВА	Расчетный ток I_p , А	Длина линии l , км	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, К	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева S_n , мм ²	Допустимый длительный ток $I_{доп}$, А	cosφ	Потери напряжения на 1 А·км, ΔU_0 , %	Расчетные потери напряжения ΔU_p , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Л-0	КТП-РП	338,41	514,77	0,001	В лотках	0,9	ПвВнг(А)LS	4x240	589	0,94	0,04	0,02
2	Л-1	РП – ПР1	28,31	43,01	0,043	В лотках	0,9	АПвВнг(А)LS	4x16	65	0,7	0,642	1,19
3	Л-2	РП – ПР1	92,21	140,1	0,029	В лотках	0,9	АПвВнг(А)LS	4x70	162	0,87	0,19	0,77
4	Л-3	РП – ПР1	62,29	94,64	0,025	В лотках	0,9	АПвВнг(А)LS	4x35	105	0,65	0,28	0,66
5	Л-4	РП – ПР1	101,76	154,61	0,020	В лотках	0,9	АПвВнг(А)LS	4x70	162	0,76	0,175	0,54
6	Л-5	РП – ПР1	37,63	57,18	0,023	В лотках	0,9	АПвВнг(А)LS	4x16	65	0,9	0,817	1,07
7	Л-6	РП – ПР1	92,93	141,19	0,030	В лотках	0,9	АПвВнг(А)LS	4x70	162	0,6	0,152	0,37

Таблица №16. Выбор сечений линий питающей сети цеха по условию согласования с аппаратом защиты

№ п/п	Назначение участка линии питающей сети	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева S_n , мм ²	Допустимый длительный ток $I_{доп}$, А	Согласование выбранного сечения с аппаратом защиты				И _{доп} , А	Принятое сечение и марка участка питающей сети
				Кз	Кп	Из=Ин.расц.	И _{доп} ≥ Кз* Из/ Кп, А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	КТП-РП	4x240	589	1	1	630	630	589	4x240
2.	РП-ПР1	4x16	65	1	1	50	50	65	4x16
3.	РП-ПР2	4x70	162	1	1	160	160	162	4x70
4.	РП-ПР3	4x35	105	1	1	100	100	105	4x35
5.	РП-ПР4	4x70	162	1	1	160	160	162	4x70
6.	РП-ПР5	4x16	65	1	1	63	63	65	4x16
7.	РП-ПР6	4x70	162	1	1	160	160	162	4x70

Таблица №17. Выбор распределительной сети и аппаратов защиты

Приёмник				Ответвление к ЭП		Автоматический выключатель			
№ на плане цеха	Наименование электроприёмника	P_H кВт	I_p А	Сечение MM^2	Проклад- ка	L км	Тип АВ	$I_{н.пр}/I_{вс}$	Густавки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кран - балка	12,6	40,35	АП вВнг(А)-LS(4x10)	ЛОТОК	0,0012	ВА57-31-34	50/50	400
2	Фрезерный станок	7	18,68	АП вВнг(А)-LS(4x4)		0,0083	ВА57-31-35	20/20	200
3	Фрезерный станок	7	18,68	АП вВнг(А)-LS(4x4)		0,0083	ВА57-31-35	20/20	200
4	Фрезерный станок	7	18,68	АП вВнг(А)-LS(4x4)		0,005	ВА57-31-35	20/20	200
5	Фрезерный станок	7	18,68	АП вВнг(А)-LS(4x4)		0,0036	ВА57-31-35	20/20	200
6	Трубогибочный станок	14	37,36	АП вВнг(А)-LS(4x10)		0,005	ВА57-31-35	40/40	400
7	Трубогибочный станок	14	37,36	АП вВнг(А)-LS(4x10)		0,0036	ВА57-31-35	40/40	400
9	Шлифовальный станок	8	21,35	АП вВнг(А)-LS(4x6)		0,0073	ВА57-31-35	25/25	250
10	Трубогибочный станок	14	37,36	АП вВнг(А)-LS(4x10)		0,007	ВА57-31-35	40/40	400
12	Сварочный трансформатор	40	80	АП вВнг(А)-LS(4x35)		0,013	ВА57-31-35	80/80	500
13	Сварочный трансформатор	40	80	АП вВнг(А)-LS(4x35)		0,0066	ВА57-31-35	80/80	500
14	Сварочный трансформатор	40	80	АП вВнг(А)-LS(4x35)		0,006	ВА57-31-35	80/80	500
15	Сушильный шкаф	8	13,48	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0056	ВА57-31-35	16/16	125

Продолжение таблицы №17

16	Закалочная печь	40	67,42	АП вВнг(А)-LS(4x35)	ЛОТОК	0,0063	BA57-31-34	80/80	400
17	Закалочная печь	40	67,42	АП вВнг(А)-LS(4x35)		0,0006	BA57-31-34	80/80	400
18	Пресс	40	98,54	АП вВнг(А)-LS(4x50)		0,0033	BA57-31-34	100/100	800
19	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0006	BA57-31-35	16/16	125
20	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0036	BA57-31-35	16/16	125
21	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0073	BA57-31-35	16/16	125
22	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0106	BA57-31-35	16/16	125
23	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0073	BA57-31-35	16/16	125
24	Сварочный трансформатор	20	80	АП вВнг(А)-LS(4x35)		0,0013	BA57-31-34	80/80	400
25	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,005	BA57-31-35	16/16	125
26	Шлифовальный станок	8	21,35	АП вВнг(А)-LS(4x6)		0,01	BA57-31-35	25/25	250
27	Сушильный шкаф	8	13,48	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,015	BA57-31-35	16/16	125
28	Электрованна	30	50,56	АП вВнг(А)-LS(4x25)		0,0096	BA57-31-34	63/63	400
29	Электрованна	30	50,56	АП вВнг(А)-LS(4x25)		0,001	BA57-31-34	63/63	400
30	Кран - балка	12,6	40,35	АП вВнг(А)-LS(4x10)		0,0026	BA57-31-34	50/50	400
31	Вентилятор	7	14,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0026	BA57-31-35	16/16	125
32	Электромолот	25	66,72	АП вВнг(А)-LS(4x35)	0,0083	BA57-31-35	80/80	500	
33	Вентилятор горна	15	30,02	АП вВнг(А)-LS(4x10)	0,0183	BA57-31-35	31,5/ 31,5	320	

Окончание таблицы №17

34	Токарный станок	6	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)	ЛЮТОК	0,004	BA57-31-35	16/16	125
35	Обдирочный станок	21	56,04	АП вВнг(А)-LS(4x25)		0,0066	BA57-31-35	63/63	500
36	Электромолот	25	66,72	АП вВнг(А)-LS(4x35)		0,0066	BA57-31-35	80/80	500
37	Сверлильный станок	4	10,67	АП вВнг(А)-LS(4x21)		0,0083	BA57-31-35	16/16	80
38	Поворотный кран	5	16,01	АП вВнг(А)-LS(4x2,5)		0,0113	BA57-31-35	16/16	125
39	Нагревательная плита	10	16,85	АП вВнг(А)-LS(4x4)		0,015	BA57-31-35	20/20	200
40	Вентилятор горна	15	30,02	АП вВнг(А)-LS(4x10)		0,0166	BA57-31-34	31,5/31	320

*Выбранные сечения проводов проверены по условию согласования с аппаратом защиты

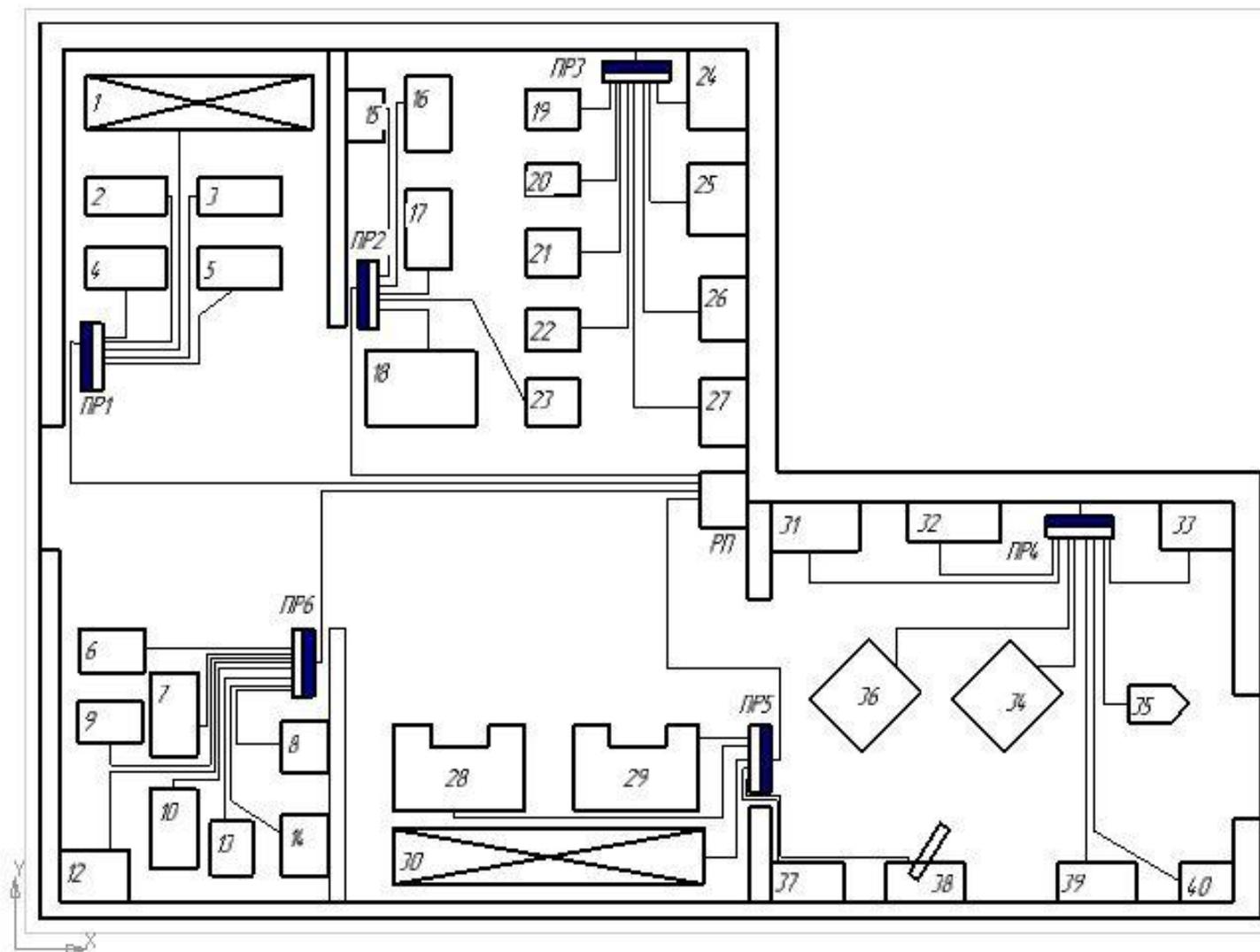


Рис. 4. Схема силовой сети кузнечного цеха

8.3. Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для режимов максимальных и минимальных нагрузок

Отклонение напряжения – разность между фактическим и номинальным напряжением, %.

Падение напряжения – геометрическая разность между напряжением в начале и конце линии.

Потеря напряжения – арифметическая разность между напряжением в начале и конце линии.

Основные расчётные выражения:

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}}{10U_i^2};$$

$$\Delta U_m = \beta_m(U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200}(U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

где ΔU_{ij} – отклонение напряжения на соответствующем участке сети %;

P_{ij} – поток активной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВт;

Q_{ij} – поток реактивной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВАр;

$R_{ij} = \tau_{oij} \cdot l_{ij}$ – активное сопротивление линии соответствующего участка сети, мОм,

здесь τ_{oij} – удельное активное сопротивление линии соответствующего участка сети,

Ом/км, принимаемое, согласно справочной литературе [1, тср.139],

l_{ij} – длина линии соответствующего участка сети, км;

U_i – напряжение в начале соответствующего участка сети, кВ;

ΔU_m – отклонение напряжения на цеховом трансформаторе %;

$$\beta_m = \frac{S_{ij}}{S_{н.тр.}} - \text{фактический коэффициент загрузки цехового трансформатора,}$$

здесь S_{ij} – поток мощности, передаваемый через цеховой трансформатор, кВА,

$S_{н.тр.}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} - \text{активная составляющая напряжения короткого замыкания}$$

цехового трансформатора, %,

здесь $\Delta P_{кз}$ – потери активной мощности при КЗ, кВт, принимаем согласно [1, стр.215];

$$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2} - \text{реактивная составляющая напряжения короткого замы-$$

кания цехового трансформатора, %,

здесь U_k – напряжение короткого замыкания, %, принимаем согласно справочной литературе [1, стр.218];

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{P - \Delta P_m}{\sqrt{(P - \Delta P_m)^2 + (Q - \Delta Q_m)^2}} - \text{коэффициент мощности для вто-}$$

ричной нагрузки цехового трансформатора,

здесь P – поток активной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВт,

Q – поток реактивной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор,

кВАр, $\Delta P_m = 0,02S$ – потери активной мощности в цеховом трансформаторе, кВт,

$\Delta Q_m = 0,1S$ – потери реактивной мощности в цеховом трансформаторе, кВАр;

$\sin \varphi_2$ – соответствующий $\cos \varphi_2$ синус для вторичной нагрузки цехового трансформатора.

Расчет максимального режима:

Участок 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} R_{12} + Q_{12} X_{12}}{10U_1^2};$$

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,44 \cdot 0,345 = 0,152 (\text{Ом})$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,177 \cdot 0,345 = 0,061 (\text{Ом})$$

$$P_{12} = P_{LN\#8+LN\#4+LN\#6+LN\#11} = 289,91 + 102,35 + 88,37 + 168,3 = 648,93(\kappa Bm)$$

$$Q_{12} = Q_{LN\#8+LN\#4+LN\#6+LN\#11} = 161,11 + 145,32 + 121,1 + 203,49 = 631,02(\kappa BAp)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{648,93 \cdot 0,152 + 631,02 \cdot 0,061}{10 \cdot 10,5^2} = 0,12\%$$

Или в вольтах: $\Delta U_{12} = 0,12 \cdot \frac{10500}{100} = 13,06(B)$

$$U_2 = 10500 - 13,06 = 10486,94(B)$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{н.мп}} \cdot 100\% = \frac{2,45}{1000} \cdot 100\% = 0,245(\%)$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 0,245^2} = 5,49(\%)$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{648,93^2 + 631,02^2}}{1000} = 0,91$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 905,15 = 18,1(\kappa Bm)$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 905,15 = 90,515(\kappa BAp)$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 648,93 - 18,1 = 630,83(Bm)$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 631,02 - 90,515 = 540,5(\kappa BAp)$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{630,83^2 + 540,5^2} = 830,71(\kappa BA)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{630,83}{830,71} = 0,76$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{540,5}{830,71} = 0,65$$

$$\Delta U_{23} = 0,9(0,245 \cdot 0,76 + 5,49 \cdot 0,65) + \frac{0,9^2}{200}(0,245 \cdot 0,65 - 5,49 \cdot 0,76) = 3,4(\%)$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$10486,94 - 3,4 \cdot \frac{10486,94}{100} = 10130,4(B)$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10130,4}{10500} = 385,9(B)$$

Участок 3-4:

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,077 \cdot 0,001 = 0,000077(Ом)$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,001 = 0,00006(Ом)$$

$$P_{34} = P_{PII} = 289,91(кВт)$$

$$Q_{34} = 161,11(кВАр)$$

$$\Delta U_{34} = \frac{289,91 \cdot 0,000077 + 161,11 \cdot 0,00006}{10 \cdot (385,05 \cdot 10^{-3})^2} = 0,021(\%);$$

Или в вольтах: $\Delta U_{34} = 0,021 \cdot \frac{385,9}{100} = 0,08(B)$

$$U_4 = 385,9 - 0,08 = 385,9(B)$$

Участок 4-5:

$$R_{45} = r_{045} \cdot L_{45} = 0,44 \cdot 0,029 = 0,013(Ом)$$

$$X_{45} = x_{045} \cdot L_{45} = 0,06 \cdot 0,029 = 0,0017(Ом)$$

$$P_{45} = P_{III2} = 80,84(кВт)$$

$$Q_{45} = 39,4(кВАр)$$

$$\Delta U_{45} = \frac{80,84 \cdot 0,01 + 39,4 \cdot 0,0017}{10 \cdot (385,05 \cdot 10^{-3})^2} = 0,59(\%);$$

Или в вольтах: $\Delta U_{45} = 0,59 \cdot \frac{385,9}{100} = 2,27(B)$

$$U_5 = 385,9 - 2,27 = 383,63(B)$$

Участок 5-6:

$$R_{56} = 0,625 \cdot 0,033 = 0,02(Ом)$$

$$X_{56} = 0,06 \cdot 0,033 = 0,002(Ом)$$

$$P_{56} = 40(кВт)$$

$$Q_{56} = 46,8(кВАр)$$

$$\Delta U_{56} = \frac{40 \cdot 0,0244 + 46,8 \cdot 0,002}{10 \cdot (383,63 \cdot 10^{-3})^2} = 0,73(\%);$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{56} = 0,73 \cdot \frac{383,63}{100} = 2,8(B)$$

$$U_6 = 383,63 - 2,8 = 380,8(B)$$

Расчет минимального режима:

Для минимального режима необходим годовой график активной и реактивной нагрузок, в качестве такого графика, используя справочную литературу [6, стр.21], принимаем характерный суточный график нагрузок ремонтно-механических заводов, представленный ниже.

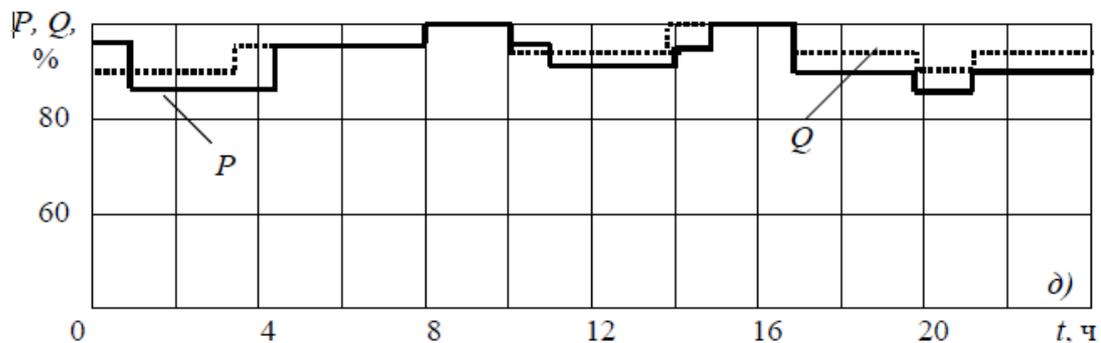


Рис. 5. Характерные суточные графики нагрузок ремонтно-механических заводов

$$P_{\min 12} = 0,95 \cdot P_{\max 12} = 0,95 \cdot 648,93 = 616,48(\text{кВт})$$

$$Q_{\min 12} = 0,9 \cdot Q_{\max 12} = 0,9 \cdot 631,02 = 567,92(\text{кВАр})$$

Участок 1-2:

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,44 \cdot 0,345 = 0,152(\text{Ом})$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,177 \cdot 0,345 = 0,061(\text{Ом})$$

$$\Delta U_{12} = \frac{616,48 \cdot 0,152 + 567,92 \cdot 0,061}{10 \cdot 10500^2} = 0,0000001(\%);$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{12} = 0,0000001 \cdot \frac{10500}{100} = 0,00001(B)$$

$$U_2 = 10500 - 0,00001 = 10500(B)$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_\kappa}{S_{н.тпр}} \cdot 100\% = \frac{2,45}{1000} \cdot 100\% = 0,245(\%)$$

$$U_p \% = \sqrt{U_\kappa^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 0,245^2} = 5,49(\%)$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{616,48^2 + 567,92^2}}{1000} = 0,84$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 838,2 = 16,76(\kappa Bm)$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 838,2 = 83,82(\kappa BAp)$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 616,48 - 16,76 = 599,72(Bm)$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 567,92 - 83,82 = 484,1(\kappa BAp)$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{599,72^2 + 484,1^2} = 770,72(\kappa BA)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{599,72}{770,72} = 0,78$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{484,1}{770,72} = 0,63$$

$$\Delta U_{23} = 0,84(0,245 \cdot 0,78 + 5,49 \cdot 0,63) + \frac{0,84^2}{200}(0,245 \cdot 0,63 - 5,49 \cdot 0,78) = 3,08(\%)$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$10500 - 3,08 \cdot \frac{10500}{100} = 10176,6(B)$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 400 \cdot \frac{10176}{10500} = 387,6(B)$$

Участок 3-4:

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,077 \cdot 0,001 = 0,000077(Ом)$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,001 = 0,00006(Ом)$$

$$P_{34} = P_{PII} = 275,4(\kappa Bm)$$

$$Q_{34} = 144,9(\kappa BAp)$$

$$\Delta U_{34} = \frac{275,4 \cdot 0,000077 + 144,9 \cdot 0,00006}{10 \cdot (387,6 \cdot 10^{-3})^2} = 0,02(\%);$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{34} = 0,02 \cdot \frac{387,6}{100} = 0,077(B)$$

$$U_4 = 387,6 - 0,07 = 387,6(B)$$

Участок 4-5:

$$R_{45} = r_{045} \cdot L_{45} = 0,44 \cdot 0,029 = 0,01(Ом)$$

$$X_{45} = x_{045} \cdot L_{45} = 0,06 \cdot 0,029 = 0,0017(Ом)$$

$$P_{45} = 0,95 P_{ПП2} = 0,95 \cdot 80,84 = 76,78(кВт)$$

$$Q_{45} = 0,9 \cdot 39,4 = 35,46(кВАр)$$

$$\Delta U_{45} = \frac{76,78 \cdot 0,01 + 35,46 \cdot 0,0017}{10 \cdot (386,4 \cdot 10^{-3})^2} = 0,55(\%);$$

Или в вольтах: $\Delta U_{45} = 0,55 \cdot \frac{387,6}{100} = 2,13(B)$

$$U_5 = 387,6 - 2,13 = 385,46(B)$$

Участок 5-6:

$$R_{56} = 0,625 \cdot 0,033 = 0,02(Ом)$$

$$X_{56} = 0,06 \cdot 0,033 = 0,002(Ом)$$

$$P_{56} = 38(кВт)$$

$$Q_{56} = 42,12(кВАр)$$

$$\Delta U_{56} = \frac{38 \cdot 0,02 + 42,12 \cdot 0,002}{10 \cdot (385,46 \cdot 10^{-3})^2} = 0,57(\%);$$

Или в вольтах: $\Delta U_{56} = 0,57 \cdot \frac{385,46}{100} = 2,19(B)$

$$U_6 = 385,46 - 2,65 = 383,3(B)$$

Расчёты для построения эпюры отклонений напряжения для максимального и минимального режимов систематизируем в виде таблицы, представленной ниже.

Таблица №18. Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

	Максимальный режим	Минимальный режим
P ₁₂ , кВт	648,93	616,48
Q ₁₂ , кВАр	631,02	567,92

$\Delta U_{12},\%$	0,12	0
$\Delta U_{12},B$	13,06	0
β_m	0,91	0,84
U_a	0,245	0,245
U_p	5,49	5,49
$\cos\varphi_2$	0,76	0,78
$\sin\varphi_2$	0,65	0,63
$\Delta U_{23}=\Delta U_m,\%$	3,4	3,08
$\Delta U_{23}=\Delta U_m,B$	369,6	387,6
$P_{34}, \kappa BT$	289,91	275,4
$Q_{34}, \kappa BAp$	161,11	144,9
$\Delta U_{34},\%$	0,021	0,02
$\Delta U_{34},B$	0,08	0,07
$P_{45}, \kappa BT$	80,84	76,78
$Q_{45}, \kappa BAp$	39,4	35,46
$\Delta U_{45},\%$	0,59	0,55
$\Delta U_{45},B$	2,27	2,13
$P_{56}, \kappa BT$	40	38
$Q_{56}, \kappa BAp$	46,8	42,12
$\Delta U_{56},\%$	0,73	0,57
$\Delta U_{56},B$	2,7	2,19

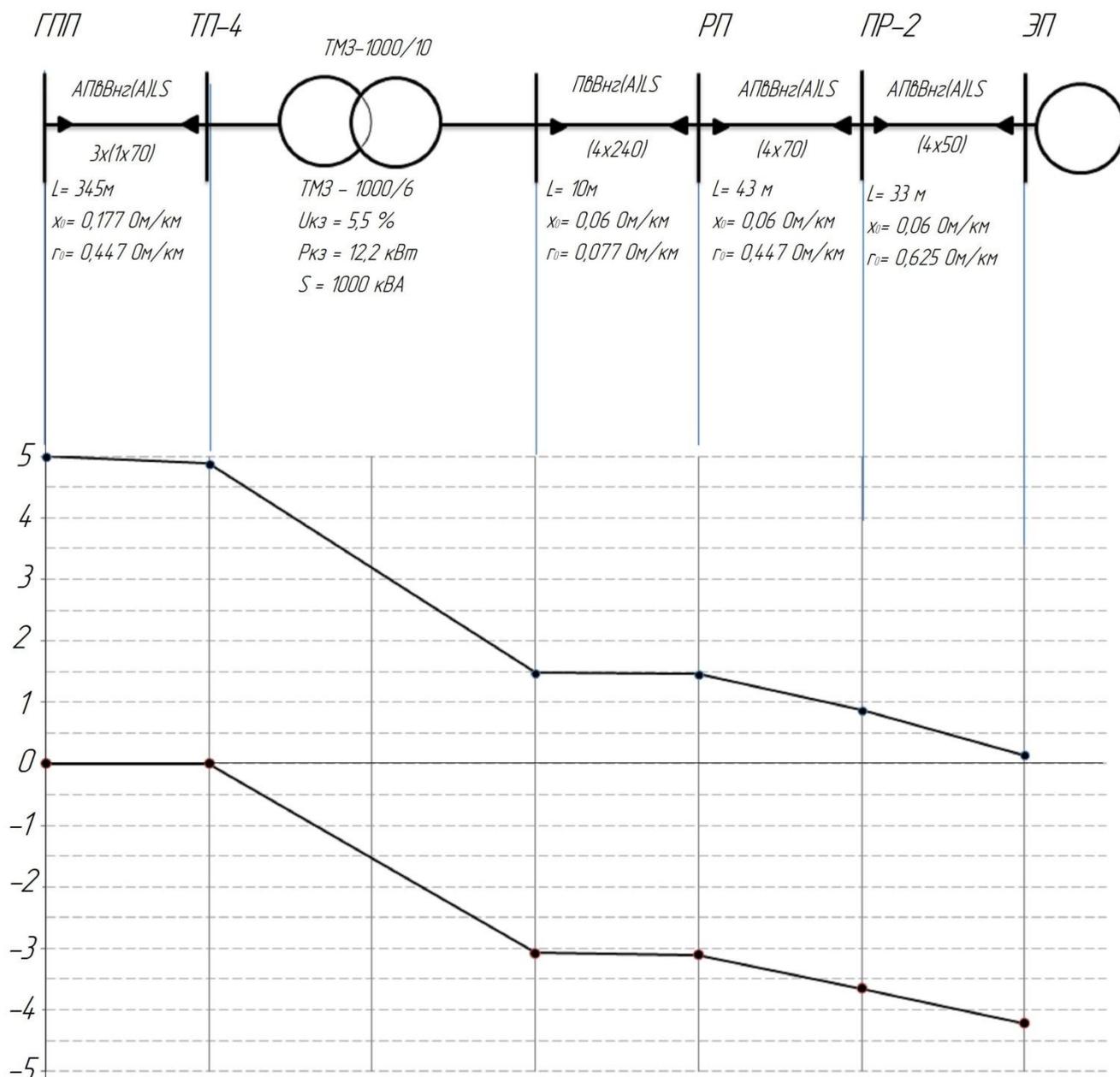


Рис. 6. Эпюры отклонений напряжения

8.4. Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В обладает следующими особенностями:

- принимаем мощность системы $S_c = \infty$, что правомерно $S_c \geq 50S_{н.тр.}$. При этом напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчёте учитываются все активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силовой трансформатор, сопротивление токовой

катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

- расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение берётся на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U = 400 \text{ В}$, действующая величина тока короткого замыкания $I_k = U / \sqrt{3}Z_{\Sigma}$.

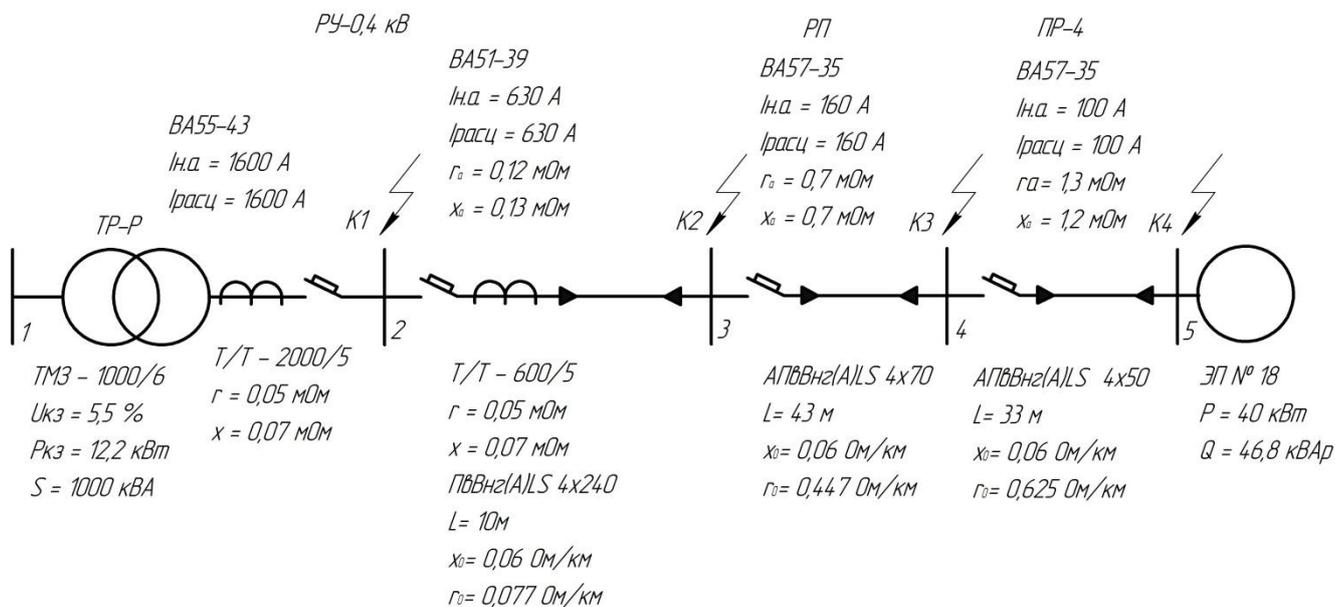


Рис. 7. Расчётная схема для участка цеховой сети 0,4 кВ ТП – ЭП №18

Расчёт токов для точки К1:

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U^2}{S_{н.тр}^2} = \frac{12,2 \cdot 400^2}{1000^2} = 1,95 (\text{МОм}) - \text{активное сопротивление трансформатора};$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр}} = \frac{12,2 \cdot 100\%}{1000} = 1,22 (\%) - \text{активная составляющая напряжения КЗ};$$

$$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,36 \% - \text{реактивная составляющая напряжения КЗ};$$

$$X_m = \frac{U_p \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{н.тр.}} = \frac{5,36}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,58 (\text{МОм}) - \text{активное сопротивление трансформатора};$$

$R_{к1} = 0,08 (\text{МОм})$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_{к1} = 0,08 (\text{МОм})$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{nep1} = 0,1(мОм)$ – переходное сопротивление контактов.

Для трансформатора тока, согласно [2, стр.63] при коэффициенте трансформации $K_T=2000/5$ принимаем следующие величины:

$R_{mm1} = 0,05(мОм)$ – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока;

$X_{mm1} = 0,07(мОм)$ – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока.

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(R_m + R_{k1} + R_{nep1} + R_{mm1})^2 + (X_m + X_{k1} + X_{mm1})^2} = \\ = \sqrt{(1,95 + 0,08 + 0,1 + 0,05)^2 + (8,58 + 0,08 + 0,07)^2} = 9(мОм)$$

;

$$I_{k1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma k1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 9} = 25,69(кА);$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\partial 1} = 1,3$;

$$i_{y1} = I_{k1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\partial 1} = 25,69 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,3 = 47,23(кА).$$

Расчёт токов для точки К2:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63] следующие величины:

$R_{k2} = 0,12(мОм)$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_{k2} = 0,13(мОм)$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{nep2} = 0,25(мОм)$ – переходное сопротивление контактов.

Для трансформатора тока, согласно [2, стр.63] при коэффициенте трансформации $K_T=600/5$ принимаем следующие величины:

$R_{mm2} = 0,05(мОм)$ – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока;

$X_{mm2} = 0,07(мОм)$ – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока.

Для кабеля ПвВнг(А)LS (4x240) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 77 \cdot 0,001 = 0,077(\text{МОм});$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,06 \cdot 10 = 0,6(\text{МОм});$$

$$Z_{\Sigma\kappa 2} = \sqrt{(R_{\kappa 2} + R_{пер2} + R_{мм2} + R_{каб2})^2 + (X_{\kappa 2} + X_{мм2} + X_{каб2})^2} = \\ = \sqrt{(0,12 + 0,25 + 0,05 + 0,077)^2 + (0,13 + 0,07 + 0,6)^2} = 0,98(\text{МОм})$$

$$Z_{\Sigma\kappa 1+2} = Z_{\Sigma\kappa 1} + Z_{\Sigma\kappa 2} = 9 + 0,98 = 9,98(\text{МОм})$$

$$I_{\kappa 2} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 9,98} = 23,16(\text{кА});$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{уд2} = 1,25$;

$$i_{y2} = I_{\kappa 2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд2} = 23,16 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,25 = 40,96(\text{кА}).$$

Расчёт токов для точки К3:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63] следующие величины:

$R_{\kappa 3} = 0,7(\text{МОм})$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_{\kappa 3} = 0,7(\text{МОм})$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{пер2} = 0,7(\text{МОм})$ – переходное сопротивление контактов.

Для кабеля АПВВнг(А)LS (4х70) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 447 \cdot 0,043 = 19,2(\text{МОм});$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,06 \cdot 43 = 2,58(\text{МОм});$$

$$Z_{\Sigma\kappa 3} = \sqrt{(R_{\kappa 3} + R_{пер3} + R_{каб3})^2 + (X_{\kappa 3} + X_{каб3})^2} = \\ = \sqrt{(0,7 + 0,7 + 19,2)^2 + (0,7 + 2,58)^2} = 20,85(\text{МОм})$$

$$Z_{\Sigma\kappa 1+2+3} = Z_{\Sigma\kappa 1} + Z_{\Sigma\kappa 2} + Z_{\Sigma\kappa 3} = 9 + 0,98 + 20,85 = 30,83(\text{МОм})$$

$$I_{\kappa 3} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 30,83} = 7,5(\text{кА});$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{уд3} = 1,15$;

$$i_{y3} = I_{\kappa 3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд3} = 7,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,15 = 12,2(\text{кА}).$$

Расчёт токов для точки К4:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63] следующие величины:

$R_{к4} = 1,3(мОм)$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_{к4} = 1,2(мОм)$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{пер2} = 0,75(мОм)$ – переходное сопротивление контактов.

Для кабеля АПВВнг(А)LS (4х50) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_0 \cdot l = 625 \cdot 0,033 = 20,63(мОм);$$

$$X_{каб} = x_0 \cdot l = 0,06 \cdot 33 = 1,98(мОм);$$

$$Z_{\Sigma к4} = \sqrt{(R_{к4} + R_{пер4} + R_{каб4})^2 + (X_{к4} + X_{каб4})^2} = \\ = \sqrt{(1,3 + 0,75 + 20,63)^2 + (1,2 + 1,98)^2} = 23,39(мОм)$$

$$Z_{\Sigma к1+2+3+4} = Z_{\Sigma к1} + Z_{\Sigma к2} + Z_{\Sigma к3} + Z_{\Sigma к4} = 9 + 0,98 + 20,85 + 23,39 = 54,22(мОМ)$$

$$I_{к3} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 54,22} = 4,26(кА);$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{уд2} = 1,1$;

$$i_{y4} = I_{к4} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд4} = 4,26 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,1 = 6,63(кА).$$

$$i_{y3} = I_{к3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд3} = 6,66 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,1 = 10,4(кА).$$

8.5. Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до электроприёмника

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

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;

- расчётный и пиковый ток подстанции;
- защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);
- значения токов КЗ в сети 0,4 кВ.

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия аппаратов защиты приведены в справочной литературе [3, стр.88].

Таблица №19. Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	Электроприёмник	Силовой распределительный шкаф		Подстанция ТП-4	Значение тока КЗ в соотв. точках, кА			
	Пресс	ПР №2	РП		1	2	3	4
Расчётный ток, А	—	140,1	514,77	1519,34	25,69	23,16	7,5	6,63
Пиковый ток, А	—	608,165	982,135	1986,36				
Номинальный ток, А	98,54	—	—	—				
Пусковой ток, А	492,68	—	—	—				

Таблица №20. Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА55-43	1600	6400
ВА51-39	630	1920
ВА57-35	160	800
ВА57-35	100	800

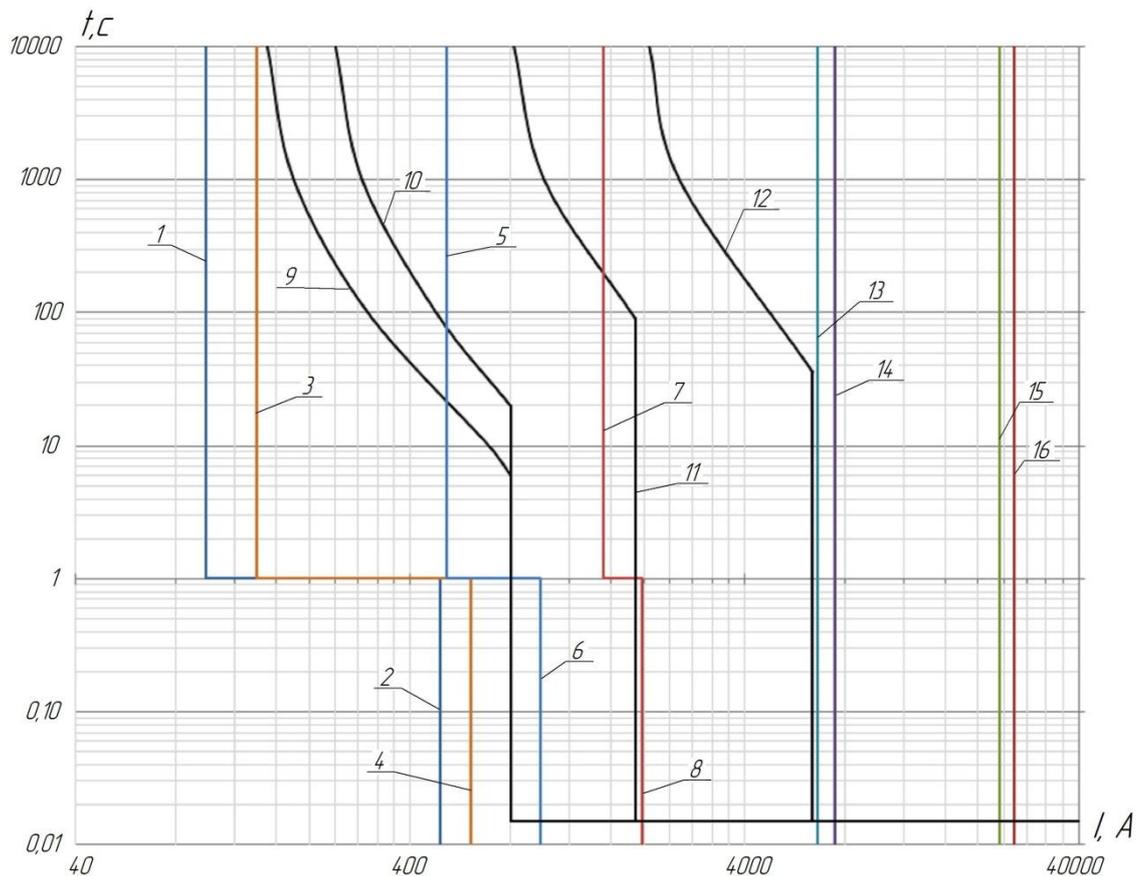


Рис. 7. Карта селективности действия защит

- 1 – номинальный ток двигателя;
- 2 – пусковой ток двигателя;
- 3 – расчётный ток силового распределительного шкафа РП;
- 4 – пиковый ток силового распределительного шкафа РП;
- 5 – расчётный ток силового распределительного шкафа ПР2;
- 6 – пиковый ток силового распределительного шкафа ПР2;
- 7 – расчётный ток подстанции ТП-4;
- 8 – пиковый ток подстанции ТП-4;
- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57-35;
- 10 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57-35;
- 11 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51-39;
- 12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА55-43;
- 13, 14, 15, 16 – токи КЗ в точках, указанных на рис. 6.

Заключение

В ходе работы мы произвели все нужные расчеты, необходимые для выбора элементов электроснабжения кузнечного цеха химического завода. На основании полученных результатов мы приняли следующие решения:

- 1) Питание ГПП завода от системы осуществляется воздушной ЛЭП напряжением 35 кВ сталеалюминиевыми проводами марки АС-50.
- 2) ГПП расположилась в северо-западной части завода, с некоторым смещением от центра электрических нагрузок.
- 3) В качестве силовых трансформаторов было выбрано 2 трансформатора типа ТМН-6300/35.
- 4) В РУ-6кВ ГПП установлены вакуумные выключатели типа ВВ/TEL
- 5) В качестве цеховых трансформаторов выбрано 7 силовых трансформаторов типа ТМЗ-1000/10. В кузнечном цехе установлена однотрансформаторная КТП.
- 6) Внутризаводская и внутрицеховая схемы электроснабжения выполнены кабелями с алюминиевыми жилами и изоляцией из сшитого полиэтилена, которые на сегодняшний день имеют ряд преимуществ в отношении других типов кабелей.
- 7) В качестве защитной аппаратуры были выбраны автоматические выключатели.

Были проведены все необходимые проверки, предусмотренные для оценки правильности всех решений принятых в данной работе.

ЭСПП 140400.009.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Калиев Н.В.			Определение расчетных электрических нагрузок цеха	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Плотников И. А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								
						ТПУ ЭНИН гр. 3-5А18		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A18	Калиев Нурбол Вахиджанович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ЭПШ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоемкость работы.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	- формирование вариантов решения с учетом технического уровня.
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	- планирование выполнения проекта - график проектирования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	- расчет бюджета на проектирование; - расчет капитальных вложений в основные средства.
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	
Перечень графического материала:	
1. <i>График проектирования</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A18	Калиев Нурбол Вахиджанович		

ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

10.1 Общие сведения

Целью данной работы является составление сметы на проектирование электрической части “Горно-металлургического завода №2, НГМК” и расчет сметы затрат на электрооборудование цеха измельчения предприятия.

Капитальные вложения в электрооборудование – это в первую очередь, стоимость электрооборудования и стоимость строительно – монтажных работ.

Смета – это документ, определяющий окончательную и предельную стоимость реализации проекта. Смета служит исходным документом капитального вложения полного объема необходимых работ.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительство объекта служат данные проекта по составу оборудования, объему строительных и монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и строительные материалы; нормы и расценки на строительно и монтажные работы; тарифы на перевозку грузов; нормы накладных расходов и другие нормативные документы.

Решение о проектировании электроснабжения принимается на основе технико-экономического обоснования.

На основе утвержденного ТЭО заказчик заключает договор с проектной организацией на проектирование и выдает ей задание, которое содержит:

1. Ген план предприятия;
2. Расположение источника питания;
3. Сведения об электрических нагрузках;
4. План размещения электроприемников на корпусах;
5. Площадь корпусов и все территории завода

Различают две стадии проектирования:

- а) Технический проект;
- б) Рабочий чертеж.

Если проектируемый объект в техническом отношении не сложный, то обе стадии объединяются в одну – технорабочий проект.

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам (таблица 10.1)

Таблица 10.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполняемых работ	Исполнители	Продолжительность, дн.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Руководитель	4
		Инженер	4
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	7
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	8
4	Построение картограммы нагрузок	Инженер	2
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Техно-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	5
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техно-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Руководитель	1
		Инженер	6
7	Расчет внутриводской сети предприятия	Инженер	13
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	1
9	Выбор электрооборудования в сети 1000 В.	Инженер	3
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Руководитель	2
		Инженер	7
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	2
12	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	2
13	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	1
14	Составление расчетно-пояснительной записки	Руководитель	2
		Инженер	25
15	Чертежные работы	Руководитель	2
		Инженер	22
	Итого по каждой должности	Руководитель	11
		Инженер	108
Итого			119

№	Перечень выполняемых работ для руководителя	Начало	Окончание	Длительность	Год 2016					
					фев 2016	мар 2016	апр 2016	май 2016	июн 2016	
1	Ознакомление с производственной документацией	25.01.2016	28.01.2016	4д	■					
2	Выбор трансформаторов ГПП	24.02.2016	24.02.2016	1д		■				
3	Расчет схемы электроснабжения цеха	22.03.2016	23.03.2016	2д			■			
4	Составление расчетно-пояснительной записки	05.04.2016	06.04.2016	2д				■		
5	Чертежные работы	04.05.2016	05.05.2016	2д					■	

№	Перечень выполняемых работ для инженера	Начало	Окончание	Длительность	Год 2016					
					фев 2016	мар 2016	апр 2016	май 2016	июн 2016	
1	Ознакомление с производственной документацией	25.01.2016	28.01.2016	4д	■					
2	Расчет электрических нагрузок	29.01.2016	05.02.2016	7д	■					
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	06.02.2016	15.02.2016	8д	■					
4	Построение картограммы нагрузок	16.02.2016	17.02.2016	2д		■				
5	Выбор цеховых трансформаторов	18.02.2016	23.02.2016	5д		■				
6	Выбор трансформаторов ГПП	24.02.2016	01.03.2016	6д		■				
7	Расчет внутриводской сети предприятия	02.03.2016	16.03.2016	13д		■				
8	Расчет токов КЗ в сети выше 1000 В	17.03.2016	17.03.2016	1д			■			
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	18.03.2016	21.03.2016	3д			■			
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	22.03.2016	29.03.2016	7д			■			
11	Расчет токов КЗ в сети до 1000 В	30.03.2016	31.03.2016	2д				■		
12	Выбор защитной аппаратуры	01.04.2016	02.04.2016	2д				■		
13	Расчет отклонений напряжения	04.04.2016	04.04.2016	1д					■	
14	Составление расчетно-пояснительной записки	05.04.2016	03.05.2016	25д				■		
15	Чертежные работы	04.05.2016	28.05.2016	22д					■	

Рисунок 10.1 – Календарный план проекта

10.2 Смета на проектирование

1) Затраты на разработку проекта

$$\Sigma I_{\text{пр}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{со}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}},$$

где $I_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$I_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$I_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$I_{\text{со}}$ – отчисления в социальные фонды;

$I_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$I_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

2) Расчет зарплаты

а) Месячная зарплата научного руководителя

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (ЗП_{\dot{0}} + Д) \cdot K_1 \cdot K_2 = 25000 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 37700 \text{ руб},$$

где $ЗП_{\dot{0}}$ – месячный оклад;

$Д$ – доплата за интенсивность труда;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

K_2 – районный коэффициент, (1,3 для Томской области).

Зарплата научного руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{37700}{21} \cdot 11,0 = 19747 \text{ руб},$$

где n – количество отработанных дней по факту.

б) Месячная зарплата инженера

$$I_{\text{зп}}^{\text{мес}} = ЗП_{\dot{0}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 20000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 28600 \text{ руб},$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{\text{зп}}^{\text{ф}} = \frac{I_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \cdot n = \frac{28600}{21} \cdot 108 = 147085 \text{ руб},$$

Расчет для сотрудников проекта сведем в таблицу 10.2

в) Итого $I_{\text{ФЗП}}$ сотрудников

$$I_{\text{ФЗП}} = 19747 + 147085 = 166832 \text{ руб}$$

Расчет для сотрудников проекта сведем в таблицу 10.2.

Таблица 10.2

Должность	ЗП ₀ ,руб	Д, руб	К ₁	К ₂	$I_{\text{ФЗП}}^{\text{мес}}$, руб
Руководитель	23000	2000	1,16	1,3	37700
Инженер	18000	2000	1,1	1,3	28600
Итого	41000	4000	-	-	66300

Таблица 10.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	$I_{\text{м}}$, руб
Флеш память	1	500	500
Упаковка бумаги А4 50 листов	1	200	200
Канцтовары	-	700	700
Картридж для принтера	1	2000	2000
Итого $I_{\text{мат}}$, руб	-	-	3400

3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах.

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.КТ}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{КТ}} \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{48}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{3} = 1096 \text{ руб}$$

где $T_{\text{исп.КТ}}$ – время использования компьютерной техники на проект;

$T_{\text{кал}} = 365$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

$C_{\text{КТ}}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники (время окупаемости 3 лет).

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 10.4

Таблица 10.4

Оборудование	Стоимость, руб	Количество	$T_{\text{э}}$, дней	$I_{\text{ам}}$, руб
Компьютер	25000	1	48	1069
Принтер	5000	1	10	46
Итого $I_{\text{ам}}$, руб	-	-	-	1115

- 4) Отчисления в социальные фонды (соц. Страхование, пенсионный фонд, мед. страховка) в размере 30% от $I_{ФЗП}$

$$I_{со} = 0,3 \cdot 166832 = 50050 \text{ руб.}$$

- 5) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования...) в размере 10% от $I_{ФЗП}$, затрат на материалы, амортизации и отчислений в социальные фонды

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (I_{ФЗП} + I_{м} + I_{ам} + I_{со}) =$$

$$= 0,1 \cdot (166832 + 3400,0 + 1115,0 + 50050) = 22139 \text{ руб.}$$

- 6) Накладные расходы (затраты на отопление, освещение, обслуживание помещений, административные расходы ...)

$$I_{накл} = 2,0 \cdot I_{ФЗП} = 2,0 \cdot 166832 = 333664 \text{ руб.}$$

- 7) Затраты на разработку проекта

$$\Sigma И = I_{ФЗП} + I_{м} + I_{ам} + I_{со} + I_{пр} + I_{накл} =$$

$$= 166832 + 3400,0 + 1115,0 + 50050 + 22139 + 333664 = 577200 \text{ руб}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 10.5

Таблица 10.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб
1	$I_{ФЗП}$	166832
2	Материалы $I_{мат}$	3400,0
3	Амортизация основных фондов $I_{ам}$	1115,0
4	Социальные отчисления $I_{со}$	50050
5	Прочие расходы $I_{пр}$	22139
6	Накладные расходы $I_{накл}$	333664
Цена проекта $\Sigma И_{пр}$, руб		577200

Таблица 10.6 - Матрица структурного решения выбора

Индекс параметра	Морфологический признак (параметр)	Вид (способ) исполнения		
		1	2	3
1	2	3	4	5
1	Вид тока	постоянный	переменный	импульсный
2	Охлаждение трансформаторов	Естественное воздушное	Естественное масляное	Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла
3	Материал кабеля	Алюминий	Медь	-
4	Марка кабеля	НРГ	ВВГ	АПВВнг
5	Защитная аппаратура	Плавкие предохранители	Автоматические выключатели	
6	Силовые распределительные пункты	Щиты распределительные	Типовое РП	
7	Схема внутрицехового электроснабжения	Магистральная	Радиальная	
Вариант решения				

10.3 Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена в таблице 10.6

Таблица 10.6 - Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха приведена

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	Трансформаторы ТМЗ 1000/10	шт	1	680	84,10	1360	168,2
2	ПР8503-73507	шт	7	8,36	5,38	16,72	10,76
4	ВА57-35	шт	1	4,85	0,88	4,85	0,88
	ВА57-35	шт	14	2,69	0,47	37,66	6,58
	ВА51-39	шт	3	1,53	0,32	4,59	0,96
	ВА55-43	шт	5	0,52	0,09	2,6	0,45
Кабели							
1	2	3	4	5	6	7	8
5	АПвПу (1x70)	км	0,345	6,58	1,58	0,82	0,20
	ПвВнг(А)-LS(4x240)	км	0,01	13,20	3,49	1,56	0,18
	АП вВнг(А)- LS(4x10)	км	0,063	17,80	4,75	2,42	0,33
	АП вВнг(А)- LS(4x35)	км	0,73	25,60	5,26	1,66	0,11
	АП вВнг(А)- LS(4x16)	км	0,066	78,15	16,02	6,80	0,59
	АП вВнг(А)- LS(4x25)	км	0,02	210,00	42,00	7,35	0,26
	АП вВнг(А)- LS(4x6)	км	0,01	350,45	68,32	36,80	3,86
	АП вВнг(А)- LS(4x4)	км	0,065	580,50	87,65	124,81	26,83
	АП вВнг(А)- LS(4x2,5)	км	0,25	1,89	0,27	3,30	5,76
	АП вВнг(А)- LS(4x70)	км	0,08				
Итого по цеху, тыс. руб						1785,202	280,45

Полная стоимость затрат на разработку проекта, оборудование и монтаж

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{монт}} = 514825 + 1785,202 + 280,45 = 516890,652 \text{ руб}$$

Заключение

В ходе работы мы произвели все нужные расчеты, необходимые для выбора элементов электроснабжения кузнечного цеха химического завода. На основании полученных результатов мы приняли следующие решения:

- 1) Питание ГПП завода от системы осуществляется воздушной ЛЭП напряжением 35 кВ сталеалюминиевыми проводами марки АС-50.
- 2) ГПП расположилась в северо-западной части завода, с некоторым смещением от центра электрических нагрузок.
- 3) В качестве силовых трансформаторов было выбрано 2 трансформатора типа ТМН-6300/35.
- 4) В РУ-6кВ ГПП установлены вакуумные выключатели типа ВВ/TEL
- 5) В качестве цеховых трансформаторов выбрано 7 силовых трансформаторов типа ТМЗ-1000/10. В кузнечном цехе установлена однотрансформаторная КТП.
- 6) Внутривзаводская и внутрицеховая схемы электроснабжения выполнены кабелями с алюминиевыми жилами и изоляцией из сшитого полиэтилена, которые на сегодняшний день имеют ряд преимуществ в отношении других типов кабелей.
- 7) В качестве защитной аппаратуры были выбраны автоматические выключатели.

Были проведены все необходимые проверки, предусмотренные для оценки правильности всех решений принятых в данной работе.

Список литературы

- 1.Справочник по проектированию электроснабжения/под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с. – (Электроустановки промышленных предприятий/Под общ. ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
2. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М.Кирова,1988. – 96 с.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра для студентов направления 551700 – «Электроэнергетика» - Томск: Изд. ТПУ,2004.-112с.
4. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие для техникумов. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 528с.: ил.
5. Постников Н.П., Рубашов Г.М. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для техникумов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. Отделение, 1980.–376с.,ил
6. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / ТПУ. – Томск, 2005. – 168 с.
7. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий/ под общей редакцией профессоров МЭИ(ТУ) С. И. Гамазина, Б. И. Кудрина, С. А. Цырука. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. -745[7]с.:ил.
8. Сумарокова Л. П. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие/ Л. П. Сумарокова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012-288с.