

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

Абильмажинов Буражан Кайратович

Анализ существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения предприятия.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В071700 – "Теплоэнергетика"

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
PhD, ассистент профессор
Е.А.Сарсенбаев
Институт энергетики
и машиностроения
2022г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Анализ существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения предприятия.

Специальность 5В071700 - «Теплоэнергетика»

Выполнил:

Абильмажинов Б. К.

Рецензент

Ассистент-профессор, PhD, Академия
логистики и транспорта, кафедра

«Электроэнергетика»



Ж.Ж.Калиев

2022г.

Научный руководитель
лектор, маг.техн.наук



Т.С.Малдыбаева

2022г.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

27.01.2022

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

Специальность 5B071700 - «Теплоэнергетика»



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,
PhD, ассоц. профессор

Е.А.Сарсенбаев

«24» 01 2022г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Абильмажину Буражану Кайратовичу

Тема проекта: Анализ существующих способов снижение потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения предприятия

Утверждена приказом Ректора Университета №489 -П от «24 декабря 2021г.

Срок сдачи законченной работы _____

Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы: а) Рассчитать электрические нагрузки, определение потерь мощности а ЦТП, расчет мощности синхронных двигателей, сравнение вариантов внешнего электроснабжения, анализ существующих способов снижение потерь мощности в трансформаторах.

Перечень графического материала: Графический материал подготовлен в виде презентации

Рекомендуемая литература: из 8 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Основная часть	04.05.22.	нет
Специальная часть	20.05.22	нет

Подписи

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

Наименования разделов	Научный руководитель и консультанты	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Малдыбаева Т.С., лектор, маг.техн.наук	24.05.22	
Специальная часть	Малдыбаева Т.С., лектор, маг.техн.наук	24.05.22	
Нормоконтроль	Бердибеков А.О., сениор-лектор	24.05.2022	

Руководитель работы _____ Т.С. Малдыбаева
(подпись)

Задание принял к исполнению студент _____ Б.К. Абильмажинов
(подпись)

Дата: 24.05.2022

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке системы электроснабжения обогатительной фабрики. Выполняется расчет электрической нагрузки всей обогатительной фабрики, выбор наиболее рационального напряжения внешнего электроснабжения, рассчитываются токи короткого замыкания на напряжения 115 кВ и 35 кВ, по результатам которых осуществляется выбор электрооборудования. Особая часть дипломной работы содержит вопрос анализа существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения обогатительной фабрики.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс өңдеу зауытының электрмен жабдықтау жүйесін дамытуға арналған. Бүкіл өңдеу зауытының электр жүктемесін есептеу жүргізіледі, сыртқы қоректендіру көзінің ең ұтымды кернеуі таңдалады, 115 кВ және 35 кВ кернеулер үшін қысқа тұйықталу токтары есептеледі, оның нәтижелері бойынша электр жабдықтарын таңдау жүргізіледі. Дипломдық жұмыстың арнайы бөлімінде өңдеу зауытының электрмен жабдықтау жүйесіндегі трансформаторлардағы қуат жоғалтуларын азайтудың қолданыстағы әдістерін талдау мәселесі бар.

ABSTRACT

The thesis is devoted to the development of the power supply system of the processing plant. The calculation of the electrical load of the entire processing plant is carried out, the most rational voltage of the external power supply is selected, the short-circuit currents for voltages of 115 kV and 35 kV are calculated, based on the results of which the choice of electrical equipment is made. A special part of the thesis contains the question of analyzing existing methods for reducing power losses in transformers in the power supply system of the processing plant.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Исходные данные на проектирование	8
1.1 Расчет электрических нагрузок	11
1.2 Выбор числа цеховых трансформаторов	18
1.3 Определение потерь мощности в ЦТП	22
1.4 Расчет мощности синхронных двигателей	23
1.5 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 6 кВ РП	24
2 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	26
2.1 Первый вариант внешнего электроснабжения	26
2.2 Выбор высоковольтной аппаратуры первого варианта	29
2.3 Определение капитальных затрат на оборудование первого варианта	32
2.4 Второй вариант внешнего электроснабжения	34
2.5 Выбор высоковольтной аппаратуры второго варианта	37
2.6 Определение капитальных затрат на оборудование второго варианта	39
3 Специальная часть	44
Заключение	48
Список использованной литературы	49

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшая роль в экономике страны принадлежит горнодобывающей и металлургической промышленности, определяющим научно-технический прогресс народного хозяйства. Металлургия Казахстана является одним из мировых лидеров по производству всех цветных, редких и драгоценных металлов и является стратегической отраслью национальной экономики. Проект обогатительной фабрики основан на наборе шагов, направленных на то, чтобы перевести минерал от его потенциальной ценности к его реальной ценности, товарному продукту. От точности решения напрямую зависит размер капитальных вложений в строительство завода, доля оборотных средств, эксплуатационные расходы на последующие работы, то есть технико-экономические показатели корпоративного проекта. Оно должно быть на уровне или выше уровня производства в развитом мире. Следующие этапы имеют первостепенное значение при проектировании обогатительной фабрики: выбор и расчет способа внешнего электропитания для обогащения, технический расчет и подбор необходимого оборудования, выбор местоположения компании и разработка схемы объекта, компоновка-размещение оборудования по цеху и предприятию, решение проблемы с транспортировкой влажных отходов от обогащения, их хранением, использованием оборотной воды, организация электроснабжения, водоснабжения и ремонтно-вспомогательного хозяйства, автоматизация технических процессов, расчет стоимости капитала и операционных расходов компании.

В данной дипломной работе производятся расчеты для разработки надежной, экономичной, безопасной системы электроснабжения обогатительной фабрики, так же способы снижения потерь мощности в трансформаторах, что является экономически и технологически важным аспектам для обогатительной фабрики и нашей страны.

1 Исходные данные на проектирование

- 1) Схема генерального плана фабрики.
- 2) Сведения об электрических нагрузках по цехам фабрики.
- 3) Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 115/37 кВ (трансформаторы работают раздельно) или глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП-115 кВ.
- 4) Расстояние от подстанции энергосистемы до фабрики 4 км, от транзитной ЛЭП-115 кВ – 6,5 км.
- 5) Фабрика работает в три смены.

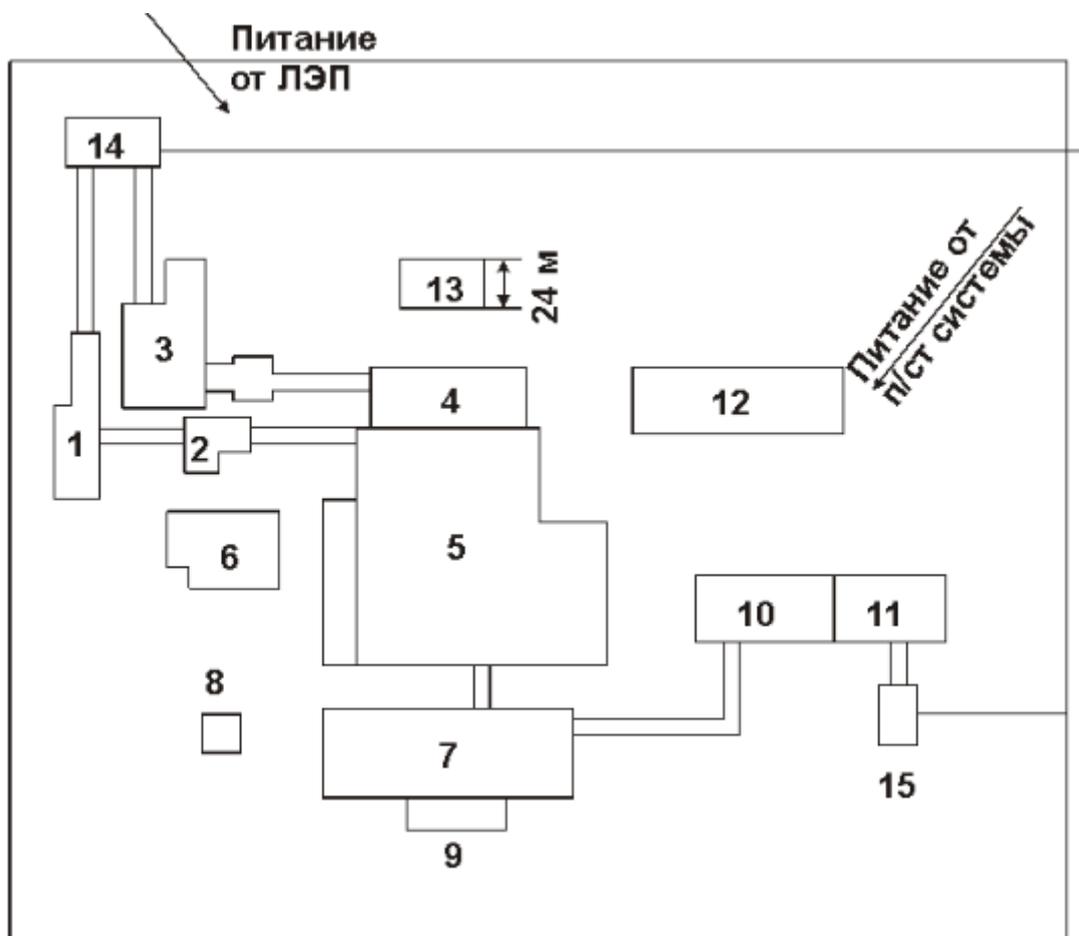


Рисунок 1 – Генеральный план обогатительной фабрики

Таблица 1 - Электрические нагрузки по цехам

Наименование	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
		Одного ЭП P _н , кВт	Суммарная $\sum P_n$, кВт
Корпус крупного дробления	30	1-120	670
Корпус среднего дробления	25	1-120	550
Корпус отливки и сгущения шламов	50	1-50	1100
Склад дробленой руды	20	1-80	300
Главный корпус			
а) 0.4 кВ	80	1-40	4700
б) СД 6 кВ	4	630	2520
Реагенты корпус	20	1-30	280
Баритовый корпус	50	1-50	1400
Насосная водоснабжения	10	1-80	320
Золотоизвлекательная секция	30	1-50	1800
Корпус сушки	20	1-30	210
Склад концентратов	10	1-30	150
Административно-технический корпус	25	1-20	175
Ремонтно-механический цех	30	3-50	200
Перегрузочный узел №1	7	1-40	120
Перегрузочный узел №2	7	1-40	120

Таблица 2 - Размеры заданных помещений

Наименование производственного помещения	Размеры помещения длина×ширина, м	Площадь помещения, м ²
Корпус крупного дробления		1705.6
Корпус среднего дробления		750.7
Корпус отливки и сгущения шламов		2750.4
Склад дробленой руды	29.3×80	2344
Главный корпус		13497.6
а) 0.4 кВ		
б) СД 6 кВ		
Реагенты корпус	35.3×58.6	2073.42
Баритовый корпус	45.3×130.6	5916.1
Насосная водоснабжения	21.3×21.3	453.69
Золотоизвлекательная секция	16× 50.6	809.6
Корпус сушки	48× 72	3456
Склад концентратов	48× 58.6	2812.8
Административно-технический корпус	32× 109.3	3497.6
Ремонтно-механический цех	42.6× 24	1022.4
Перегрузочный узел №1	18.6× 50.6	942.1
Перегрузочный узел №2	32× 18.6	595.2
всего		42627.21

1.1 Расчет электрических нагрузок

Расчет силовых нагрузок на шинах 0,4 кВ производим по методу «Упорядоченных диаграмм». Порядок расчета и заполнения таблицы:

- 1) В графе 1 записываем номера цехов;
- 2) В графе 2 наименование цехов по заданию;
- 3) В графе 3 записываем количество данных электроприёмников;
- 4) В графе 4 записываем номинальную установленную мощность наименьшего и наибольшего по мощности из электроприемников;
- 5) В графе 5 записываем суммарную установленную мощность данных электроприемников;
- 6) В графе 6 записываем число m , что определяется по формуле, данной ниже:

$$m = \frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}}, \quad (1)$$

где $P_{н.макс}$, $P_{н.мин}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприёмников. Если m будет больше 3, то эффективное число электроприемников буду определять по формуле, а если меньше 3, то число электроприемников возьму равным фактическому $n_{эф} = n$.

7) В графе 7 записываем значение коэффициента использования, которое подбирается по справочнику;

8) В графе 8 в числителе записываем значение коэффициента мощности, а в знаменателе значение реактивного коэффициента мощности;

9) В графе 9 рассчитываем среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену, что определяется по формуле, данной ниже:

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P_{н}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования, который выбирается по справочнику;

$P_{н}$ – номинальная активная нагрузка

10) В графе 10 рассчитываем среднюю реактивную нагрузку за наиболее загруженную смену по формуле:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg \varphi, \text{ квар}, \quad (3)$$

где $P_{см}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;
 $tg \varphi$ – реактивный коэффициент мощности.

11) В графе 11 рассчитываем эффективное число электроприемников, что определяется по формуле, данной ниже:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{H}}}{P_{\text{H.макс}}}, \quad (4)$$

12) В графе 12 коэффициент максимума K_{M} определяется в зависимости от эффективного числа электроприемников и коэффициента использования $K_{\text{и}}$.

13) В графе 13 рассчитываем максимальную активную нагрузку от силовых электроприемников:

$$P_{\text{M}} = k_{\text{M}} \cdot \sum P_{\text{CM}}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где K_{M} – коэффициент максимума;

P_{CM} – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену.

14) В графе 14 рассчитываем максимальную реактивную нагрузку от силовых электроприемников:

–при $n_{\text{э}} \leq 10$:

$$Q_{\text{p}} = 1,1 \cdot Q_{\text{CM}}, \quad (6)$$

–при $n_{\text{э}} > 10$:

$$Q_{\text{p}} = Q_{\text{CM}}. \quad (7)$$

15) В графе 15 записываем полную максимальную нагрузку, что определяется по формуле, данной ниже:

$$S_{\text{p}} = \sqrt{Q_{\text{p0,4}}^2 + P_{\text{p0,4}}^2}, \text{ кВА}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{p0,4}}$ – реактивная нагрузка 0,4 кВ;

$P_{\text{p0,4}}$ – активная нагрузка 0,4 кВ.

16) В графе 16 записываем расчетный максимальный ток, что определяется по формуле, данной ниже:

$$I_{\text{p}} = \frac{S_{\text{M}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}}, \text{ кА}. \quad (9)$$

Расчетная осветительная нагрузка принимается равной 10% от расчетной силовой нагрузки по цехам предприятия.

Таблица 3 – Расчет силовых нагрузок по цехам предприятия, U = 0,4кВ

№ цехов	Наименование цехов и групп ЭП	Кол-во ЭП, п	Номинальная мощность		m	K _и	Cosφ/tqφ	Средние нагрузки		n _э	K _М	Расчетные нагрузки			I _p , А			
			P _{вmin} ÷ P _{вmax}	∑P _н , кВт				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	16			
1	Корпус крупного дробления	30	1-120	670	>3	0.45	0.62/1.2	301.5	379.9	11	1.35	407	379.9	556.7	0.8			
	А) силовая																	
	Б) осветительная																	40.7
	Итого:											447.7	417.8	612.3	0.88			
2	Корпус среднего дробления	25	1-120	550	>3	0.6	0.75/0.8	330	290.4	9	1.28	422.4	319.4	529.5	0.76			
	А) силовая																	
	Б) осветительная																	42.2
	Итого:											464.6	351.3	582.4	0.84			
3	Корпус отливки и сгущение шламов	50	1-50	1100	>3	0.2	0.6/1.3	220	292.5	44	1.25	275	292.5	401.4	0.5			
	А) Силовая																	
	Б) осветительная																	27.5
	Итого:											302.5	321.7	441.5	0.63			

Продолжение таблицы 3

4	Склад дробленой руды	20	1-80	300	>3	0,15	0,6/1,3	45	59,8	7	2,48	111.6	65.7	129.5	0.18
	А) силовая														
	Б) осветительная											11.2	6.6	12.9	
	Итого:											122.7	72.3	142.4	0.2
5	Главный корпус	80	1-40	4700	>3	0,3	0,7/1	1410	1438,2	235	1,08	1522.8	1438.2	2094.5	3.02
	а) 0,4 кВ														
	А) силовая														
	Б) осветительная											152.2	143.8	209.4	
	Итого:											1675	1582	2505.2	3.32
	б) СД 6 кВ	4	630	2520	>3	0,3	0,6/1,3	1008	1340,6	8	1,52	1532.1	1685,2	2277,5	3.28
	А) силовая														
	Б) осветительная											153,2	168,5	227,7	
	Итого:											1685,3	1853,7	2505.2	3.61
6	Реагенты корпус	20	1-30	280	>3	0,3	0,78/0,8	84	67,2	18	1,37	115.1	67.2	133.2	0.19
	А) силовая														
	Б) осветительная											11.5	6.7	13.3	
	Итого:											126.6	73.9	809.7	0.21

Продолжение таблицы 3

7	Баритовый корпус А) силовая	90	1-50	1400	>3	0,35	0,71/0,9	490	485,1	96	1,13	553.7	485.1	736.1	1.06
	Б) осветительная											55.3	48.5	73.6	
	Итого:											609	533.6	809.7	1.16
8	Насосная водоснабжения А) силовая	10	1-80	320	>3	0,6	0,8/0,7	1,9	144	8	1,3	249.6	158.4	295.6	0.42
	Б) осветительная											24.9	15.8	29.5	
	Итого:											274.5	174.2	325.1	0.46
9	Золотоизвлекательная секция А) силовая	30	1-50	1800	>3	0,5	0,65/1,1	900	1053	72	1,1	990	1053	1445	0.28
	Б) осветительная											99	105.3	144.5	
	Итого:											1089	1158.3	1589.5	0.31
10	Корпус сушки А) силовая	20	1-30	210		0.6	0.7/1.02	126	128.5	14	1.2	151.2	128.5	198.4	0.28
	Б) осветительная											15.1	12.8	19.8	
	Итого:											166.3	141.3	218.2	0.31

Продолжение таблицы 3

11	Склад концентратов а) силовая	10	1-30	150		0,43	0,8/0,75	64,5	48,4	10	1,43	92.2	53.2	106.4	0.15
	Б) осветительная											9.2	5.3	10.6.	
	Итого:											101.4	58.5	117	0.17
12	Административно- технический корпус А) силовая	25	1-20	175		0,48	0,75/0,8	84	73,9	18	1,22	102.5	73.9	126.3	0.18
	Б) осветительная											10.2	7.4	12.6	
	Итого:											112.7	81.2	138.9	0.2
13	Ремонтно- механический цех А) Силовая	30	3-50	200		0.96	0.8/0.75	112	84	8	1.3	145.6	123.2	190.7	0.27
	Б) осветительная											14.5	12.3	19	
	Итого:											160.1	135.5	209.7	0.3
14	Перегрузочный узел №1 А) силовая	7	1-40	120		0.15	0.6/1.33	18	23.9	6	2.64	63.1	26.3	68.3	0.09
	Б) осветительная											6.3	2.6	6.8	
	Итого:											69.4	28.9	7.5	0.1

Продолжение таблицы 3

15	Перегрузочный узел №2	7	1-40	120		0.15	0.6/1.33	18	23.9	6	2.64	63.1	26.3	68.3	0.09
	А) Силовая														
	Б) осветительная											6.3	2.6	6.8	
	Итого:											69.4	28.9	7.5	0.1
	Всего:											7476.2	7013.1	10292.5	14.78
	Освещение территории											747.62	701.31	1029.25	1.478
	Итого на шинах 0.4 кВ											8223.8	7714.4	11321.7	16.8

1.2 Выбор числа цеховых трансформаторов

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 8223.82 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 7714.1 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 11321.75 \text{ кВА.}$$

Завод относится ко 2 категории потребителей, завод работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр}=0,8$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт}=1600$ кВА.

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

$$N_{т,мин} = \frac{P_{p0,4}}{k_3 \cdot S_{тр}} + \Delta N, \text{ шт}, \quad (10)$$

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

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа;

$S_{тр}$ – принятая номинальная мощность трансформатора.

$$N_{тmin} = \frac{8223.82}{0.8 \cdot 1600} + 0.6 = 7 \text{ шт.}$$

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{т.э} = N_{т,мин} + m, \text{ шт}, \quad (11)$$

$$N_{тэ} = 7 + 1 = 8 \text{ шт.}$$

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

$$Q_T = \sqrt{(N_{тр.эк} \cdot S_{н.тр.} \cdot K_3)^2 - P_{p0,4}^2}, \text{ квар}, \quad (12)$$

$$Q_T = \sqrt{(8 \cdot 1600 \cdot 0.8)^2 - 8223.82^2} = 6101.3 \text{ квар.}$$

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{\text{нбк } \Sigma}$

$$Q_{\text{нбк}} + Q_1 = Q_{P_{0,4}}, \text{ квар}, \quad (13)$$

$$Q_{\text{нбк}} = 7714.41 - 6101.3 = 1704.11 \text{ квар}.$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор.

$$Q_{\text{нбктп}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{тэ}}}, \text{ квар}, \quad (14)$$

$$Q_{\text{нбктп}} = \frac{1704.11}{8} = 213 \text{ квар}.$$

Выбираем батареи конденсаторов типа УКМ-0,38-220Н.

На основании расчетов, полученных в данном пункте, составляется таблица 4, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 4 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ ТП	№	число	$P_{\min}/P_{\max}, \text{кВт}$	$\sum P_{\text{НМ}}$	$K_{\text{И}}$	$P_{\text{СМ}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{СМ}}, \text{квар}$	$n_{\text{Э}}$	$K_{\text{М}}$	$P_{\text{Р}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{Р}}, \text{квар}$	$S_{\text{Р}}, \text{кВА}$	$K_{\text{З}}$
ТП1 (2*1600)	7	50	1-50	1400		490	485						
	9	30	1-50	1800		900	1053						
	11	10	1-30	150		64.5	48.4						
	15	7	1-40	120		18	23.9						
силовая			1-50	3470	0,42	1472.5	1610.4	139	1.06	1560.85	1610.4		
освещение										156.1	161.04		
$Q_{\text{НБК}}$											-440		
Итого										1717	1332	2173	0.68
ТП2 (2*1600)	5	80	1-40	4700		1410	1438.2						
	10	20	1-30	210		126	128.5						
	12	25	1-20	175		84	73.9						
силовая				5085	0.32	1620	128.5	254	1.065	1725.3	1640.6		
освещение										172.53	164.1		
$Q_{\text{НБК}}$											-440		
Итого										1898	1365	2338	0.73
ТП3 - ТП4 (2*1600)	1	30	1-120	670		301.5	379.9						
	2	25	1-120	550		330	292.5						
(2*1600)	3	50	1-50	1100		220	59.8						
	4	20	1-80	300		45	67.2						
	6	20	1-30	280		84							
	8	10	1-80	320		192	144						

Продолжение таблицы 4

	13	30	3-50	200		112	84						
	14	7	1-40	120		18	23.9						
силовая		196		6060	0.4	2310.5	2682.3	101	1.08	2495.3	2682.3		
освещение										249.53	268.23		
Q _{нБК}											-880		
Итого										2745	2071	3439	0.6

1.3 Определение потерь мощности в ЦТП

Фактические потери активной и реактивной мощности в силовых трансформаторах равны:

$$\Delta P_T = (\Delta P_x + \Delta P_{K3} + K_3^2) \cdot N \quad (15)$$

$$\Delta Q_T = \left(\frac{I_{xx} \cdot S_{HT}}{100} + \frac{U_{K3} \cdot S_{HT} \cdot K_3^2}{100} \right) \cdot N \quad (16)$$

Типа трансформатора: ТМ-1600-6/0.4.

Его исходные данные: $S_H = 1600$ кВА, $I_k = 1.3\%$, $\Delta P_{xx} = 2.75$ кВт, $\Delta P_{K3} = 18$ кВт.

1) $K_3 = 0,73$; $N = 2$.

$$\Delta P_T = \Delta P_x + \Delta P_{K3} + K_3^2, \text{ кВт}, \quad (17)$$

$$\Delta P_T = 2.75 + 18 \cdot 0.73^2 = 12.34.$$

$$\Sigma \Delta P_T = 2 \cdot 12.34 = 24.68 \text{ кВт}.$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{xx} \cdot S_H}{100} + \frac{U_{K3} \cdot S_H \cdot K_p^2}{100}, \text{ квар}, \quad (18)$$

$$\Delta Q_T = \frac{1.3 \cdot 1600}{100} + \frac{6.5 \cdot 1600 \cdot 0.73^2}{100} = 76.2 \text{ квар},$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 2 \cdot 76.2 = 152.4 \text{ квар}.$$

2) $K_3 = 0,68$; $N = 2$.

$$\Sigma \Delta P_T = 2 \cdot (2.75 + 18 \cdot 0.68^2) = 22.14 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot \left(\frac{1.3 \cdot 1600}{100} + \frac{6.5 \cdot 1600 \cdot 0.68^2}{100} \right) = 137.7 \text{ квар}.$$

3) $K_3 = 0,6$; $N = 4$.

$$\Sigma \Delta P_T = 4 \cdot (2.75 + 18 \cdot 0.6^2) = 36.92 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 4 \cdot \left(\frac{1.3 \cdot 1600}{100} + \frac{6.5 \cdot 1600 \cdot 0.6^2}{100} \right) = 232.96 \text{ квар}.$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma \Delta P_T = 24.68 + 22.14 + 36.92 = 83.74 \text{ кВт},$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 152.4 + 137.7 + 232.96 = 523.1 \text{ квар.}$$

Сведём полученные данные в таблицу 5.

Таблица 5 – Суммарные потери в трансформаторах

№ ТП	ΔP , кВт	ΔQ , квар
ТП1	24.68	152.4
ТП2	22.14	137.7
ТП3 - ТП4,	36.92	232.96
Итого Σ	83.74	523.1

1.4. Расчет мощности синхронных двигателей

Используем СД для компенсации реактивной мощности на стороне ВН:

$$P_{нсд} = 630 \text{ кВт}, \cos\varphi=0.6, N_{сд} = 4, K_з = 0.8.$$

Определение расчетных активных и реактивных мощностей для СД:

$$P_{рсд} = P_{нсд} \cdot N_{сд} \cdot K_з, \text{ кВт}, \quad (19)$$

$$P_{рсд} = 630 \cdot 4 \cdot 0.8 = 2016 \text{ кВт.}$$

$$Q_{нсд} = P_{нсд} \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot N_{сд}, \text{ квар}, \quad (20)$$

$$Q_{нсд} = 630 \cdot 1.33 \cdot 4 = 3351.6 \text{ квар.}$$

$$Q_{рсд} = Q_{нсд} \cdot K_з, \text{ квар}, \quad (21)$$

$$Q_{рсд} = 630 \cdot 4 \cdot 0.8 = 2016 \text{ квар.}$$

Выбираем тип СД2-853/45–6.

1.5 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 6 кВ РП

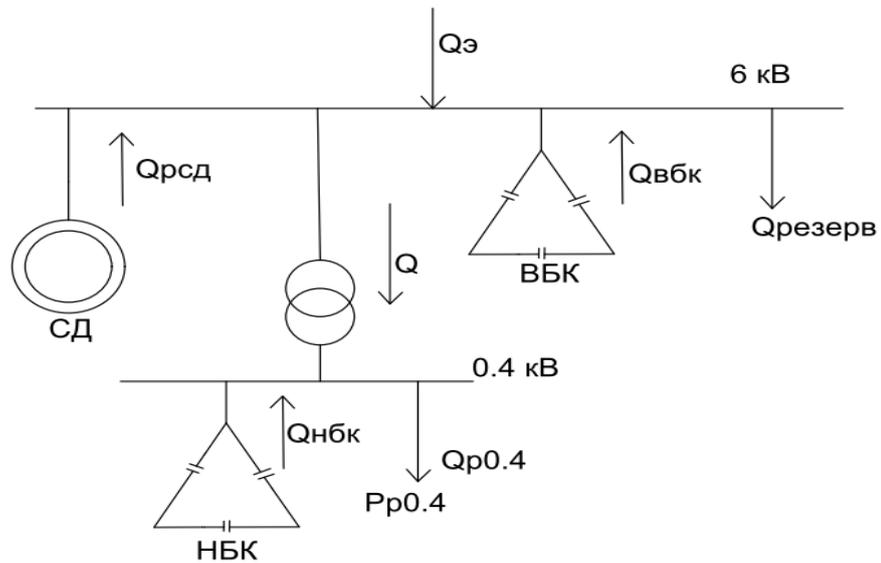


Рисунок 2 - Схема замещения

Составляется уравнение баланса реактивной мощности для шин 6 кВ ГПП:

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{ист}},$$

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{р0.4}} + \Sigma \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - Q_{\text{э}} - Q_{\text{нбк}} - Q_{\text{рсд}}, \text{ квар.} \quad (22)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 7714.41 + 523.1 + 823.7 - 2374.4 - 880 - 2681.3 = 3125.5 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{рез}} = 0.1 \cdot (Q_{\text{р0.4}} + \Delta Q_{\text{тр}\Sigma}), \text{ квар,} \quad (23)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0.1 \cdot (7714.41 + 523.1) = 823.7 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{рез}} = 0.24 \cdot (P_{\text{р0.4}} + \Delta P_{\text{тр}\Sigma} + P_{\text{рсд}}), \text{ квар,} \quad (24)$$

$$Q_{\text{э}} = 0.23 \cdot (8223.82 + 83.74 + 2016) = 2374.4 \text{ квар.}$$

Полученная реактивная мощность используем для компенсации на шинах. Для этого выбираем 2 батареи для компенсации реактивной мощности типа УК-5/10Н-1350Л. $Q_{\text{н}} = 1350$ квар, $n = 2$, $\Sigma Q_{\text{н}} = 2700$ квар.

По полученным данным в ходе расчетов составили генплан предприятия, которое показано на рисунке 3.

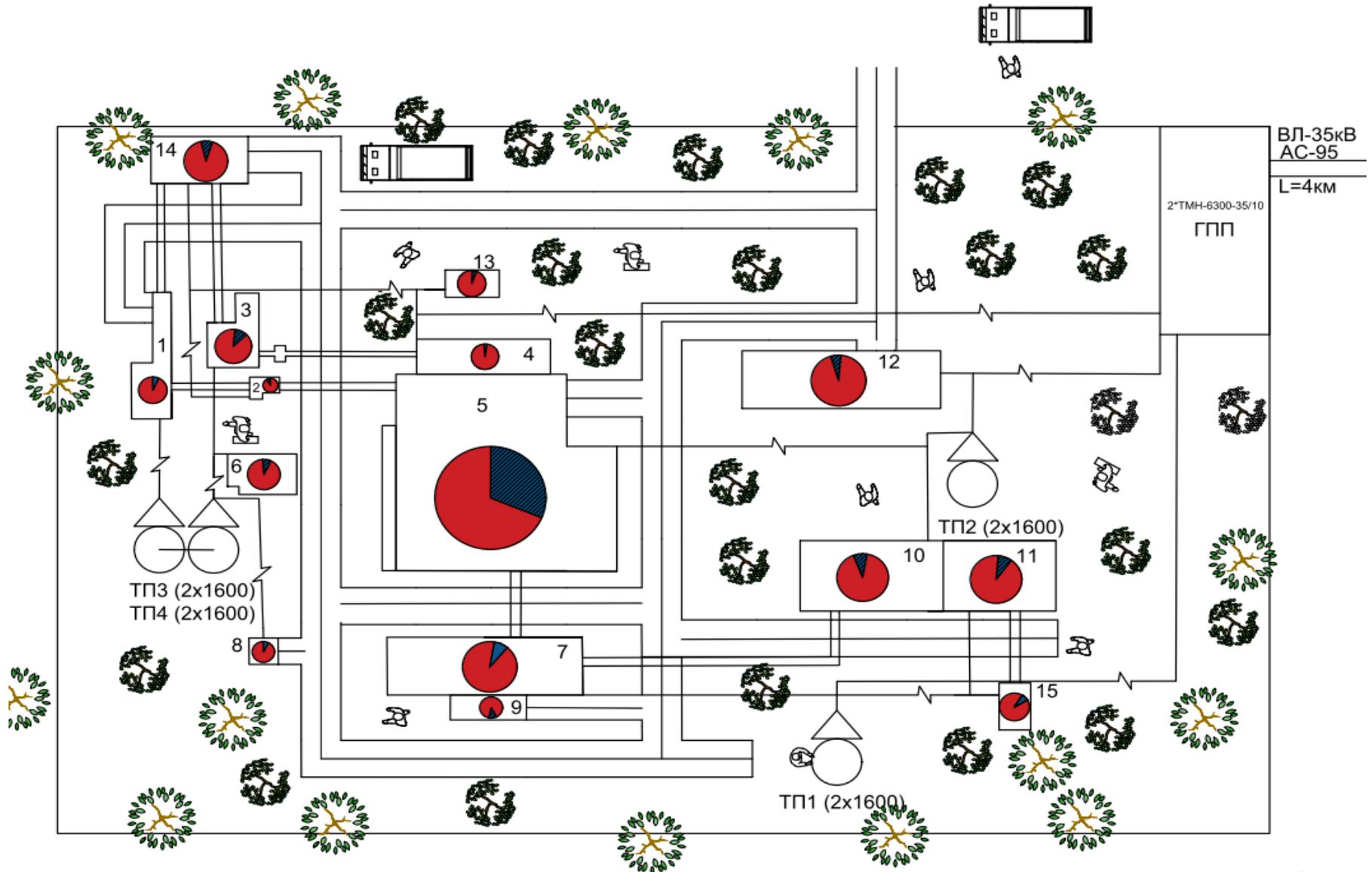


Рисунок 3 – Генеральный план обогатительной фабрики

2 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

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

2.1 Первый вариант внешнего электроснабжения

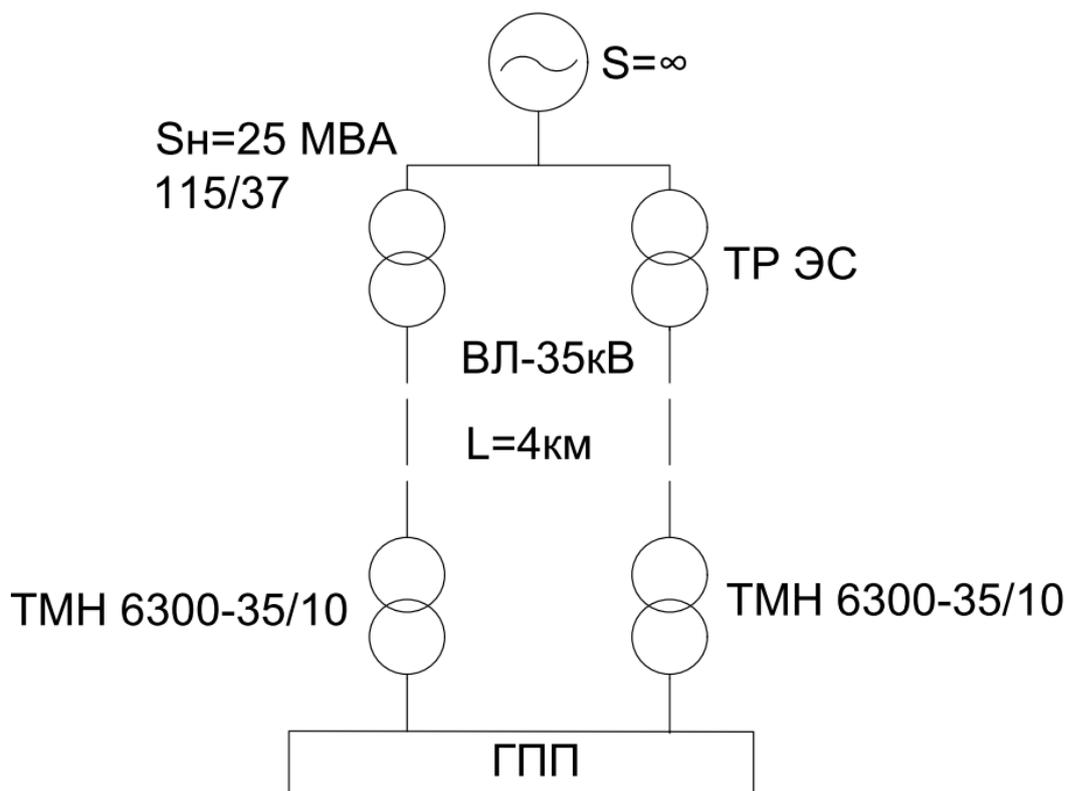


Рисунок 4 – Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S_{\text{рГПП}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 - Q_{\text{э}}^2}, \text{ кВА}, \quad (25)$$

$$S_{\text{рГПП}} = \sqrt{10323,56^2 + 2374,4^2} = 10593,1 \text{ кВА}.$$

Рассмотрим 2 трансформатора мощностью 6300 кВА:

$$K_3 = \frac{S_{\text{рГПП}}}{2 \cdot S_{\text{ном.тр}}}, \quad (26)$$

$$K_3 = \frac{10593.1}{2 \cdot 6300} = 0.84.$$

Выбираем 2 трансформатора типа ТМН-6300-35/10.

Таблица 6 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение $U_{кз}, \%$	Ток $I_{xx}, \%$
	$U_{ВН}$	$U_{НН}$	ΔP_{xx}	$\Delta P_{кз}$		
ТМН 6300–35/10	35	10	35	6,5	7,5	0,8

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВт}, \quad (27)$$

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (35 + 6.5 \cdot 0.84_3^2) = 79.2 \text{ кВт}.$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \cdot \left(\frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{нт} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{нт} \cdot K_3^2 \right), \text{ квар}, \quad (28)$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \cdot (0.8 \cdot 63 + 7.5 \cdot 63 \cdot 0.84^2) = 767.6 \text{ квар}.$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{тГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} \cdot T_{вкл} + \tau \cdot \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВтч}, \quad (29)$$

$$\Delta W_{тГПП} = 2 \cdot (35 \cdot 6000 + 4712.8 \cdot 6.5 \cdot 0.84^2) = 463229.5 \text{ кВтч}.$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (30)$$

$$T_{вкл} = 6000 \text{ ч},$$

$$T_M = 4140 \text{ ч},$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4140}{10000} \right) \cdot 8760 = 4712.8 \text{ ч}.$$

Выбираем сечение проводов ЛЭП 35 кВ.

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

(31)

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_{\text{p}} + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + Q_{\text{э}}^2}, \text{ кВА},$$

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(10323.56 + 79.1)^2 + 2374.4^2} = 10670.2 \text{ кВА}.$$

Токи аварийного режима:

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{лэп}}}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ А}, \quad (32)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{10670.2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 176 \text{ А}.$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_{\text{р}} = \frac{I_{\text{ав}}}{2}, \text{ А}, \quad (33)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{176}{2} = 88 \text{ А}.$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ($j_{\text{э}}$)

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{эк}}}, \text{ мм}^2, \quad (34)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{88}{1.1} = 80 \text{ мм}^2.$$

Принимаем провод марки АС-95, $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А} > 88 \text{ А} = I_{\text{р}}$.

б) По аварийному режиму: $1,3 \times I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{ав}}$:

$$1,3 \cdot 300 \text{ А} > 176 \text{ А}$$

Окончательно принимаем провод марки АС-95, $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$.

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 35 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп35}} = 3 \cdot 2 \cdot I^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 88^2 \cdot 1.84 \cdot 4712.8 = 402914 \text{ кВтч.}$$

$$R = 1.84 \text{ Ом}.$$

Выбор выключателей, разъединителей, отделителей и короткозамыкателей на $U = 35 \text{ кВ}$. Перед выбором аппаратов составим схему замещения по первому варианту и рассчитаем ток короткого замыкания.

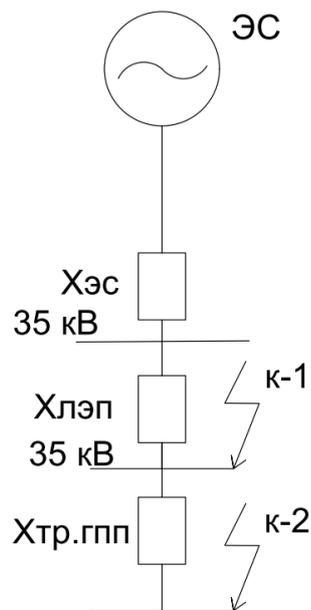


Рисунок 5 – Схема замещения

2.2 Выбор высоковольтной аппаратуры первого варианта

Расчет $I_{кз}$ (о. е.):

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; U_6 = 35 \text{ кВ}, x_c = 0$$

1) Находим значение базисного тока к.з:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_H}, \text{ кА}, \quad (35)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15.6 \text{ кА}.$$

2) Находим сопротивление воздушной линии:

$$x_{лэп} = \frac{x_0 \cdot S_6 \cdot L}{U_{ср}^2}, \text{ о. е.}, \quad (36)$$

$$x_{лэп35} = \frac{0.34 \cdot 4 \cdot 1000}{37^2} = 0.99 \text{ о. е.}$$

3) Находим сопротивление системы:

$$x_{\text{трс}} = \frac{U_{\text{вс}} \cdot S_{\text{б}}}{100 \cdot S_{\text{нтрс}}}, \text{ о. е.}, \quad (37)$$

$$x_{\text{трс}} = \frac{10.5 \cdot 1000}{100 \cdot 25} = 4.2 \text{ о. е.}$$

4) Действующее значение тока в точках К₁, К₂:

$$I_{\text{к-1}} = \frac{I_{\text{б}}}{x_{\text{с}} + x_{\text{трс}}}, \text{ кА}, \quad (38)$$

$$I_{\text{к-1}} = \frac{15.6}{0 + 4.2} = 3.7 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{к-2}} = \frac{I_{\text{б}}}{x_{\text{с}} + x_{\text{трс}} + x_{\text{лэп35}}}, \text{ кА}, \quad (39)$$

$$I_{\text{к-2}} = \frac{15.6}{0 + 4.2 + 0.99} = 3 \text{ кА.}$$

5) Ударный ток КЗ в точке 1:

$$i_{\text{уд1}} = K_{\text{уд}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{к-1}}, \text{ кА}, \quad (40)$$

$$i_{\text{уд1}} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3.1 = 7.9 \text{ кА.}$$

6) Ударный ток КЗ в точке 2:

$$i_{\text{уд2}} = K_{\text{уд}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{к-2}}, \text{ кА}, \quad (41)$$

$$i_{\text{уд2}} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 2.6 = 6.6 \text{ кА.}$$

7) Определяем мощность короткого замыкания в точке К₁:

$$S_{\text{к-1}} = U_{\text{н}} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{к-1}}, \text{ МВА}, \quad (42)$$

$$S_{\text{к-1}} = 37 \cdot \sqrt{3} \cdot 3.7 = 237.1 \text{ МВА.}$$

8) Определяем мощность короткого замыкания в точке К₂:

$$S_{\text{к-2}} = U_{\text{н}} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{к-2}}, \text{ МВА}, \quad (43)$$

$$S_{к-2} = 37 \cdot \sqrt{3} \cdot 3 = 192.2 \text{ МВА.}$$

После расчета тока КЗ произведем следующий выбор: выбираем выключатель В1, В2 по аварийному току трансформатора системы:

$$I_{ав} = \frac{S_{автс}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ А,} \quad (44)$$

$$I_{ав} = \frac{2 \cdot 31.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 37} = 984.2 \text{ А.}$$

Производим выбор высоковольтной защитной аппаратуры по следующим условиям (таблицы 7–10):

Таблица 7 - Данные выключателя ВА88-37-3Р

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p, \text{ кВ}$	35	35
$I_H \geq I_{ав}, \text{ А}$	400	176
$I_{откл} \geq I_{к1}, \text{ кА}$	35	3.7
$I_{дин} \geq i_{уд1}, \text{ кА}$	70	7.9

Таблица 8- Выбор разъединителя РВ-35/630

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p, \text{ кВ}$	35	35
$I_H \geq I_{ав}, \text{ А}$	630	176
$I_{скв} \geq i_{уд2}, \text{ кА}$	51	6.6
$I_{тем.ст} \geq I_{к2}, \text{ кА}$	20	3

Таблица 9- Выбор отделителя ОД3.2-35/630У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p, \text{ кВ}$	35	35
$I_H \geq I_{ав}, \text{ А}$	630	176
$I_{скв} \geq i_{уд2}, \text{ кА}$	12.5	6.6
$I_{тем.ст} \geq I_{к2}, \text{ кА}$	4	3

Таблица 10- Выбор короткозамыкателя КЗ-35

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p, \text{кВ}$	35	35
$I_{скв} \geq i_{уд2}, \text{кА}$	42	6.6
$I_{тем.ст} \geq I_{к2}, \text{кА}$	18	3

2.3 Определим капитальные затраты на оборудование первого варианта

1) Затраты на трансформатор ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (45)$$

$$K_{\text{тр ГПП}} = 2 \cdot 25 = 50 \text{ млн. тг.}$$

2) Затраты на ЛЭП 35 кВ:

$$K_{\text{лэп35}} = L \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (46)$$

$$K_{\text{лэп35}} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ млн. тг.}$$

3) Затраты на выключатели:

$$K_{\text{выкл}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (47)$$

$$K_{\text{выкл}} = 5 \cdot 1.2 = 6 \text{ млн. тг.}$$

4) Затраты на отделители:

$$K_{\text{од}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (48)$$

$$K_{\text{од}} = 2 \cdot 0.7 = 1.4 \text{ млн. тг.}$$

5) Затраты на короткозамыкатели:

$$K_{\text{кз}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (49)$$

$$K_{\text{кз}} = 2 \cdot 0.7 = 1.4 \text{ млн. тг.}$$

6) Затраты на разъединители:

$$K_{рз} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг,} \quad (50)$$

$$K_{рз} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ млн. тг.}$$

7) Суммарные затраты:

$$K_1 = K_{тр} + K_{лэп115} + K_{выкл} + K_{од} + K_{кз} + K_{рз}, \text{ млн. тг,} \quad (51)$$

$$K_1 = 50 + 3 + 6 + 1.4 + 1.4 + 2 = 63.8 \text{ млн. тг.}$$

8) Амортизационные отчисления $I_{а.об}$ на оборудование, рассчитываются по формуле:

$$I_{а.об} = E_{а.об} \cdot K_{об} = E_{а.об} \cdot (K_{тр} + K_{выкл} + K_{од} + K_{кз} + K_{рз}), \text{ млн. тг,} \quad (52)$$

$$I_{а.об} = 0.063 \cdot (50 + 6 + 1.4 + 1.4 + 2) = 3.83 \text{ млн. тг.}$$

9) Амортизационные отчисление на ЛЭП:

$$I_{а.лэп35} = E_{а.лэп35} \cdot K_{лэп35}, \text{ млн. тг,} \quad (53)$$

$$I_{а.лэп35} = 0.028 \cdot 3 = 0.084 \text{ млн. тг.}$$

10) Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{эксп.обор} = E_{эксп.обор} \cdot K_{обор}, \text{ млн. тг,} \quad (54)$$

$$I_{эксп.обор} = 0.3 \cdot 60.8 = 18.2 \text{ млн. тг.}$$

11) Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{эксп.лэп35} = E_{эксп.лэп35} \cdot K_{лэп35}, \text{ млн. тг,} \quad (55)$$

$$I_{эксп.лэп35} = 0.028 \cdot 3 = 0.084 \text{ млн. тг.}$$

12) Потери энергии при трехсменном режиме работы будут $T_{вкл} = 6000\text{ч}$, $T_{макс} = 4140\text{ч}$. Значит время максимальных потерь рассчитываем по формуле:

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_m}{10000} \right) \cdot 8760, \text{ ч,} \quad (56)$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4140}{10000} \right) \cdot 8760 = 4712.8\text{ч.}$$

13) При средней стоимости электроэнергии $C_0 = 14$ тг/кВтч, определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_0 (\Delta W_{\text{лэп110}} + \Delta W_{\text{тр.гг}}), \text{ млн. тг,} \quad (57)$$

$$I_{\text{пот}} = 14 \cdot (37230 + 412630.9) = 6.29 \text{ млн. тг,}$$

14) Определим суммарные издержки:

$$\Sigma I_1 = I_{\text{экс.лэп}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{экс.обор}} + I_{\text{а.лэп}} + I_{\text{а.об}}, \text{ млн. тг,} \quad (58)$$

$$\Sigma I_1 = 0.084 + 6.29 + 18.2 + 0.084 + 3.83 = 28.4 \text{ млн. тг.}$$

15) Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$Z_1 = E \cdot K_1 + I_1, \text{ млн. тг,} \quad (59)$$

$$Z_1 = 0.12 \cdot 63.8 + 28.4 = 36 \text{ млн. тг.}$$

где $E=0.12$ – нормальный коэффициент капиталовложений.

2.4 Второй вариант внешнего электроснабжения

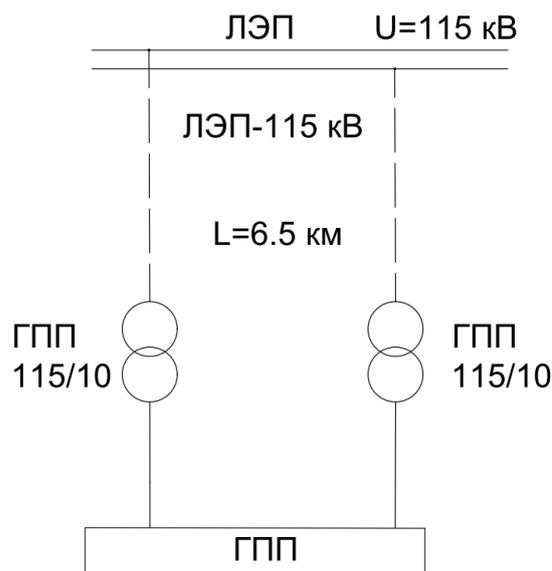


Рисунок 6 – Второй вариант схемы электроснабжения

Таблица 11 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение $U_{кз}, \%$	Ток $I_{хх}, \%$
	$U_{ВН}$	$U_{НН}$	$\Delta P_{хх}$	$\Delta P_{кз}$		
ТМН 6300–115/10	115	6.6	10	44	10.5	1

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{\text{тр.гпп}} = 82.09 \text{ кВт}, \Delta Q_{\text{тр.гпп}} = 1059.5 \text{ квар}$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{\text{ТГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \tau \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2), \text{ кВтч}, \quad (60)$$

$$\Delta W_{\text{ТГПП}} = 2 \cdot (10 \cdot 6000 + 4712.8 \cdot 44 \cdot 0.84^2) = 412630.9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (61)$$

$$T_{\text{вкл}} = 6000 \text{ ч},$$

$$T_{\text{м}} = 4140 \text{ ч},$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4140}{10000} \right) \cdot 8760 = 4712.8 \text{ ч}.$$

Выбираем сечение проводов ЛЭП 115 кВ.

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{тр.гпп}})^2 + Q_3^2}, \text{ кВА}, \quad (62)$$

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(10323.56 + 82.09)^2 + 2374.4^2} = 10673.1 \text{ кВА}.$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{лэп}}}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ А}, \quad (63)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{10673.1}{\sqrt{3} \cdot 115} = 53.5 \text{ А}.$$

$$I_{\text{р}} = \frac{I_{\text{ав}}}{2}, \text{ А}, \quad (64)$$

$$I_p = \frac{53.5}{2} = 26.75 \text{ A.}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ($j_э$)

$$F_э = \frac{I_p}{j_э}, \text{ мм}^2, \quad (65)$$

$$F_э = \frac{26.75}{1.1} = 24.09 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение $F_э = 35 \text{ мм}^2$, к установке принимаем провод марки АС-70, $I_{\text{доп}} = 265 \text{ A} > 26.75 \text{ A} = I_p$.

б) По аварийному режиму: $1,3 \times I_{\text{доп. пров.}} > I_{\text{ав}}$:

$$1,3 \cdot 265 \text{ A} > 26.75 \text{ A}$$

Окончательно принимаем провод марки АС-70, $I_{\text{доп}} = 265 \text{ A}$.

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 110 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп110}} = 3 \cdot 2 \cdot I^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{ кВтч}, \quad (66)$$

$$\Delta W_{\text{лэп110}} = 2 \cdot 3 \cdot 26.75^2 \cdot 1.84 \cdot 4712.8 = 37230 \text{ кВтч.}$$

$$R=1.84 \text{ Ом.}$$

Выбор выключателей, разъединителей, отделителей и короткозамыкателей на $U=115 \text{ кВ}$. Перед выбором аппаратов составим схему замещения по второму варианту и рассчитаем ток короткого замыкания.

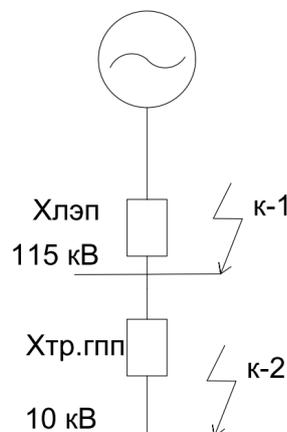


Рисунок 7 -Схема замещения

2.5 Выбор высоковольтной аппаратуры второго варианта

Расчет $I_{кз}$ (о. е)

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; U_6 = 115 \text{ кВ}; x_c = \frac{1000}{1400} = 0.71.$$

1) Находим значение базисного тока к.з:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_H}, \text{ кА}, \quad (67)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5.02 \text{ кА}.$$

2) Находим сопротивление воздушной линии:

$$x_{л\text{эп}115} = \frac{x_0 \cdot S_6 \cdot L}{U_{cp}^2}, \text{ о. е.}, \quad (68)$$

$$x_{л\text{эп}115} = \frac{0.34 \cdot 4 \cdot 1000}{115^2} = 0.1 \text{ о. е.}$$

3) Действующее значение тока в точках K_1, K_2 :

$$I_{к-1} = \frac{I_6}{x_c}, \text{ кА}, \quad (69)$$

$$I_{к-1} = \frac{5.02}{0.71} = 7.1 \text{ кА}.$$

$$I_{к-2} = \frac{I_6}{x_c + x_{л\text{эп}115}}, \text{ кА}, \quad (70)$$

$$I_{к-2} = \frac{5.02}{0.71 + 0.1} = 6.1 \text{ кА}.$$

4) Ударный ток КЗ в точке 1:

$$i_{уд1} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к-1}, \text{ кА} \quad (71)$$

$$i_{уд1} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.1 = 18.07 \text{ кА}$$

5) Ударный ток КЗ в точке 2:

$$i_{уд2} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к-2}, \text{ кА}, \quad (72)$$

$$i_{уд2} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6.1 = 15.5 \text{ кА}$$

6) Определяем мощность короткого замыкания в точке К₁:

$$S_{к-1} = U_{н} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{к-1}, \text{ МВА} \quad (73)$$

$$S_{к-1} = 115 \cdot \sqrt{3} \cdot 7.1 = 1412 \text{ МВА}$$

7) Определяем мощность короткого замыкания в точке К₂:

$$S_{к-2} = U_{н} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{к-2}, \text{ МВА} \quad (74)$$

$$S_{к-2} = 115 \cdot \sqrt{3} \cdot 6.1 = 1215 \text{ МВА}$$

Производим выбор высоковольтной защитной аппаратуры по следующим условиям (таблицы 12–15):

Таблица 12- Выбор выключателя МКП-115-630-20У1/16

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_{н} \geq U_{р}, \text{ кВ}$	115	115
$I_{н} \geq I_{ав}, \text{ А}$	630	53.5
$I_{откл} \geq I_{к1}, \text{ кА}$	20	7.1
$I_{дин} \geq i_{уд1}, \text{ кА}$	50	18.07

Таблица 13- Выбор разъединителя РЛНД-1-115/630

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_{н} \geq U_{р}, \text{ кВ}$	115	115
$I_{н} \geq I_{ав}, \text{ А}$	630	53.5
$I_{скв} \geq i_{уд2}, \text{ кА}$	80	15.5
$I_{тем.ст} \geq I_{к2}, \text{ кА}$	35	6.1

Таблица 14 - Выбор отделителя ОДЗ.2-115/630У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p, \text{кВ}$	115	115
$I_H \geq I_{ав}, \text{А}$	630	53.5
$I_{СКВ} \geq i_{уд2}, \text{кА}$	70	15.5
$I_{Тем.ст} \geq I_{к2}, \text{кА}$	15	6.1

Таблица 15 - данные короткозамыкателя КЗ-110 У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p, \text{кВ}$	115	115
$I_{СКВ} \geq i_{уд2}, \text{кА}$	20	15.5
$I_{Тем.ст} \geq I_{к2}, \text{кА}$	51	6.1

2.6 Определим капитальные затраты на оборудование второго варианта.

1) Затраты на трансформатор ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (75)$$

$$K_{\text{тр ГПП}} = 2 \cdot 35 = 70 \text{ млн. тг.}$$

2) Затраты на ЛЭП 115 кВ:

$$K_{\text{лэп115}} = L \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (76)$$

$$K_{\text{лэп115}} = 3 \cdot 1.3 = 3.9 \text{ млн. тг.}$$

3) Затраты на выключатели:

$$K_{\text{выкл}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг}, \quad (77)$$

$$K_{\text{выкл}} = 5 \cdot 1.5 = 7.5 \text{ млн. тг.}$$

4) Затраты на отделители:

$$K_{од} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг,} \quad (78)$$

$$K_{од} = 2 \cdot 0.8 = 1.6 \text{ млн. тг.}$$

5) Затраты на короткозамыкатели:

$$K_{кз} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг,} \quad (79)$$

$$K_{кз} = 2 \cdot 0.8 = 1.6 \text{ млн. тг.}$$

6) Затраты на разъединители:

$$K_{рз} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг,} \quad (80)$$

$$K_{рз} = 2 \cdot 1.3 = 2.6 \text{ млн. тг.}$$

7) Суммарные затраты:

$$K_1 = K_{тр} + K_{лэп115} + K_{выкл} + K_{од} + K_{кз} + K_{рз}, \text{ млн. тг,} \quad (81)$$

$$K_1 = 70 + 3.9 + 7.5 + 1.6 + 1.6 + 2.6 = 87.2 \text{ млн. тг.}$$

8) Амортизационные отчисления $I_{а.об}$ на оборудование, рассчитываются по формуле:

$$I_{а.об} = E_{а.об} \cdot K_{об} == E_{а.об} \cdot (K_{тр} + K_{выкл} + K_{од} + K_{кз} + K_{рз}), \text{ млн. тг,} \quad (82)$$

$$I_{а.об} = 0.063 \cdot (70 + 7.5 + 1.6 + 1.6 + 2.6) = 5.24 \text{ млн. тг.}$$

9) Амортизационные отчисление на ЛЭП:

$$I_{а.лэп} = E_{а.лэп} \cdot K_{лэп}, \text{ млн. тг,} \quad (83)$$

$$I_{а.лэп} = 0.028 \cdot 3.9 = 0.11 \text{ млн. тг.}$$

10) Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{эксп.обор} = E_{эксп.обор} \cdot K_{обор}, \text{ млн. тг,} \quad (84)$$

$$I_{эксп.обор} = 0.3 \cdot 83.3 = 25 \text{ млн. тг.}$$

11) Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{ЭКСП.ЛЭП}} = E_{\text{ЭКСП.ЛЭП}} \cdot K_{\text{ЛЭП}}, \text{ млн. тг}, \quad (85)$$

$$I_{\text{ЭКСП.ЛЭП}} = 0.028 \cdot 3.9 = 0.11 \text{ млн. тг.}$$

12) Потери энергии при трехсменном режиме работы будут $T_{\text{вкл}} = 6000\text{ч}$, $T_{\text{макс}} = 4140\text{ч}$. Значит время максимальных потерь рассчитываем по формуле:

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000}\right) \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (86)$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4140}{10000}\right) \cdot 8760 = 4712.8\text{ч.}$$

13) При средней стоимости электроэнергии $C_0 = 14 \text{ тг/кВтч}$, определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_0 (\Delta W_{\text{ЛЭП110}} + \Delta W_{\text{тр.гг}}), \text{ млн. тг}, \quad (87)$$

$$I_{\text{пот}} = 14 \cdot (37230 + 412630.9) = 6.29 \text{ млн. тг.}$$

14) Определим суммарные издержки:

$$\Sigma I_1 = I_{\text{ЭКСП.ЛЭП}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{ЭКС.обор}} + I_{\text{а.лэп}} + I_{\text{а.об}}, \text{ млн. тг}, \quad (88)$$

$$\Sigma I_1 = 0.11 + 6.29 + 25 + 0.11 + 5.24 = 36.75 \text{ млн. тг.}$$

15) Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$Z_1 = E \cdot K_1 + I_1, \text{ млн. тг}, \quad (89)$$

$$Z_1 = 0.12 \cdot 87.2 + 36.75 = 47.214 \text{ млн. тг.}$$

где $E=0.12$ – нормальный коэффициент капиталовложений.

Сравнительные капитальные результаты сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Сравнение двух вариантов

Варианты	$U_{\text{н}}$, кВ	K_{Σ} , млн. тг	I_{Σ} , млн. тг	Z_{Σ} , млн. тг
1	35	63.8	28.4	36
2	115	87.2	36.75	47.214

Сравнительные потери сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Сравнение потерь

Варианты	U_H , кВ	Потери электроэнергии, кВтч
1	35	402914
2	115	412630.9

Вывод: теперь, когда мы капитализировали два варианта схемы электроснабжения предприятия, выберем первый вариант по экономической целесообразности.

По выполненным расчетам составляем однолинейную схему системы электроснабжение представленном на рисунке 8.

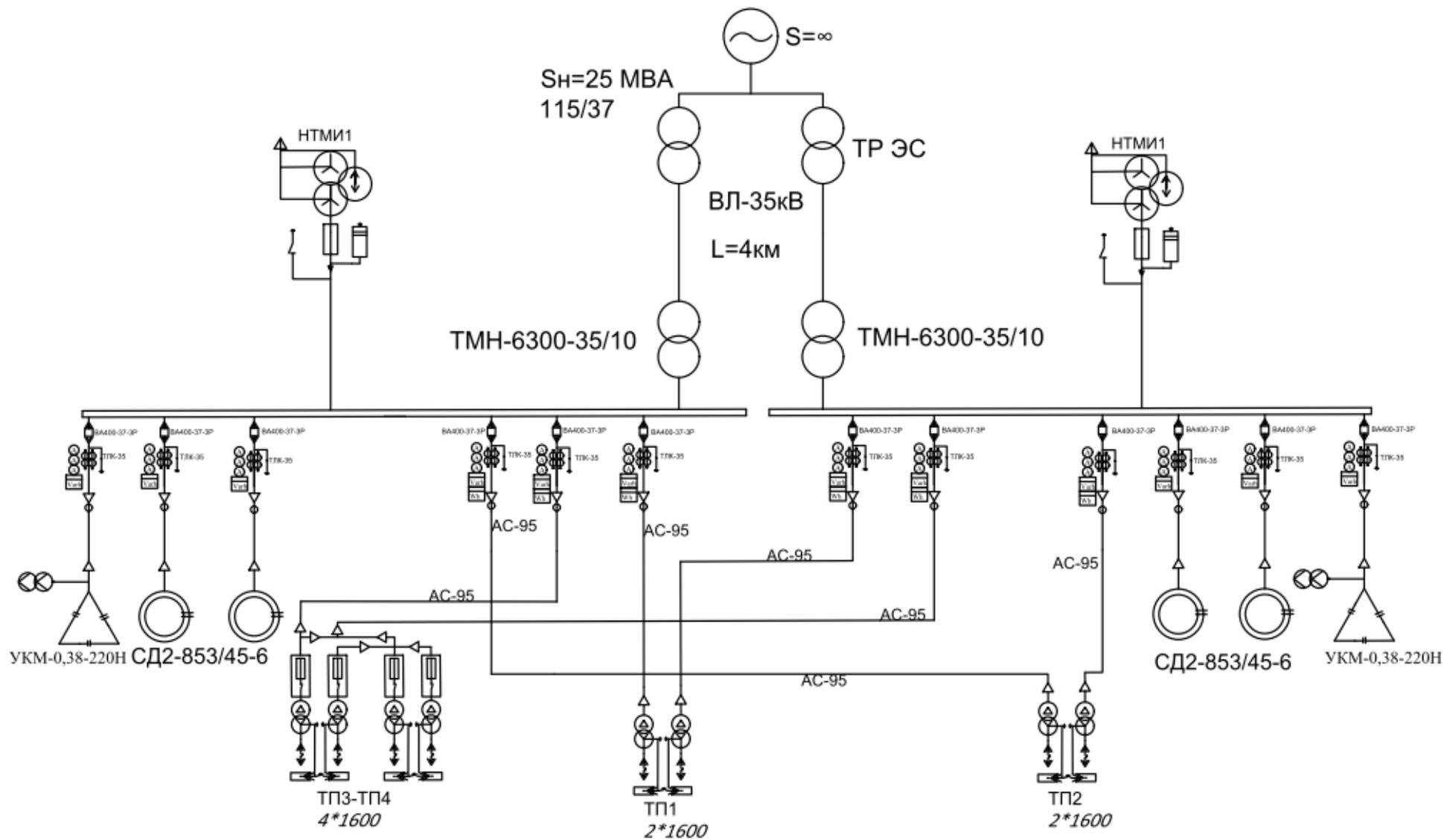


Рисунок 8 – Однолинейная схема обогатительной фабрики

3 Специальная часть

Дабы избежать потери мощности в трансформаторе, нужно изначально просчитать технически, так и экономически, тем самым выбрать наиболее подходящий вариант трансформатора. К примеру: если выбранный нами два трансформатора типа: ТМН-6300-35/10 сравнить с одним трансформатором ТДН-10000-35/10.

Выбираем 2 трансформатора типа: ТМН-6300-35/10.

Таблица 18 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение $U_{кз}$, %	Ток I_{xx} , %
	$U_{ВН}$	$U_{НН}$	ΔP_{xx}	$\Delta P_{кз}$		
ТМН 6300–35/10	35	10	35	6,5	7,5	0,8

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВт}, \quad (90)$$

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (35 + 6.5 \cdot 0.84^2) = 79.2 \text{ кВт}.$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \cdot \left(\frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{нт} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{нт} \cdot K_3^2 \right), \text{ квар}, \quad (91)$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \cdot (0.8 \cdot 63 + 7.5 \cdot 63 \cdot 0.84^2) = 767.6 \text{ квар}.$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{тГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} \cdot T_{вкл} + \tau \cdot \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВтч}, \quad (92)$$

$$\Delta W_{тГПП} = 2 \cdot (35 \cdot 6000 + 4712.8 \cdot 6.5 \cdot 0.84^2) = 463229.5 \text{ кВтч}.$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (93)$$

$$T_{вкл} = 6000 \text{ ч},$$

$$T_M = 4140 \text{ ч},$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4140}{10000} \right) \cdot 8760 = 4712.8 \text{ ч}.$$

Выбираем 1 трансформатор типа: ТДН-10000-35/10.

Таблица 19 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение $U_{кз}$, %	Ток I_{xx} , %
	$U_{ВН}$	$U_{НН}$	ΔP_{xx}	$\Delta P_{кз}$		
ТДН 10000–35/10	35	10	60	8,5	9,5	1

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВт}, \quad (94)$$

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (60 + 8.5 \cdot 0.93^2) = 134.7 \text{ кВт}.$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \cdot \left(\frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{нт} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{нт} \cdot K_3^2 \right), \text{ квар}, \quad (95)$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \cdot (1 \cdot 100 + 9.5 \cdot 100 \cdot 0.93^2) = 1843.3 \text{ квар}.$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{тГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} \cdot T_{вкл} + \tau \cdot \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВтч}, \quad (96)$$

$$\Delta W_{тГПП} = 2 \cdot (60 \cdot 6000 + 4712.8 \cdot 8.5 \cdot 0.93^2) = 789293.7 \text{ кВтч}.$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (97)$$

$$T_{вкл} = 6000 \text{ ч},$$

$$T_M = 4140 \text{ ч},$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4140}{10000} \right) \cdot 8760 = 4712.8 \text{ ч}.$$

При данном анализе наблюдаем, что один трансформатор ТДН-10000-35/10 по сравнению с двумя трансформаторами ТМН-6300-35/10 составляет внушительную долю потерь мощности до 41%, можем с уверенностью сказать, что точность технических решений, способствует уменьшению капитальных затрат, так же наиболее эффективно выбранные трансформаторы, приносит меньше потерь мощности.

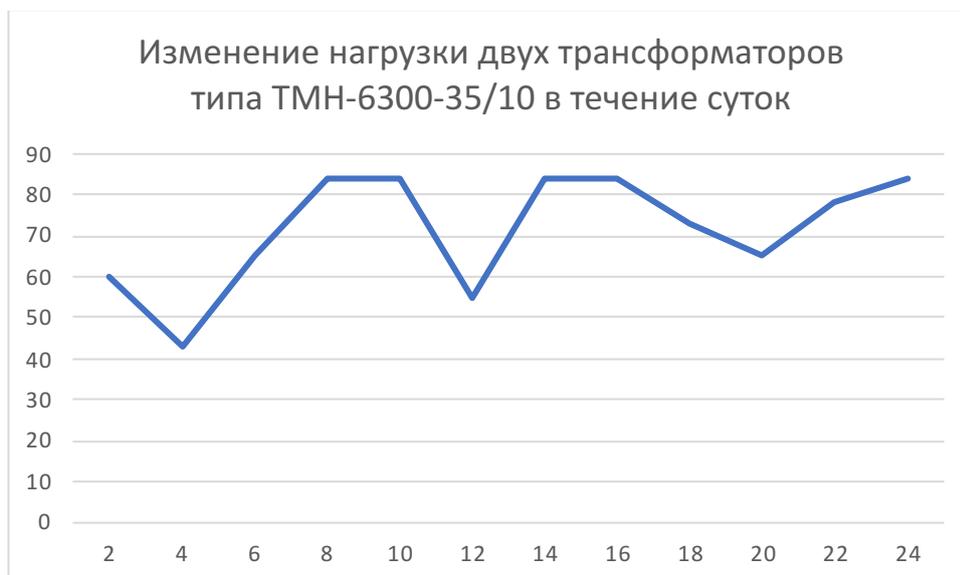


Рисунок 9 – Изменение нагрузки двух трансформаторов в течение суток



Рисунок 10 – Изменение нагрузки одного трансформатора в течение суток

Так же один из способов снижения потерь мощности это мероприятие отключению одного трансформатора типа ТМН-6300-35/10 (например, в ночное время), с переводом нагрузки на другой трансформатор того же типа ТМН-6300-35/10.



Рисунок 11 – Изменение нагрузки трансформатора в течение суток

Так же потери мощности основных разновидностей силовых трансформаторов, являются потери холостого хода. Решение данной проблемы обуславливается тремя факторами:

- Применение усовершенствованных марок стали;
- Улучшать технологию производства магнитных систем;
- Усовершенствование конструкции сердечника.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе производятся расчеты для разработки надежной, экономичной, безопасной системы электроснабжения обогатительной фабрики, так же способы снижения потерь мощности в трансформаторах, что является экономически и технологически важным аспектом для обогатительной фабрики.

В основной части дипломной работы произведен расчет электрических нагрузок по обогатительной фабрике, в результате выбрано напряжение внешнего электроснабжения, по технико-экономическим выбраны два трансформатора ТМН 6300 35/10. Рассчитаны токи короткого замыкания в относительных единицах, тем самым производится выбор высоковольтной защитной аппаратуры, для компенсации реактивной мощности в цеховых сетях выбраны батареи конденсаторов типа УКМ-0,38-220Н.

В специальной части дипломной работы рассмотрены вопросы существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах, так же были рассмотрены факторы потерь мощности, и мы определили наиболее эффективные способы снижения потерь мощности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий:
- 2 Учебник для студентов высших учебных заведений /Б. И. Кудрин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
- 3 Киреева Э. А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.
- 4 Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник для проф. Учебных заведений. - М.,: Высшая школа, 2001.
- 5 Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для сред. проф. образования. -М., 2001.
- 6 Киреева Э. А. и др. Электроснабжение цехов промышленных предприятия. — М.: НТФ Энергопрогресс, Энергетик, 2003.
- 7 Правила устройства электроустановок. — СПб.: Издательство ДЕАН, 2001.
- 8 Малдыбаева Т. С., Манапова Г. Д. Электроснабжение предприятия. Алматы: Триумф «Т», 2013.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На _____ Дипломную работу _____
(наименование вида работы)
Абильмажинова Б.К.
(Ф.И.О. обучающегося)
05B071700 – Теплоэнергетика
(шифр и наименование специальности)

Тема: **Анализ существующих способов снижения потерь
мощности в трансформаторах в
системе электроснабжения (СЭС) предприятия**

Абильмажинов Б.К. приступил к выполнению дипломной работы
согласно графику. За время дипломирования показал себя специалистом,
умеющим заниматься поиском литературы для решения поставленных задач,
умеющим пользоваться справочной литературой, компьютерной техникой.

Дипломная работа выполнена в достаточном объеме, состоит из
пояснительной записки на 49 стр. машинописного текста.

Считаю, что дипломная работа Абильмажинова Б.К. заслуживает
оценки «хорошо» (90%), а ее автор – присвоения степени «бакалавр».

Научный руководитель
лектор

«26» мая 2022 г.



Малдыбаева Т.С.

(подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу Абильмажинова Б.К.
05B071700 – «Теплоэнергетика»

Тема: Анализ существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения (СЭС) предприятия

Представленный на рецензию дипломный проект содержит 2 раздела на 49 страницах компьютерного набора.

Дипломная работа соответствует заявленной теме и заданию. Пояснительная записка и листы графики проекта выполнены с соблюдением стандартов учебной организации и в достаточном объеме раскрывают тему работы.

При выполнении проекта автор грамотно выбрал оборудование и аппаратуру.

Содержание работы и качество его выполнения вполне соответствуют требованиям, предъявляемым к дипломным работам бакалавров.

Следует отметить в качестве замечаний следующее:

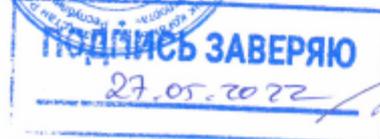
- не выполнен расчет по определению места расположения пункта приема электроэнергии (ГПП).

Однако замечания не снижают уровень выполненной работы и не влияют на его положительную оценку.

Дипломная работа выполнена на достаточно высоком уровне, заслуживает оценки «хорошо» (85%, В+), а Абильмажинова Б.К. - присуждения академической степени «бакалавр техники и технологии по специальности Теплоэнергетика».

Рецензент:

PhD, ассистент-профессор
кафедры «Энергетика»,
Академия логистики и транспорта



Калиев Ж.Ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Абильмажинов Буражан Кайратович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения предприятия

Научный руководитель: Толкын Малдыбасва

Коэффициент Подобия 1: 1.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 26

Интервалы: 0

Белые Знаки: 2

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

24.08.22



проверяющий эксперт
Малдыбасва Б.С.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Абильмажинов Буражан Кайратович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ существующих способов снижения потерь мощности в трансформаторах в системе электроснабжения предприятия

Научный руководитель: Толкын Малдыбаева

Коэффициент Подобия 1: 1.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 26

Интервалы: 0

Белые Знаки: 2

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: *Документ к защите*

Дата *27.05.2022*



Заведующий кафедрой *Сарсабаев Е.Н.*

Сарсабаев Е.Н.