

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Исатаев Ескендир Орынбасарулы

Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные
силовые трансформаторы

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071800 – «Электроэнергетика»

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ
Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

**ДОПУЩЕН К
ЗАЩИТЕ**

Заведующий
кафедрой,

PhD, ассоц. профессор



Е.А. Сарсенбаев
«10» июня 2021 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные
силовые трансформаторы

Специальность 5В071800 – «Электроэнергетика»

Выполнил



Исатаев Е. О.

Научный руководитель
лектор, маг.техн.наук



Т.С. Малдыбаева
«10» июнь 2021г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ
Институт дистанционного образования

Кафедра «Энергетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,
PhD, ассоц. профессор



Е.А.Сарсенбаев
«10» июня 2021 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающегося Исатаев Ескендир Орынбасарулы

Тема: «Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные силовые трансформаторы».

Утверждена приказом проректора университета №345 - П от «24» октября 2019г.

Срок сдачи законченной работы «11» июня 2021 г.

Исходные данные к дипломной работе: Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два параллельно работающих трансформатора мощностью по 63МВА, напряжением 115/10,5 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1250 МВА.

Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы:

- а) электроснабжение автомобильного завода;
- б) современные силовые трансформаторы;

Перечень графического материала: Графический материал подготовить в виде презентации

Рекомендуемая основная литература: 10 наименования.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Основная часть. Электроснабжение завода	20.04.2021г.	<i>Выполнено</i>
Эксплуатация силовых трансформаторов	10.05.2021г.	<i>Выполнено</i>

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	2021г.	
Специальная часть	Малдыбаева Т.С., лектор, маг.техн.наук	2021г.	
Нормаконтроль	Бердибеков А.О., сениор-лектор	2021г.	

Научный руководитель _____  _____ Малдыбаева Т.С.

Задание принял к исполнению обучающийся _____  _____ Исатаев Е.О
(подпись)

Дата « 03 » февраля 2021 г.

АҢДАТПА

Дипломдық «Қуат трансформаторларының жұмысы. Заманауи энергия тиімді трансформаторлар »тақырыбында дипломдық жұмыста күштік трансформаторлардың жұмыс істеу ережелері келтірілген, компенсациялық қондырғыларды есептеу және таңдау әдістері, сонымен қатар кәсіпорынның электрмен жабдықтау схемалары және толық тарату қондырғысының мысалы келтірілген.

Ерекше бөлімде техникалық-экономикалық салыстыру, трансформаторлардың реактивті қуатын өтеу, сондай-ақ цехтардың қуат сыйымдылығын есептеу қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа написана по теме «Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные силовые трансформаторы», в дипломной работе приведены правила эксплуатации силовых трансформаторов методы расчета и выбора компенсирующих устройств, а так же разобраны схемы электроснабжения предприятия и пример комплектно распределительного устройства.

В специальной части рассмотрено технико-экономическое сравнение, компенсация реактивной мощности трансформаторов, так же произведен расчет силовой мощности по цехам.

ANNOTATION

This thesis was written on the topic "Operation of power transformers. Modern energy-efficient power transformers", in the thesis the rules of operation of power transformers are given, methods of calculation and selection of compensating devices, as well as the power supply schemes of the enterprise and an example of a complete switchgear are disassembled.

In a special part, a technical and economic comparison, compensation of reactive power of transformers is considered, as well as a calculation of power capacity in workshops

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Расчет электрических нагрузок по автомобильному заводу	7
1.1 Исходные данные к дипломной работе	7
1.2 Расчет осветительной нагрузки завода	9
1.3 Расчет электрических нагрузок по цехам завода	9
1.4 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности 0,4 кВ	16
1.5 Распределение $Q_{\text{нбк}}$ пропорционально реактивной нагрузке ТП	19
1.6 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу	19
2 Специальная часть.	24
2.1 Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные трансформаторы	24
2.2 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	
2.2.1 Первый вариант внешнего электроснабжения	26
2.2.2 Второй вариант внешнего электроснабжения	32
Заключение	38
Список литературы	39

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные силовые трансформаторы.

Эксплуатация силовых трансформаторов, как и всего современного оборудования несет в себе определенный вред для здоровья и жизни деятельности человека. При создании любого электрооборудования соблюдаются правила и техника безопасности в работе с ним, такие средства необходимы для обеспечения безопасности в работе с данным оборудованием, так же завод или предприятие устанавливает свои требования по работе с оборудованием для более высокой безопасности персонала работающего с данным техническим оборудованием, такие меры необходимы для предотвращения аварийных ситуаций в работе с трансформатором.

Известно что на многих заводах и предприятиях все еще функционируют и работают довольно устаревшие и не экономичные варианты техники по нынешним меркам.

В наше время трансформатор это – одно из самых востребованных и важных устройств влияющее на энергообеспечение населения. Передача, распределение и потребление выработанной энергии должны производиться и передаваться с высокой экономичностью и энергоэффективностью, что устаревшие трансформаторы делают хуже своих нынешних аналогов, так как нынешние силовые трансформаторы обладают более экономичными и высокими показателями преобразования энергии.

Расчет электрических нагрузок предприятий

1.1 Исходные данные к дипломной работе:

- 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 параллельно работающих трансформатора мощностью по 63МВА, напряжением 115/10,5 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1250 МВА.
- 4) Расстояние подстанции энергосистемы до завода 1,1 км.
- 5) Фабрика работает в две смены.

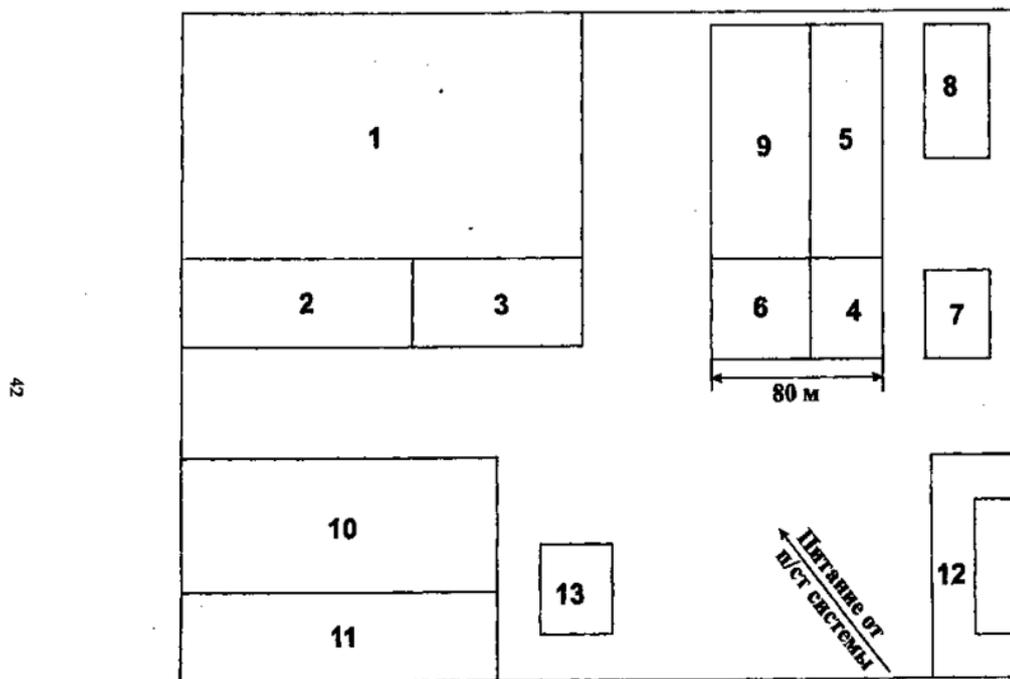


Рисунок 19 - Генплан к заданию № 19

Рисунок 1-Генеральный план автомобильного завода

**Таблица 1-Сведения об электрических нагрузках по цехам
автомобильного завода**

№ по плану	Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность	
			Одного ЭП Рн, кВт	Суммарная Σ Рн, кВт
1	2	3	4	5
1	Цех шасси и главного конвейера	500	1/200	18000
2	Моторный цех	280	4/150	8300
3	Прессово-кузновой цех	180	10/150	5600
4	Термический цех	47	7/150	700
5	Цех топливной аппаратуры	100	1/40	2800
6	Экспериментальный цех	80	1/100	1200
7	Склад масел и химикатов	10	1/40	110
8	Дерево перерабатывающий цех	100	1/40	2100
9	Сварочно-заготовительный цех	150	1/80	4100
10	Литейный цех серого чугуна:	70	1/150	6600
	а) 0,4 кВ			
	б) ДСП 12т	4	По каталогу	
11	Литейный цех цветных металлов:	100	1/80	3500
	а) 0,4 кВ			
	б) ДСП 6т	2	По каталогу	
12	Заводоуправление, столовая	50	1/80	500
13	Компрессорная:			
	а) 0,4 кВ	15	1/30	230
	б) СД 10 кВ	4	4000	16000

Таблица 2-Расчет осветительных нагрузок

№ № по плану	Наименование производственного помещения	Размеры помещения, длина (м) × ширина (м)	Площадь помещения, м ²
1	Цех шасси и главного конвейера	210x108	22680
2	Моторный цех	110x42	4620
3	Прессово-кузовной цех	81x42	3402
4	Термический цех	42x37	1554
5	Цехтопливной аппаратуры	112x37	4144
6	Экспериментальный цех	42x43	1806
7	Склад масел и химикатов	30x42	1260
8	Деревообрабатывающий цех	63x30	1890
9	Сварочно-заготовительный цех	112x43	4816
10	Литейный цех серого чугуна: а) 0,4 кВ;	150x64	9600
	б) ДСП 12 т		
11	Литейный цех цветных металлов: а) 0,4 кВ;	150x41	6150
	б) ДСП 6 т		
12	Заводоуправление, столовая	40x108	4320
13	Компрессорная:	37x25	925
	а) 0,4 кВ;		
	б) СД 10 кВ		

1.2 Расчет электрических нагрузок по предприятию.

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

- 1) В графе 1 проставляем номера цехов;
- 2) В графе 2 наименование цехов;
- 3) В графе 3 записываем количество электроприёмников;
- 4) В графе 4 записываем номинальную установленную мощность наименьшего и через тире наибольшего по мощности из электроприемников;

5) В графе 5 записываем суммарную установленную мощность электроприемников;

6) Графа 6 число m , определяемое по формуле:

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

где

$P_{н.макс}$, $P_{н.мин}$ – Номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников. Если m больше 3, то эффективное число электроприемников определяется по формуле, если m меньше 3, то эффективное число электроприемников принимается равным фактическому $n_{эф} = n$

7) Графа 7 значение коэффициента использования;

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

9) В графе 9 подсчитываем среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену:

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

где

$K_{и}$ – коэффициент использования, значения которого выбирается справочнику;

$P_{н}$ – номинальная активная нагрузка.

10) В графе 10 подсчитывается средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену по формуле:

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

где

$P_{см}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

$\operatorname{tg} \varphi$ – реактивный коэффициент мощности, определяется по известному $\operatorname{Cos} \varphi$

11) В графе 11 подсчитываем эффективное число электроприемников по упрощенной формуле:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \sum P_{н}}{P_{н.макс}}, \quad (4)$$

12) Графа 12 коэффициент максимума $K_{м}$ определяем в зависимости от эффективного числа электроприемников и коэффициента использования $K_{и}$.

13) Графа 13 максимальная активная нагрузка от силовых электроприемников:

$$P_p = K_M \cdot P_{cm}, \quad (5)$$

где

K_M – коэффициент максимума;

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

14) Графа 14 максимальная реактивная нагрузка от силовых электроприемников:

$$Q_p = Q_{cm} \text{ при } n_{\text{э}} > 10, \quad (6)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm} \text{ при } n_{\text{э}} \leq 10, \quad (7)$$

15) Графа 15 полная максимальная нагрузка, определяемая по формуле:

$$S_p = \sqrt{Q_{p0,4}^2 + P_{p0,4}^2}, \quad (8)$$

где:

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

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

16) Графа 16- расчетный максимальный ток определяется по формуле для трехфазного тока

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3}U_H}, \quad (9)$$

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

Таблица 3– Расчет силовых нагрузок по цехам завода

№	Наименование цехов и групп ЭП	Кол-во ЭП n	Номинальная мощность		m	Ки	cosφ/ tgφ	Средняя нагрузка		пэ	Км	Расчетная мощность			I _p , кА
			P _{min} -P _{max} кВт	∑P _n 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	14	15	15	16
1	Цех Шасси главного конвейера	500	1-200	18000	>3	0,35	0,88	6300	5544	180	1,06	6804	5544	8776,7	13,3
	Осветительная											680,4	554,4	877,67	
	Итого											74,4	6098,4	9654,3	
2	Моторный цех	280	4-150	8300	>3	0,35	0,88	2556	2369,6	110	1,09	2786,0	2369,6	2786,4	4,2
	Осветительная											278,60	236,96	278,64	
	Итого											3064,6	2635,6	3065	
3	Прессово-кузовной цех	180	10-150	5600	>3	0,35	1,17	1960	2293	74	1,11	2175,6	2293	3160,8	4,8
	Осветительная											217,56	229,3	316,08	
	Итого											2393,1	2522,3	3476,8	
4	Термический цех	47	7-50	700	>3	0,6	1,02	420	428	28	1,13	474,6	428	639	0,97
	Осветительная											47,46	42,8	63,9	
	Итого											522,06	470,8	702,9	
5	Цех топливной аппаратуры	100	1-40	2800	>3	0,6	0,88	1400	1232	28	1,08	1512	1232	1950	2,9
	Осветительная											151,2	123,2	195	
	Итого											1663,2	1355,2	2145	
6	Экспериментальный цех	80	1-100	1200	>3	0,6	0,7	480	336	28	1,19	571,2	336	336,8	0,5
	Осветительная											57,12	33,6	33,68	

продолжение таблицы 3 расчет силовых нагрузок по цехам завода

	Итого											626,32	369.6	370,48	
7	Склад масел и химикатов	10	10-40	110	>3	0,5	1,02	66	67,3	100	1,37	90,42	74,03	115,6	0,17
	Осветительная											9,042	7.403	11,56	
	Итого											99,84	81.433	127,16	
8	Деревообрабатывающий цех	100	1-40	2100	>3	0,4	0,75	1470	1102,5	30	1,05	1543	1102,5	1896	2,88
	Осветительная											154,3	110.25	189,6	
	Итого											1697,3	1212.75	2085	
9	Сварочно-заготовительный цех	150	1-80	4100	>3	0,6	1,02	3280	3345,6	5,5	1,04	3411,2	3345,6	4778	7,25
	Осветительная											341,12	334.56	477,8	
	Итого											3752,3	3680.1	5255,8	
10	Литейный цех серого чугуна а)0.4кв	70	1-150	6600	>3	0,7	1,17	4620	5405,4	70	1,06	4897,2	5405,4	7293,8	11,08
	Осветительная											489,72	540.54	729,38	
	Итого											5386,9	5945.9	8023,1	
11	Литейный цех цветных металлов а)0,4кВ;	100	1-80	3500	>3	0,7	0,48	2450	1176	87	1,05	2572	1176	2828,1	4,2
	Осветительная											257,2	117.6	282,81	
	Итого											2829,2	1293.6	3110	
12	Заводоуправление, столовая	50	1-80	500	>3	0,6	1,02	200	204	100	1,36	272	204	340	0,5
	Осветительная											27,2	2.04	34	
	Итого											299,2	206.04	374	
13	Компрессорная 0.4кВ	15	1-30	230	>3	0,3	1,02	69	70,38	15	1,45	100,05	70,38	122,32	0,1
	Осветительная											10,005	7.038	12,232	

продолжение таблицы 3 расчет силовых нагрузок по цехам завода

	Итого											110,55	77.418	134,55	
14	Электроремонтный цех	30	2-12	125	>3	0,4	0,8	50	37,5	20	1,24	62	37,5		
	Осветительная											4,6	2,3		
	Итого											3752,3	3680.1	5255,8	
10	Литейный цех серого чугуна а)0.4кВ	70	1-150	6600	>3	0,7	1,17	4620	5405,4	70	1,06	4897,2	5405,4	7293,8	11,08
	Осветительная											489,72	540.54	729,38	
	Итого											5386,9	5945.9	8023,1	
11	Литейный цех цветных металлов а)0,4кВ;	100	1-80	3500	>3	0,7	0,48	2450	1176	87	1,05	2572	1176	2828,1	4,2
	Осветительная											257,2	117.6	282,81	
	Итого											2829,2	1293.6	3110	
12	Заводоуправление, столовая	50	1-80	500	>3	0,6	1,02	200	204	100	1,36	272	204	340	0,5
	Осветительная											27,2	2.04	34	
	Итого											299,2	206.04	374	
13	Компрессорная 0.4кВ	15	1-30	230	>3	0,3	1,02	69	70,38	15	1,45	100,05	70,38	122,32	0,1
	Осветительная											10,005	7.038	12,232	
	Итого											110,55	77.418	134,55	
14	Электроремонтный цех	30	2-12	125	>3	0,4	0,8	50	37,5	20	1,24	62	37,5		
	Осветительная											4,6	2,3		
	Итого											66,6	39,8	77,586	
	Освещение территории											2992,8	2594,9	3872,2	
	Итого на шинах 0,4 кВ											21928	25949,2	38722	
	Итого 0,4 кВ											32219,816	15925,1		

продолжение таблицы 3 расчет силовых нагрузок по цехам завода

	Σ ΔРТ , ΣΔ QT							416,1	6719,8						
	Нагрузка 0.4кВ											32635	22644,9		
	Компрессорная	4	630	2520	4	1000	4000				107 1	-514.8			
	ДСП 12т											9600	2128,9		
	ДСП 6т											3942,6	6324		
	СД(-)											13120	-8134		
	Итого по заводу											60369	13996,2	63594	

1.3 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 напряжение до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

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

$$N_{т.мин} = \frac{P_{р0,4}}{K_3 \cdot S_{н.тр}} + \Delta N, \quad (10)$$

где:

$P_{р0,4}$ – суммарная расчетная активная нагрузка;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего цехового числа;

$S_{н.тр}$ –нагрузок принятая номинальная мощность трансформатора выбирается по удельной плотности нагрузок:

$$P_{р0,4} = 21928,621 \text{ кВт}$$

$$K_3 = 0,7$$

$$S_{уд} = \frac{S_{р0,4}}{F_{цехов}}, \quad (11)$$

$$S_{уд} = \frac{21928,621}{67176} = 0,326 \text{ А}$$

Следовательно $S_{уд} > 0,3$ значит применяются трансформаторы мощностью 2500 кВА.

Принимаем $S_{н.тр} = 2500$

$$N_{т.мин} = \frac{P_{р0,4}}{K_3 \cdot S_{н.тр}} + \Delta N, \quad (12)$$

$$N_{т.мин} = \frac{21928,621}{0,7 \cdot 2500} + 0,9 = 12$$

$m = 1$, дополнительное число трансформаторов. Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m = 1$:

$$N_{тр.эк} = N_{мин тр} + T, \quad (13)$$

$$N_{\text{тр.эк}} = 12 + 1 = 13$$

Определим реактивную мощность для одного трансформатора:

$$Q_T = \sqrt{(N_{\text{тр.эк}} \cdot S_{\text{н.тр}} \cdot K_3)^2 - P_{\text{р}0,4}^2}, \quad (14)$$

$$Q_T = \sqrt{(18 \cdot 2500 \cdot 0,7)^2 - 29928,621^2} = 9824,84 \text{ квар.}$$

Отсюда мощность НБК равна:

$$Q_{\text{НБК1}} = Q_{\text{р}0,4} - Q_T, \quad (15)$$

$$Q_{\text{НБК1}} = 25949,24 - 9824,84 = 16124,4 \text{ квар.}$$

Определим дополнительную мощность НБК по условию потерь:

$$Q_{\text{НБК2}} = Q_{\text{р}0,4} - Q_{\text{НБК1}} - \gamma \cdot S_{\text{н.тр}} \cdot N_{\text{тр.эк}}, \quad (16)$$

Определим расчетный коэффициент $\gamma = f(K_1; K_2)$,

где $K_1 = 14$ – коэффициент потерь для энергосистемы Казахстана с числом рабочих смен равным 2.

$K_2 = 10$ – коэффициент при длине питающей линии $l = 0,5 \div 1$ км для трансформатора с $S_{\text{н.тр}} = 2500$ кВА.

Отсюда по кривым определим: $\gamma = 0,3$.

Тогда:

$$Q_{\text{НБК2}} = 25949,24 - 16124,4 - 0,3 \cdot 2500 \cdot 18 = -3675,16 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{НБК}\Sigma} = Q_{\text{НБК1}} + Q_{\text{НБК2}}, \quad (17)$$

$$Q_{\text{НБК}\Sigma} = 16124,4 + 0 = 16124,4 \text{ квар.}$$

Определим мощность $Q_{\text{НБК}}$ на один трансформатор:

$$Q_{\text{НБК}} = 16124,4 / 18 = 895,8 \text{ квар.}$$

Выберем тип трансформатора ТМЗ-2500-6/10

Таблица 5-параметры трансформатора Выбираем УК-6\10Н-Л,П

Uвн, кВ	Uнн, кВ	Pxx, кВт	Pкз, кВт	Uк.з. %	Ixx. %
6	0,4	4,6	25	5,5	0,1

Таблица 6-Наспределение низковольтной нагрузки по цехам ТП

№ ТП S _{НОМ ТП.ОНБК}	№ цехов	Pp 0,4 , кВт	Qp0,4 , квар	Sp0,4 , кВА	Кз
1	2	3	4	5	6
ТП 1(2·2500)	1	7487,4	6098.4		
ТП 2(2·2500)	2	3064,6642	2635.6		
ТП3(2·2500)	3	2393,16	2522.3		
ΣSH = 6·2500= 15000кВА					
Q _{НБК} = 6·900= 5400 квар					
		12942	11256,3- 5400		
Всего		12942	5856,3	16196,25	1
2					
ТП 4(2·2500)	10	5386,9	5945.94		
ТП 5(1·2500)	11	2829,2	1293.6		
ТП6(1·2500)	13	110,55	77.418		
ΣSH = 4·2500 = 10000 кВА					
Q _{НБК} = 4·900= 3600квар					
		8326,65	7316,95- 3600		
Всего		8326,65	3716,95	11267,32	1
3					
ТП 7(3·2500)	4	522,06	470.8		
ΣSH = 3·2500= 8500 кВА	5	1663,2	1355.2		
Q _{НБК} = 4·900= 3600 квар	6	626,32	369.6		
	7	99,84	81.433		
	8	1697,3	1212.75		
	9	3752,32	3680.16		
	12	299,2	206.04		
		2992,86	2594,92		
	освещение				
			7376,1-3600		
Всего		8660,24	3776,1	11060,34	1

1.4 Распределим QpНБК пропорционально реактивной нагрузки ТП.

Исходные данные:

Qp0,4=25949.24квар; Q_{НБК}=16124,4 квар.

ТП1, ТП2 , ТП3:

Qp ТП1,2,3 =11256,3 квар, Qp_{НБК} ТП1,2,3=y

тогда:

$$Q_{\text{рнбк ТП1,2,3}} = \frac{Q_{\text{НБК}} \cdot Q_{\text{рТП1,2,3}}}{Q_{\text{Р 0,4}}}, \quad (18)$$

$$Q_{\text{рнбк ТП1,2,3}} = \frac{16124,4 \cdot 11256,3}{25949,24} = 6994,4 \text{ кВар}$$

то действительная мощность реактивная:

$$Q_{\text{ФАКТ}} \cdot 900 \\ 6 \cdot 900 = 5400 \text{ кВар},$$

а мощность некомпенсированная будет равной:

$$Q_{\text{НЕСК.}} = Q_{\text{рТП1,2}} - Q_{\text{ФАКТ}}, \quad (19)$$

$$Q_{\text{НЕСК}} = 11256,3 - 5400 = 5856,3 \text{ кВар.}$$

Для последующих групп ТП расчет проведем аналогично, и сведем в таблицу

Таблица 7-сводная таблица

№ ТП	Q _{рТП} квар	Q _{рНБК} ТПквар	Q _{факт.} НБК ТП квар	Q _{нескомп.} квар
ТП1, ТП2, ТП3	11256,3	6994,4	5400	5856,3
ТП4, ТП5, ТП6	7316,95	4546,6	3600	3716,95
ТП7, ТП8, ТП9	7376,1	4583,1	5400	3776,1

1.5 Уточненный расчет электрических нагрузок по автомобильному заводу

1.5.1 Найдём потери мощности в ЦТП

Выбираем тип трансформатора ТМЗ-2500-6/10 с параметрами:

$S_{\text{Н}} = 2500 \text{ кВА}$, $I_{\text{ХХ}} = 10,1 \%$, $U_{\text{КЗ}} = 5,5$, $U_{\text{ВН}} = 6 \text{ кВ}$, $U_{\text{НН}} = 0,4 \text{ кВ}$, $\Delta P_{\text{ХХ}} = 4,6 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{КЗ}} = 25 \text{ кВт}$.

ТП1, ТП2, ТП3: $K_3 = 0,7$; $N = 6$.

1) для ТП1, ТП2, ТП3: ($K_3 = 0,77$; $N = 4$)

$$\Delta P_{\text{Т}} = \Delta P_{\text{ХХ}} + K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{КЗ}} \text{ кВт}, \quad (20)$$

$$\Delta P_{\text{Т}} = (4,6 + 25 \cdot 0,7^2) \cdot 30,1 = 103 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{Т}} = 0,01 \cdot (\Delta I_{\text{ХХ}} \cdot S_{\text{Н}} + K_3^2 \cdot U_{\text{КЗ}} \cdot S_{\text{Н}}) \text{ кВар}, \quad (21)$$

$$\Delta Q_{\text{Т}} = 0,01 \cdot (1,4 \cdot 2500 + 5,5 \cdot 2500 \cdot 0,7^2) \cdot 4 = 319,8 \text{ кВар}$$

Дальнейшие расчеты для оставшихся ТП проведем аналогично, и сведем в таблицу.

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{1-11} = 103 + 150,5 + 180,6 = 416,1 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{1-11} = 3202 + 1599 + 1918,8 = 6719,8 \text{ кВар}$$

Таблица 8 – Суммарные потери в трансформаторах

№ ТП	ΔP , кВт	ΔQ , кВар
ТП1, ТП2, ТП3	103	150,5
ТП4, ТП5, ТП6	150,5	1599
ТП7, ТП8, ТП9	180,6	1978,8
Итого Σ	416,1	6719,8

1.6 Расчет мощности синхронных двигателей

Исходные данные: $P_{н\text{СД}} = 4000 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,85 \rightarrow \text{tg } \varphi = 0,48$;

$$N_{\text{СД}} = 4; \quad \kappa_3 = \beta = 0,85.$$

Расчетные мощности для СД:

$$P_{\text{рСД}} = P_{\text{нСД}} \cdot N_{\text{СД}} \cdot \kappa_3, \text{ кВт}, \quad (21)$$

$$P_{\text{рСД}} = 10 \cdot 0,85 = 5355 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{рСД}} = P_{\text{рСД}} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ кВар}; \quad (22)$$

$$Q_{\text{рСД}} = 5355 \cdot 0,48 = 2570,4 \text{ кВар}$$

1.7 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ

Составим схему замещения

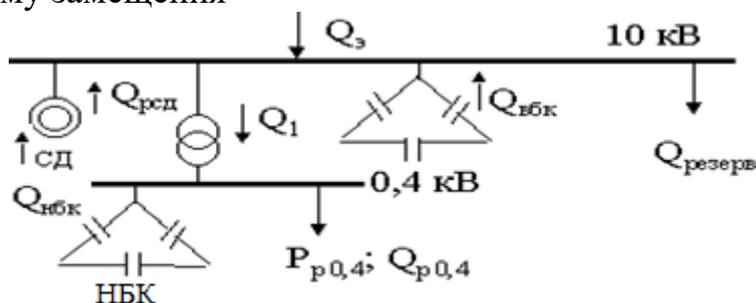


Рисунок 3- Схема замещения

Определим неизвестные компоненты:

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot \Sigma Q_{\text{расч}}, \text{ кВар}, \quad (23)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot (25949 + 6719,8) = 32668 \text{ кВар}.$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_3 = 0,23 \cdot \Sigma P_p = 0,23 \cdot (P_{\text{р0,4}} + \Delta P_m + P_{\text{сд}}), \quad (24)$$

$$Q_3 = 0,23 \cdot (29928,61 + 416,1 + 6800) = 7225,5 \text{ кВар}.$$

Теперь, зная величины всех реактивных мощностей можем составить баланс реактивной мощности:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_m + Q_{рез} - Q_{э} - Q_{сд}, \quad (25)$$

$$Q_{ВБК} = 25949 + 6719,8 + 3955,05 - 7225,5 - 16124,4 - 514,08 = 12759,9 \text{ квар.}$$

Так как $Q_{ВБК} < 200 \text{ квар}$, то ВБК не выбираем.

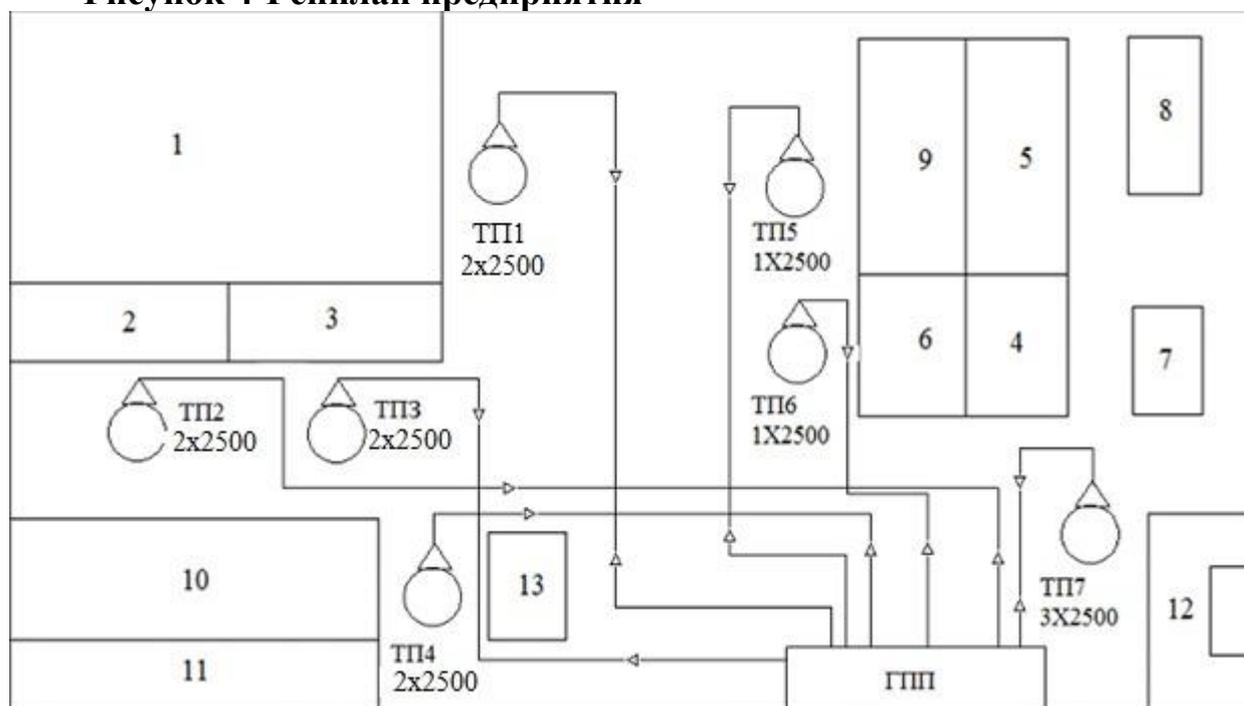
№№ТП, СНТ, QBK ТП	№№ цеха	n	Pn min - Pn max	P _н	Ки	Средняя мощность		n _э	K _м	Расчетные мощности			K _з	
						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ТП1,ТП2,ТП3 12500кВА Силовая: Освещение: QNBK Итого	1	500	1-200	18000	0,35	6300	5544							
	2	280	1-150	8300		2556	2369,6							
	3	180	10-150	5600		1960	2293							
		960	10-150	31900	0,35	10816	10206,6	319	1.04	11248,6 1124,84	10206,6 1020,66 -5400			
										12373	5827,26	13676,8	1	
ТП4, ТП5,ТП6 6400 кВА Силовая: Освещение: QNBK Итого	10	70	1-150	6600		4620	5405.4							
	11	100	1-80	3500		2450	1176							
	13	15	1-30	230		69	70.38							
		185	1-150	10330	0,69	7139	6651,78	137	1,11	7567,3 756,37	6651,34 655,178 -3600			
										8324,07	3716,9	9116,2	1	

продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП7 4800 кВа	4	47	7-50	700		420	428						
	5	100	1-40	2800		1400	1232						
	6	80	1-100	1200		480	336						
	7	10	10-40	110		66	67,3						
	8	100	1-40	2100		1470	1102,5						
	9	150	1-80	4100		3280	3345,6						
	12	50	1-80	500		200	204						
Силовая:		537	10-40	11510	0,6	7316	6715,4	230	1,06	7754	6715,4		
Освещение:										775,4	671,54		
QНБК											-3600		
Итого										963,6	6380,94	13171	1
Итого на шинах 0,4 кВ										32219,8	15925,1		
$\Sigma P_T, \Sigma Q_T$										416,1	6719,8		
Нагрузка 0,4 кВ, приведенная к шинам 10 кВ										32635,9	22644,9		
Всего по заводу										60369,5	13996,2	63594,8	

Таблица 9- Расчет уточненной мощности по химическому заводу
По полученным данным в ходе расчетов составил генплан предприятия и представил на рисунке 4

Рисунок 4-Генплан предприятия



По завершению Qнбк и расчетов реактивной мощности составили однолинейную схему, представленную на рисунке 5

Рисунок 5-Однолинейная схема электро снабжения

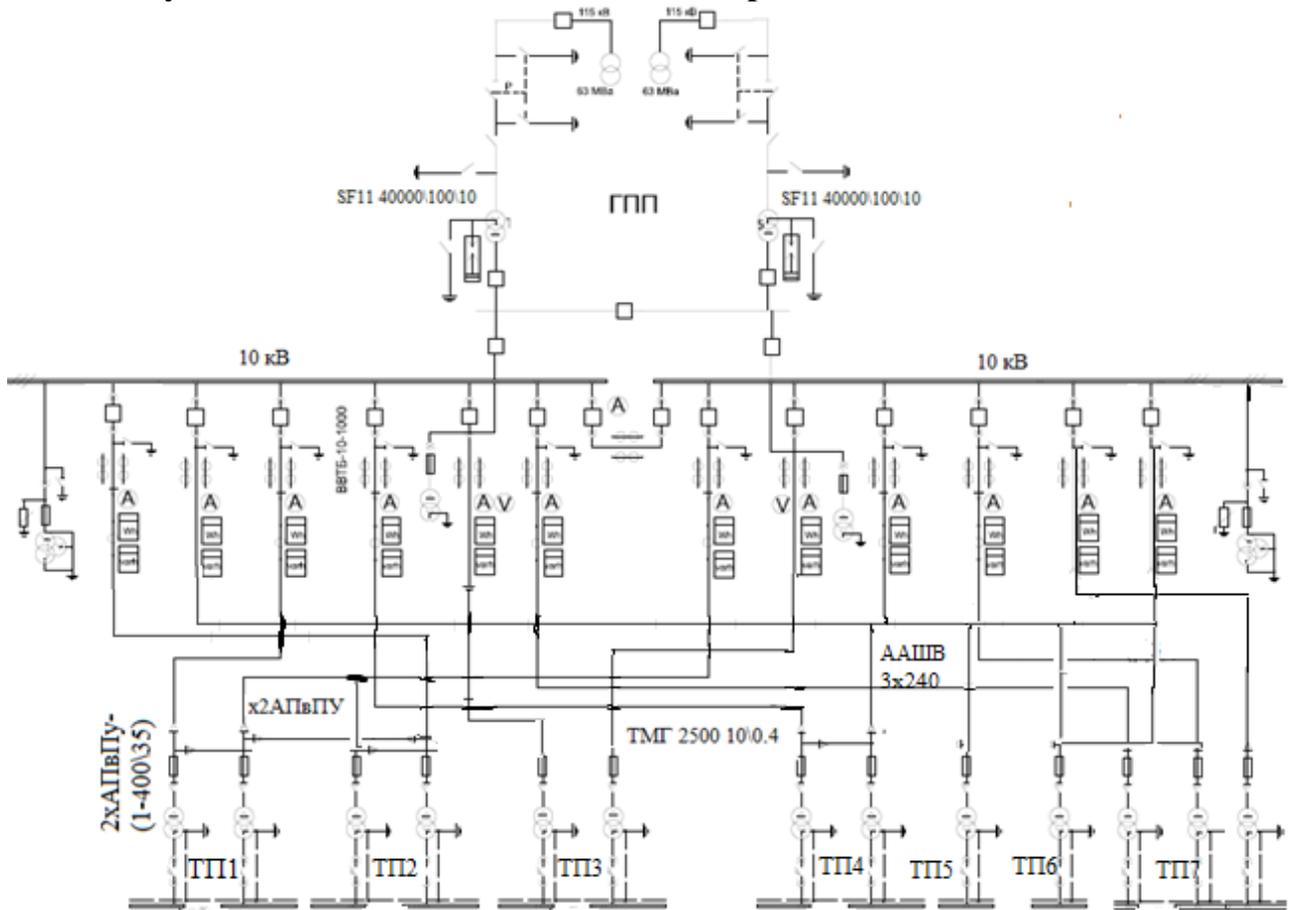


Таблица 10 устройства однолинейной схемы электроснабжения

Кабели 2хАПвПу-(1-400\35)
Трансформаторы ТМГ 2500\10\0.4 12 штук
Кабели 2хААШВ(3х240)
Трансформаторы тока ТШЛП-10У3
Трансформатор SF11 40000\110\10

2 Специальная часть

2.1 Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные трансформаторы:

Для начала эксплуатации трансформатора необходимо провести первоначальные теоретические расчеты, узнать о его перегрузочных способностях, о потерях электрических нагрузок, которые будут получены в ходе эксплуатации трансформатора, а также провести технико-экономический расчет оборудования.

Современные силовые трансформаторы являются более энергоэффективными нежели их предшественники, ведь они являются более улучшенной версией своих предшественников, с менее большими потерями энергии.

Для более того что бы увидеть энергоэффективность современного силового трансформатора, рассмотрим два варианта схем электроснабжения сравнив трансформатор старого типа, с трансформатором более современным.

2.2 Сравнение внешнего электроснабжения

2.2.1 Первый вариант внешнего электроснабжения

Выбираем трансформатор: ТРДНС - 63000/110/10 $U_{вн} = 115$ кВ; $U_{нн} = 10,5$ кВ; $U_k = 11,5$ %; $\Delta P_k = 250$ кВт; $\Delta P_{xx} = 50$ кВт; $I_{xx} = 0,3$ %.

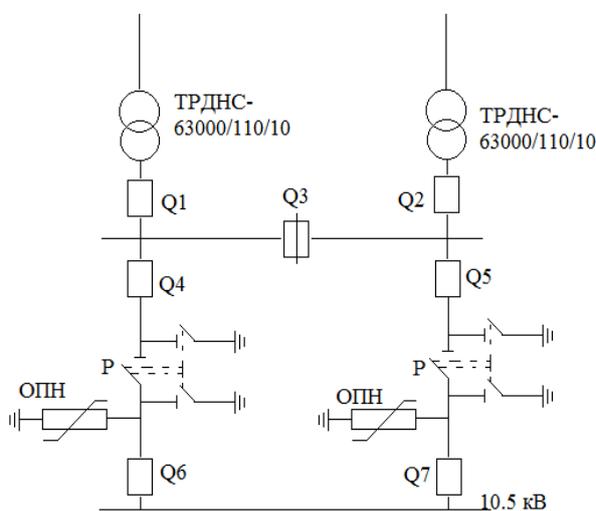


Рисунок 6-Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем ЛЭП 115 кВ.

$$S_{лэп} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{ТГПШ})^2 + Q_3^2}, \quad (26)$$

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(60369,5 + 166,8)^2 + 7225,5} = 60965,9 \text{ кВа}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 * \sqrt{3} * U_H}, \quad (27)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{60965,9}{\sqrt{3} * 100} = 319,9 \text{ А}$$

Токи аварийного режима:

$$I_{\text{ав}} = \frac{I_p}{2}, \quad (28)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{319,9}{2} = 159,9 \text{ А}$$

а) Определяем сечение проводников по экономической плотности тока:

$$F = \frac{I_p}{j}, \quad (29)$$

$$F = \frac{159,9}{1,1} = 145,36 \text{ мм}^2$$

где $j_{\text{эк}} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ - плотность тока для воздушных линий.

Выбираем провод 3хАС - 600/72 $I_{\text{доп}} = 1050 \text{ А}$ $r_0 = 0,051 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,485 \text{ Ом/км}$. Проверим выбранные провода по допустимому току.

$$3 * I_{\text{доп}} = 3 * 1050 = 3150 \text{ А} > I_p (379 \text{ А}), \quad (30)$$

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 * I_{\text{доп}} = 1,3 * 1050 = 1365 \text{ А} > I_{\text{ав}} (159,9 \text{ А}).$$

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 115 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп10}} = N * 3 * I_p^2 * R * 10^{-3} * \tau \quad (31)$$

$$\Delta W_{\text{лэп10}} = 2 * 3 * 379^2 * 0,0561 * 10^{-3} * 2783 = 4690 \text{ МВтч}$$

где $R = r_0 * L = 0,051 * 1,1 = 0,0561 \text{ Ом}$ $r_0 = 0,051 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС - 600/72

Выбор высоковольтной аппаратуры:

На рисунке 5 приведена схема для расчета токов к.з. в относительных единицах

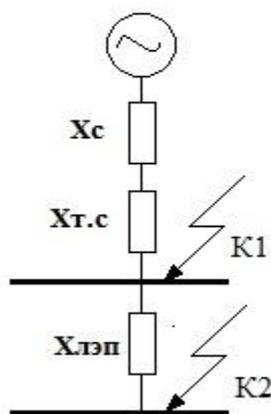


Рисунок 7 Схема замещения расчета короткого замыкания

$S_6 = 1000 \text{ МВА}$, $S_{кз} = 1250 \text{ МВА}$, $U_6 = 10,5 \text{ кВ}$.

$$X_{Л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} \quad (32)$$

$$X_{Л} = 0.4 \cdot 1,1 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0.03 \text{ о.е.}$$

$$X_{T.c} = \frac{U_k\%}{X_c + X_{T.c}} \quad (33)$$

$$X_{T.c} = \frac{11,5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1,79$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (34)$$

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

Действующее значение тока в токах K1 , K2

$$I_{K1} = \frac{I_6}{X_c + X_{T.c}}, \quad (35)$$

$$I_{K1} = \frac{5.02}{0.8 + 1.79} = 1.93 \text{ кА}$$

$$I_{K2} = \frac{I_6}{X_c + X_{T.c} + X_{лэп}}, \quad (36)$$

$$I_{K2} = \frac{5.02}{0,8 + 1,79 + 0.03} = 1.91 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ-1

$$K_{уд} * \sqrt{2} * I_{k-1} \quad (37)$$

$$K3-1 = 1.8 * \sqrt{2} * 1.93 = 4.9 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ-2

$$K_{уд} * \sqrt{2} * I_{k-2}$$

$$K3-2 = 1.8 * \sqrt{2} * 1.91 = 4.8 \text{ кА}$$

Мощность в точке К1

$$K1 = \sqrt{3} * U_H * I_{k-1}, \quad (38)$$

$$K1 = \sqrt{3} * 115 * 1.93 = 384.4 \text{ МВА}$$

Мощность в точке К2

$$K2 = \sqrt{3} * U_H * I_{k-2}$$

$$K2 = \sqrt{3} * 115 * 1.91 = 380 \text{ МВА}$$

Производим выбор высоковольтной аппаратуры:
Рассчитаем аварийный ток для трансформатора

$$I_p = \frac{S_{лп}}{\sqrt{3} * U_H}, \quad (39)$$

$$I_p = \frac{63000}{\sqrt{3} * 115} = 316 \text{ А}$$

Рабочий ток:

$$I_{ав} = \frac{I_p}{2}, \quad (40)$$

$$I_{ав} = \frac{316}{2} = 158 \text{ А.}$$

Выбор высоковольтных выключателей производится по следующим условиям:

МКП - 110Б - 630 - 20У1/16

Таблица 11-выбираем выключатель

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_H = 110 \text{ кВ}$	$U_p = 110 \text{ кВ}$	$U_H \geq U_p$
$I_H = 1000 \text{ А}$	$I_{ав тр сист} = 306 \text{ А}$	$I_H \geq I_{ав тр сист}$
$I_{откл} = 10 \text{ кА}$	$I_{к1} = 6,3 \text{ кА}$	$I_{откл} \geq I_{к1}$
$I_{дин} = 50 \text{ кА}$	$i_{уд1} = 16,02 \text{ кА}$	$I_{дин} \geq i_{уд1}$

РНД32 - СК - 110 - 1000У1/13:

Таблица 12-данные разъединителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=115$ кВ $I_n=1000$ А Искв.ампл.=63 кА Ипред.терм. ст.=25 кА	$U_p=115$ кВ $I_{ав}=96$ А $i_{уд2}=15,37$ кА $I_{к2}=6,04$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $Искв.ампл. \geq i_{уд2}$ $Ипред.терм. ст \geq I_{к2}$

Выбранный тип разъединителя соответствует требованиям условия.

ОД - 110/1000 УХЛ1/13

Таблица 13-данные отедлителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=115$ кВ $I_n=1000$ А Искв.ампл.=80 кА Ипред.терм. ст.=12,5 кА	$U_p=115$ кВ $I_{ав}=306$ А $i_{уд2}=15,37$ кА $I_{к2}=6,04$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $Искв.ампл. \geq i_{уд2}$ $Ипред.терм. ст \geq I_{к2}$

Соответствует данным требованиям

КЗ - 110 УХЛ1/13:

Таблица 14-данные короткозамыкателей

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=115$ кВ Искв.ампл.=80 кА Ипред.терм. ст.=12,5 кА	$U_p=115$ кВ $i_{уд2}=15,37$ кА $I_{к2}=6,04$ кА	$U_n \geq U_p$ $Искв.ампл. \geq i_{уд2}$ $Ипред.терм. ст \geq I_{к2}$

2.2.2 Определим капитальные затраты на оборудование:

1) Затраты на трансформаторы ГПП:

$$K_{тр ГПП} = 1 \times 60 = 60 \text{ млн.тг,} \quad (42)$$

2) Затраты на лэп 35 кВ:

$$K_{лэп35} = 1 \times K_{лэп} = 1.1 \times 4,52 = 4,972 \text{ млн.тг,} \quad (43)$$

3) Затраты на выключатели:

$$\sum K = 7 \times 8,1 = 56,7 \text{ млн.тг,} \quad (44)$$

4) Затраты на разъединители:

$$K_{\text{ввод}}=1 \times 315630=315630 \text{ тысяч тенге} \quad (45)$$

5) Суммарные затраты

$$K_I = K_{B1, B2} + K_{\text{ЛЭП}_{220}} + K_{\text{ввод}} + K_{\text{тр гпп}} \quad (46)$$

$$K_I = 60 + 4,972 + 56,7 + 315630 = 121987630 \text{ млн.тг}$$

Суммарные издержки рассчитываются по формуле

:

$$\Sigma I_I = I_a + I_{\text{пот}} + I_{\text{э}}, \text{ у.е.} \quad (47)$$

Амортизационные отчисления I_a :

$$I_a = E_a \cdot K, \quad (48)$$

Для ВЛ 35 кВ на железных опорах $E_a = 0,028$, для устройств и подстанции $E_a = 0,063$.

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$I_{a.\text{об.}} = E_{a.\text{об.}} \times K_{\text{об.}} = E_{a.\text{об.}} \times (K_{\text{тр}} + K_{\text{в}} + K_{\text{ввод}}) \quad (49)$$

$$I_{a.\text{об.}} = 0,063 \times (60 + 315630 + 4,972) = 4,412 \text{ млн.тг}$$

Амортизационные отчисления на ЛЭП:

$$I_{a.\text{ЛЭП}} = E_{a.\text{ЛЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}} \quad (50)$$

$$I_{a.\text{ЛЭП}} = 0,028 \times 56,7 = 1,5 \text{ млн.тг}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{эсп.обор}} = E_{\text{эсп.обор}} \times K_{\text{обор}} \quad (51)$$

$$I_{\text{эсп.обор}} = 0,063 \times 65,2 = 1,95 \text{ млн.тг}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{эсп.ЛЭП}} = E_{\text{эсп.ЛЭП}} \times \Sigma K_{\text{ЛЭП}} \quad (52)$$

$$I_{\text{эсп.ЛЭП}} = 0,028 \times 56,7 = 1,5 \text{ млн.тг}$$

При средней стоимости электроэнергии $C_o = 14 \text{ тг/кВт.ч}$, определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_o (\Delta W_{\text{тр.гпп}} + \Delta W_{\text{лэп10}}) \quad (53)$$

$$I_{\text{пот}} = 14 \times 592158 = 8,2 \text{ млн.тг}$$

Определим суммарные издержки:

$$\Sigma I_I = I_{\text{Эксп.л.ЭП}} + I_{\text{Пот}} + I_{\text{Эксп.обор}} + I_{\text{ал.ЭП}} + I_{\text{а.об}} \quad (54)$$

$$\Sigma I_I = 8.2 + 1.5 + 1.95 + 1.5 + 4.412 = 17.5 \text{ млн.тг}$$

Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$Z_I = E \times K_I + I_I \quad (55)$$

Где $E = 0,12$ - нормальный коэффициент капиталовложений.

$$Z_I = 0,12 \times 121987630 + 17500000 = 32,13 \text{ млн.тг}$$

2.2.3 Второй вариант схемы внешнего электроснабжения с современным силовым трансформатором.

Выбираем два трансформатора с мощностью 40000кВа типа SF11 40000\110\10

ВН - 115 кВ, НН - 6,3 кВ, $P_{\text{хх}} = 25 \text{ кВт}$ $P_{\text{к}} = 150 \text{ кВт}$

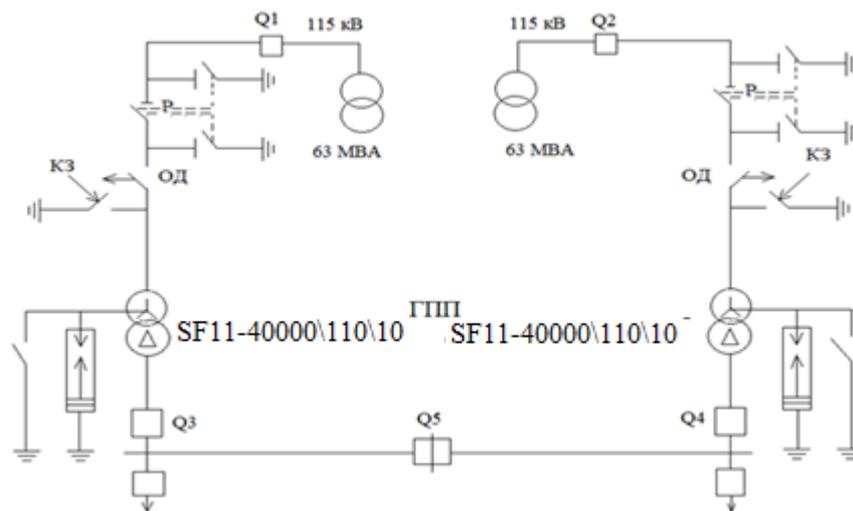


Рисунок 8-Второй Вариант схемы электроснабжения
Определим потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{\text{тр ГПП}} = 2 * (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} K_3^2) \quad (56)$$

$$\Delta P_{\text{тр ГПП}} = 2 * (25 + 150 * 0,8^2) = 166,8 - 351,28 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{тр ГПП}} = 2 * \left(\frac{0,7 * 40000}{100} + \frac{6,3 * 40000 * 0,8^2}{100} \right) = 2947 \text{ квар}$$

Время наибольших потерь:

$$\tau = (0,124 + T_M * 10^{-4})^{-2} * 8760 \quad (57)$$

$$\tau = (0,124 + 4370 * 10^{-4})^{-2} * 8760 = 2783 \text{ ч}$$

Убыток мощности активной в трансформаторах

:

$$\Delta W_{\text{тр.гпп}} = 2(\Delta P_{\text{хх}} * T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} * \tau * K_3^2) \quad (58)$$

$$\Delta W_{\text{тр.гпп}} = 2(25 * 3200 + 150 * 2783 * 0,8^2) = 587468 \text{ кВт} * \text{ч}$$

Выбираем ЛЭП 110 кВ.

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{Тгпп}})^2 + Q_3^2}$$

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(60369,5 + 166,8)^2 + 7225,5^2} = 60965,9 \text{ кВа}$$

Ток пробегающий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 * \sqrt{3} * U_{\text{н}}}$$

$$I_p = \frac{60965,9}{\sqrt{3} * 115} = 306 \text{ А}$$

Токи аварийного режима:

$$I_{\text{ав}} = \frac{I_p}{2}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{306}{2} = 153 \text{ А}$$

а) Определяем сечение проводников по экономической плотности тока:

$$F = \frac{I_p}{j}$$

$$F = \frac{153}{1,1} = 139 \text{ мм}^2$$

$j = 1,1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока для Казахстана;

Выбираем провод АС-150 с $I_{\text{доп}} = 445 \text{ А}$

б) на нагрев рабочим током: $I_{\text{доп.пров}} > I_p$. ($445 \text{ А} > 153 \text{ А}$)

г) по аварийному режиму:

$$1,3 * I_{\text{доп.пров}} > I_{\text{ав}},$$

$$(1,3 * 445 > 153 \text{ А})$$

Окончательно принимаем провод марки АС - 150/19, $I_{\text{доп}} = 445 \text{ А}$.

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 110 кВ:

Потери электроэнергии в ЛЭП найдем:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 * 3 * I_p^2 * R * 10^{-3} * \tau$$

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot 153^2 \cdot 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot 2783 = 429 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$$

где $R = r_0 \cdot L$

$$R = 0,46 \cdot 1,1 = 0.506 \text{ Ом},$$

где $r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}$ – удельная проводимость сталеалюминиевого провода сечением 90 мм^2 , $L = 1.1 \text{ км}$ – протяженность линии.

Выбор выключателей, разъединителей, отделителей и короткозамыкателей на напряжение 110 кВ.

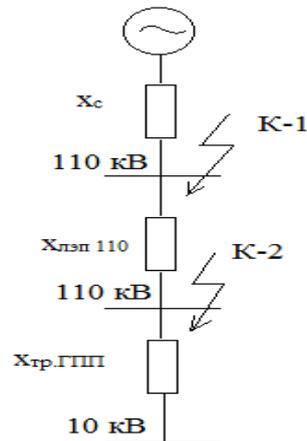


Рисунок 9-второй вариант схемы замещения короткого замыкания

Расчет токов к.з.

На рисунке 7 приведена схема замещения для расчета токов к.з.

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

$X_c = S_6 / S_{кз} = 1000 / 1250 = 0,8 \text{ о.е.}$,

$$X_{\text{л}} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2}$$

$$X_{\text{л}} = 0.4 \cdot 1,1 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,03 \text{ о.е.}$$

Действующее значение тока в точке К1-2:

$$k-1 = \frac{5,02}{0,8} = 6,3 \text{ кА}$$

$$k-2 = \frac{I_6}{x_c + x_{\text{лэп}}}$$

$$k-2 = \frac{5,02}{0,8 + 0,03} = 6,04 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ-1:

$$K_{\text{уд}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k-1} = KЗ-1$$

$$KЗ-1 = 1.8 \cdot 1414 \cdot 6.3 = 16.02 \text{ кА}$$

Ударный ток КЗ -2:

$$K_{уд} * \sqrt{2} * I_{к-2} KЗ-2$$

$$KЗ -2 = 1.8 * 1.414 * 6.04 = 15.37 \text{ кА}$$

Мощность в точке К1:

$$K-1 = \sqrt{3} * U_n * I_{к-1}$$

$$K-1 = 1.7 * 115 * 6.3 = 1254.87 \text{ МВА}$$

Мощность в точке К2:

$$K-2 = \sqrt{3} * U_n * I_{к-2}$$

$$K-2 = 1.7 * 115 * 6.04 = 1203 \text{ МВА}$$

После расчета токов короткого замыкания производим выбор аппаратуры:

Выбор высоковольтных выключателей производится по следующим условиям:

МКП - 110Б - 630 - 20У1/16

Таблица 15-данные выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 110 \text{ кВ}$ $I_n = 1000 \text{ А}$ $I_{откл} = 10 \text{ кА}$ $I_{дин} = 50 \text{ кА}$	$U_p = 110 \text{ кВ}$ $I_{автр сист} = 306 \text{ А}$ $I_{к1} = 6.3 \text{ кА}$ $i_{уд1} = 16.02 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{автр сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

РНД32 - СК - 110 - 1000У1/13:

Таблица 16-данные разеденителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 115 \text{ кВ}$ $I_n = 1000 \text{ А}$ $I_{скв.ампл.} = 63 \text{ кА}$ $I_{пред.терм. ст.} = 25 \text{ кА}$	$U_p = 115 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 96 \text{ А}$ $i_{уд2} = 15.37 \text{ кА}$ $I_{к2} = 6.04 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $I_{скв.ампл.} \geq i_{уд2}$ $I_{пред.терм. ст.} \geq I_{к2}$

ОД - 110/1000 УХЛ1/13

Таблица 17-данные отделителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=115$ кВ $I_n=1000$ А $I_{скв.ампл.}=80$ кА $I_{пред.терм. ст.}=12,5$ кА	$U_p=115$ кВ $I_{ав}=306$ А $i_{уд2}=15,37$ кА $I_{к2}=6,04$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $I_{скв.ампл.} \geq i_{уд2}$ $I_{пред.терм. ст} \geq I_{к2}$

Соответствует данным требованиям

КЗ - 110 УХЛ1/13:

Таблица 18-данные короткозамыкателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=115$ кВ $I_{скв.ампл.}=80$ кА $I_{пред.терм. ст.}=12,5$ кА	$U_p=115$ кВ $i_{уд2}=15,37$ кА $I_{к2}=6,04$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_{скв.ампл.} \geq i_{уд2}$ $I_{пред.терм. ст} \geq I_{к2}$

Расчет капитальных затрат по оборудованию проведем аналогично первому варианту и сведем в сравнительную таблицу 19.

Таблица 19-капитальные затраты на оборудование

Варианты	U_n , кВ	K_{Σ} , тыс.у.е.	I_{Σ} , тыс.у.е.	Z_{Σ} , тыс.у.е.
I	115	121,9	17,5	32,13
II	115	130,2	19,78	29,77

Исходя из зачета капитальных затрат на оборудование можем сделать вывод что второй вариант подходит нам больше.

Подведем итоги и сравним оба варианта схем электроснабжения на потери электроэнергии и сведем их в таблицу:

Таблица 20-Схемы внешнего электроснабжения и потери энергии

Варианты схем внешнего Э/С	Потери электрической энергии МВтч
I - вариант 110 кВ	454
II - вариант 110 кВ	429

Вывод: Исходя из итоговых расчетов схем электроснабжения, выбираем второй более экономичный и дешевый вариант, так как он подходит нам больше, что можно понять посмотрев на затраты оборудования и электроэнергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа посвящена эксплуатации силовых трансформаторов и современным энергоэффективным силовым трансформаторам на примере разбора автомобильного завода.

При известном числе электроприемников, вычислена их мощность методом упорядоченных диаграмм, нагрузка для завода на напряжении 0.4 кВ, а также произведена компенсация реактивной мощности на 0,4 кВ. Определил нагрузки по заводу в целом с учетом СД и потерь в ЦТП: $S_{p.зав}=35964$, кВА.

В специальной части работы рассмотрены два варианта внешнего электроснабжения. В ходе сравнения работы двух трансформаторов, можно сделать вывод, что современный трансформатор более энергоэффективен, чем его старый аналог. Для обоих вариантов внешнего энергоснабжения был произведен выбор высоковольтной аппаратуры. Так же в преимущества современного трансформатора вошла его экономическая составляющая, которая оказалась немногим дешевле в цене, и более энергосберегающей, так как потери ее электроэнергии составили всего 429МВтч.

Исходя из всего выше сказанного можем сделать вывод, что по мере износа старых трансформаторов, на эксплуатацию нужно своевременно вводить более современные аналоги, для сохранения большего количества электроэнергии и экономической составляющей в целом, не мало важную роль играет шум создаваемый трансформатором, его перегрузочная способность, габариты и пожароустойчивость, и перегревающая способность в современных трансформаторах эти параметры были доработаны и улучшены, это влияет на сохранность самого трансформатора и людей работающих с ним.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.-М.: Интермет Инжиниринг, 2007. -672 с.
- 2 Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. Ростов на/Д.: Феникс, 2004.
- 3 Электротехнический справочник: В 4 т./Под общ. ред. Герасимова и др. -М.: Издательство МИЭ, 2004 .
- 4 Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
- 5 Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности (ПТЭ и ПТБ)/ под ред. Парамонова А. И. - г. Алматы: Издательство Капитал, 2016. - 103 с.
- 6 Справочник по проектированию электроснабжения/под. ред. Ю.Г.Барыбина. - М.: Энергоатомиздат,1990.- с.123-129.
- 7 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию.Т.1, Т.2. Электроснабжение/ под.ред.А.А.Федорова.- М.,1986.- с.162-187.
- 8 Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/под.ред.Ю.Г.Барыбина,-М.: Энергоатомиздат,1990., с 238-245.
- 9 Надежность электроснабжения промышленных предприятий/ Е.А.Конюхова, Э.А. Киреева - М.: ТНФ «Энергопрогресс», «Энергетик»,2001., стр 42.
- 10 Электробезопасность. Теория и практика:учебное пособие для вузов/ П.А.Долин, В.Т.Медведева.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский дом МИЭ, 2008.-272с.
- 11 Казаков В.А. Электрические аппараты. Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений.- М.: ИП РадиоСофт, 2010.-372 с.:
- 12 Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ И.П. Крючков, Б.Н.Неклепаев, В.А.Старшинов и др.; под ред. И.П.Крючкова и В.А. Старшинова.-2-е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2006.-416с.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На _____ Дипломную работу _____
(наименование вида работы)
Исатаева Е.О.
(Ф.И.О. обучающегося)
05B071800 – Электроэнергетика
(шифр и наименование специальности)

**Тема: Эксплуатация силовых трансформаторов.
Современные энергоэффективные силовые
трансформаторы.**

Исатаев Е.О. 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 44 стр. машинописного текста.

Считаю, что дипломная работа Исатаев Е.О. заслуживает оценки «хорошо» (75%), а ее автор – присвоения степени «бакалавр».

Научный руководитель

лектор

(должность, уч. степень, звание)



Малдыбаева Т.С.

(подпись)

«9» июня 2021 г

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Исатаев Ескендир Орынбасарулы

Название: Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные силовые трансформаторы

Координатор: Толкын Малдыбаева

Коэффициент подобия 1:2.4

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв: 288

Интервалы: 7

Микропробелы: 138

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

..... *разрешается и защите*

..... *10.06.21*

Дата

..... *[Подпись]*

Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Исатаев Ескендир Орынбасарулы

Название: Эксплуатация силовых трансформаторов. Современные энергоэффективные силовые трансформаторы

Координатор: Толкын Малдыбаева

Коэффициент подобия 1:2.4

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:288

Интервалы:7

Микропробелы:138

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
..... обнаруженные в работе
..... заимствования являются добросовестными
.....
.....
.....

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

допускается к защите

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения