

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Бекмухамбетов Асет Маратович

Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор внешней схемы
электроснабжения

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В07101– Энергетика

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Каззахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой «Энергетика»
PhD, ассоциированный профессор
Е. А. Сарсенбаев
«25» 06 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор внешней схемы
электроснабжения»

6B07101– Энергетика

Выполнил:

Бекмухамбетов А.М.

Рецензент
PhD, ассистент – профессор
Университет АЛТ им. М. Тынышпаева
Ж.Ж.Калиев
«25» 06 2024 г.

Научный руководитель
к.т.н., ассоциированный профессор
Е.Хидолда
«25» 06 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

6B07101– Энергетика

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Энергетика»
PhD, ассоциированный профессор

Е. А. Сарсенбаев

«25» 01 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Бекмухамбетов Асет Маратович

Тема: Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор внешней схемы
электроснабжения

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №1755–до от "29" ноября
2023г.

Срок сдачи законченной работы «23» мая 2024г.

Исходные данные к дипломной работе: Питание может быть осуществлено от
подстанции энергосистемы, на которой установлены два параллельно работающих
трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 115/10,5 кВ. Мощность системы
500 МВА; Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 4,8 км. Завод работает в
две смены.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Расчет электрической нагрузки;
- б) Выбор схемы внешнего электроснабжения;
- в) Выбор оборудования $U=10$ кВ;




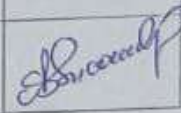
Представлены 8 слайдов презентации работы.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы


Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Расчет электрической нагрузки	05.02.2024	нет
Выбор схемы внешнего электроснабжения	22.04.2024	нет
Выбор оборудования U=10 кВ	14.06.2024	нет

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

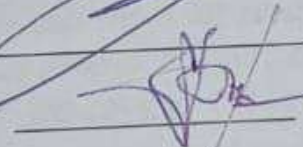
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Расчет электрической нагрузки	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	01.05.24	
Выбор схемы внешнего электроснабжения	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	15.05.24	
Выбор оборудования U=10 кВ	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	10.06.24	
Нормоконтролер	А.О. Бердибеков, магистр, ст. преподаватель	25.06.2024	

Научный руководитель



Е. Хидолда

Задание принял к исполнению обучающийся



А.М.Бекмухамбетов

Дата

" 01 " 05 20 24 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста өндірістік кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесін жобалау және негіздеу қарастырылады. Жұмыста кәсіпорынның бастапқы деректерін талдау, электрлік жүктемелерді есептеу, трансформаторлардың оңтайлы санын және қуатын анықтау, реактивті қуатты өтемдеу шараларын әзірлеу, ұсынылған шешімдердің техникалық-экономикалық негіздемесі жүргізіледі. Жұмыстың нәтижелері кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесін жетілдіру бойынша нақты ұсыныстарды қамтиды.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается проектирование и обоснование системы электроснабжения производственного предприятия. В работе проводится анализ исходных данных предприятия, расчет электрических нагрузок, определение оптимального количества и мощности трансформаторов, разработка мероприятий по компенсации реактивной мощности, технико-экономическое обоснование предлагаемых решений. Результаты работы включают конкретные рекомендации по улучшению системы электроснабжения предприятия.

ANNOTATION

This thesis focuses on the design and justification of the power supply system for a production enterprise. The work includes the analysis of the initial data of the enterprise, calculation of electrical loads, determination of the optimal number and capacity of transformers, development of measures for reactive power compensation, and a techno-economic justification of the proposed solutions. The results of the work include specific recommendations for improving the enterprise's power supply system.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Исходные данные к проекту	8
2 Расчет электрических нагрузок по заводу	10
2.1 Расчет осветительной нагрузки	10
2.2 Расчет электрических нагрузок для предприятия	12
2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	17
2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по мясокомбинату	21
2.4.1 Определение потерь мощности в ЦТП	21
2.4.2 Определение расчетной мощности синхронных двигателей	22
2.4.3 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ РП	23
3 Выбор схемы внешнего электроснабжения	26
3.1 Первый вариант схемы внешнего электроснабжения	26
3.2 Второй вариант схемы внешнего электроснабжения	31
4 Выбор оборудования U=10 кВ	36
4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах РУ 10кВ ГПП	36
4.2 Выбор выключателей	37
4.3 Выбор кабелей к ТП и СД.	41
4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП	43
4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП	43
4.6 Выбор трансформаторов тока	43
4.7 Выбор трансформаторов напряжения	48
Заключение	50
Список литературы	51

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное и надежное электроснабжение является критически важным фактором для современных производственных предприятий. Особенно это актуально для предприятий пищевой промышленности, таких как мясокомбинаты, где стабильное электроснабжение влияет на непрерывность технологических процессов, качество продукции и общую производительность. С учетом современных требований к энергоэффективности и устойчивому развитию, проектирование и оптимизация систем электроснабжения становятся важными задачами для обеспечения конкурентоспособности и экономической эффективности предприятий.

Цель данного исследования заключается в разработке и обосновании системы электроснабжения для производственного предприятия. Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Провести анализ исходных данных и характеристик объекта исследования;
- Выполнить расчет электрических нагрузок для различных участков предприятия;
- Определить оптимальное количество и мощность трансформаторов;
- Разработать мероприятия по компенсации реактивной мощности;
- Осуществить технико-экономическое обоснование предлагаемых решений.

Исследование базируется на использовании комплексного подхода, включающего анализ исходных данных, математические расчеты, моделирование и технико-экономическую оценку. В работе применяются стандартизированные методы расчета электрических нагрузок, нормативные документы и специализированное программное обеспечение для моделирования электрических систем.

Работа состоит из введения, основной части, заключения, списка использованной литературы и приложений. В первой главе рассматриваются общие характеристики предприятия и исходные данные для расчетов. Вторая глава посвящена расчету электрических нагрузок и анализу результатов. В третьей главе проводится выбор и расчет трансформаторов, а также их технико-экономическое обоснование и выбор схемы внешнего электроснабжения. Четвертая глава рассматривает вопросы выбора оборудования на 10кВ. Заключение содержит основные выводы и рекомендации по результатам проведенного исследования.

1 Исходные данные к проекту

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два параллельно работающих трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 115/10,5 кВ. Мощность системы 500 МВА; Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 4,8 км. Завод работает в две смены.

Таблица 1 - Электрические нагрузки по комбинату

№	Наименование цеха	Кол-во ЭП	Установленная мощность ЭП (кВт)	Суммарная мощность (кВт)
1	Колбасный завод	130	1-50	2800
2	Гофтера	25	1-28	450
3	Холодильник №1	20	20-80	950
4	Завод первичной обработки продукции	70	10-40	2100
5	Лайвоток	20	1-20	200
6	Завод технических фабрикат	50	3-40	1100
7	Завод сыворотки	30	3-28	450
8	ЦВХУ	40 (04 кВ) 10 кВ)	10-50 (04 кВ) 1000 (04 кВ)	1380 (04 кВ) 4000 (10 кВ)
9	Конденсаторная	20	10-40	370
10	Институт научно-исследоват	30	1-40	500
11	Машиносчетная станция	20	10-30	240
12	Холодильник №2	10	10-50	600
13	Заводоуправление	20	1-10	120
14	Ремонтно-механический цех	41	1.5-24.1	315
15	Энергоцех	20	10-40	370
16	Ремонтно-строительный цех	47	11-70	508
17	Прачечная	15	1-20	150

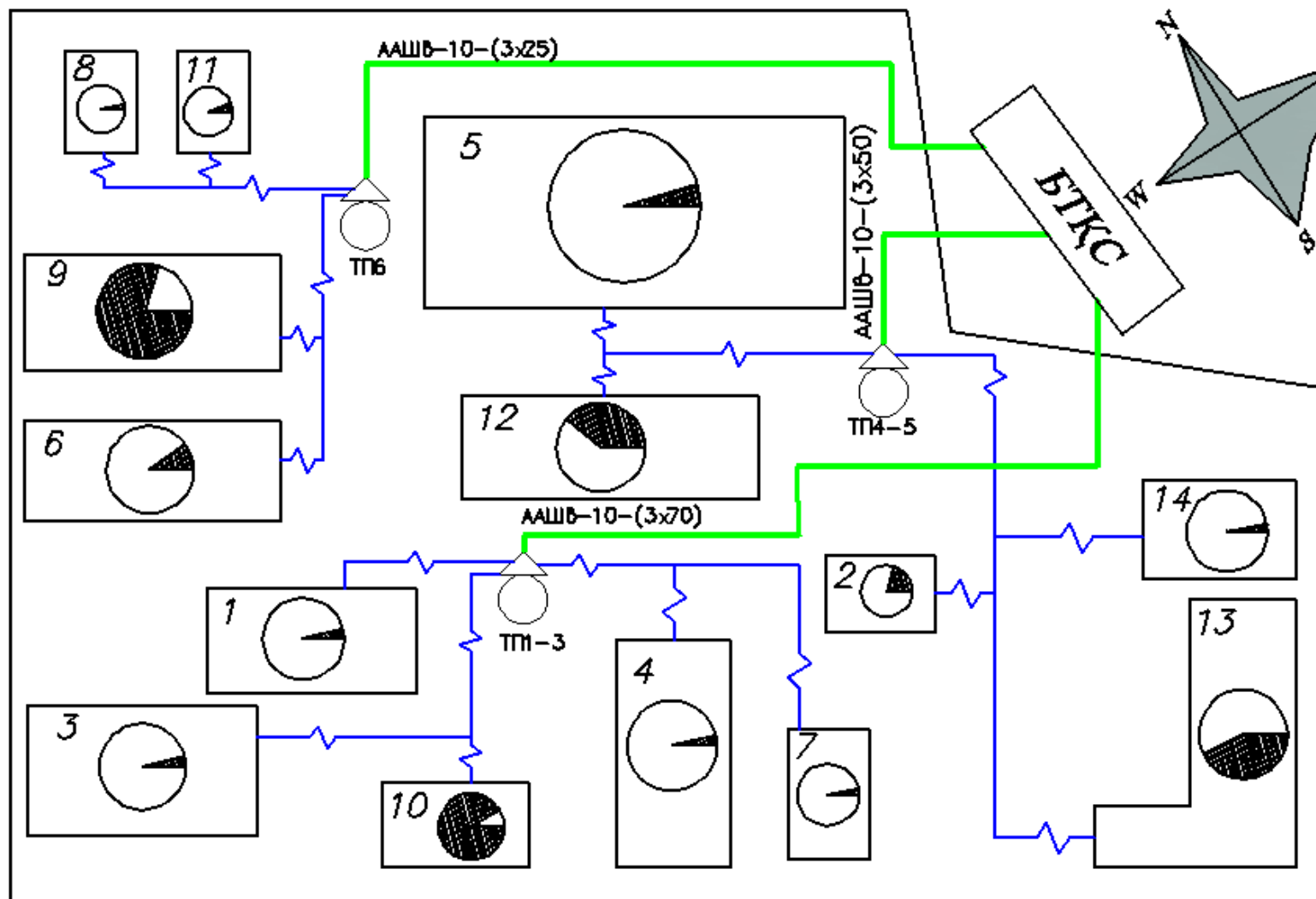


Рисунок 1 - Генеральный план мясокомбината

2 Расчет электрических нагрузок по заводу

2.1 Расчет осветительной нагрузки

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия производим упрощенным методом по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса.

По этому методу расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формуле:

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

$$Q_{po} = \operatorname{tg} \varphi_o \times P_{po}, \text{ квар}, \quad (2)$$

где K_{co} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки;

$\operatorname{tg} \varphi_o$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по $\cos \varphi$;

P_{yo} – установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 м^2 поверхности пола известной производственной площади:

$$P_{yo} = \rho_o \times F, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где F – площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану завода, в м^2 ;

ρ_o – удельная расчетная мощность в кВт на 1 м^2 .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1-Расчет осветительной нагрузки.

Таблица 2.1 - Расчет осветительной нагрузки

№	Наименование цеха	Размеры помещения, длина (м) ширина (м)	Площадь помещения, м ²	Удельная осветительная нагрузка р _о , кВт/м ²	Кс	Установленная мощность освещения, Р _{уо} , кВт	Расчетная мощность осветительной нагрузки		cosφ / tgφ
							Р _{ро} , кВт	Q _{ро} , квар	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Колбасный завод	133x33+21x92+150x150	28821	0,016	0,8	461	368,8	184,4	0,9/0,5
2	Гофтар	96x30	2880	0,016	0,8	46	36,8	18,4	0,9/0,5
3	Холодильник№1	133x42	5586	0,010	0,9	56	44,8	22,4	0,9/0,5
4	Завод первичной обработки продукции	30x142	4260	0,016	0,8	68,2	54,6	27,3	0,9/0,5
5	Лайвоток	104x30	3120	0,016	0,8	50	40	20	0,9/0,5
6	Завод технических фабрикатов	83x30	2490	0,016	0,8	40	32	16	0,9/0,5
7	Завод сыворок	113x30	3390	0,016	0,8	54,2	43	21,7	0,9/0,5
8	ЦВХУ	71x30	2130	0,016	0,8	34,1	27,3	13,7	0,9/0,5
9	Конденсаторная	50x30	1500	0,010	0,8	15	12	6	0,9/0,5
10	Институт научно исследовательский	62,5x44+62,5x44+150x41,5	11725	0,016	0,8	187,6	150	75	0,9/0,5
11	Машиносчетная станция	129x30	3870	0,016	0,8	62	49,6	24,8	0,9/0,5
12	Холодильник№2	50x104	5200	0,010	0,9	52	41,6	21	0,9/0,5
13	Заводоуправление	121x33	3993	0,020	0,8	80	72	36	0,9/0,5
14	Ремонтно-механический цех	208x33	6864	0,016	0,8	110	88	44	0,9/0,5
15	Энергоцех	208x30	6240	0,016	0,8	100	80	40	0,9/0,5
16	Ремонтно-строительный цех	62,5x25	1563	0,016	0,8	25	20	10	0,9/0,5
17	Прачечная	54x12,5	675	0,016	0,8	10,8	8,64	4,3	0,9/0,5
18	Территория		209443	0,002	1	419	419	209,5	0,9/0,5
Итого							1588,5	794,3	

2.2 Расчет электрических нагрузок для предприятия

При проектировании электроснабжения предприятия электрические нагрузки являются исходными данными. По значениям электрических нагрузок выполняется выбор и проверка электрооборудования системы электроснабжения, выбираются защитные устройства и устройства компенсации, определяются потери электроэнергии и мощности, рассчитываются отклонения и колебания напряжения. В дипломном проекте расчеты выполняются методом "регулируемых диаграмм нагрузок".

В качестве примера расчета нагрузки проведем расчет электрической нагрузки предприятия. На плане предприятия указываются питающие элементы: распределительные шинопроводы (ШРА), распределительные шкафы (ШР), щиты оборудования (ЩО).

Все электроустановки цеха распределяются по питающим линиям. При распределении необходимо учитывать следующее:

1) Количество подключений к определенной питающей линии должно быть максимально возможным.

2) Расстояние от электроустановки до питающей линии должно быть минимальным (для экономии цветных металлов и снижения потерь мощности).

Ниже приводятся расчеты для низковольтных производств предприятия по сборке мебельных изделий.

1) Графа 6 – заполняется в итоговой строке. Значение m определяется по следующей формуле:

$$m = \frac{P_{н\ макс}}{P_{н\ min}}.; \quad (1)$$

2) В графах 7 и 8 – коэффициенты использования и мощности

$$K_{и} = \frac{\sum P_{ср\ см}}{\sum P_{ном}}.; \quad (2)$$

3) Графа 12 – определяется эффективное количество электрических приемников.

4) В графах 10 и 11 – средняя активная и реактивная нагрузка для группы электрических приемников в наиболее загруженной смене

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н}, \text{кВт}, \quad (3)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{квар.} \quad (4)$$

5) Графы 14 и 15 – полчасовая максимальная активная и реактивная нагрузка от сетевых электрических приемников

$$P_{м} = P_{см} \cdot K_{м}, \text{кВт}, \quad (5)$$

Если то , квар если $\text{пэ} > 10$, то $Q_{м} = Q_{см}$, квар.

Значение коэффициента максимума зависит от коэффициента использования группы приемников и эффективного числа приемников пэ . Коэффициент максимума определяется по кривым, приведенным в литературе.

б) Максимальная полная нагрузка рассчитываемой питающей линии рассчитывается по следующей формуле

$$S_{р} = \sqrt{P_{р}^2 + Q_{р}^2}, \quad (6)$$

и записывается в графу 16.

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам предприятия выполняется методом регулированных диаграмм. Результаты расчетов силовых и осветительных нагрузок по цехам приведены в таблице 2.2 "Расчет силовых нагрузок по цехам предприятия напряжением 0,4 кВ".

Для построения картограммы нагрузок предприятия (рисунок 1.1) определяются следующие величины:

$$R = \sqrt{\frac{P_{р}}{m \cdot \pi}}, \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{P_{рo}}{P_{р}} \cdot 360^{\circ}, \quad (8)$$

где R – радиус круга;

α – угол сектора;

m – масштаб для определения площади круга.

Таблицы 2.2 - «Расчет силовых нагрузок завода напряжением U = 0,4кВ»

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		m	K _н	cosφ /tgφ	Средние нагрузки		n _э	K _м	Расчетные нагрузки		
			P _{нmin} ÷P _{нmax}	ΣP _н				P _{см,} кВт	Q _{см,} квар			P _{р,} кВт	Q _{р,} квар	S _{р,} кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Колбасный завод а) силовая б) осветительная Итого	130	1-50	2800	>3	0.4	0.7/1	1120	1120	112	1.08	1209.6 368.8 1578.4	1120 184.4 1304.4	
2	Гофгара а) силовая б) осветительная Итого	25	1-28	450	>3	0.4	0.7/1	180	180	25	1.21	217.8 36.8 254.6	180 18.4 198.4	
3	Холодильник №1 а) силовая б) осветительная Итого	20	20-80	950	>3	0.6	0.85/0.62	570	353.4	20	1.15	655.5 44.8 700.3	353.4 22.4 375.8	
4	Завод первичной обработки а) силовая б) осветительная Итого	70	10-40	2100	>3	0.4	0.75/0.88	840	739.2	70	1.1	924 54.6 978.6	739.2 27.3 766.5	
5	Лайвоток а) силовая б) осветительная Итого	20	1-20	200	>3	0.4	0.75/0.88	80	70.4	20	1.24	99.2 40 139.2	74 20 90.4	
6	Завод технических фабрикатов а) осветительная б) осветительная Итого	50	3-40	1100	>3	0.4	0.75/0.88	440	387.2	50	1.14	501.6 32 533.6	387.2 16 403.2	
7	Завод сыворотки а) силовая б) осветительная Итого	30	3-28	450	>3	0.5	0.75/0.88	225	198	30	1.16	261 43.36 304	198 21.7 219.7	

Продолжение таблицы 2.2 - «Расчет силовых нагрузок завода напряжением $U = 0,4\text{кВ}$ »

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		m	K_{II}	cosφ /tgφ	Средние нагрузки		n _э	K _М	Расчетные нагрузки		
			$P_{II\min} \div P_{II\max}$	ΣP_{II}				P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	ЦВХУ а) силовая б) осветительная Итого	40	10-50	1380	>3	0.65	0.8/0.75	897	973	40	1.09	978 27.3 1005.3	673 13.7 686.7	
9	Конденсаторная а) силовая б) осветительная Итого	20	10-40	370	>3	0.6	0.8/0.75	222	166.5	18	1.15	255.3 12 267.3	166.5 6 172.5	
10	Институт научно исследовательский а) силовая б) осветительная Итого	30	1-40	500	>3	0.3	0.7/1	150	150	25	1.28	192 150 342	150 75 225	
11	Машиносчетная станция а) силовая б) осветительная Итого	20	10-30	240	=3	0.4	0.75/0.88	96	84.5	16	1.28	123 49.6 172.6	84.5 24.8 109.3	
12	Холодильник №2 а) силовая б) осветительная Итого	20	10-50	600	>3	0.6	0.8/0.75	360	270	20	1.15	414 41.6 455.6	270 21 291	
13	Заводоуправление а) силовая б) осветительная Итого	20	1-10	120	>3	0.5	0.8/0.75	60	45	20	1.2	72 72 144	45 36 81	
14	Ремонтно-механический цех а) силовая б) осветительная Итого	41	1.5-24.1	315	>3	0.26	0.65/0.95	82.9	79.8	26	1.29	103 88 191	79.8 44 123.8	

Продолжение таблицы 2.2 - «Расчет силовых нагрузок завода напряжением $U = 0,4\text{кВ}$ »

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		m	$K_{\text{н}}$	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	Средние нагрузки		$n_{\text{э}}$	$K_{\text{м}}$	Расчетные нагрузки		
			$P_{\text{нmin}} \div P_{\text{нmax}}$	$\Sigma P_{\text{н}}$				$P_{\text{см}}$, кВт	$Q_{\text{см}}$, квар			$P_{\text{р}}$, кВт	$Q_{\text{р}}$, квар	$S_{\text{р}}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	Энергоцех а) силовая б) осветительная Итого	20	10-40	370	>3	0.3	0.7/1	111	111	18	1.34	149 80 229	111 40 151	
16	Ремонтно-строительный цех а) силовая б) осветительная Итого	47	1.1-70	508	>3	0.3	0.65/ 1.16	152.4	177	15	1.41	215 20 235	177 10 187	
17	Прачечная а) силовая б) осветительная Итого	15	1-20	150	>3	0.3	0.7/1	45	45	15	1.41	63.5 8.64 72	45 4.3 49.3	
	Освещение территории											419	209.5	
	Итого на шинах 0,4 кВ											8049	5687	9855.4

2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на напряжении до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 8049 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 5687 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 9855.4 \text{ кВА}.$$

Мясокомбинат относится ко 2 категории потребителей, завод работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 630 \text{ кВА}$.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$N_{т\text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{8049}{0,8 \times 630} + 0,03 = 16 \text{ тр.}$$

где $P_{p0,4}$ – суммарная расчетная активная нагрузка;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{нт}$ – принятая номинальная мощность трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле: $N_{т..э} = N_{\text{min}} + m$,

где m – дополнительное число трансформаторов.

$N_{т..э}$ - определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат $Z_{п/ст}^* = 0,5$; $K_3 = 0,8$; $N_{\text{min}} = 16$; $\Delta N = 0,03$.

Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m = 1$, значит $N_{т..э} = 16 + 1 = 17$ трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность Q_1 , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3^2) - P_{р0,4}^2} = \sqrt{(17 \times 630 \times 0.8)^2 - 8049^2} = 2937 \text{ квар.}$$

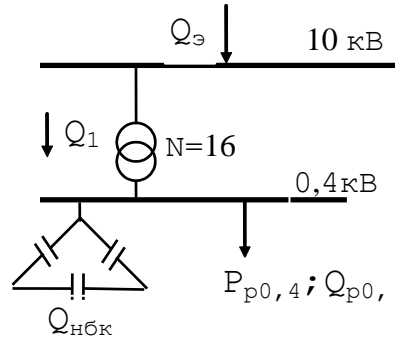


Рисунок 2.1- Внешняя однолинейная схема

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{нБК1}$:

$$Q_{нБК1} + Q_1 = Q_{р0,4},$$

отсюда

$$Q_{нБК1} = Q_{р0,4} - Q_1 = 5687 - 2937 = 2750 \text{ квар}$$

Дополнительная мощность $Q_{нБК2}$ НБК для данной группы трансформаторов определяется по формуле:

$$Q_{нБК2} = Q_{р0,4} - Q_{нБК1} - \gamma \times N_{тэ} \times S_{нт} = 5687 - 2750 - 0,6 \times 17 \times 630 = - 3489 \text{ квар.}$$

Принимаем $Q_{нБК2} = 0$,

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нБКтп} = \frac{Q_{нБК}}{N_{тэ}} = \frac{2750}{17} \approx 161 = 160 \text{ квар.}$$

На основании расчетов, полученных в данном пункте 2.3. составляется таблица 2.3. - Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 2.3 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ТП, $S_{н\ тп}$, $Q_{нбк\ тп}$	№ цеха	$P_{p0,4}$, кВт	$Q_{p0,4}$, квар	$S_{p0,4}$, кВА	Кз'
1	2	3	4	5	6
ТП1 (2x630)	1	1578,4	1304,4		
ТП2 (2x630)	3	700,3	375,8		
ТП3 (2x630)	4	978,6	766,5		
ТП4 (1x630)			-1120		
$\Sigma S_{н}=7 \times 630=4410$ кВА $Q_{нбк}=7 \times 160=1120$ квар					
итого		3257,3	1326,7	3517	0,79
ТП5 (2x630)	5	139,2	90,4		
$\Sigma S_{н}=2 \times 630=1260$ кВА	6	533,6	403,2		
$Q_{нбк}=2 \times 160=320$ квар	2	254,6	198,4		
			-320		
итого		927,4	372	999,2	0,79
ТП6 (2x630)	7	304,4	219,7		
ТП7 (2x630)	9	267,3	172,5		
$\Sigma S_{н}=4 \times 630=2520$ кВА	14	218,2	166		
$Q_{нбк}=4 \times 160=640$ квар	12	455,6	291		
	15	229	151		
	Осв.	419	209,5		
		1893,5	1209,7		
			-640		
итого		1893,5	569,7	1977	0,78
ТП8 (2x630)	8	1005,3	687,7		
ТП9 (2x630)	10	342	225		
$\Sigma S_{н}=4 \times 630=2520$ кВА	11	172,6	109,3		
$Q_{нбк}=4 \times 160=640$ квар	16	235	187		
	17	72	49,3		
	13	144	81		
			-640		
итого		1970,9	698,3	2099	0,82

Распределим $Q_{нбк}$ по ТП пропорционально их мощностям.

Исходные данные:

$Q_{p0,4}=5687$ квар;

$Q_{нбк}=2750$ квар.

ТП-1;2;3;4:

$Q_{р\ ТП}=2446,7$ квар, $Q_{р\ нбк}= X$,

Тогда

$$Q_{р\ нбк\ тп1234} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{р\ тп1,2,3,4}}{Q_{р\ 0,4}} = \frac{2750 \cdot 2446,7}{5687} = 1183 \text{ квар},$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{ф\ РП1}=7 \times 160 = 1120 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{неск} = Q_{р\ РП1} - Q_{ф\ ТП1} = 2446,7 - 1120 = 1326,7 \text{ квар}.$$

ТП-5:

$Q_{р\ ТП5}=692$ квар, $Q_{р\ нбк}= X$,

Тогда

$$Q_{р\ нбк\ тп5} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{р\ тп5}}{Q_{р\ 0,4}} = \frac{2750 \cdot 692}{5687} = 334,6 \text{ квар},$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{ф\ РП2}=2 \times 160 = 320 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{неск} = Q_{р\ ТП5} - Q_{ф\ ТП5} = 692 - 320 = 372 \text{ квар}.$$

ТП-6;7:

$Q_{р\ ТП67}=1209,7$ квар, $Q_{р\ нбк}= X$,

Тогда

$$Q_{р\ нбк\ тп67} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{р\ тп67}}{Q_{р\ 0,4}} = \frac{2750 \cdot 1209,7}{5687} = 585 \text{ квар},$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{ф\ РП67}=4 \times 160 = 640 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{\text{р ТП67}} - Q_{\text{ф ТП67}} = 1209,7 - 640 = 569,7 \text{ квар.}$$

ТП-8;9:

$$Q_{\text{р ТП89}} = 1338,3 \text{ квар, } Q_{\text{р нбк}} = x,$$

тогда

$$Q_{\text{р нбк ТП89}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р ТП89}}}{Q_{\text{р 0,4}}} = \frac{2750 \cdot 1338,3}{5687} = 647 \text{ квар}$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{\text{ф РП67}} = 4 \times 160 = 640 \text{ квар,}$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{\text{р ТП89}} - Q_{\text{ф ТП89}} = 1338,3 - 640 = 698,3 \text{ квар.}$$

Уточненное распределение $Q_{\text{нбк}}$ по ТП сведем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Уточненное распределение $Q_{\text{нбк}}$ по ТП

№ РП	$Q_{\text{р тп}}$, Квар	$Q_{\text{р нбк}}$, квар	$Q_{\text{ф.РП}}$, Квар	$Q_{\text{неск.}}$, Квар
1	2	3	4	5
ТП 1, 2, 3, 4	2446,7	1183	7x160=1120	1326,7
ТП 5	692	334,6	2x160=320	372
ТП 6, 7	1209,7	585	4x160=640	569,7
ТП 8, 9	1338,3	647	4x160=640	698,3
Итого	5687	2749	2720	2966,7

2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по мясокомбинату

2.4.1 Определение потерь мощности в ЦТП

Выбираем трансформаторы: ТМ-630-10/0.4 ($U_{\text{в}}=10\text{кВ}$, $U_{\text{н}}=0.4\text{кВ}$, $\Delta P_{\text{хх}}=1,56 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{кз}}=8,5\text{кВт}$, $I_{\text{хх}}=2\%$, $U_{\text{кз}}=5,5\%$)

ТП-1;2;3;4:

$$K_3=0.79$$

$$N=7$$

$$\Delta P_m = 1.56 + 8.5 \cdot 0.79^2 \cdot 7 = 48 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (2 \cdot 630 + 5.5 \cdot 630 \cdot 0.79^2) \cdot 7 = 239.4 \text{ квар}$$

ТП-5:
K_з=0.79
N=2

$$\Delta P_m = 1.56 + 8.5 \cdot 0.79^2 \cdot 2 = 13.72 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (2 \cdot 630 + 5.5 \cdot 630 \cdot 0.79^2) \cdot 2 = 68.4 \text{ квар}$$

ТП-6;7:
K_з=0.78
N=4

$$\Delta P_m = 1.56 + 8.5 \cdot 0.78^2 \cdot 4 = 26.92 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (2 \cdot 630 + 5.5 \cdot 630 \cdot 0.78^2) \cdot 4 = 134.8 \text{ квар}$$

ТП-8;9:
K_з=0.82
N=4

$$\Delta P_m = 1.56 + 8.5 \cdot 0.82^2 \cdot 4 = 29.2 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (2 \cdot 630 + 5.5 \cdot 630 \cdot 0.82^2) \cdot 4 = 143.6 \text{ квар}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{1-9} = 48 + 13.72 + 26.92 + 29.2 = 117.84 \text{ кВт};$$

$$\Sigma Q_{1-9} = 239.4 + 68.4 + 134.8 + 143.6 = 586.2 \text{ квар}.$$

2.4.2 Определение расчетной мощности синхронных двигателей

Определим расчетные мощности для СД:

Исходные параметры: $P_{н СД} = 1000$ кВт; $\cos \varphi = 0.9$; $N_{СД} = 4$; $k_3 = \beta = 0.85$.

$$P_{р СД} = P_{н СД} \times N_{СД} \times k_3 = 1000 \times 4 \times 0.85 = 3400 \text{ кВт};$$

$$Q_{р СД} = P_{р СД} \times \tan \varphi = 3400 \times 0.48 = 1632 \text{ квар}.$$

2.4.3 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ РП

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

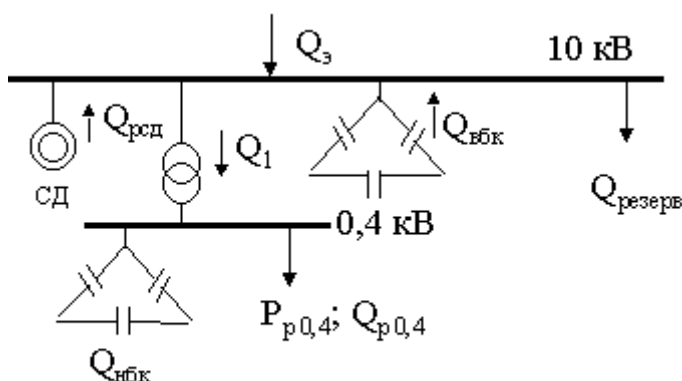


Рисунок 2.2.

Рисунок 2.2 - Схема компенсации реактивной мощности

Резервная мощность:

$$Q_{рез} = 0.1 \times \Sigma Q_{расч} = 0.1 \times (Q_{р0,4} + \Delta Q_{тр}); \quad (1)$$

$$Q_{рез} = 0.1 \times (5687 + 586.2) = 627.3 \text{ кВар.}$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_э = 0.23 \times \Sigma P_p = 0.2 \times (P_{р0,4} + \Delta P_{тр} + P_{сд}); \quad (2)$$

$$Q_э = 0.23 \times (8049 + 117.84 + 3400) = 2660 \text{ кВар.}$$

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{ВБК} = Q_{р0,4} + \Delta Q_{тр} + Q_{рез} - Q_э - Q_{нбк} - Q_{сд}; \quad (3)$$

$$Q_{ВБК} = 5687 + 586.2 + 627.3 - 2660 - 2720 = 1520 \text{ кВар.}$$

Мощность на каждую секцию шин:

$$Q_{ВБК} = \frac{1520}{2} = 760 \text{ кВар}; \quad (4)$$

$$Q_{ФВБК} = 2 \times 900 = 1800 \text{ кВар};$$

Выбираем 2 конденсаторные батареи типа УКЛН-10-900 УЗ

Уточненный расчет электрических нагрузок по комбинату приведен в таблице 2.5

Таблица 2.5 - Уточненный расчет нагрузок по комбинату

№РП, S _{нт} , Q _{нбк}	№ цеха	n	P _{n min} -P _{n max}	ΣP _н	Ки	Ср. мощность		n _б	K _м	Расчетные мощности			Kз
						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП1 (2x630) ТП3 (2x630) ТП2 (2x630) ТП4 (1x630) ΣS _н =7x630=4410кВА Силовая Освещение Q _{нбк} Итого	1	130	1-50	2800		1120	1120						
	3	20	20-80	950		570	353,4						
	4	70	10-40	2100		840	739,2						
		220	1-80	5850	0,43	2530	2213	146	1,06	2682 468,2	2213 234 -1120		
										3150,2	1327	3418	0,78
ТП5 (2x630) ΣS _н =2x630=1260ВА Силовая Освещение. Q _{нбк} Итого	5	20	1-20	200		80	70,4						
	6	50	3-40	1100		440	387,2						
	2	20	1-28	450		180	180						
		95	1-40	1750	0,4	700	637,6	88	1,1	770 109	637,6 54,4 -320		
										879	372	954,5	0,76
ТП6 (2x630) ТП7 (2x630) ΣS _н =4x630=2520ВА Силовая Освещение. Освещение терит. Q _{нбк} Итого	7	30	3-28	450		225	198						
	9	20	10-40	370		222	166,5						
	14	30	1-20	350		105	122						
	12	20	10-50	600		360	270						
	15	20	10-40	370		111	111						
		120	3-50	2140	0,47	1023	867,5	86	1,1	1125,3 265 419	867,5 132,5 209,5 -640		
										1809,3	569,5	1897	0,75

Продолжение таблицы-2.5

№РП, S _{нт} , Q _{нбк}	№ цеха	n	P _{n min} - P _{n max}	ΣP _н	Ки	Ср. мощность		n _э	K _м	Расчетные мощности			K _з
						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП8 (2x630) ТП9 (2x630) ΣS _н =4x630=2520кВА	8	40	10-50	1380		897	673						
	10	30	1-40	500		150	150						
	11	20	10-30	240		96	84,5						
	16	47	1,1-70	508		152,4	177						
	17	15	1-20	150		45	45						
	13	20	1-10	120		60	45						
Силовая Освещение Q _{нбк} Итого		172	1-70	2898	0,48	1400,4	1175	83	1,1	1540 328	1175 163,8 -640		
										1868	699	1897	0,79
Итого на шинах 0,4кВ										7706,5	2967,5		
Потери в ЦТП										118	586,2		
Итого нагр. 0,4кВ привед. к шинам 10кВ										7824,5	3554		
ЦВХУ Q _{вбк}		4	1000	4000						3400	-1632 -1800		
Всего по заводу										11224,5	123	11225	

3 Выбор схемы внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 115/10.5 кВ. Мощность системы 500 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 7 км. Завод работает в две смены.

Для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения завода рассмотрим два варианта:

Первый вариант – ЛЭП 115 кВ;

Второй вариант – ЛЭП 10,5 кВ.

3.1 Первый вариант схемы внешнего электроснабжения

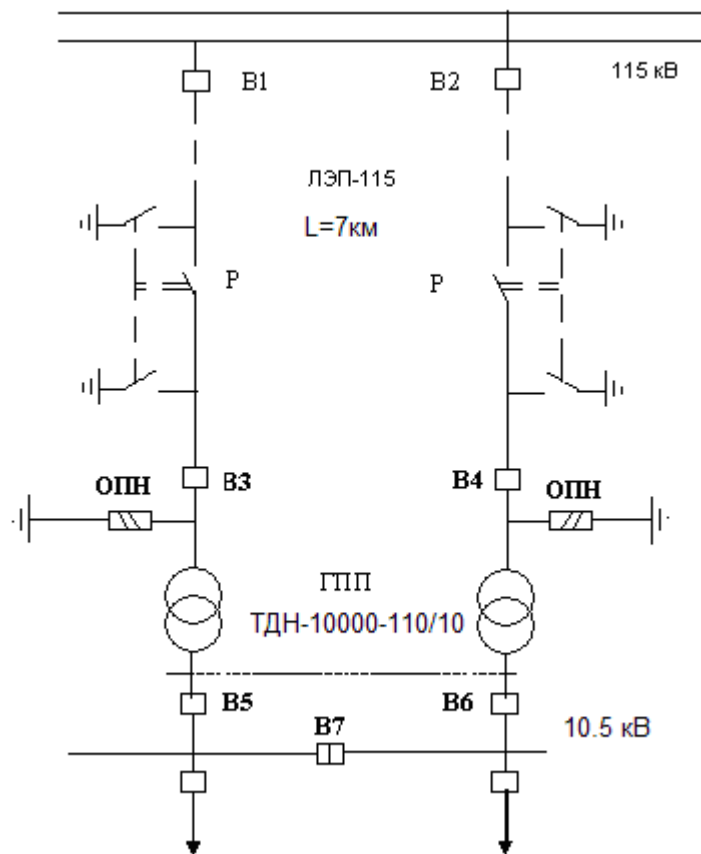


Рисунок 3.1 - Первый вариант схемы внешнего электроснабжения

Выбираем электрооборудование по первому варианту.

1) Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{11224.5^2 + 2660^2} = 11535 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 10000 кВА.
Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{11535}{2 \cdot 10000} = 0.58$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип трансформатора: ТДН 10000-110/6;
 $S_H = 10000$ кВА, $U_{вн} = 115$ кВ, $U_{нн} = 10,5$ кВ, $\Delta P_{xx} = 14$ кВт, $\Delta P_{кз} = 58$ кВт, $U_{кз} = 10,5\%$,
 $I_{xx} = 0,9\%$.

Потери мощности в трансформаторах:

- активной:

$$\Delta P_{ТГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (14 + 58 \cdot 0,58^2) = 67 \text{ кВт}$$

- реактивной:

$$\Delta Q_{ТГПП} = 0,02 \cdot (I_{xx} \cdot S_H + U_{кз} \cdot S_H \cdot K_3^2);$$

$$\Delta Q_{тгпп} = 0,02 \cdot (0,9 \cdot 10000 + 10,5 \cdot 10000 \cdot 0,58^2) = 886,5 \text{ квар}.$$

Потери энергии в трансформаторах.

При двухсменном режиме работы $T_{вкл} = 4000$ ч. $T_{макс} = 4000$ ч.
тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 4000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ ч.}$$

Потери активной энергии в трансформаторах:

$$\Delta W = 2(\Delta P_{xx} \times T_{вкл} + \Delta P_{кз} \times \tau \times K_3^2);$$

$$\Delta W = 2(14 \times 4000 + 58 \times 2405 \times 0,58^2) = 205\,548 \text{ кВтч.}$$

2) ЛЭП – 110 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{тэллн}\right)^2 + Q_э^2} = \sqrt{(11224.5 + 67)^2 + 2660^2} = 11600 \text{кВА};$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{11600}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 29 \text{А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 29 = 58 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{29}{1.1} = 26.4 \text{мм}^2$$

где $j=1,1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_M=4000 \text{ ч}$ и алюминиевых проводах.

Принимаем по условию коронирования провод АС –70 с $I_{доп}=265 \text{А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{доп}=265 \text{А} > I_p=29 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{доп ав} = 1,3 \times I_{доп} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{А} > I_{ав} = 58 \text{А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{лэп} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 26.4^2 \cdot 3.22 \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 32383 \text{кВтч}$$

где $R=r_0 \times L=0,46 \times 7=3,22 \text{Ом}$,

где $r_0=0.46 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 70 мм^2 , $l=7 \text{ км}$ - длина линии.

3) Выбор выключателей, разъединителей и ограничителей напряжения $U=110$ кВ.

$$S_6=1000 \text{ МВА}; S_c=500\text{МВА}; U_6=115 \text{ кВ.}$$

$$x_c = S_6 / S_c = 1000/500=2 \text{ о.е.},$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5.02 \text{ кА};$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0.34 \cdot 7 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0.18 \text{ о.е.}$$

$$Ik1 = \frac{I_6}{X_c} = \frac{5.02}{2} = 2.51 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik1 = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 2.51 = 6.4 \text{ кА}$$

$$Sk1 = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot Ik1 = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2.51 = 500 \text{ МВА};$$

$$Ik = \frac{I_6}{X_c + X_L} = \frac{5.02}{1.6 + 0.123} = 2.3 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik2 = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 2.3 = 5.85 \text{ кА}$$

$$Sk2 = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot Ik2 = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2.3 = 458 \text{ МВА};$$

Таблица – 3.1 Выбор выключателей В1, В2:

Наименование	Марка	$I_{НОМ}, \text{ А}$	$I_{ОТКЛ}, \text{ А}$	$I_{ТЕРМ}, \text{ А}$
Выключатель	МКП-110-630-20У1	630	20	52
		$I_p, \text{ А}$	$I_k, \text{ А}$	$I_y, \text{ А}$
Расчетные значения		58	2,51	6,4

Таблица – 3.2 Выбор выключателей В3, В4:

Наименование	Марка	$I_{НОМ}, \text{ А}$	$I_{ОТКЛ}, \text{ А}$	$I_{ТЕРМ}, \text{ А}$
Выключатель	МКП-110-630-20У1	630	20	52
		$I_p, \text{ А}$	$I_k, \text{ А}$	$I_y, \text{ А}$
Расчетные значения		58	2,3	5,85

Таблица – 3.3 Выбор разъединителей Р1, Р2:

Наименование	Марка	$I_{НОМ}, \text{ А}$	$I_{ОТКЛ}, \text{ А}$	$I_{ТЕРМ}, \text{ А}$
Разъединитель	РНД3.2-110/1000У1	630	20	52
		$I_p, \text{ А}$	$I_k, \text{ А}$	$I_y, \text{ А}$
Расчетные значения		58	2,3	5,85

Таблица – 3.4 Выбор ограничителей напряжения P1, P2:

Наименование	Марка	$U_{НОМ}, А$
ОПН	ОПН-110У1	110
		$U_{НОМ}, А$
Расчетные значения		110

Расчет затрат на первый вариант

Затраты на выключатели В1; В2;В3; В4;

$$K_{В1,В2}=4 \times 10,31=41240 \text{ у.е.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной железобетонной опоре:

$$K_{уд}=13500 \text{ у.е./км.}$$

$$K_{ЛЭП}=1 \times L \times K_{уд}=7 \times 13500=94500 \text{ у.е.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{тр \text{ ГПП}}=2 \times 48000=96000 \text{ у.е.}$$

Затраты на разъединитель и ограничитель перенапряжений:

$$K_{ВВ}=2 \times (200+1430)=3260 \text{ у.е.}$$

Суммарные затраты на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1}=K_{В}+K_{ЛЭП}+K_{разъед}+K_{огр}+ K_{т \text{ гпп}}$$

$$K_{\Sigma 1}=41240+94500+3260+96000=205300 \text{ у.е.} = 205300 \times 450 = 92.38 \text{ млн тг}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс \text{ ЛЭП}}=0.028 \times K_{ЛЭП}=0.028 \times 64800=1810 \text{ у.е.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{а \text{ ЛЭП}}=0.028 \times K_{ЛЭП}=0.028 \times 64800=1810 \text{ у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс \text{ об}}=0.03 \times K_{об}=0.03 \times 140500=4215 \text{ у.е.}$$

где $K_{об}$ – суммарные затраты без стоимости ЛЭП.

Амортизация оборудования:

$$I_{a\text{об}}=0.063 \times K_{\text{об}}=0.063 \times 140500=8852 \text{ у.е.}$$

Стоимость потерь

$$I_{\text{пот.}}=C_0 \times (W_{\text{тр}} + W_{\text{лэп}})=0.035 \times (205848+32383)=8338 \text{ у.е.}$$

$$C_0=0.035 \text{ у.е./кВт}\times\text{ч}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1}=I_a+I_{\text{пот.}}+I_{\Sigma},$$

$$I_{\Sigma 1}=8852+8338+4215+1810+1810=25025 \text{ у.е.} = 25025 \times 450 = 11.26 \text{ млн тг}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_1=0.12 \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1}=0.12 \times 205300+25025=49661 \text{ у.е.} = 49661 \times 450 = 27.35 \text{ млн тг}$$

3.2 Второй вариант схемы внешнего электроснабжения

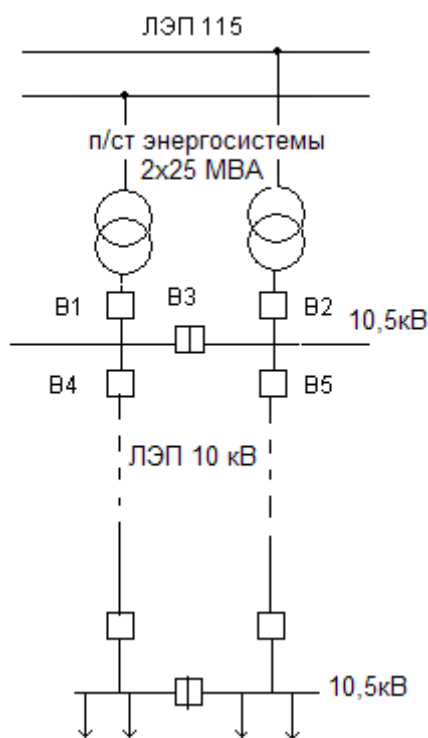


Рисунок 3.2-Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по второму варианту.

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_э^2} = \sqrt{11224^2 + 2660^2} = 11535 \text{ кВА}$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{11535}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 317 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 317 = 1110,4 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{317}{1.1} = 288 \text{ мм}^2$$

где $j=1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_m=4000\text{ч}$ и алюминиевых проводах.

Для ЛЭП 6-10 кВ максимальное сечение ВЛ по ПУЭ равно 120 мм^2
Выбираем 2 цепи по два провода в каждой $2(2 \cdot \text{АС } 120)$ $I_{\text{доп}}=380 \text{ А}$
Проверим по допустимому току в нормальном режиме:

$$I_{\text{доп}} = N \cdot I_{\text{доп}} = 2 \cdot 380 = 760 \text{ А} [760 \text{ А} > 380 \text{ А}]$$

Проверим по допустимому току в аварийном режиме:

$$I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 760 = 988 \text{ А} [988 \text{ А} > 634 \text{ А}]$$

Потери электроэнергии в ЛЭП 10:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 317^2 \cdot 0.945 \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 1370303 \text{ кВтч};$$

где $R=r_0 \times L=0,27/2 \times 7=0,945 \text{ Ом}$,

где $r_0=0.27 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление; 7 км - длина линии.

2) Трансформаторы энергосистемы.

Выбран тип: ТРДН –25000/110 ($S_{\text{н}}=25000 \text{ кВА}$, $U_{\text{вн}}=115 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}}=10,5 \text{ кВ}$,
 $\Delta P_{\text{хх}}=25 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{кз}}=120 \text{ кВт}$, $U_{\text{к}}=10,5\%$, $I_{\text{хх}}=0.65\%$).

Коэффициент долевого участия завода в мощности автотрансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{РГПП}}}{2 \cdot S_{\text{Н}}} = \frac{11535}{2 \cdot 25000} = 0.23$$

Рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; U_6 = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$x_c = 2 \text{ о.е.},$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_{\text{Н}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{ кА};$$

$$X_{\text{Л}} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,32/4 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 11,09 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{мс}} = \frac{U_{\text{к}} \cdot S_6}{100 \cdot S_{\text{Н}}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 25} = 4,2 \text{ о.е.}$$

$$Ik1 = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{мс}}} = \frac{55}{2 + 4,2} = 8,87 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik1 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 8,87 = 22,6 \text{ кА}$$

$$Sk1 = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot Ik1 = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 8,87 = 161 \text{ МВА};$$

$$Ik2 = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{мс}} + X_{\text{Л}}} = \frac{55}{2 + 4,2 + 10} = 3,4 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik2 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,4 = 8,65 \text{ кА}$$

$$Sk2 = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot Ik2 = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 3,4 = 61,2 \text{ МВА};$$

Выбираем выключатели В1 и В2 по аварийному току трансформаторов ЭС. Примем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена поровну, поэтому мощность аварийного режима равна: $2 \times 12,5 = 25$ МВА.

$$I_{\text{АВ}} = \frac{S_{\text{АВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} = \frac{2 \cdot 12,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1374 \text{ А}$$

Таблица – 3.5 Выбор выключателей В1, В2:

Наименование	Марка	$I_{\text{НОМ}}, \text{ А}$	$I_{\text{ОТКЛ}}, \text{ А}$	$I_{\text{ТЕРМ}}, \text{ А}$
Выключатель	МГГ-10-2000-45У3	2000	45	120
		$I_{\text{р}}, \text{ А}$	$I_{\text{к}}, \text{ А}$	$I_{\text{у}}, \text{ А}$
Расчетные значения		1374	8.87	22.6

$$\gamma_2 = \frac{I_a}{I_{H1} - 2} = \frac{634}{2000} = 0,32$$

Таблица – 3.6 Выбор секционного выключателя В3:

Наименование	Марка	I _{НОМ} , А	I _{ОТКЛ} , А	I _{ТЕРМ} , А
Выключатель	МГГ-10-1000-45Т3	2000	45	120
		I _р , А	I _к , А	I _у , А
Расчетные значения		678	8.87	22.6

Расчетный ток секционного выключателя В3:

$$I_{ВВ} = \frac{1374}{2} = 687 \text{ А}$$

$$\gamma_3 = \frac{I_a}{I_{H1} - 2} = \frac{317}{1000} = 0,24$$

Таблица – 3.7 Выбор выключателей В4, В5:

Наименование	Марка	I _{НОМ} , А	I _{ОТКЛ} , А	I _{ТЕРМ} , А
Выключатель	МГГ-10-2000-45У3	2000	45	120
		I _р , А	I _к , А	I _у , А
Расчетные значения		616	3,4	8,65

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_{ЛЭП}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{11225}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 308 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 308 = 616 \text{ А}$$

Расчет затрат на второй вариант

Затраты на выключатели В1 и В2:

$$K_{В1,В2} = 2 \times \gamma_2 \times K_{В1} = 2 \times 0,32 \times 1,865 = 1,19 \text{ т.у.е.}$$

Затраты на выключатели В3:

$$K_{В3} = \gamma_3 \times K_{В3} = 0,32 \times 2,345 = 0,75 \text{ т.у.е.}$$

Затраты на выключатели В4 и В5:

$$K_{B4,B5}=2 \times K_{B4}=2 \times 1,865=3,73 \text{ т. у.е.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной железобетонной опоре:

$$K_{ТП}=2 \times 4 \times L \times K_{уд}=2 \times 2 \times 7 \times 2,2=61,6 \text{ т. у.е.}$$

Затраты на тр ЭС:

$$K_{трЭС}=2 \times \gamma_1 \times K_{трэс}=2 \times 0,23 \times 107,2=49,3 \text{ т. у.е.}$$

Суммарные затраты на оборудование второго варианта:

$$K_{\Sigma 2}=K_{B1,B2}+K_{ТП}+K_{трЭС}+K_{B3}+K_{B4,B5}$$

$$K_{\Sigma 2}=1,19+0,75+3,73+61,6+49,3=116,57 \text{ т.у.е.} = 116\,570 \times 450 = 52.46 \text{ млн тг.}$$

Издержки на эксплуатацию:

$$I_{экс ЛЭП 6}=0,028 \times K_{ТП}=0,028 \times 61,6=1,724 \text{ т.у.е.}$$

Амортизация:

$$I_{а ЛЭП}=0,028 \times K_{ТП}=0,028 \times 61,6=1,724 \text{ т. у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс об}=0,03 \times K_{об}=0,03 \times 41,47=1,244 \text{ т. у.е.}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{а об}=0,063 \times K_{об}=0,063 \times 41,47=2,613 \text{ т. у.е.}$$

Стоимость потерь:

$$I_{пот.}=C_0 \times W_{ЛЭП}=0,035 \times 1370303=47,96 \text{ т.у.е.}$$

$$C_0=4,6/130=0,035 \text{ у.е./кВт}\times\text{ч}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2}=I_{а}+I_{пот}+I_{э},$$

$I_{\Sigma 2} = 1,724 + 1,724 + 1,224 + 2,613 + 47,96 = 55,24$ т.у.е. $= 55\,240 \times 450 = 24.858$
млн тг

Приведенные суммарные затраты:

$Z_{II} = 0.12 \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2} = 0.12 \times 116,57 + 55,24 = 69,23$ т.у.е. $= 69\,230 \times 450 = 31.15$
млн тг

Составим сводную таблицу по всем вариантам.

Таблица 3.8 - Результаты ТЭР

Вариант	$U_{\text{ном}}$, кВ	K_{Σ} млн.тг.	I_{Σ} млн.тг.	Z млн.тг.
I	115	92.38	11.26	27.35
II	10	52.46	24.858	31.15

Выбираем первый вариант, т.к. он дешевле и надежнее других вариантов.

4 Выбор оборудования $U=10$ кВ

4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах РУ 10кВ ГПП

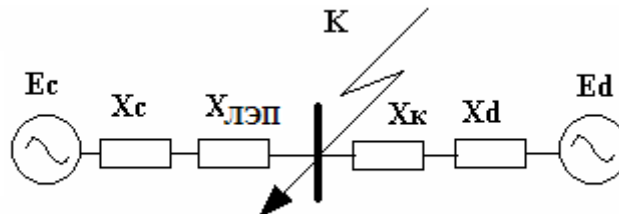


Рисунок 4.1 - Схема замещения

Найдем параметры схемы замещения.

$S_6 = 1000$ МВА; $X_c = 2$ о.е; $U_6 = 10.5$ кВ.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10.5} = 55 \text{ кА};$$

$$I_p = \frac{P_H \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{800 \cdot 0.85}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.9} = 69.24 \text{ А}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$X_{ЛЭП} = L \cdot X_{уд} \cdot \frac{S_6}{U_{ср}^2} = 7 \cdot 0.174 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0.092 \text{ о.е.}$$

$$F_{min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{tn} = 12 \cdot 2.3 \cdot \sqrt{0.8} = 31.2 \text{ мм}^2 \Rightarrow 35 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х120) с $I_{доп}=185\text{А}$; $X_{уд}=0.081 \text{ Ом/км}$.

$$X_k = L \cdot X_{уд} \cdot \frac{S_6}{N \cdot U_{ср}^2} = 0.03 \cdot 0.081 \cdot \frac{1000}{2 \cdot 10.5^2} = 0.011 \text{ о.е.}$$

Найдем параметры СД.

$$E_d = E_H \cdot \frac{U_H}{U_6} = 1.1 \cdot \frac{10}{10.5} = 1.05 \text{ о.е.}$$

$$X_d = X_d^{\Pi} \cdot \frac{S_6}{N \cdot S_H} = 0.2 \cdot \frac{1000}{2 \cdot 0.8} = 125 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания:

$$I_{кс} = \frac{I_6}{X_c + X_{ЛЭП}} = \frac{55}{2 + 0.09} = 27,5 \text{ кА}$$

$$I_{кд} = \frac{I_6}{X_k + X_d} = \frac{55}{0.011 + 125} = 0.44 \text{ кА}$$

$$I_{к1} = I_{кс} + I_{кд} = 27,5 + 0.44 = 28 \text{ кА}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 28 = 71,3 \text{ кА}$$

4.2 Выбор выключателей

Вводные

Расчетный ток:

$$I_P = \frac{S_{pзрз}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{11225}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 309 \text{ А}$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 309 = 617 \text{ А}$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-3150-31.5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =3150А	I _р =617 А
I _{откл} =31.5 кА	I _{кз} =28 кА
I _{дин} =80кА	I _у =71кА
Привод ППВ-10 пружинный	

Секционный выключатель: через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, расчетный ток, проходящий через выключатель: I_р=309 А.

Принимаем выключатель ВМПЭ –10 –1600-31,5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =1600А	I _р =309 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =28 кА
I _{дин} =80кА	I _у =71кА
Привод ППВ-10 пружинный	

Выбор выключателей отходящих линий:

1) Магистраль ГПП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2};$$

$$S_p = \sqrt{(3150.2 + 48)^2 + (1327 + 239.4)^2} = 3561 \text{кВА};$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3561}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 195.8 \text{ А};$$

Аварийный ток: I_а=2×I_р=2×195,8=392 А

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-31,5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =630А	I _р =392 А
I _{откл} =31,5кА	I _{кз} =28 кА
I _{дин} =80кА	I _у =71кА
Привод ППВ-10 пружинный	

2) Магистраль ГПП-ТП5.

$$S_p = \sqrt{(879 + 13.72)^2 + (372 + 68.4)^2} = 995.4 \text{ кВА};$$

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2};$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{995.4}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 54.73 \text{ А};$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 54.73 = 109.5 \text{ А}$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-31,5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _H =630А	I _p =109,5 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =28 кА
I _{дин} =80кА	I _y =71кА
Привод ППВ-10 пружинный	

3) Магистраль ГПП-ТП6-ТП7.

$$S_p = \sqrt{(1809.3 + 269.2)^2 + (569.5 + 134.8)^2} = 1967 \text{ кВА};$$

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2};$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1967}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 108.16 \text{ А};$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 108 = 216 \text{ А}$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-31,5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _H =630А	I _p =216 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =28 кА
I _{дин} =80кА	I _y =71кА
Привод ППВ-10 пружинный	

4) Магистраль ГПП-ТП8-ТП9.

$$S_p = \sqrt{(1868 + 29.2)^2 + (699 + 143.6)^2} = 2076 \text{ кВА} ;$$

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} ;$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2076}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 114 \text{ А} ;$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 114 = 228 \text{ А}$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-31,5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_p = 228 \text{ А}$
$I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$	$I_{кз} = 28 \text{ кА}$
$I_{дин} = 80 \text{ кА}$	$I_y = 71 \text{ кА}$
Привод ППВ-10 пружинный	

5) Магистраль ГПП-СД.

$$I_p = \frac{P_H \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{800 \cdot 0.85}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.9} = 69.24 \text{ А} ;$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 69,24 = 138,5 \text{ А}$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-31,5У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_p = 138,5 \text{ А}$
$I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$	$I_{кз} = 28 \text{ кА}$
$I_{дин} = 80 \text{ кА}$	$I_y = 71 \text{ кА}$
Привод ППВ-10 пружинный	

6) Магистраль ГПП-ВБК.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 49.5 \text{ А} ;$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 49,5 = 98,9 \text{ А}$

Принимаем выключатель ВМПЭ-10-630-20У3.

Проверим выбранный выключатель:

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =630А	I _р =98,9 А
I _{откл} =31 кА	I _{кз} =28 кА
I _{дин} =80кА	I _у =71кА
Привод ППВ-10 пружинный	

4.3 Выбор кабелей к ТП и СД

Условия выбора кабелей:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{Р}}}{J_{\text{ЭК}}};$$

$$S_{\text{Т}} = \alpha \cdot I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t_{\text{п}}};$$

$$I_{\text{р}} < I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{П}}$$

$$I_{\text{ав}} < 1.3 \cdot I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{П}}$$

где $J=1.2 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока.

$\alpha=12$ - коэффициент зависящий от материала проводника.

$K_{\text{П}}$ - поправочный коэффициент на количество кабелей проложенных рядом в одной траншее.

СД:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{69.24}{1.2} = 57.7 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{Т}} = 12 \cdot 28 \cdot \sqrt{0.8} = 300 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель ААШв-6-(3х95) с $I_{\text{доп}}=225\text{А}$.

$$69.24 < 225 \cdot 0.85 = 191.3\text{А}$$

ТП1-4:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{195.8}{1.2} = 178 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{Т}} = 12 \cdot 28 \cdot \sqrt{0.8} = 300 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель 2[ААШв-10-(3х95)] с $I_{\text{доп}}=2 \times 225=450\text{А}$.

$$195.8 < 450 \cdot 0.9 = 405 A$$

ТП5:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{54.73}{1.2} = 49.8 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 28 \cdot \sqrt{0.8} = 300 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель ААШВ-10-(3х95) с I доп=225А.

$$49.8 < 225 \cdot 1 = 225 A$$

$$109.5 < 1.3 \cdot 225 = 292.5 A$$

ТП6-7:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{108.16}{1.2} = 98.3 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 28 \cdot \sqrt{0.8} = 300 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель ААШВ-10-(3х95) с I доп=225А.

$$108.16 < 225 \cdot 1 = 225 A$$

$$216 < 1.3 \cdot 225 = 292.5 A$$

ТП8-9:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{114}{1.2} = 104 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 28 \cdot \sqrt{0.8} = 300 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель ААШВ-10-(3х95) с I доп=225А.

$$114 < 225 \cdot 1 = 225 A$$

$$228 < 1.3 \cdot 225 = 292.5 A$$

ВБК:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{49.5}{1.2} = 45 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 28 \cdot \sqrt{0.8} = 300 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель ААШВ-10-(3х95) с I доп=225А.

$$49.5 < 225 \cdot 1 = 225 A$$

$$98.9 < 1.3 \cdot 225 = 292.5 A$$

4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 34.64 A$$

Выбираем ВМП-17 с ПК-10/100.

4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 957 A$$

Выбираем ВА75-45 с $I_{доп} = 1000 A$.

4.6 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{ном\ ТТ} \geq U_{ном\ уст-ки}$;
2. по току: $I_{ном\ ТТ} \geq I_{расч}$;
3. по электродинамической стойкости;
4. по вторичной нагрузке: $S_{H2} \geq S_{нагр\ расч}$;
5. по термической стойкости: $I_T^2 t_T > Вк$;
6. по конструкции и классу точности.

1) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе

ТПП

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{допр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ; $F = 2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,42 \times 5^2 = 10,5 \text{ ВА};$$

где $R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,42 \text{ Ом}$

$$Вк = I_{\text{кз}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_{\text{а}}) = 28^2 \times (0,095 + 0,04) = 106 \text{ кА}^2\text{с}.$$

Примем трансформатор тока ТШЛ-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 617 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 3000 \text{ А}$
$Вк = 106 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} = 33075 \text{ кА}^2\text{с}$
$i_{\text{уд}} = 25,88 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}} = 10,5 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}} = 20 \text{ ВА}$
$Z_{2\text{р}} = 0,42 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{н}} = 0,8 \text{ Ом}$

2) Трансформатор тока на линии ГПП-ТП:

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	САЗ-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2н} = \frac{S_{2н\text{тт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;
 I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доп}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ; $F = 2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,42 \times 5^2 = 10,5 \text{ ВА};$$

где $R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,42 \text{ Ом}$

$$Вк = I_{\text{кз}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_{\text{а}}) = 11^2 \times (0,095 + 0,04) = 16,3 \text{ кА}^2\text{с}.$$

Примем трансформатор тока ТПЛК-10У3 на ГПП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4:

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=392$ А	$I_H=400$ А
$Вк=106$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=25,88$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0,42$ Ом	$Z_{2H}=0,8$ Ом

Примем трансформатор тока ТПЛК-10У3 на ГПП-ТП5:

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=110$ А	$I_H=200$ А
$Вк=106$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=25,88$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0,42$ Ом	$Z_{2H}=0,8$ Ом

Примем трансформатор тока ТПЛК-10У3 на ГПП-ТП6-ТП7:

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=216$ А	$I_H=300$ А
$Вк=106$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=25,88$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0,42$ Ом	$Z_{2H}=0,8$ Ом

Примем трансформатор тока ТПЛК-10У3 на ГПП-ТП6-ТП7:

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=228$ А	$I_H=300$ А
$Вк=106$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=25,88$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0,42$ Ом	$Z_{2H}=0,8$ Ом

2) Выбор трансформаторов тока на СД:

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		7.5	6,5	7,5

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{7.5}{5^2} = 0.3 \text{ Ом}; \quad r_{\text{2н-ка}} = \frac{S_{\text{2н-ка}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0.8 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доппр}} = r_{\text{2н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0.8 - 0.16 - 0.1 = 0.54 \text{ Ом};$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,54} = 0.26 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКРТВ; $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}; \quad S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0.456 \times 5^2 = 11.4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0.3 + 0.056 + 0.1 = 0.456 \text{ Ом}.$$

Примем ТПЛК-10У3:

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10 \text{ кВ}$	$U_H=10 \text{ кВ}$
$I_p=69 \text{ А}$	$I_H=100 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=24 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=74,5 \text{ кА}$
$S_{2p}=11.4 \text{ ВА}$	$S_{2H}=20 \text{ ВА}$

4.7 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{ном} \geq U_{уст}$;
2. по вторичной нагрузке: $S_{ном2} \geq S_{2расч}$;
3. по классу точности
4. по конструкции и схеме соединения

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	Q_{Σ} , вар
V	Э-335	3	1	1		1		-
W	Д-335	2.5	2	0.4	0.93	6	12	27.9
Var	И-335	2.5	2	0.4	0.93	6	12	27.9
Wh	СА3- И681	8	2	0.4	0.93	6	38.4	89.28
Varh	СР4- И689	8	2	0.4	0.93	6	38.4	89.28
Итого							103.8	234.36

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{103.8^2 + 234.36^2} = 256 \text{ ВА.}$$

Принимаем ТН типа НТМИ-10-66У3

$U_{HT}=10 \text{ кВ}$	$U_{HT}=10 \text{ кВ}$
$S_{H2}=500 \text{ кВА}$	$S_{p2}=256 \text{ ВА}$

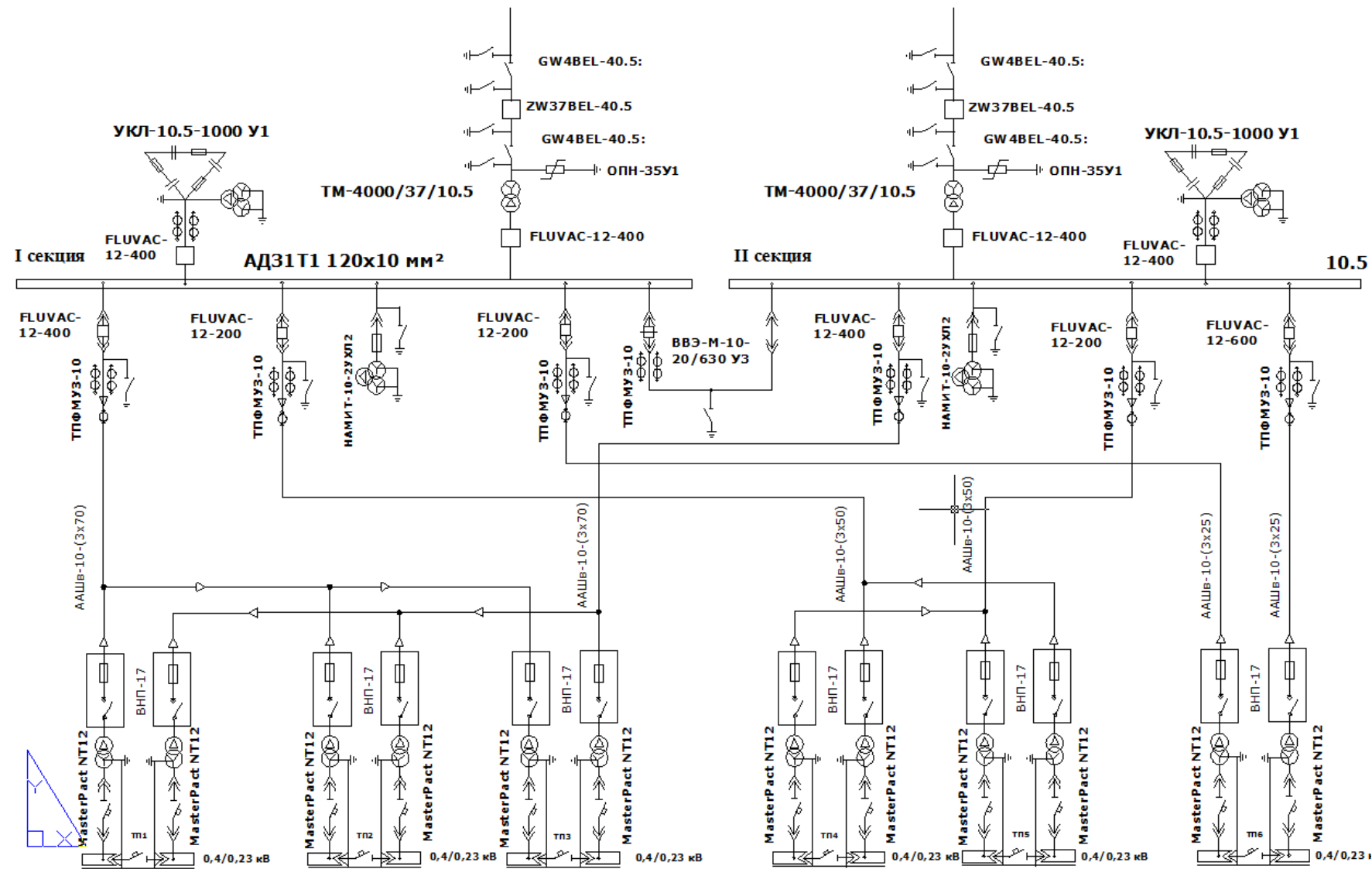


Рисунок 4.2 - Однолинейная схема электроснабжения мясокомбината

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе рассматривались вопросы проектирования и обоснования системы электроснабжения производственного предприятия. Были проанализированы исходные данные предприятия и рассчитаны электрические нагрузки для различных участков. В результате исследования были определены оптимальное количество и мощность трансформаторов, а также предложены меры по компенсации реактивной мощности.

Основные выводы и рекомендации, полученные в ходе исследования, следующие:

- Точный расчет электрических нагрузок важен для обеспечения стабильной и эффективной работы предприятия.
- Оптимальный выбор количества и мощности трансформаторов повышает эффективность электрической системы.
- Эффективное управление реактивной мощностью позволяет снизить затраты на электроэнергию и повысить надежность системы.
- Предложенные схемы внешнего электроснабжения направлены на обеспечение надежности и стабильности электрической системы предприятия.

Надеюсь, что результаты данного исследования будут полезны для совершенствования систем электроснабжения производственных предприятий. В будущем может возникнуть необходимость в дополнительных исследованиях по данной теме, особенно в условиях внедрения новых технологий и инноваций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах общего назначения;
- 2) ПУЭ. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. — М.: ЗАО «Техносфера», 2003;
- 3) ГОСТ 28387-89. Устройства компенсации реактивной мощности (УКРМ);
- 4) СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электрических установок жилых и общественных зданий;
- 5) Методические указания по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий. — М.: Энергоатомиздат, 1988;
- 6) СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства;
- 7) Пособие к СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства. — М.: Стройиздат, 1987;
- 8) ГОСТ Р 50571.7-94 (МЭК 364-7-710-82) Электроустановки зданий часть 1;
- 9) Требования к специальным электроустановкам. Фомин Н.Н., Ушаков А.А. "Электроснабжение промышленных предприятий". — М.: Энергия, 1980.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Бекмухамбетов Асет Маратович

(Ф.И.О. обучающегося)

6В07101 - Энергетика

(шифр и наименование специальности)

на тему: Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор
внешней схемы электроснабжения

Выполнено:

- а) графическая часть на _____ - _____ листах
б) пояснительная записка на 54 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В дипломной работе проектируется электроснабжение мясокомбината с выбором внешней схемы питания объекта.

В работе определены электрические нагрузки мясокомбината, выбраны число и мощности трансформаторных подстанций и схемы электроснабжения предприятия в целом по результатам технико-экономических расчетов. Рационально выполненная современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований, как экономичность и надежность, безопасность и удобства использования, возможность расширения производства минимальными изменениями схемы электроснабжения.

Оценка работы

Дипломная работа заслуживает оценки «отлично» (92%), а ее автор присвоения академической степени «бакалавр» по специальности 6В07101 – «Энергетика».

Рецензент

PhD., ассистент – профессор Университет АЛТ им.М.Тынышпаева

(подпись, ул. степень, звание)

Ж.Ж.Калиев

HR департаменті
HR департамент

2024 г.

ПОДПИСАТЬ ЗАВЕРЯЮ

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломную работу
(наименование вида работы)

Бекмухамбетов Асет Маратович
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07101 - Энергетика
(шифр и наименование специальности)

Тема: **Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор
внешней схемы электроснабжения**

Дипломник Бекмухамбетов А.М. приступил к выполнению дипломной работы в соответствии с графиком.

За время работы дипломирования показал себя грамотным, инициативным специалистом способным самостоятельно заниматься поиском необходимых литератур и материалов.

Дипломная работа посвящена к расчету электроснабжения мясокомбината и сравнению вариантов внешней системы электроснабжения.

В дипломной работе рассчитаны электрические нагрузки объекта, выбраны мощность и количества ТП, выбрана внешняя схема электроснабжения, рассчитаны токи короткого замыкания, выбраны защитные, коммутационные аппараты и измерительные приборы.

Считаю, что дипломная работа заслуживает оценки «отлично» (90%), а ее автор присвоения академической степени «бакалавр» по специальности 6B07101 – «Энергетика».

**Научный руководитель
ассоц.профессор, к.т.н.**

(должность, уч. степень, звание)

Е.Хидолда

(подпись)

«28» 07 2024 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекмухамбетов Асет Маратович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор внешней схемы электроснабжения

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 9.6

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 55

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 25.06.2024

Заведующий кафедрой Энергетики
Сарсенбаев Е.А.


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекмухамбетов Асет Маратович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование электроснабжения мясокомбината и выбор внешней схемы электроснабжения

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 9.6

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 55

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Рекомендуется к защите

Дата

[Подпись]
25.05.2011
[Подпись]

проверяющий эксперт