

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т.К. Басенова

Кафедра «Энергетика»

Қорғанбаев Дамир Тастанбекұлы

Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к
линиям

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т.К. Басенова

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

И.о. заведующего кафедрой
доктор PhD, ассистент профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«14» 05 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании,
подключенном к линиям»

по специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Выполнил

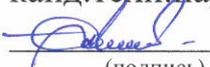


Қорғанбаев Д.Т.

Рецензент

АУЭС, зав. кафедрой «Электрические
машины и электропривод»,

канд.техн.наук

 Калиева К.Ж.

(подпись)

«13» 05 2019 г.

Научный руководитель

канд.техн.наук, сениор - лектор

 А.А.Жуматова

(подпись)

«13» 05 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т.К. Басенова

Кафедра «Энергетика»

5B071800 – Электроэнергетика

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой
доктор PhD, ассистент профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«28» 09 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Қорғанбаев Дамир Тастанбекұлы

Тема: Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям

Утверждена приказом проректора университета №1210 - б от «30»10 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «6» мая 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37 кВ. Мощность к.з. на стороне 230 равна 2000 МВА. Трансформаторы работают отдельно Расстояние от подстанции до завода 20 км. Завод работает в три смены.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

а) Расчет электрических нагрузок завода;

б) Техничко-экономический расчет;

в) Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям

Перечень графического материала: Графический материал представить в виде презентации

Рекомендуемая основная литература: 17 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
а) Расчет электрических нагрузок	11.03.2019	нет
б) Техничко-экономический расчет	18.03.2019	нет
в) Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям	13.04.2019	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	Жуматова А.А. к.т.н., сениор – лектор	13.04.19г.	<i>Жум</i>
Специальная часть	Жуматова А.А. к.т.н., сениор – лектор	13.04.19г.	<i>Жум</i>
Электробезопасность	Жуматова А.А. к.т.н., сениор – лектор	13.05.19г.	<i>Жум</i>
Нормоконтролер	Балгаев Н.Е. доктор PhD	19.05.19г.	<i>Балгаев</i>

Научный руководитель _____ *Жум* _____ Жуматова А.А.
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся _____ *Корганбаев* _____ Корганбаев Д.Т.
(подпись)

Дата « 25 » 02 _____ 2019 г.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс желіге қосылған жабдықта асқын кернеу мәселелерін зерттеуге арналған. Турбогенератор зауыты бойынша жалпы жүктеме есебі жүргізілді, цех трансформаторларының саны мен қуаты анықталды.

Бұл дипломдық жұмыста турбогенератор зауытын электрмен жабдықтау жүйесі әзірленді. Әзірлеу кезінде технологиялық процестің ерекшеліктері ескерілді. Электрэнергия 110 кВ ЭБЖ бойынша берілетін зауыт қоректендіруінің екінші нұсқасы болып табылатын, олардың ішінен экономикалық және техникалық тұрғыдан неғұрлым ұтымды таңдалып алынды. Өлшеу аспаптары, ток және кернеу трансформаторлары таңдалды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена исследованию вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям. Произведен расчет нагрузок по трансформаторному заводу в целом, определены число и мощности цеховых трансформаторов.

В данной дипломной работе была разработана система электроснабжения турбогенераторного завода. При разработке были учтены особенности технологического процесса. В ходе разработки системы питания завода было проведено технико-экономическое сравнение трех вариантов схемы внешнего электроснабжения, и из них выбран наиболее рациональный с экономической и технической точки зрения, которым является второй вариант питания завода, где электроэнергия передается по ЛЭП 110 кВ. Выбраны измерительные приборы, трансформаторы тока и напряжения.

ANNOTATION

Thesis is devoted to the study of overvoltage on the equipment connected to the lines. The calculation of loads on the transformer plant as a whole is made, the number and capacity of shop transformers are determined. In this thesis, a system of power supply of the turbogenerator plant was developed.

During the development, the features of the technological process were taken into account. During the development of the plant's power supply system, a technical and economic comparison of three variants of the external power supply scheme was carried out, and the most rational from an economic and technical point of view was chosen, which is the second variant of the plant's power supply, where electricity is transmitted via a 110 kV transmission line. Measuring instruments, current and voltage transformers are selected.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	
1	Исходные данные	
2	Проектирование системы электроснабжения	0
	Расчет осветительной нагрузки по цехам предприятия	0
.1	Расчет низковольтных электрических нагрузок по предприятию	1
.2	Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на шинах 0.4 кВ	9
.3	Определение потерь мощности в цеховых трансформатора	0
.4	Определение расчетных мощностей электроприемников 10кВ	1
.5	Определение расчетных мощностей синхронных двигателей	1
.5.1	Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10кВ	2
.6	ГПП	6
	Технико-экономическое сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения	6
.7	Вариант I – 220 кВ	6
.7.1	Вариант II – 110кВ	1
.7.2	Вариант III – 35кВ	7
.7.3	Выбор высоковольтного оборудования	2
.8	Специальная часть	2
	Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям	2
.1	Электробезопасность	8
	Заключение	0
	Список использованной литературы	1

ВВЕДЕНИЕ

Развитие народного хозяйства и промышленности диктует необходимость совершенствования электроэнергетики: создания экономичных надежных систем электроснабжения промышленных предприятий, систем автоматизированного управления электроприводами и технологическими процессами. Важнейшие задачи, решаемые энергетиками и энергостроителями, состоят в непрерывном увеличении объемов производства, в сокращении сроков строительства новых энергетических объектов и реконструкции старых, уменьшении удельных капиталовложений, в сокращении удельных расходов топлива, повышении производительности труда, в улучшении структуры производства электроэнергетики. В 1991 году начался процесс децентрализации и дезинтеграции ЕЭС и электроэнергетики, начался процесс реформирования отрасли. Но несмотря на это электрическая энергия, как и прежде, остается наиболее универсальной формой энергии. Она также служит основой технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства.

Основными потребителями электрической энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство городов и поселков. При этом на промышленные объекты приходится более семидесяти процентов потребления электроэнергии.

Электроэнергия применяется буквально во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы и для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электроискровой и электрозвуковой обработки материалов, электроокраски.

В системе цехового распределения электроэнергии широко используют комплектные распределительные устройства, подстанции и силовые токопроводы. Это создает гибкую и надежную систему распределения, в результате чего экономится большее количество проводов и кабелей. Широко применяют совершенные системы автоматики, а также простые и надежные устройства защиты отдельных элементов системы электроснабжения промышленных предприятий.

Основной задачей проектирования объектов электроснабжения является обеспечение высокой степени надежности и экономичности их. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий ведется с учетом использования новейших достижений науки и техники. Проектирование электроснабжения осуществляется в три стадии: технико-экономическое обоснование, технический проект, рабочие чертежи. Сооружаемые электроустановки должны обеспечить безопасность эксплуатации, надежность и экономичность. При проектировании эти показатели достигаются с помощью технико-экономических расчетов.

1 Исходные данные

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37 кВ. Мощность к.з. на стороне 230 равна 2000 МВА. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от подстанции до завода 20 км. Завод работает в три смены. Данные внесены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки

№	Наименование	Кол-во ЭП,п	Устан-ная мощность, кВт		Ки	cosφ	tgφ
			Одного ЭП,Рн	ΣРн			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Механический цех № 1	300	1-150	5500	0,35	0,65	1,17
2	Механический цех № 2	100	1-150	2500	0,35	0,65	1,17
3	Штамповочный цех	100	1-125	2100	0,5	0,8	0,75
4	Заготовительно-сварочный цех	50	1-50	980	0,4	0,6	1,0,8
5	Термический цех	48	5-40	500	0,6	0,65	1,17
6	Обмоточный цех	50	1-40	1000	0,4	0,7	1,02
7	Пропиточный сушильный цех	40	1-80	1200	0,35	0,8	0,75
8	Сборочный цех	40	1-50	600	0,4	0,8	0,75
9	Испытательная станция						
	а) 0,4кВ;	20	1-50	350	0,4	0,8	0,75
	б) СД 10 кВ	4	2000	8000			
10	Компрессорная						
	а) 0,4 кВ;	20	1-70	280	0,7	0,8	0,75
	б) СД 10 кВ	4	1250	5000			
11	Административно-технический корпус	50	1-40	550	0,5	0,8	0,75
12	Материальный склад	15	1-20	100	0,3	0,7	1,02
13	Столовая	40	1-50	350	0,4	0,9	0,48
14	Котельная	60	1-180	650	0,5	0,8	0,75

Освещение цехов и территории определить по площади.

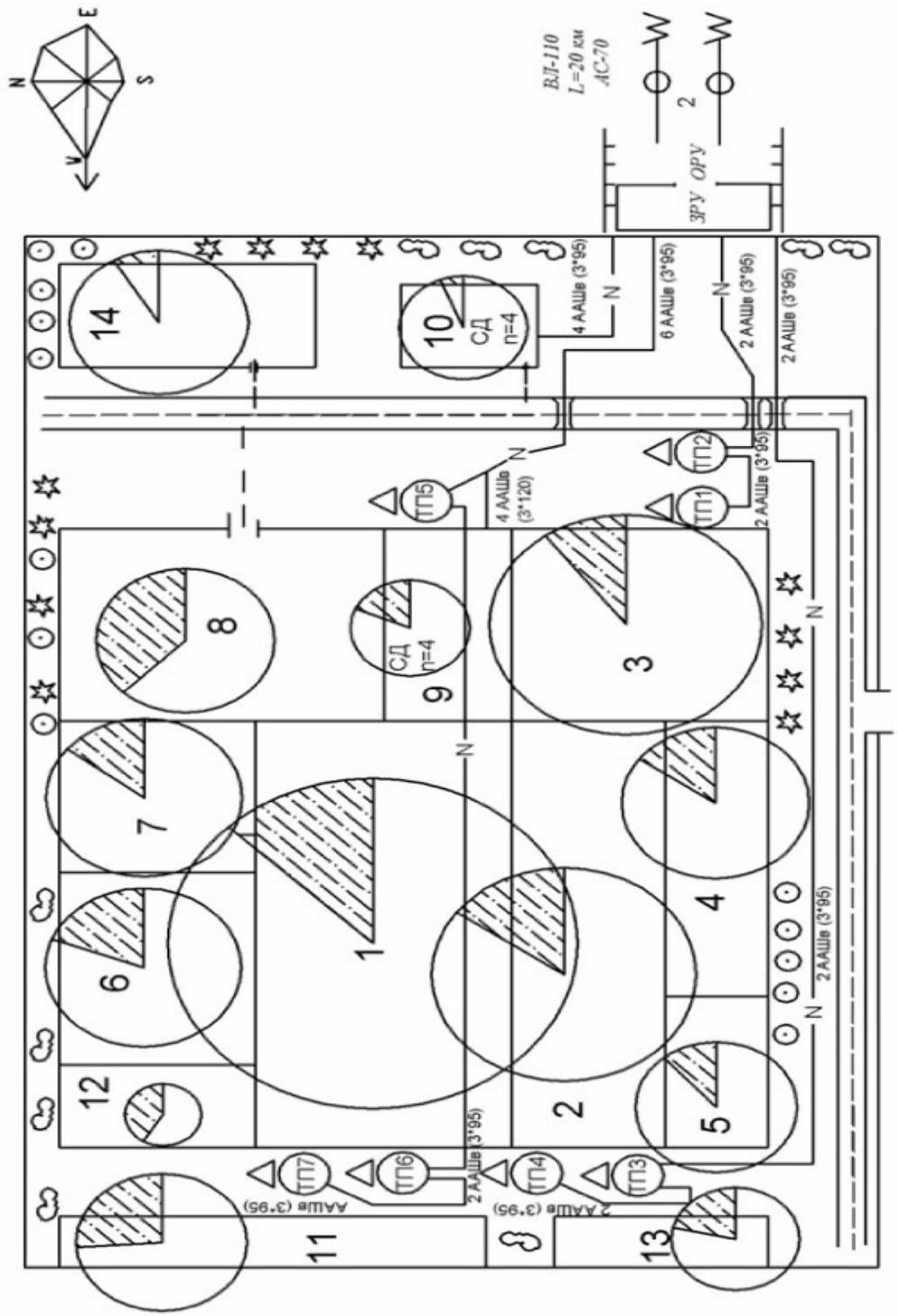


Рисунок 1.1 – Генеральный план предприятия

2 Проектирование системы электроснабжения

2.1 Расчет осветительной нагрузки по цехам предприятия

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

$$P_{po} = K_{co} \cdot P_{уст.o}, \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

$$Q_{po} = \text{tg}\varphi_o \cdot P_{po}, \text{ кВар}, \quad (2.2)$$

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

$\text{tg}\varphi_o$ - коэффициент реактивной мощности, определяется по известному $\text{cos}\varphi_o$ осветительной установки;

$P_{уст.o}$ - установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 м^2 поверхности пола и известной производственной площади:

$$P_{уст.o} = \rho_o \cdot F, \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

где F - площадь пола производственного помещения в м^2 ;

ρ_o - удельная расчетная мощность в кВт на 1 м^2 , величина ρ_o зависит от рода помещения.

Расчет осветительной нагрузки завода занесем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Расчет осветительной нагрузки по цехам предприятия

№	Наименование цехов	Размеры пом-я, дл.,шир	F, м ²	ρ_o , кВт/м ²	K_{co}	$P_{у.о.}$, кВт	$P_{р.}$, кВт	$Q_{р.}$, кВт	$\text{cos}\Phi_o / \text{tg}\Phi_o$	Тип лампы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Механический цех № 1	200x100	20000	0.016	0.95	320	304	152	0,9/0,5	Дрл
2	Механический цех № 2	200x60	12000	0,016	0,95	192	182,4	91,2	0,9/0,5	Дрл
3	Штамповочный цех	100x93,3	9300	0,015	0,95	139,5	132,5	66,2	0,9/0,5	Дрл
4	Заготовительно-сварочный цех	136,6 x47	6392	0,013	0,95	83,1	78,9	39,4	0,9/0,5	Дрл
5	Термический цех	70 x47	3290	0,014	0,95	46	43,7	21,8	0,9/0,5	Дрл
6	Обмоточный цех	93 x80	7440	0,015	0,95	111,6	106	53	0,9/0,5	Дрл

Продолжение таблицы 2.1

№	Наименование цехов	Размеры пом-я, дл.,шир	F,м ²	ρ _{о.} ,к В/м ²	Кс.о	Р _{у.о.} , кВт	Р _{р.} , кВт	Q _{р.} , кВт	cosΦ _о /tgΦ _о	Тип лампы
7	Пропиточный сушильный цех	80 x70	5600	0,016	0,95	89,6	85,1 2	42,5	0,9/0,5	Дрл
8	Сборочный цех	133x93	12369	0,015	0,95	185,5	176, 2	88,1	0,9/0,5	Дрл
9	Испытательная станция	93x47	4371	0,010	0,95	43,7	41,5	20,7	0,9/0,5	ЛЛ
10	Компрессорная	57x43	2451	0,010	0,6	24,51	14,7	7,35	0,9/0,5	Дрл
11	Административн о-технический корпус	167x47	7849	0,016	0,9	125,6	113, 04	56,5	0,9/0,5	ЛЛ
12	Материальный склад	80x47	3760	0,015	0,6	56,4	33,8 4	16,9	0,9/0,5	Дрл
13	Столовая	80x47	3760	0,015	0,9	56,4	50,7 6	25,3	0,9/0,5	ЛЛ
14	Котельная	100x53	5300	0,013	0,6	68,9	41,3 4	20,6	0,9/0,5	Дрл
15	Наружное освещение		60233	0,002	1,0	120,4	120, 4	60,2	0,9/0,5	Дрл

2.2 Расчет низковольтных электрических нагрузок по предприятию

Расчет электрических силовых нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам завода производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 2.2 Расчет силовой нагрузки напряжением 0.4 кВ.

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{m \cdot \pi}} \text{ мм}; \quad \alpha = \frac{P_{po}}{P_p} \cdot 360^\circ; \quad (2.4)$$

где R – радиус окружности соответствующий расчетной нагрузке, мм;
 α – угол сектора соответствующей осветительной нагрузке;
m – масштаб для определения площади круга, равный 0,05кВт/мм

Для цехов найдем:

$$m = \frac{P_{H \text{ макс}}}{P_{H \text{ мин}}}; \quad (2.5)$$

$$P_{cm} = K_H \cdot P_H, \text{ кВт}; \quad Q_{cm} = P_{cm} \cdot \text{tg}\varphi, \text{ квар}; \quad (2.6)$$

$$n_\varnothing = \frac{2 \sum P_H}{P_{H \text{ макс}}}; \quad (2.7)$$

$$K_M = f(n_s; \kappa_u); \quad (2.8)$$

$$P_p = K_M \cdot P_{CM}; \quad (2.9)$$

$$Q_p = Q_{CM} \text{ если } n_s > 10, \quad Q_p = 1,1Q_{CM} \text{ если } n_s \leq 10; \quad (2.10)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.11)$$

Таблица 2.2 - Расчет нагрузки напряжением 0,4кВ

№	Наименование	Кол-во ЭП, п	Ки	cos φ	tgφ	Устан-ная мощность, кВт		m	Средние мощности		пэ	Км	Расчетные мощности			R,с м	α, °
						Одног о ЭП,Р н	ΣРн		Рсм, кВт	Qсм, квар			Pr,к Вт	Qp,квар ар	Sp,кВА		
1	Механический цех №1																
	а)силовой	300	0,35	0,65	1,17	1-150	5500	> 3	1925	2252,2	74	1,1	2117,5	2252,2		4,8	45
	б)осветительный												304	152			
	Итого												2421,5	2404,2			
2	Механический цех №2																
	а)силовой	100	0,35	0,65	1,17	1-150	2500	> 3	875	1023,7	34	1,17	1023,7	1023,7		3,13	56
	б)осветительный												182,4	91,2			
	Итого												1206,1	1114,9			
3	Штамповочный цех																
	а)силовой	100	0,5	0,8	0,75	1-125	2100	> 3	1050	787,5	34	1,15	1207,5	787,5		3,2	36
	б)осветительный												132,5	66,25			
	Итого												1340	853,75			

Продолжение таблицы 2.2

№	Наименование	Кол-во ЭП, п	Ки	cos φ	tgφ	Устан-ная мощность, кВт		m	Средние мощности		пэ	Км	Расчетные мощности			R,см	α,°
						Одног о ЭП, Pн	ΣPн		Pсм, кВт	Qсм, квар			Pp,кВт	Qp,квар	Sp,кВА		
4	Заготовительно-сварочный цех																
	а)силовой	50	0,4	0,6	1,0 8	1-50	980	> 3	392	423,3	40	1,15	450, 8	423,3		2,2	54
	б)осветительный												78,9	39,45			
	Итого												529, 7	462,7 5			
5	Термический цех																
	а)силовой	48	0,6	0,6 5	1,1 7	5-40	500	> 3	300	351	25	1,14	342	351		1,9	41
	б)осветительный												43,7	21,85			
	Итого												385, 7	372,8 5			
6	Обмоточный цех																
	а)силовой	50	0,4	0,7	1,0 2	1-40	1000	> 3	400	408	50	1,13	452	408		2,3	69
	б)осветительный												106	53			
	Итого												558	461			
7	Пропиточный сушильный цех																
	а)силовой	40	0,3 5	0,8	0,7 5	1-80	1200	> 3	420	315	30	1,19	500	315		2,3	52

Продолжение таблицы 2.2

№	Наименование	Ко л- во ЭП ,п	Ки	cos φ	tgφ	Устан-ная мощность, кВт		m	Средние мощности		пэ	Км	Расчетные мощности			R,с м	α,°	
						Одно го ЭП,Р н	ΣPн		Pсм ,кВ т	Qсм, квар			Pp,к Вт	Qp,кв ар	Sp,кВА			
18 8	б)осветительный												85,1 2	42,56				
	Итого Сборочный цех												585, 12	357,5 6				
	а)силовой	40	0,4	0,8	0,7 5	1-50	600	>3	240	180	24	1,21	290, 4	180				
	б)осветительный													176, 2	88,1		2,1	136
	Итого													466, 6	268,1			
	9	Испытательная станция																
а)силовой		20	0,4	0,8	0,7 5	1-50	350	>3	140	105	14	1,32	184, 8	105				
б)осветительный														41,5	20,75		1,47	66
Итого														226, 3	125,7 5			
10	Компрессорная																	

Продолжение таблицы 2.2

№	Наименование	Кол-во ЭП, п	Ки	cos φ	tgφ	Устан-ная мощность, кВт		m	Средние мощности		пэ	Км	Расчетные мощности			R,см	α,°
						Одног о ЭП, Pн	ΣPн		Pсм, кВт	Qсм, квар			Pp,кВт	Qp,квар	Sp,кВА		
	а)силовой	20	0,7	0,8	0,75	1-70	280	>3	196	147	8	1,2	235,2	161,7		1,54	21
	б)осветительный												14,7	7,35			
	Итого													250	169		
11	Административно - технический корпус																
	а)силовой	50	0,5	0,8	0,75	1-40	550	>3	275	206,2	28	1,16	319	206,2		2	94
	б)осветительный												113,04	56,52			
	Итого												432	262,7			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
12	Материальный склад																
	а)силовой	15	0,3	0,7	1,02	1-20	100	>3	30	30,6	10	1,6	48	33,66		0,9	149
	б)осветительный												33,84	16,92			
	Итого												81,84	50,58			
13	Столовая а)силовой	40	0,4	0,9	0,4	1-50	350	>3	140	67,2	14	1,32	184,8	67,2		1,5	78

Продолжение таблицы 2.2

№	Наименование	Кол-во ЭП, п	Ки	cos φ	tgφ	Устан-ная мощность, кВт		m	Средние мощности		пэ	Км	Расчетные мощности			R,см	α,°
						Одног о ЭП,Рн	ΣРн		Рсм, кВт	Qсм, квар			Рр,кВт	Qр,квар	Sp,кВА		
	б)осветительный												50,7	25,38			
	Итого												235,56	92,58			
14	Котельная																
	а)силовой	60	0,5	0,8	0,75	1-180	650	>3	325	243,75	8	1,4	455	268,12			
	б)осветительный													41,34	20,67		2,17
	Итого												496,34	288,8			
	Освещение территории												120,46	60,23			
	Итого по заводу												9335	7345	11878		

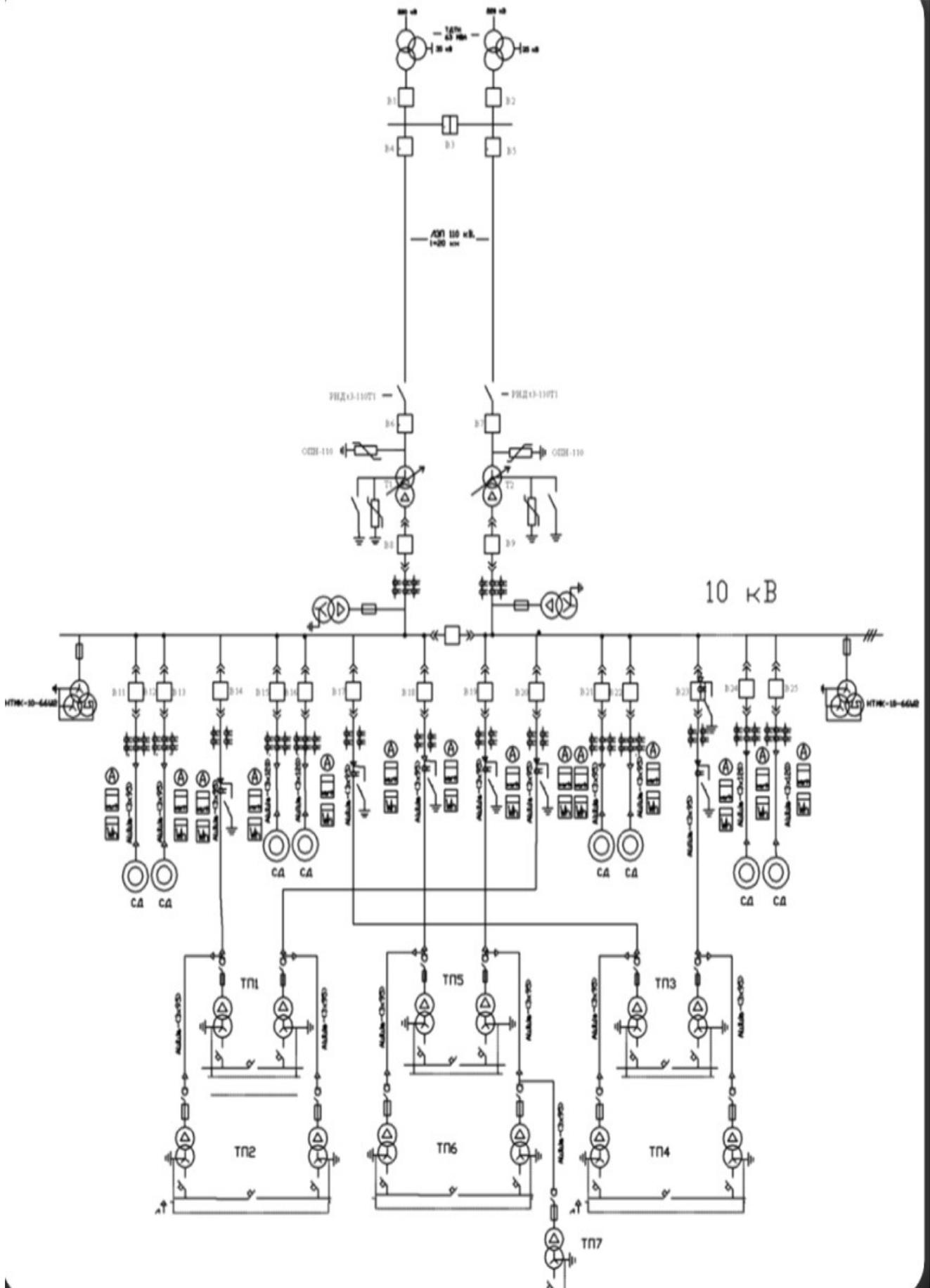


Рисунок 2 - Однолинейная схема электроснабжения

2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на шинах 0.4 кВ

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

Данные для расчета: $P_{p0,4} = 9335$ кВт; $Q_{p0,4} = 7335$ квар; $S_{p0,4} = 11878$ кВА.

Турбогенераторный завод работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$.

$$S_{уд} = \frac{S_{p0,4}}{S} = \frac{11878}{103882} = 0.114$$

Принимаем цеховой трансформатор мощностью $S_{нт} = 1000$ кВА.

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

$$N_{т\ min} = \frac{P_{p0,4}}{K_{з} \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{9335}{0.8 \times 1000} = 11.66 + 0.34 = 12$$

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

$k_{з}$ – коэффициент загрузки трансформатора;

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

ΔN – добавка до ближайшего целого числа

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

где m – дополнительное число трансформаторов, выбирается (из справочника Ю.Г. Барыбина, стр 398) по кривым $f(\Delta N$ и $N_{\min})$. Для нашего случая $m = 1$, значит $N_{т,э} = 12 + 1 = 13$ трансформаторов.

Предварительное распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП представлено в таблице 2.3

Таблица 2.3 - Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП

№ ТП S _{HT} , Q _{нбк} тп	№ цехов	P _{p 0,4} , кВт	Q _{p 0,4} , квар	S _{p0,4} , кВА	K _з
1	2	3	4	5	6
ТП1-ТП2 (4x1000) ΣS _H =4x1000=4000кВА Q _{нбк} =4x200=800квар Итого	3	1340	853,75		
	8	466,6	268,1		
	7	585,12	357,56		
	10	250	169		
	14	496,3	288,8		
				-800	
		3138,02	1137,21	3337,7	0,83
ТП3-ТП4 (4x1000) ΣS _H =4x1000=4000кВА Q _{нбк} =4x200=800квар Итого	2	1206,15	1114,9		
	5	385,7	372,85		
	4	529,7	462,75		
	11	432,04	262,72		
	13	235,56	92,58		
				-800	
		2789,15	1505,8	3169,66	0,79
ТП5-ТП6-ТП7 (5x1000) ΣS _H =5x1000=5000кВА Q _{нбк} =5x200=1000квар Итого	1	2421,5	2404,2		
	6	558	461		
	9	226,3	125,75		
	12	81,84	50,58		
	Осв.тер-ии	120,46	60,23		
				-1000	
		3408,1	2101,76	4004,06	0,8

2.4 Определение потерь мощности в цеховых трансформаторах

Потери активной мощности в трансформаторе определяются по формуле:

$$\Delta P_T = \Delta P_{xx} + \Delta P_{K3} \times K_3^2 \quad (2.15)$$

Потери реактивной мощности в трансформаторе определяются по формуле:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{xx} + \Delta Q_{K3} \times K_3^2 = \frac{I_{xx}}{100} \times S_{HT} + \frac{U_{K3}}{100} \times S_{HT} \times K_3^2 \quad (2.16)$$

Выбираем трансформаторы ТМЗ-1000/0.4

$$\Delta P_{xx} = 2.4 \text{ кВт}, \Delta P_{K3} = 11 \text{ кВт}, I_{xx} = 1,4\%, U_{K3} = 5,5\%$$

ТП1-ТП2: K_з=0,83, N=4,

$$\Delta P_m = (2.4 + 11 \cdot 0.83^2) \cdot 4 = 39.91 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_m = (14 + 55 \cdot 0.83^2) \cdot 4 = 207.56 \text{ квар.}$$

ТПЗ-ТП4:

$$K_3 = 0,79$$

$$N = 4,$$

$$\Delta P_m = (2.4 + 11 \cdot 0.79^2) \cdot 4 = 37.06 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_m = (14 + 55 \cdot 0.79^2) \cdot 4 = 193.3 \text{ квар.}$$

ТП5-ТП6-ТП7:

$$K_3 = 0,8$$

$$N = 5,$$

$$\Delta P_m = (2.4 + 11 \cdot 0.8^2) \cdot 5 = 47.2 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_m = (14 + 55 \cdot 0.8^2) \cdot 5 = 246 \text{ квар.}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_T = 124,17 \text{ кВт,}$$

$$\Sigma Q_T = 646,86 \text{ квар.}$$

2.5 Определение расчетных мощностей электроприемников 10кВ

2.5.1 Определение расчетных мощностей синхронных двигателей

Для компенсации реактивной мощности на стороне ВН используем СД 9,10-го цеха.

9 цех (Испытательная станция)

$$P_{н\text{СД}} = 2000 \text{ кВт; } \text{tg } \varphi = 0,75; N_{\text{СД}} = 4; k_3 = \beta = 0,8$$

Определим расчетные мощности для СД:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 2000 \times 4 \times 0.8 = 6400 \text{ кВт.}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 6400 \times 0,75 = 4800 \text{ квар.}$$

9 цех (компрессорная)

$$P_{н\text{СД}} = 1250 \text{ кВт; } \text{tg } \varphi = 0,75; N_{\text{СД}} = 4; k_3 = \beta = 0,8$$

Определим расчетные мощности для СД:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 1250 \times 4 \times 0.8 = 4000 \text{ кВт.}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 4000 \times 0,75 = 3000 \text{ квар.}$$

2.6 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10кВ ГПП

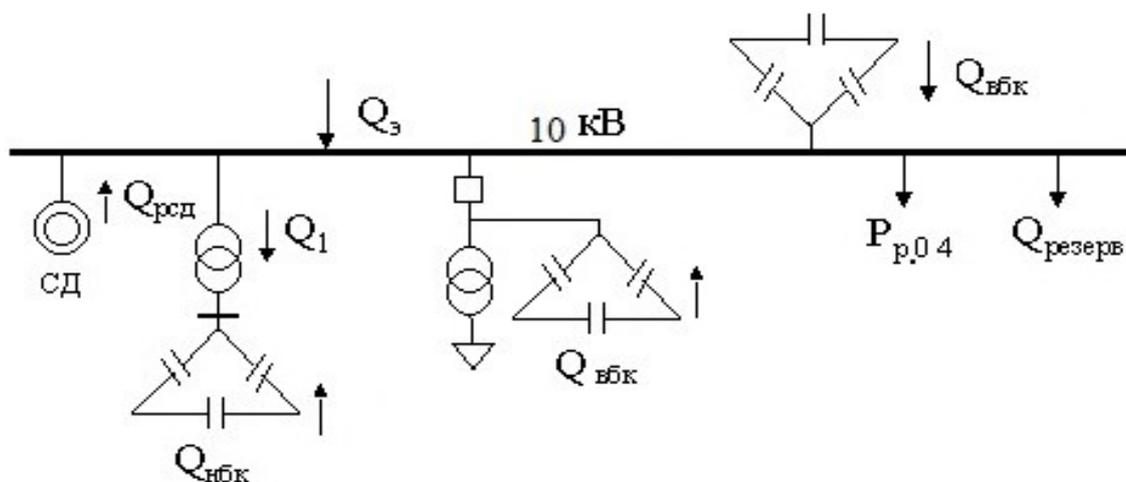


Рисунок 2.1 - Схема замещения

Резервная мощность:

$$Q_{рез} = 0.1 \times \Sigma Q_{расч} = 0.1 \times (Q_{p0,4} + \Delta Q_T) = 0.1 \times (7345 + 646,86) = 799,18 \text{ квар.}$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_3 = 0.24 \times \Sigma P_{зав} = 0.23 \times (9335 + 124,17 + 6400 + 4000) = 4567,6 \text{ квар.}$$

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{рез} - Q_3 - Q_{сд} - Q_{НБК},$$

$$Q_{ВБК} = 7345 + 646,86 + 799,18 - (4800 + 3000) - 4567,6 - 2760,5 = -6337,06 \text{ квар}$$

Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Расчет уточненной мощности по предприятию

№ТП	№ Цех ов	n	Установочная мощность . кВт		K _и	Средние нагрузки		n _э	K _М	Расчетные нагрузки			K _з
			P _{min} ÷P _{нmax}	∑P _н		P _{см} .кВт	Q _{см} .квар			P _р . кВт	Q _р . квар	S _р . кВА	
ТП1. ТП2.	3	100	1-125	2100	-	1050	787,5						
	7	40	1-80	1200	-	420	315						
	8	40	1-50	600	-	240	180						
	10	20	1-70	280	-	196	147						
	14	60	1-180	650	-	325	243,75						
Силовая		260	1-180	4830	0.46	2231	1673,2 5	54	1.12	2498,72	1673,2 5		
Осветительная										449,86	158,77		
Q _{нбк}											-800		
Итого										2948,58	1032,0 2	3124	0,78
ТП3. ТП4	2	100	1-150	2500	-	825	1023,7	-	-				
	4	50	1-50	980	-	392	423,3	-	-				
	5	48	5-40	500	-	300	351	-	-				
	11	50	1-40	550	-	275	206,2	-					
	13	40	1-50	350	-	140	67,2	-					
Силовая		288	1-150	4880	0,4	1982	2071,4	66	1,12	2219,8	2071,4		
Осветительная										468,8	234,4		
Q _{нбк}											-800		
Итого										2688,6	1505,8	3081,5 5	0,77

Продолжение таблицы 2.5

№ТП	№ Цех ов	п	Установочная мощность . кВт		К _и	Средние нагрузки		п _э	К _М	Расчетные нагрузки			К _з
			P _{min} ÷P _{max}	∑P _н		P _{см} .кВт	Q _{см} .квар			P _р . кВт	Q _р · квар	S _р · кВА	
ТП5 - ТП7.	1	300	1-150	5500	-	1925	2252,2	-	-				
	6	50	1-40	1000	-	400	408	-	-				
	9	20	1-50	350	-	140	105	-	-				
	12	15	1-20	100	-	30	30,6	-	-				
Силовая		385	1-150	6950	0,36	2495	2795,8	93	1,07	2669,65	2795,8		
Нар. Осв.										120,46	60,23		
Осветительная										485,34	242,67		
Q _{нбк}											-1000		
Итого										3275,45	2098,7	3890,1	0,78
Итого на шинах 0,4 кВ										8913	4637		
Потери в цеховых трансформаторах										124,17	646,86		
Итого нагрузка приведенная к шинам 10 кВ										9037,17	5284	10468, 6	

Продолжение таблицы 2.5

№ТП	№ Цех ов	n	Установочная мощность . кВт		K _н	Средние нагрузки		n _э	K _м	Расчетные нагрузки			K _з
			P _{min} ÷ P _{max}	∑P _н		P _{см} .кВт	Q _{см} .квар			P _р . кВт	Q _р . квар	S _р . кВА	
Нагрузки 10 кв													
а) испытательная станция СД	4	200 0	8000							6400	-4800		
б) компрессорный СД	4	125 0	5000							4000	-3000		
Qвбк										0	0		
Всего по заводу										19437	0	19437	

2.7 Технико-экономическое сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения

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

I вариант – ЛЭП 230 кВ;

II вариант – ЛЭП 115 кВ.

III вариант – ЛЭП 37 кВ.

2.7.1 Вариант I – 220 кВ

Выбор оборудования производим согласно рисунку 2.2.

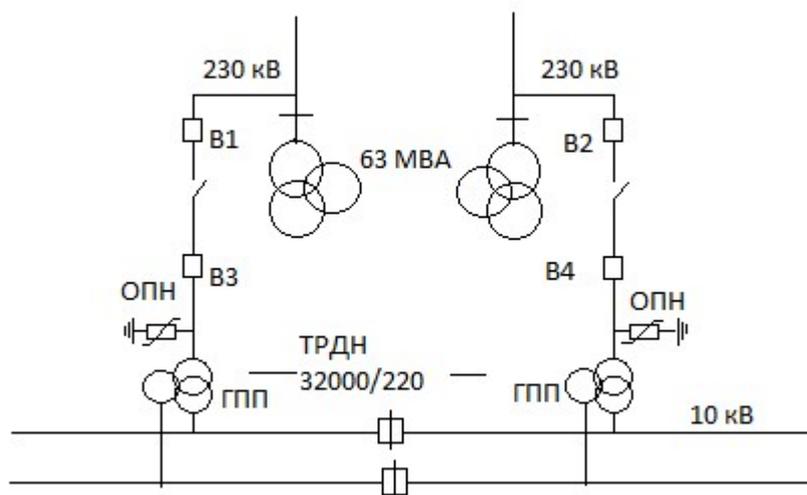


Рисунок 2.2 - I вариант схемы электроснабжения

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{19437.17^2 + 4567.6^2} = 19966.6 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 32000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{19437.17}{2 \cdot 32000} = 0.3$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип трансформатора: ТРДН 32000-220; Цена 12 750 000 тг.

$S_H = 32000$ кВА, $\Delta P_{XX} = 43$ кВт, $\Delta P_{K3} = 167$ кВт, $U_{K3} = 12\%$, $I_{XX} = 0.9\%$.

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{\text{ТГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (43 + 167 \cdot 0.3^2) = 116 \text{ кВт}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{\text{тгпп}} = 0.02 \cdot (I_{\text{хх}} \cdot S_{\text{н}} + U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{н}} \cdot K_3^2)$$

$$\Delta Q_{\text{тгпп}} = 0.02 \cdot (0.9 \cdot 32000 + 12 \cdot 32000 \cdot 0.3^2) = 1267.2 \text{квар}$$

При трёхсменном режиме работы $T_{\text{вкл}}=6000\text{ч}$. $T_{\text{макс}}=6000\text{ч}$.

тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0.124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886\text{ч}.$$

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{\left(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{тгпп}}\right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(19437.17 + 116)^2 + 4567.6^2} = 20079.6 \text{кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{20079.6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 26.34 \text{А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_{\text{а}} = 2 \times I_{\text{р}} = 2 \times 26,34 = 52,684 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_{\text{р}}}{j} = \frac{26.34}{1.1} = 23.94 \text{мм}^2$$

где $j=1,1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_{\text{м}}=6000\text{ч}$ и алюминиевых проводах. Принимаем по условию коронирования провод АС – 240 с $I_{\text{доп}}=605\text{А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}}=605\text{А} > I_{\text{р}}=26,34 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 605=786,5\text{А} > I_{\text{ав}}=52,68\text{А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot (3 \cdot I_{\text{р}}^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot (3 \cdot 26.34^2 \cdot 2.42 \cdot 10^{-3} \cdot 2886) = 29073.31 \text{кВтч}$$

где $R=r_0 \times L=0,121 \times 20=2,42\text{Ом}$, где $r_0=0.121 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 240 мм^2 , $l=20 \text{ км}$ - длина линии.

Составим схему замещения (Рисунок 2.3) и рассчитаем токи короткого замыкания.

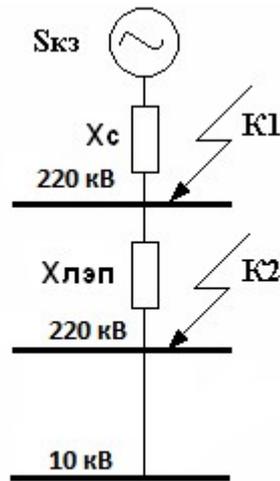


Рисунок 2.3 - Схема замещения

$S_{\sigma}=1000 \text{ МВА}; S_{K3}=2000 \text{ МВА}; U_{\sigma}=230 \text{ кВ}; x_c = S_{\sigma} / S_{K3} = 1000/2000 = 0,5 \text{ о.е.};$

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \times U_{\sigma}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 230} = 2.51 \text{ кА};$$

$$X_{\text{Л}} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{ср}}^2} = 0.137 \cdot 20 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0.0518 \text{ о.е.}$$

$$I_{k1} = \frac{I_{\sigma}}{x_c} = \frac{2.51}{0.5} = 5.02 \text{ кА}$$

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U_{\sigma} \cdot I_{k1} = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 5.02 = 1999.8 \text{ МВА};$$

$$I_{k2} = \frac{I_{\sigma}}{x_c + x_{\text{Л}}} = \frac{2.51}{0.5 + 0.0518} = 4.54 \text{ кА};$$

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot U_{\sigma} \cdot I_{k2} = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 4.54 = 1808.6 \text{ МВА};$$

Выбираем выключатели В1; В2;

Выключатель У-220-1000-25У1; Цена 3 750 000 тг.

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 52,68 \text{ А};$$

$$I_{\text{откл}} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 5,02 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дин}} = 25 > i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1.3 \cdot 5.02 = 9.2 \text{ кА};$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 2 = 1875 \text{ А}^2 > I_{k1} = 5.02^2 \cdot \sqrt{0.8} = 22.53 \text{ кА};$$

Выбираем выключатели В3; В4;

Выключатель У-220-1000-25У1; Цена 3 750 000 тг.

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 52,68 \text{ А};$$

$$I_{\text{откл}} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 4,54 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1.3 \cdot 4.54 = 8.34 \text{ кА};$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 2 = 1875 \text{ А}^2 > I_{k1} = 4.54^2 \cdot \sqrt{0.8} = 18.4 \text{ кА};$$

Разъединитель РНД(З)-220/630Т1 Цена 79 500 тг.

$$I_{ном} = 630А > I_{ав} = 52,68А;$$

$$I_{дин} = 80кА > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1.3 \cdot 4.54 = 8.34 кА$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 3 = 1875кА > I_k^2 = 4.54^2 \cdot \sqrt{0.8} = 18.4 кА;$$

Ограничитель перенапряжений РВС-220М Цена 322 500 тг.

$$U_{ном} = 220кВ = U = 220кВ$$

Потери электроэнергии в трансформаторах ГПП

$$\Delta W_{ГПП} = 2(\Delta P_{ХХ} \cdot T_{в} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_{з}^2) = 2(43 \cdot 6000 + 167 \cdot 2886 \cdot 0.3^2) = 602753.16$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{лэп} = 2 \cdot (3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot (3 \cdot 26.34^2 \cdot 2.42 \cdot 10^{-3} \cdot 2886) = 29073.31 кВтч$$

где $R = r_0 \times L = 0,121 \times 20 = 2,42 \text{ Ом}$, где $r_0 = 0.121 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 240 мм^2 , $l = 20 \text{ км}$ - длина линии.

Капитальные затраты на электрооборудование:

$$\Sigma K_{ГПП} = 2 * K_{ГПП} = 2 * 12\,750\,000 = 25\,500\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на ЛЭП

$$\Sigma K_{лэп} = 1 * K_{лэп} = 20 * 1\,890\,000 = 37\,800\,000 \text{ тг.}$$

Стоимость ВЛ железобетонных двухцепных опор 1 890 000 тг/км.

Затраты на выключатели

$$KB1, B2, B3, B4 = KB1 * 4 = 3\,750\,000 * 4 = 15\,000\,000 \text{ тг.}$$

$$\Sigma K_{выкл} = 15\,000\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на разъединители

$$\Sigma K_{Р} = 2 * K_{Р} = 2 * 79\,500 = 159\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на ОПН

$$\Sigma K_{опн} = 2 * K_{опн} = 2 * 322\,500 = 645\,000 \text{ тг.}$$

Суммарные затраты

$$\Sigma K_I = \Sigma K_{лэп} + \Sigma K_{ГПП} + \Sigma K_{выкл} + \Sigma K_{Р} + \Sigma K_{опн} =$$

$$37\,800\,000 + 15\,000\,000 + 25\,500\,000 + 159\,000 + 645\,000 = 79\,104\,000 \text{ тг.}$$

$$\Sigma K_{обор.} = \Sigma K_I - \Sigma K_{лэп} = 79\,104\,000 - 37\,800\,000 = 41\,304\,000 \text{ тг.}$$

Амортизационные отчисления:

$$U_{алэп} = 0,028 * 37\,800\,000 = 1\,058\,400 \text{ тг.}$$

$$U_{\text{аобор}} = 0,063 * 41\,304\,000 = 2\,602\,152 \text{ тг.}$$

Расчет издержек на эксплуатацию

$$U_{\text{эклэп}} = 0,004 * 37\,800\,000 = 151\,200 \text{ тг.}$$

$$U_{\text{эобор}} = 0,01 * 41\,304\,000 = 413\,040 \text{ тг.}$$

Издержки, вызванные потерями электроэнергии в проектируемой электроустановке за год

$$\Sigma U_{\text{п}} = C_0 * (\Delta W_{\text{тр.гпп}} + \Delta W_{\text{лэп}}) = 1 * (602753.16 + 29073.31) = 631\,826 \text{ тг.}$$

$$C_0 = 1 \text{ тг/кВ*ч.}$$

Суммарные издержки

$$\Sigma U_{\text{И}} = \Sigma U_{\text{а}} + \Sigma U_{\text{э}} + \Sigma U_{\text{п}} = 1\,058\,400 + 2\,602\,152 + 151\,200 + 413\,040 + 631,826,47 = 4\,856\,618,47 \text{ тг.}$$

Приведенные суммарные затраты

$$\Sigma I = E_{\text{н}} * \Sigma K_{\text{И}} + \Sigma U_{\text{И}} = 0,12 * 79\,104\,000 + 4\,856\,618,47 = 14\,349\,098,47 \text{ тг.}$$

2.7.2 Вариант II – 110кВ

Выбор оборудования производим согласно рисунку 2.4.

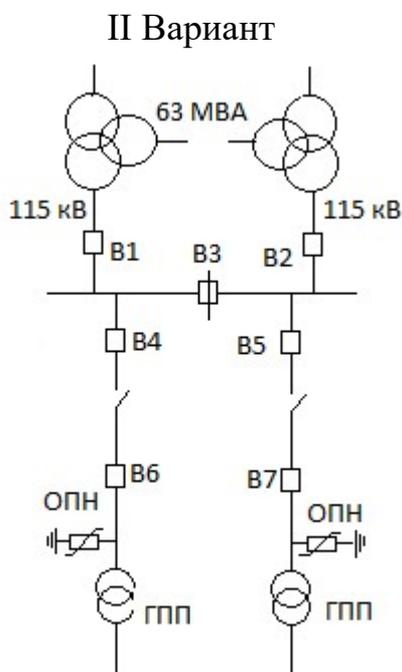


Рисунок 2.4 - II вариант схемы электроснабжения

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{19437.17^2 + 4567.6^2} = 19966.6 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 16000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{19966.6}{2 \cdot 16000} = 0.6$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип Т – ра ТДН – 16000/110; Цена 6 300 000 тг.

$S_H = 16000$ кВА, $\Delta P_{XX} = 19$ кВт, $\Delta P_{K3} = 85$ кВт,

$U_{K3} = 10,5\%$, $I_{XX} = 0.7\%$.

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{ТГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (19 + 85 \cdot 0.6^2) = 99.2 \text{ кВт}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{ТГПП} = 0.02 \cdot (I_{XX} \cdot S_H + U_{K3} \cdot S_H \cdot K_3^2)$$

$$\Delta Q_{тгпп} = 0.02 \cdot (0.7 \cdot 16000 + 10.5 \cdot 16000 \cdot 0.6^2) = 1433.6 \text{ квар}$$

Потери электроэнергии в трансформаторах.

При трехменном режиме работы $T_{вкл} = 6000$ ч. $T_{макс} = 6000$ ч.

тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0.124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ ч.}$$

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{тгпп} \right)^2 + Q_p^2} = \sqrt{(19437.19 + 99.2)^2 + 4567.6^2} = 19975.59 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{19975.59}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 52.42 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 52.42 = 104.84 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{52.42}{1.1} = 47.65 \text{ мм}^2$$

где $j = 1,1$ А/мм² экономическая плотность тока при $T_m = 6000$ ч и алюминиевых проводах. Принимаем по условию коронирования провод АС – 70 с $I_{доп} = 265$ А.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{доп} = 265 \text{ А} > I_p = 52.42 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{доп ав} = 1,3 \times I_{доп} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{ А} > I_{ав} = 104,84 \text{ А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 52.42^2 \cdot 5.06 \cdot 10^{-3} \cdot 2886 = 2407643.2 \text{ кВтч}$$

где $R = r_0 \times L = 0,253 \times 20 = 5,06$ Ом, где $r_0 = 0.253$ Ом/км - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 70 мм^2 , $l = 20$ км - длина линии.

Трансформаторы энергосистемы.

Тип ТДТН-63000/220; Цена 13 800 000 тг.

$S_H = 63000$ кВА, $\Delta P_{\text{xx}} = 54$ кВт, $\Delta P_{\text{кз}} = 220$ кВт, $U_{\text{квс}} = 12,5\%$, $U_{\text{квн}} = 22\%$, $U_{\text{кcn}} = 9,5\%$, $I_{\text{xx}} = 0.55\%$.

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot S_H} = \frac{19975,59}{2 \cdot 63000} = 0.158$$

Составим схему замещения (рисунок 2.5) и рассчитаем токи короткого замыкания:

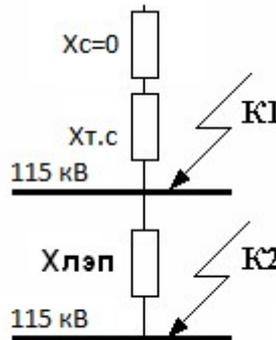


Рисунок 2.5 - Схема замещения

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.4.) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; U_6 = 115 \text{ кВ}; X_c = 0 \text{ о.е.}; S_c = \infty.$$

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

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{cp}}^2} = 0.4 \cdot 20 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0.604 \text{ о.е.}$$

$$X_c = \frac{U_{\text{кв}} \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{0 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 0 \text{ о.е.}$$

$$X_B = \frac{U_{\text{кв}} \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{12,5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1,98 \text{ о.е.}$$

$$X_{TC} = X_B + X_C = 0 + 1.98 = 1.98 \text{ o.e}$$

$$U_{Kc} = 0.5(U_{KBC} + U_{KCH} - U_{KBH}) = 0.5(12.5 + 9.5 - 22) = 0\%$$

$$U_{KB} = 0.5(U_{KBC} + U_{KBH} - U_{KCH}) = 0.5(12.5 + 22 - 9.5) = 12.5\%$$

$$I_{k1} = \frac{I_b}{X_{mc}} = \frac{5.02}{1.98} = 2.5 \text{ kA};$$

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U_b \cdot I_{k1} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2.5 = 497.9 \text{ MVA};$$

$$I_{k2} = \frac{I_b}{X_{mc} + X_l} = \frac{5.02}{0.604 + 1.98} = 1.94 \text{ kA};$$

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot U_b \cdot I_{k2} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 1.94 = 386.4 \text{ MVA};$$

Выбираем выключатели В1 и В2 по аварийному току трансформаторов ЭС. Примем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена поровну, поэтому мощность аварийного режима равна $2 \times 20 = 40$ МВА.

$$I_p = \frac{S_{AB} / 2}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{63000 / 2}{\sqrt{3} \cdot 115} = 158.14 \text{ A}$$

$$I_{ав.т} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 158.14 = 316.28 \text{ A}$$

Выбираем выключатели В1; В2;

Выключатель МКП-110-630-20У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630 \text{ A} > I_{ав.т} = 316.28 \text{ A};$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 2.5 \text{ кА};$$

$$I_{дин} = 20 \text{ кА} > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1.4 \cdot 2.5 = 4.95 \text{ кА};$$

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА} > I^2 k_1 \cdot \sqrt{8} = 2.5^2 \cdot \sqrt{8} = 5.6 \text{ кА};$$

Выбираем выключатель В3;

Выключатель секционный МКП-110-630-20У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630 \text{ A} > I_{ав.т} = 316.28 \text{ A};$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 2.5 \text{ кА};$$

$$I_{дин} = 20 \text{ кА} > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1.4 \cdot 2.5 = 4.95 \text{ кА};$$

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА} > I^2 k_1 \cdot \sqrt{8} = 2.5^2 \cdot \sqrt{8} = 5.6 \text{ кА};$$

Выбираем выключатели В4; В5;

Выключатель МКП-110-630-20У1 Цена 270 000тг.

$$I_{ном} = 630А > I_{ав} = 104,84А;$$

$$I_{откл} = 20кА > I_{к1} = 2,5кА;$$

$$I_{дин} = 20кА > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 2,5 = 4,95кА;$$

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200кА > I^2 k_1 \cdot \sqrt{8} = 2,5^2 \cdot \sqrt{8} = 5,6кА;$$

Выбираем выключатели В6; В7;

Выключатель МКП-110-630-20У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630А > I_{ав} = 104,84А;$$

$$I_{откл} = 20кА > I_{к2} = 1,94кА;$$

$$I_{дин} = 20кА > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,94 = 3,84кА;$$

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200кА > I^2 k_2 \cdot \sqrt{8} = 1,94^2 \cdot \sqrt{8} = 10,64кА;$$

Разъединитель РНДт3-110/630Т1 Цена 16 950 тг.

$$I_{ном} = 630А > I_{ав} = 104,84А;$$

$$I_{дин} = 20кА > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,94 = 3,84кА;$$

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200кА > I^2 k_2 \cdot \sqrt{8} = 1,94^2 \cdot \sqrt{8} = 10,64кА;$$

Ограничитель перенапряжений РВС-110 Цена 19 500 тг.

$$U_{ном} = 110кВ = U = 110кВ$$

Потери электроэнергии в трансформаторах ГПП

$$\Delta W_{тгпп} = 2(\Delta P_{хх} \cdot T_{в} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_3^2) = 2(19 \cdot 6000 + 85 \cdot 2886 \cdot 0,6^2) = 404623,2$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{лэп} = 2 \cdot (3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot (3 \cdot 52,42^2 \cdot 2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 2886) = 240764,32 \text{кВтч}$$

где $R = r_0 \times L = 0,253 \times 20 = 5,06$ Ом, где $r_0 = 0,253$ Ом/км - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 70 мм^2 , $l = 20$ км - длина линии.

Капитальные затраты на электрооборудование второго варианта:

Затраты на выключатели В1;В2;

$$K_{B1,B2} = 2 \times \gamma_2 \times K_{B1} = 2 \times 0,166 \times 270\,000 = 89\,640 \text{ тг.}$$

$$\gamma_2 = 104,84/630 = 0,166$$

Затраты на выключатели В3:

$$K_{B3} = \gamma_3 \times K_{B3} = 0,083 \times 270\,000 = 22\,410 \text{ тг.}$$

Затраты на выключатели В4;В5;В6;В7;

$$K_{B4,B5} = 4 \times K_{B4} = 4 \times 270\,000 = 1\,080\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на ЛЭП :

$$K_{уд} = 1\,650\,000 \text{ тг./км.}$$

$$K_{ЛЭП} = 1 \times L \times K_{уд} = 20 \times 1\,650\,000 = 33\,000\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{тр} \text{ ГПП} = 2 \times 6\,300\,000 = 12\,600\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на тр ЭС:

$$K_{трЭС} = 2 \times \gamma_1 \times K_{трЭС} = 2 \times 0,158 \times 13\,800\,000 = 4\,360\,800 \text{ тг.}$$

$$\gamma_1 = S_{рлЭП} / 2 * 63000 = 19975,59/126000 = 0,158$$

Затраты на разъединитель и ограничитель перенапряжений :

$$K_{ВВ} = 2 \times (16\,950 + 19\,500) = 72\,900 \text{ тг.}$$

Суммарные затраты на оборудование II варианта:

$$K_{\Sigma 2} = K_{B1,B2} + K_{ЛЭП} + K_{ВВ} + K_{трЭС} + K_{B3} + K_{B4,B5,B6,B7} + K_{тр ГПП}$$

$$K_{\Sigma 2} = 89\,640 + 22\,410 + 1\,080\,000 + 33\,000\,000 + 12\,600\,000 + 4\,360\,800 + 72\,900 = 51\,225\,750 \text{ тг.}$$

$$K_{\Sigma \text{обор}} = 51\,225\,750 - 33\,000\,000 = 18\,225\,750 \text{ тг.}$$

Расчет амортизационных отчислений:

$$U_{алЭП} = E_{алЭП} \cdot \Sigma K_{ЛЭП} = 0,028 \cdot 33\,000\,000 = 924\,000 \text{ тг.}$$

$$U_{аобор} = E_a \cdot \Sigma K_{обор} = 0,063 \cdot 18\,225\,750 = 1\,148\,222,25 \text{ тг.}$$

$$\Sigma U_a = U_{алЭП} + U_{аобор} = 924\,000 + 1\,148\,222,25 = 2\,072\,222,25 \text{ тг.}$$

Расчет издержек на эксплуатацию

$$U_{\text{эклэп}} = E_{\text{э}} \cdot \Sigma K_{\text{лэп}} = 0,004 \cdot 33\,000\,000 = 132\,000 \text{ тг.}$$

$$U_{\text{эобор}} = E_{\text{э}} \cdot \Sigma K_{\text{обор}} = 0,01 \cdot 18\,225\,750 = 182\,257,5 \text{ тг.}$$

$$\Sigma U_{\text{э}} = U_{\text{элэп}} + U_{\text{эобор}} = 132\,000 + 182\,257,5 = 314\,257,5 \text{ тг.}$$

Издержки, вызванные потерями электроэнергии в проектируемой электроустановки за год

$$\Sigma U_{\text{п}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.гпп}} + \Delta W_{\text{лэп}}) = 1 \cdot (404623,2 + 240764,32) = 645\,387,52 \text{ тг.}$$

$$C_0 = 1 \text{ тг. /кВ}\cdot\text{ч}$$

Суммарные издержки

$$\Sigma U_{\text{п}} = \Sigma U_{\text{а}} + \Sigma U_{\text{э}} + \Sigma U_{\text{п}} = 2\,072\,222,5 + 314\,257,5 + 645\,387,52 =$$

$$3\,031\,867,52 \text{ тг.}$$

Приведенные суммарные затраты

$$З_{\text{п}} = E_{\text{н}} \cdot \Sigma K_{\text{п}} + \Sigma U_{\text{п}} = 0,12 \cdot 51\,225\,750 + 3\,031\,867,52 = 9\,178\,957,5 \text{ тг.}$$

2.7.3 Вариант III – 35кВ

Выбор оборудования производим согласно рисунку 2.5

Вариант III

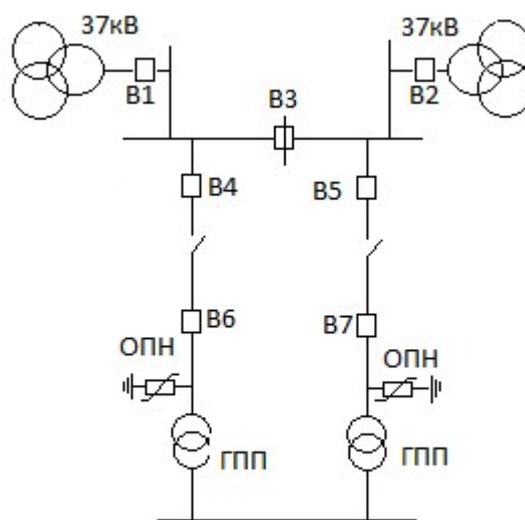


Рисунок 2.6 - III вариант схемы электроснабжения

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{19437,17^2 + 4567,6^2} = 19966,6 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 16000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{19966.6}{2 \cdot 16000} = 0.6$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип Т-ра ТДН-16000/37; Цена 6 300 000 тг.

$S_H=16000$ кВА, $\Delta P_{XX}=18$ кВт, $\Delta P_{K3}=85$ кВт,

$U_{K3}=10\%$, $I_{XX}=0.55\%$.

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{TГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (18 + 85 \cdot 0.6^2) = 182.96 \text{ кВт}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{TГПП} = 0.02 \cdot (I_{XX} \cdot S_H + U_{K3} \cdot S_H \cdot K_3^2)$$

$$\Delta Q_{TГПП} = 0.02 \cdot (0.55 \cdot 16000 + 10 \cdot 16000 \cdot 0.6^2) = 1328.6 \text{ квар}$$

При трехменном режиме работы $T_{вкл}=6000$ ч. $T_{макс}=6000$ ч.

тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0.124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ ч.}$$

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{TГПП} \right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(19437.19 + 182.96)^2 + 4567.6^2} = 20144.88 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{20144.88}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 166.15 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 166.15 = 332.3 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{166.15}{1.1} = 151.04 \text{ мм}^2$$

где $j=1,1$ А/мм² экономическая плотность тока при $T_m=6000$ ч и алюминиевых проводах. Принимаем по условию коронирования провод АС – 185 с $I_{доп}=510$ А.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{доп} = 510 \text{ А} > I_p = 332.3 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{доп ав} = 1,3 \times I_{доп} = 1,3 \times 510 = 663 \text{ А} > I_{ав} = 332,3 \text{ А}$$

Трансформаторы энергосистемы.

Тип ТДТН-63000/220;

$S_H=63000$ кВА, $\Delta P_{XX}=54$ кВт, $\Delta P_{K3}=220$ кВт, $U_{KBC}=12,5\%$, $U_{KBN}=22\%$, $U_{KCH}=9,5\%$,

$I_{XX}=0.55\%$.

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{лэн}}}{2 \cdot S_H} = \frac{20144.88}{2 \cdot 63000} = 0.160$$

$$S_6 = 1000 \text{ MVA}; U_6 = 37 \text{ кВ}; X_c = 0 \text{ о.е.}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_6} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15.6 \text{ кА};$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0.4 \cdot 20 \cdot \frac{1000}{37^2} = 5.84 \text{ о.е.}$$

$$X_H = \frac{U_{kc} \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{9.5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1.5 \text{ о.е.}$$

$$X_B = \frac{U_{кв} \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{12.5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1.98 \text{ о.е.}$$

$$X_{TC} = X_B + X_H = 1.98 + 1.5 = 3.48 \text{ о.е.}$$

$$U_{KH} = 0.5(U_{KBH} + U_{KCH} - U_{KBC}) = 0.5(22 + 9.5 - 12.5) = 9.5\%$$

$$U_{KB} = 0.5(U_{KBC} + U_{KBH} - U_{KCH}) = 0.5(12.5 + 22 - 9.5) = 12.5\%$$

$$Ik1 = \frac{I_6}{X_{mc}} = \frac{15.6}{3.48} = 4.48 \text{ кА};$$

$$Sk1 = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot Ik1 = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 4.48 = 287.1 \text{ MVA};$$

$$Ik2 = \frac{I_6}{X_{mc} + X_L} = \frac{15.6}{5.84 + 3.48} = 1.67 \text{ кА};$$

$$Sk2 = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot Ik2 = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 1.67 = 107 \text{ MVA};$$

Выбираем выключатели В1 и В2 по аварийному току трансформаторов ЭС. Примем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора

$$I_p = \frac{S_{AB} / 2}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{63000 / 2}{\sqrt{3} \cdot 115} = 158.14 \text{ А}$$

$$I_{ав.т} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 158.14 = 316.28 \text{ А}$$

Выбираем выключатели В1; В2;

Выключатель МКП-35-630-25У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав.т} = 316.28 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > Ik1 = 4.48 \text{ кА};$$

$$I_{дин} = 25 \text{ кА} > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1.6 \cdot 4.48 = 10.13 \text{ кА};$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА} > I^2 k1 \cdot \sqrt{8} = 4.48^2 \cdot \sqrt{8} = 17.9 \text{ кА};$$

Выбираем выключатель В3;

Выключатель секционный МКП-35-630-25У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630A > I_{ав.т} = 316.28A;$$

$$I_{откл} = 25кА > I_{к1} = 4,48кА;$$

$$I_{дин} = 25кА > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 4,48 = 10,13кА;$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500кА > I^2 k_1 \cdot \sqrt{8} = 4,48^2 \cdot \sqrt{8} = 17,9кА;$$

Выбираем выключатели В4; В5;

Выключатель МКП-35-630-25У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630A > I_{ав} = 332,3A;$$

$$I_{откл} = 25кА > I_{к1} = 4,48кА;$$

$$I_{дин} = 25кА > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 4,48 = 10,13кА;$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500кА > I^2 k_1 \cdot \sqrt{8} = 4,48^2 \cdot \sqrt{8} = 17,9кА;$$

Выбираем выключатели В6; В7;

Выключатель МКП-35-630-25У1 Цена 270 000 тг.

$$I_{ном} = 630A > I_{ав} = 332,3A;$$

$$I_{откл} = 25кА > I_{к2} = 1,67кА;$$

$$I_{дин} = 25кА > i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 1,67 = 3,77кА;$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500кА > I^2 k_2 \cdot \sqrt{8} = 1,67^2 \cdot \sqrt{8} = 2,5кА;$$

Разъединитель РНДт3-35/1000У1 Цена 13 650 тг.

$$I_{ном} = 1000A > I_{ав} = 332,3A;$$

$$I_{дин} = 20кА > i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,67 = 3,3кА;$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500кА > I^2 k_2 \cdot \sqrt{8} = 1,67^2 \cdot \sqrt{8} = 2,5кА;$$

Ограничитель перенапряжений РВС-35 Цена 5 250 тг.

$$U_{ном} = 35кВ = U = 35кВ$$

Потери в трансформаторах ГПП

$$\Delta W_{тгпп} = 2(\Delta P_{хх} \cdot T_{в} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_3^2) = 2(18 \cdot 6000 + 85 \cdot 2886 \cdot 0.6^2) = 392623,2$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot (3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot (3 \cdot 166,15^2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 2886) = 1500990,4 \text{ кВтч}$$

где $R=r_0 \times L=0,157 \times 20=3,14 \text{ Ом}$, где $r_0=0,157 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 185 мм^2 , $l=20 \text{ км}$ - длина линии.

Капитальные затраты на электрооборудование третьего варианта:

Затраты на выключатели В1;В2;

$$K_{\text{В1,В2}}=2 \times \gamma_2 \times K_{\text{В1}}=2 \times 0,527 \times 270\,000 = 284\,580 \text{ тг.}$$

$$\gamma_2=332,3/630=0,527$$

Затраты на выключатели В3:

$$K_{\text{В3}} = \gamma_3 \times K_{\text{В3}} = 0,263 \times 270\,000 = 71\,010 \text{ тг.}$$

$$\gamma_3 = 166,15/630 = 0,263$$

Затраты на выключатели В4;В5;В6;В7;

$$K_{\text{В4,В5}}=4 \times K_{\text{В4}}=4 \times 270\,000 = 1\,080\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на ЛЭП :

$$K_{\text{уд}}=1\,687\,500 \text{ тг./км.}$$

$$K_{\text{ЛЭП}}=1 \times L \times K_{\text{уд}}=20 \times 1\,687\,500 = 33\,750\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}}=2 \times 3\,900\,000 = 7\,800\,000 \text{ у.е}$$

Затраты на тр ЭС:

$$K_{\text{трЭС}}=2 \times \gamma_1 \times K_{\text{трЭС}}=2 \times 0,160 \times 13\,800\,000 = 4\,416\,000 \text{ тг.}$$

$$\gamma_1 = S_{\text{рлэп}}/2 \times 63000 = 20144,88/126000 = 0,160$$

Затраты на разъединитель и ограничитель перенапряжений :

$$K_{\text{вв}}=2 \times (13\,650 + 5\,250) = 37\,800 \text{ тг.}$$

Суммарные затраты на оборудование II варианта:

$$K_{\Sigma 3}=K_{\text{В1,В2}}+K_{\text{В3}}+K_{\text{ЛЭП}}+K_{\text{вв}}+K_{\text{трЭС}}+K_{\text{В4,В5,В6,В7}}+K_{\text{тр ГПП}}$$

$$K_{\Sigma 3}=47\,439\,390 \text{ тг.}$$

$$K_{\Sigma \text{обор}}=47\,439\,390 - 33\,750\,000 = 13\,689\,390 \text{ тг.}$$

Определим издержки

Расчет амортизационных отчислений

$$U_{алэп} = E_{алэп} \cdot \Sigma K_{лэп} = 0,028 \cdot 33\,750\,000 = 945\,000 \text{ тг.}$$

$$U_{аобор} = E_a \cdot \Sigma K_{обор} = 0,063 \cdot 13\,689\,390 = 862\,431,57 \text{ тг.}$$

$$\Sigma U_a = U_{алэп} + U_{аобор} = 945\,000 + 862\,431,57 = 1\,807\,431,57 \text{ тг.}$$

Расчет издержек на эксплуатацию

$$U_{эклэп} = E_э \cdot \Sigma K_{лэп} = 0,004 \cdot 33\,750\,000 = 135\,000 \text{ тг.}$$

$$U_{эобор} = E_э \cdot \Sigma K_{обор} = 0,01 \cdot 13\,689\,390 = 136\,893,9 \text{ тг.}$$

$$\Sigma U_э = U_{алэп} + U_{аобор} = 135\,000 + 136\,893,9 = 271\,893,9$$

Издержки, вызванные потерями электроэнергии в проектируемой электроустановке за год

$$\Sigma U_{п} = C_0 \cdot (\Delta W_{тр.гпп} + \Delta W_{лэп}) = 1 \cdot (392623,2 + 1500990,4) = 1\,893\,616,6 \text{ тг.}$$

$$C_0 = 1 \text{ тг. /кВ}\cdot\text{ч}$$

Суммарные издержки

$$\Sigma U_{ш} = \Sigma U_a + \Sigma U_э + \Sigma U_{п} = 1\,807\,431,57 + 271\,893,9 + 1\,893\,616,6 = 3\,972\,939 \text{ тг.}$$

Приведенные суммарные затраты

$$З_{ш} = E_n \cdot \Sigma K_{ш} + \Sigma U_{ш} = 0,12 \cdot 47\,439\,390 + 3\,972\,939 = 9\,665\,666 \text{ тг.}$$

Результаты технико-экономического расчета сведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Результат технико-экономического сравнения

Вариант	$U_{ном}, \text{кВ}$	$K_{\Sigma} \text{ тг.}$	$I_{\Sigma} \text{ тг.}$	$З \text{ тг.}$
I	220	79 104 000	4 856 618	14 349 098
II	110	51 225 750	3 031 867	9 178 957
III	35	47 439 390	3 972 939	9 665 666

Из технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения завода из трех вариантов мы выбираем II вариант, так как он является экономичнее.

2.8 Выбор высоковольтного оборудования

$$I_{кз\Sigma} = I_{кз-кз} + I_{сд}$$

Ток короткого замыкания от системы:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ кА};$$

$$X_{\text{ТГПП}} = U_{\text{к}} \cdot S_{\text{б}} / (100 \cdot S_{\text{н.т}}) = 10,5 \cdot 1000 / (100 \cdot 16) = 6,56 \text{ о.е}$$

$$I_{\text{кз3}} = I_{\text{б}} / (X_{\text{т.с}} + X_{\text{лэп}} + X_{\text{ТГПП}}) = 55 / (1,98 + 0,604 + 6,56) = 6,01 \text{ кА}$$

Найдём сопротивление кабеля СД.

$$S_{\text{нсд1}} = P_{\text{нсд1}} / \cos \varphi = 2000 / 0,8 = 2500 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{нсд2}} = P_{\text{нсд2}} / \cos \varphi = 1250 / 0,8 = 1562,5 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{нсд1}} = S_{\text{нсд1}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}) = 2500 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 144,3 \text{ А}$$

$$I_{\text{нсд2}} = S_{\text{нсд2}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}) = 1562,5 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 90,21 \text{ А}$$

$$F_{\text{min}} = \alpha \cdot I_{\text{кз3}} \cdot \sqrt{th} = 12 \cdot 6,01 \cdot \sqrt{0,6} = 56 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель ААШВ (3*70) с $I_{\text{доп}} = 210 \text{ А}$

$$X_{\text{уд}} = 0,086 \text{ Ом/км}$$

$$X_{\text{ксд1}} = l \cdot x_0 \cdot S_{\text{б}} / U_{\text{б}} = 0,173 \cdot 0,086 \cdot 1000 / 10,5^2 = 0,135 \text{ о.е}$$

$$X_{\text{ксд2}} = l \cdot x_0 \cdot S_{\text{б}} / U_{\text{б}} = 0,21 \cdot 0,086 \cdot 1000 / 10,5^2 = 0,163 \text{ о.е}$$

Найдём параметры СД.

$$X_{\text{сд1}} = X'' \cdot S_{\text{б}} / S_{\text{н}} = 0,2 \cdot 1000000 / 2500 = 80 / 2 = 40 \text{ о.е}$$

$$X_{\text{сд2}} = X'' \cdot S_{\text{б}} / S_{\text{н}} = 0,2 \cdot 1000000 / 1562,5 = 128 / 2 = 64 \text{ о.е}$$

$$E_{\text{сд}} = E'' \cdot U_{\text{н}} / U_{\text{б}} = 1,05 \cdot 10 / 10,5 = 1.$$

$$X_{\text{э1}} = X_{\text{ксд1}} \cdot X_{\text{сд1}} / (X_{\text{ксд1}} + X_{\text{сд1}}) = 0,135 \cdot 40 / (0,135 + 40) = 0,0675 \text{ о.е}$$

$$X_{\text{э2}} = X_{\text{ксд2}} \cdot X_{\text{сд2}} / (X_{\text{ксд2}} + X_{\text{сд2}}) = 0,163 \cdot 64 / (0,163 + 64) = 0,0815 \text{ о.е}$$

$$X_{\text{э3,4}} = X_{\text{сд1}} \cdot X_{\text{сд2}} / (X_{\text{сд1}} + X_{\text{сд2}}) = 40 \cdot 64 / (40 + 64) = 24,6 \text{ о.е}$$

$$X_{\text{э}} = 0,0675 + 0,0815 + 24,6 = 24,75 \text{ о.е}$$

Ток короткого замыкания :

$$I_{кзсд} = E_{сд} * I_6 / X_э = 1 * 55 / 24.75 = 2.22 \text{ кА}$$

$$I_{кз\Sigma} = I_{кзк3} + I_{кзсд} = 6,01 + 2.22 = 8.23 \text{ кА}$$

$$i_y = \sqrt{2} * K_y * I_k = \sqrt{2} * 1.9 * 8.23 = 22.1 \text{ кА}$$

$$F_{min} = \alpha * I_k * \sqrt{th} = 12 * 8.23 * \sqrt{0.6} = 76.5 \text{ мм}^2$$

Выбор выключателей :

Вводные:

$$I_{рв1,в2} = S_{рзав} / (2 * \sqrt{3} * U_H) = 19966.6 / (2 * \sqrt{3} * 10) = 576.4 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 2 * I_p = 2 * 576.4 = 1152.8 \text{ А}$$

В1,В2

$$U_H \text{ В1,В2} = 1600 \text{ А} \geq I_{ав} = 1152.8 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{к3} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{y3} = 22.1 \text{ кА}$$

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1200 \geq I_{к3}^2 * 0.89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-1600-20У3

В3

$$U_H \text{ В3} = 630 \text{ А} \geq I_p = 576,4 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{к3} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{y3} = 22.1 \text{ кА}$$

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1200 \geq I_{к3}^2 * 0.89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

Выключатель СД:

$$I_{рсд1} = S_{рсд1} / (\sqrt{3} * U_H) = 2500 / (\sqrt{3} * 10) = 144,3 \text{ А}$$

$$I_{рсд2} = S_{рсд2} / (\sqrt{3} * U_H) = 1562,5 / (\sqrt{3} * 10) = 90,21 \text{ А}$$

$$I_{ном} = 630 \text{ А} \geq I_p = 144,34 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{к3} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{y3} = 22.1 \text{ кА}$$

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

$$I_{ном} = 630 \text{ А} \geq I_p = 90,21 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{кз} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{у3} = 22.1 \text{ кА}$$

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

Выбор выключателей отходящих линий:

ТП1-ТП2

$$S_p \text{ ТП1-ТП2} = \sqrt{(2948.58 + 39.91)^2 + (1032.02 + 207.56)^2} = 3235.3 \text{ кВА}$$

$$I_p \text{ ТП1-ТП2} = 3235,3 / (\sqrt{3} * 2 * 10) = 93,39 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 93.39 * 2 = 186.78 \text{ А}$$

$$U_{нв} \geq U_n = 10 \text{ кВ} ; I_{нв} \geq I_{ав} = 186.78 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{кз} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{у3} = 22.1 \text{ кА}$$

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

ТП3-ТП4

$$S_p \text{ ТП3-ТП4} = \sqrt{(2688.6 + 37.06)^2 + (1505.8 + 193.3)^2} = 3211,8 \text{ кВА}$$

$$I_p \text{ ТП3-ТП4} = 3211,8 / (\sqrt{3} * 2 * 10) = 92,72 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 93.39 * 2 = 185,44 \text{ А}$$

$$U_{нв} \geq U_n = 10 \text{ кВ} ; I_{нв} \geq I_{ав} = 185,44 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{кз} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{у3} = 22.1 \text{ кА} \quad I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

ТП5-ТП6-ТП7

$$S_p \text{ ТП5-ТП6-ТП7} = \sqrt{(3275.45 + 47.2)^2 + (2098.7 + 246)^2} = 4066,6 \text{ кВА}$$

$$I_p \text{ ТП5-ТП6-ТП7} = 4066,6 / (\sqrt{3} * 2 * 10) = 117,4 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 117,4 * 2 = 234,8 \text{ А}$$

$$U_{нв} \geq U_n = 10 \text{ кВ} ; I_{нв} \geq I_{ав} = 234,8 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} \geq I_{кз} = 8.23 \text{ кА}$$

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{у3} = 22.1 \text{ кА}$$

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

Выбор кабелей

Условия выбора кабелей:

$$F_{эк} = I_p / J_{э} , \text{ где } J_{э} = 1.44 \text{ А/мм}^2 \text{ (эконом. плотность тока)}$$

$$F_{min} = \alpha * I_{кз} * \sqrt{th} = 12 * 8.23 * \sqrt{0.6} = 76.5 \text{ мм}^2$$

$$I_p / K_p < I_{доп}$$

$$I_{ав} < 1.3 * I_{доп}$$

$$\text{СД1: } F_{эк} = 144.34 / 1.4 = 103.1 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*120) $I_{доп} = 295 \text{ А}$

$$I_{доп} = 295 \text{ А} \geq 144.34 / 0,75 = 192 \text{ А} ; n=6$$

$$I_{ав.доп} = 295 * 1,3 = 384 \geq 192 * 2 = 384 \text{ А}$$

$$\text{СД2: } F_{эк} = 90,21 / 1.4 = 64,43 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) $I_{доп} = 255 \text{ А}$

$$I_{доп} = 255 \geq 90,21 / 0,82 = 110 \text{ А} ; n=4$$

$$I_{ав.доп} = 255 * 1,3 = 331.5 \geq 110 * 2 = 220 \text{ А}$$

ТП1-ТП2:

$$F_{эк} = (2/4 * 93,39) / 1.4 = 34.4 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) $I_{доп} = 255 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 210 \text{ A} \geq 93,39 / 0,95 = 98,3 \text{ A} ; n=2$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 98,3 * 2 = 196,6 \text{ A}$$

(До ТП2):

$$F_{\text{ЭК}} = (4/4 * 93,39) / 1,4 = 66,7 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) I доп= 255А

$$I_{\text{доп}} = 255 \text{ A} \geq 93,39 / 0,95 = 98,3 \text{ A} ; n=2$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 98,3 * 2 = 196,6 \text{ A}$$

ТП3-ТП4:

$$F_{\text{ЭК}} = 92,72 / 1,4 = 66,2 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) I доп= 255А

$$I_{\text{доп}} = 255 \text{ A} \geq 92,72 / 0,95 = 97,6 \text{ A} ; n=2$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 97,6 * 2 = 195,2 \text{ A}$$

(До ТП4) :

$$F_{\text{ЭК}} = (2/4 * 92,72) / 1,4 = 33,1 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) I доп= 255А

$$I_{\text{доп}} = 255 \text{ A} \geq 92,72 / 0,95 = 97,6 \text{ A} ; n=2$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 97,6 * 2 = 195,2 \text{ A}$$

ТП5-ТП6-ТП7 (до ТП 5) :

$$F_{\text{ЭК}} = 117,4 / 1,4 = 83,85 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) I доп= 255А

$$I_{\text{доп}} = 255 \text{ A} \geq 117,4 / 0,75 = 156,5,6 \text{ A} ; n=6$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 156,5 * 2 = 313 \text{ A}$$

(До ТП6)

$$F_{\text{ЭК}} = (3/5 * 117,4) / 1,4 = 50,3 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) I доп= 255А

$$I_{\text{доп}} = 255 \text{ A} \geq 50,3 / 0,95 = 52,94 \text{ A} ; n=2$$

$$I_{ав.доп} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 52,94 * 2 = 105,88A$$

(До ТП7):

$$F_{эк} = (1/5 * 117,4) / 1.4 = 16,7 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3*95) I доп= 255А

$$I_{доп} = 255 \text{ А} \geq 16,7 / 1 = 16,7 \text{ А} ; n=1$$

$$I_{ав.доп} = 255 * 1,3 = 331,5 \geq 16,7 * 2 = 33,4A$$

Таблица 2.7 - Нагрузка трансформатора тока для СД1 (9 цех)

A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	САЗ-И681	2,5	2,5	2,5
Var	СРУ-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д355	0.5	0.5	0.5
Итого		6,0	6,0	6,0

Таблица 2.8 - Нагрузка трансформатора тока для СД2 (10 цех)

A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	САЗ-И681	2,5	2,5	2,5
Var	СРУ-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д355	0.5	0.5	0.5
Итого		6,0	6,0	6,0

**Таблица 2.9 - Выбор трансформатора тока для СД1 : (P_н=2000 кВт)
Выбираем ТЛМ-10-2**

Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном U,кВ	U _{н,уст.} = 10кВ		U _н =10кВ	U _н ≥ U _{н.уст}
Ном. Длит I (первич), А	I _{p1} = 144,3А		I _{1н} =150А	I _н ≥ I _p
Ном. Вторич. ток			I _{2н} =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	
Ном. Вторич.напр.	R _{2p} =0,396 Ом		R _{2н} =0,4 Ом	R _{2н} ≥ R _{2p}
Дин стойкость	i _{уд} = 22.1 А		I _{дин} = 52 кА	I _{дин} ≥ i _{уд}

**Таблица 2.10 - Выбор трансформатора тока для СД2 : (P_н=1250 кВт.)
Выбираем ТЛМ-10-2**

Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном U,кВ	U _{н,уст.} = 10кВ		U _н =10кВ	U _н ≥ U _{н.уст}
Ном. Длит I (первич) , А	I _{p2} = 90,21А		I _{1н} =100А	I _н ≥ I _p
Ном. Вторич. ток			I _{2н} =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	
Ном. Вторич.напр.	R _{2p} =0,396 Ом		R _{2н} =0,4 Ом	R _{2н} ≥ R _{2p}
Дин стойкость	i _{уд} = 22.1 А		I _{дин} = 52 кА	I _{дин} ≥ i _{уд}

Таблица 2.11 - Выбор трансформатора тока для ТП1-ТП2: Выбираем ТЛМ-10-2

Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном U,кВ	U _{н,уст.} = 10кВ		U _н =10кВ	U _н ≥ U _{н.уст}
Ном. Длит I (первич) , А	I _{p1} = 93.39А		I _{1н} =100А	I _н ≥ I _p
Ном. Вторич. ток			I _{2н} =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	
Ном. Вторич.напр.	R _{2p} =0,396 Ом		R _{2н} =0,4 Ом	R _{2н} ≥ R _{2p}
Дин стойкость	i _{уд} = 22.1 А		I _{дин} = 52 кА	I _{дин} ≥ i _{уд}

Таблица 2.12 - Выбор трансформатора тока для ТП3-ТП4: Выбираем ТЛМ-10-2

Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном U,кВ	U _{н,уст.} = 10кВ		U _н =10кВ	U _н ≥ U _{н.уст}
Ном. Длит I (первич) , А	I _{p1} = 92.72А		I _{1н} =100А	I _н ≥ I _p
Ном. Вторич. ток			I _{2н} =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	Соотв. Пуэ

**Таблица 2.13 - Выбор трансформатора тока для ТП5-ТП6- ТП7 :
Выбираем ТЛМ-10-2**

Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном U,кВ	$U_{н,уст.} = 10\text{кВ}$		$U_{н}=10\text{кВ}$	$U_{н} \geq U_{н.уст}$
Ном. Длит I (первич), А	$I_{р1} = 117.4\text{А}$		$I_{н}=150\text{А}$	$I_{н} \geq I_{р}$
Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном. Вторич. ток			$I_{2н}=5\text{ А}$	
Класс точности	0,5/P		0,5	Соотв. Пуэ
Ном. Вторич.напр.	$R_{2р}=0,396\text{ Ом}$		$R_{2н}=0,4\text{ Ом}$	$R_{2н} \geq R_{2р}$
Дин стойкость	$i_{уд}= 22.1\text{ А}$		$I_{дин}=52\text{кА}$	$I_{дин} \geq i_{уд}$

Таблица 2.14 - Выбор трансформатора напряжения

Прибор	Тип	Собщ.	Число обмоток	cosφ	Sinφ	Число приборов	Роб щ.,Вт	QΣ,кВар
V	Э-335	2	2	1	0	1	4	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	У-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	СА-Н681	3	2	0,38	0,925	7	42	102,2
Varh	СРУ-4689	3	2	0,38	0,925	7	42	102,2
							84	204,4

$$S_{расч} = \sqrt{84^2 + 202.4^2} = 219.13 \text{ ВА}$$

Выбираем трансформатор напряжения НОМ-10-66-У2(Т2) $S_{н}= 300\text{ВА}$
класс - 3.

$$U_{н.тн} \geq U_{н} = 10\text{кВ} \geq 10 \text{ кВ};$$

$$S_{н.тн} \geq S_{р} = 300\text{ВА} \geq 219,13 \text{ ВА};$$

Найдем радиусы окружности:

$$R_1 = \sqrt{\frac{2421.5}{3.14 \cdot 33.3}} = 4.8 \text{ см}; \quad \alpha_1 = \frac{304}{2421.5} \cdot 360^\circ = 45^\circ;$$

$$R_2 = \sqrt{\frac{1023.75}{3.14 \cdot 33.3}} = 3,13 \text{ см}; \quad \alpha_2 = \frac{182.4}{1206.15} \cdot 360^\circ = 54^\circ;$$

$$R3 = \sqrt{\frac{1340}{3.14 \cdot 33.3}} = 3,2 \text{ cm}; \quad \alpha3 = \frac{132.5}{1340} \cdot 360^{\circ} = 36^{\circ};$$

$$R4 = \sqrt{\frac{529.7}{3.14 \cdot 33.3}} = 2,2 \text{ cm}; \quad \alpha4 = \frac{78.9}{529.7} \cdot 360^{\circ} = 54^{\circ};$$

$$R5 = \sqrt{\frac{385.7}{3.14 \cdot 33.3}} = 1,9 \text{ cm}; \quad \alpha5 = \frac{43.7}{385.7} \cdot 360^{\circ} = 41^{\circ};$$

$$R6 = \sqrt{\frac{558}{3.14 \cdot 33.3}} = 2,3 \text{ cm}; \quad \alpha6 = \frac{106}{558} \cdot 360^{\circ} = 69^{\circ};$$

$$R7 = \sqrt{\frac{585.12}{3.14 \cdot 33.3}} = 2,3 \text{ cm}; \quad \alpha1 = \frac{85.12}{585.12} \cdot 360^{\circ} = 52^{\circ};$$

$$R8 = \sqrt{\frac{466.6}{3.14 \cdot 33.3}} = 2,1 \text{ cm}; \quad \alpha8 = \frac{176.2}{466.6} \cdot 360^{\circ} = 136^{\circ};$$

$$R9 = \sqrt{\frac{226.3}{3.14 \cdot 33.3}} = 1,47 \text{ cm}; \quad \alpha1 = \frac{41.5}{226.3} \cdot 360^{\circ} = 66^{\circ};$$

$$R10 = \sqrt{\frac{250}{3.14 \cdot 33.3}} = 1,54 \text{ cm}; \quad \alpha1 = \frac{14.7}{250} \cdot 360^{\circ} = 21^{\circ};$$

$$R11 = \sqrt{\frac{432.04}{3.14 \cdot 33.3}} = 2,03 \text{ cm}; \quad \alpha11 = \frac{113.04}{432.04} \cdot 360^{\circ} = 94^{\circ};$$

$$R12 = \sqrt{\frac{81.84}{3.14 \cdot 33.3}} = 0,9 \text{ cm}; \quad \alpha12 = \frac{33.84}{81.84} \cdot 360^{\circ} = 149^{\circ};$$

$$R13 = \sqrt{\frac{235.56}{3.14 \cdot 33.3}} = 1,5 \text{ cm}; \quad \alpha13 = \frac{50.76}{235.56} \cdot 360^{\circ} = 78^{\circ};$$

$$R14 = \sqrt{\frac{496.34}{3.14 \cdot 33.3}} = 2,17 \text{ cm}; \quad \alpha14 = \frac{41.34}{496.34} \cdot 360^{\circ} = 30^{\circ}.$$

3 Специальная часть

3.1 Исследование вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям

Электроприборы и оборудование предназначены для работы в определённой электромагнитной среде. Электромагнитной средой принято считать систему электроснабжения и присоединенные к ней электрические аппараты и оборудование, связанные кондуктивно и создающие в той или иной мере помехи, отрицательно влияющие на работу друг друга. При возможности нормальной работы оборудования в существующей электромагнитной среде, говорят об электромагнитной совместимости технических средств.

Единые требования к электромагнитной среде закрепляют стандартами, что позволяет создавать оборудование и гарантировать его работоспособность в условиях соответствующих этим требованиям. Стандарты устанавливают допустимые уровни помех в электрической сети, которые характеризуют качество электроэнергии и называются показателями качества электроэнергии (ПКЭ).

Средства защиты от перенапряжений. Коммутационные Превентивные-грозозащитные тросы-молниеотводы-качественно выполненные заземления-выключатели без повторныхзажиганий дуги- заземление нейтрали черездугогасящие катушки-защитные искровые промежуткитрубчатые разрядники вентильные разрядникиограничители перенапряженийнелинейные (ОПН)



Рисунок 3.1 – Грозозащитный трос: сталь или сталь-алюминий Для линий 110 кВ и выше на стальных и ж/б опорах

Для ВЛ 110 кВ трос монтируют непосредственно на опору, ВЛ 220 кВ и выше - на изоляторах. Монтаж грозотроса на изоляторах. Проблемы эксплуатации грозотроса : коррозия, «пляска».

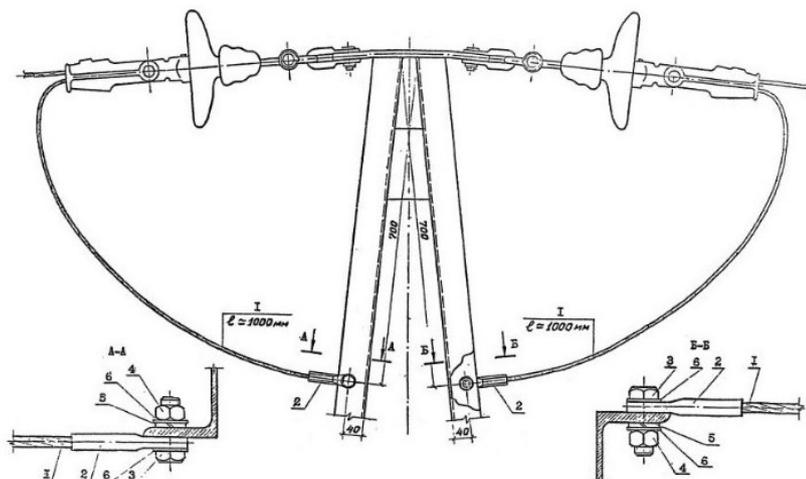


Рисунок 3.2 – Грозозащитный трос: сталь или сталь-алюминий, для линий 35 кВ и ниже применяются только на подходах к п/с

Заземляющие устройства (ЗУ) Естественное заземление сваями фундамента опоры. Искусственные заземлители опор применяются при недостаточно низком сопротивлении растекания тока естественного заземления. Выполняется стальным прутком >10 мм или трубами.

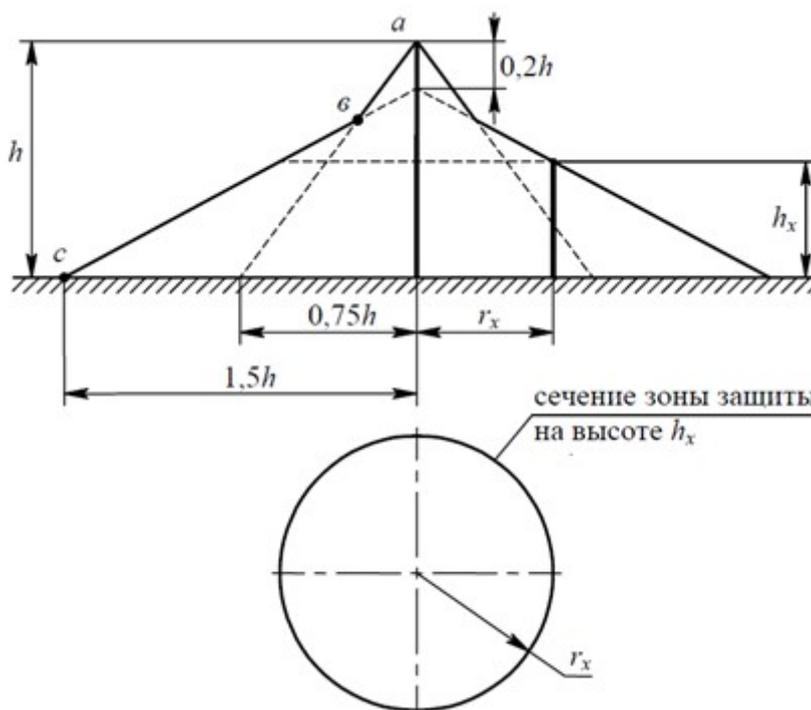


Рисунок 3.3 – Стержневые молниеотводы

Устройство заземляющего контура подстанций высокого напряжения. Глубина заложения горизонтальных проводников (2) – 0.5 -0.7 м. Длина вертикальных электродов 5-10 м. Материалы: пруток (>10 мм), уголок толщина полки > 4 мм, трубы с толщиной стенки более 3.5 мм). Основная эксплуатационная проблема – коррозия. Коммутационные средства защиты от перенапряжений. Принцип защиты от перенапряжений защитным коммутационным аппаратом 1 – перенапряжение без защиты 2 – ВСХ защищаемого объекта 3- ВСХ защитного разрядника 4 – ограниченное перенапряжение R_z – сопротивление защитного аппарата после срабатывания, предотвращает закорачивание птицами. Защитные искровые промежутки Недостатки: нестабильность параметров, влияние климатических условий, срез напряжения.

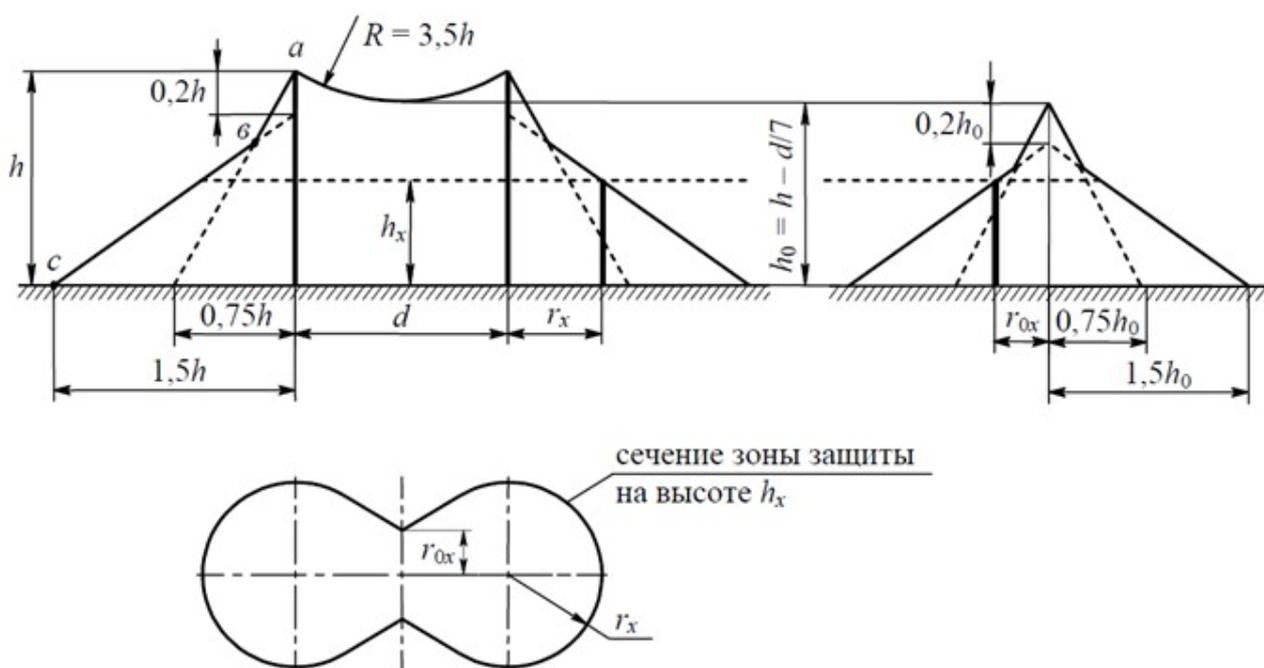


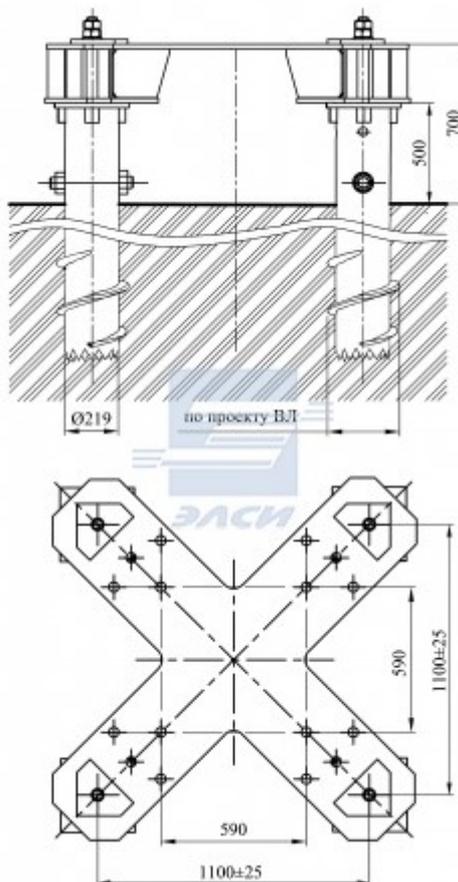
Рисунок 3.4 – Двухстержневой молниеотвод

Трубчатые разрядники – газогенерирующая трубка (винипласт, фибро - бакелит) 2, 4 – электроды 3 – корпус. Недостатки: износ газогенерирующего элемента, наличие верхней и нижней граница для отключаемого тока, газовые выбросы в процессе срабатывания при давлении 10-20 атмосфер.

Параметры трубчатых разрядников на высокие классы напряжения. Преимущества РТ перед «рогами» - отсутствие длительного КЗ при срабатывании. Недостатки: нестабильность вольт-секундных характеристик, наличие срезов напряжения. Трубчатый разрядник серии РТВ разрядники РТФ-6, РТФ-10, РТФ-35 кВ

Вентильные разрядники, и принцип работы искровые промежутки с неподвижной дугой разрядников РВС, РВП, РВО. Относительно малая величина сопровождающего тока <math><100\text{ А}</math>

Устройство искровых промежутков разрядников РВМГ, сопровождающий ток более 1000 А

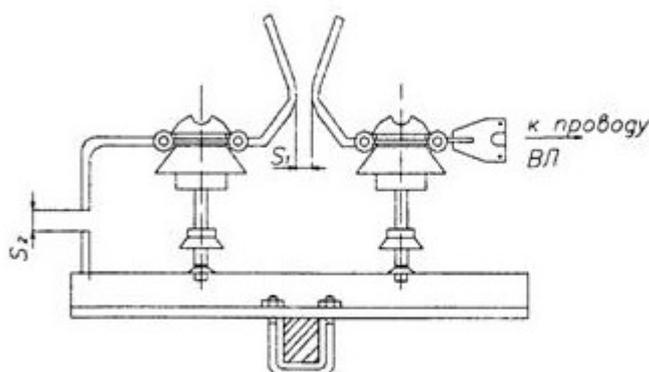


**Рисунок 3.5 - Заземляющие устройства (ЗУ)
Естественное заземление сваями фундамента опоры**

Вольт-амперная характеристика резистора РВМГ- 220Материалы для резисторов вилит, тервит. Вольт-секундная характеристика РВМГ5001- положительная полярность импульса, 2- -отрицательная полярность импульса

Нелинейные ограничители перенапряжений. Недостатки вентильных разрядников: 1) Нестабильность защитных характеристик (искровых промежутков). 2) Нестабильность ВАХ вилитовых дисков (влияние температуры и влажности). 3) Сложность профилактики. 4) Сложность конструкции. 5) Перенапряжения на стороне низкого напряжения трансформаторов при срезе волн перенапряжений на стороне высокого напряжения. Преимущества оксидно-цинковых нелинейных резисторов1) Резко нелинейная ВАХ. 2) Возможность отказа от применения искровых промежутков. 3) Малые токи (1 мА) в рабочем режиме, до 100 кА при коммутации перенапряжений. Чем ниже ВАХ, тем лучше защита от грозовых воздействий. Выбраны два ОПН с самой высокой и с самой низкой ВАХ.

Молниевая защита подстанций высокого напряжения. Надежность защиты электрических станций и подстанций от грозовых перенапряжений должна быть значительно выше надежности грозозащиты линий электропередачи. Защита оборудования подстанций от прямых ударов молнии обеспечивается стержневыми молниеотводами. Необходима защита от волн, возникающих на отходящих от подстанции линиях при ударах молнии в провода или опоры этих линий. Защита от набегающих волн основана на выборе ОПН или разрядников с подходящими защитными характеристиками, выборе их числа и места установки, а также усилении защиты подходов линий для снижения числа набегающих волн с большой крутизной напряжения на фронте.



Роговой искровой промежуток для защиты подстанций и ВЛ

Рисунок 3.6 - Коммутационные средства защиты от перенапряжений

Уровень грозоупорности ПС определяется верхними пределами амплитуды тока молнии при прямых ударах в подстанцию, при которых еще не происходит прямого или обратного перекрытия между токоведущими и заземленными частями объекта. Критерий не применим при оценке защиты от набегающих по линиям волн, так как крутизны фронтов и амплитуды импульсов могут сильно различаться в зависимости от места удара молнии. Критерием защиты от набегающих волн является кривая опасных волн в координатах крутизна – амплитуда волны перенапряжения. Универсальный критерий для П/С ВН – среднее ожидаемое число лет безаварийной работы подстанции при грозовых воздействиях. Прямые удары молнии Обр. перекрытия. Приходящие по линии. Волны от ударов в зоне защищенного подхода. Среднегодовое число превышения допустимого уровня перенапряжений при:



Рисунок 3.7 - Устройство искровых промежутков разрядников РВМГ

П/С 330 кВ и выше, в следствие больших габаритов подстанции защитные аппараты (ЗА) устанавливаются у каждого трансформатора и реактора П/С 110-220 кВ, по одному комплекту ЗА на каждую систему шин П/С 35 кВ и ниже.

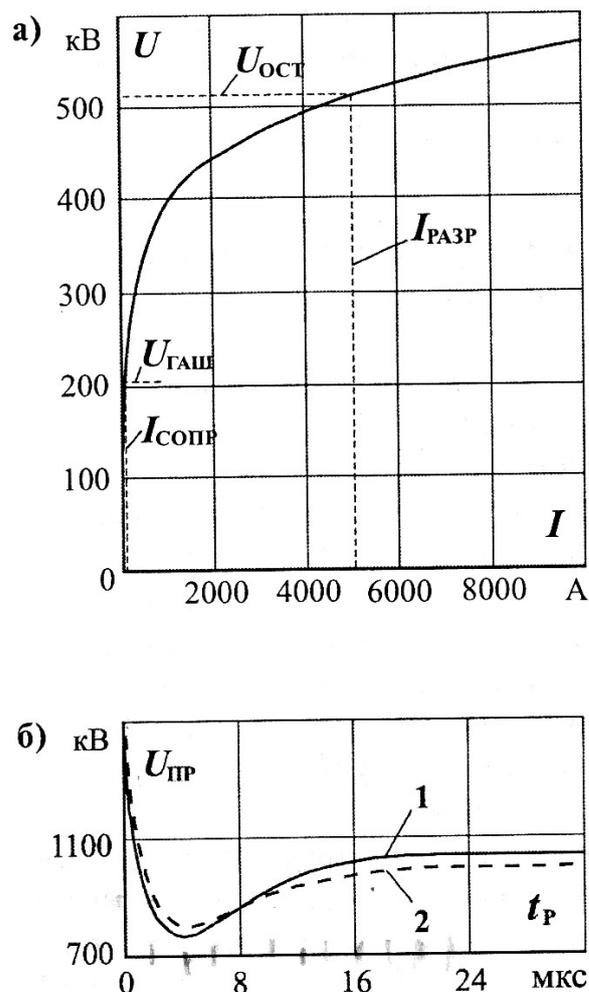


Рисунок 3.8 – Вольт – амперная характеристика резистора РВМГ- 220

В схемах мощных подстанций (6–35 кВ) с большим числом отходящих кабелей, устанавливают фидерные реакторы для ограничения тока короткого замыкания (на предыдущем слайде). Для волны с крутым фронтом реактор представляет собой разомкнутый конец, поэтому установка ЗА между реактором и кабелем оказывается обязательной. Схема грозозащиты переключательного пункта 6-10 кВ, защита ПС110 кВ.

4 Электробезопасность

Молниезащита зданий и сооружений РЭС предусмотрена в соответствии с требованиями инструкций РД 34.21-122-96, ПУЭ.

Для заземления электрооборудования, устанавливаемого в зданиях, предусматривается внутренний контур заземления, выполняемый стальной полосой сечением 40х4 и 25х4 мм². Предусмотрено также использование для заземления стальных строительных и кабельных конструкций, присоединяемых к контуру заземления. Внутренний контур также присоединен к наружному контуру, к которому также присоединяется оборудование открыто (трансформаторы, оборудование открытого распределительного устройства 110 кВ).

Для обеспечения необходимого уровня безопасности в зонах обслуживания электроустройств и установок в соответствии с ГОСТ 12.1.019-96 (СТ СЭВ 4830-96) предусматривается заземляющее устройства, соединяемые не менее чем в двух точках с существующим, общим для всей территории РЭС, заземляющим устройством с сопротивлением не превышающим 0,5 Ом. Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции электрооборудование, предусмотрено заземление корпусов электродвигателей и аппаратуры и зануление светильников внутреннего и наружного освещения.

В сети ремонтного освещения предусмотрено пониженное напряжение 12 В для питания переносного ручного инструмента предусмотрена электропроводка 36 В, 200 Гц.

Расчет выносного заземляющего устройства для РУ 10/0,4 кВ
Протяженность кабелей питания двигателей составляет 50-200 м. Длина отдельных кабелей достигает 1500 м на 1 блок, соответственно длина увеличивается в 3 раза. Необходимо учесть, что ответственные механизмы собственных нужд имеют резервные двигатели, которые питаются по своим отдельным кабелям, с учетом этого имеем:

В электроустановках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью в качестве расчетного тока можно принять ток, вычисленный приближенно по формуле:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot l_K + l_B)}{350}, \quad (4.1)$$

где U – фазное напряжение сети, кВ;

l_K – общая длина подключенных к сети кабельных линий, км;

l_B – общая длина подключенных к сети воздушных линий, км.

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot (35 \cdot 18,6 + 0)}{350} = 112,8 \text{ А}. \quad (4.2)$$

При выносном исполнении заземления заземлители располагаются на некотором удалении от заземленного оборудования. Поэтому заземленные корпуса находятся вне поля растекания – на земле, и человек касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли, если не учитывать коэффициента λ_2 , $U_{np} = U_3$.

Примем, что : $\lambda_1 = 1$; $\lambda_2 = 0,76$; $\beta_1 = 1$; $\beta_2 = 0,442$;

$$R_3 = 0,33 \text{ Ом}; \quad R_h = 1000 \text{ Ом}; \quad I_3 = 112,8 \text{ А}.$$

Расчет:

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_h} \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2; \quad (4.3)$$

$$I_h = 112,8 \cdot \frac{0,33}{1000} \cdot 1 \cdot 0,76 = 0,0283 \text{ мА} = 28,3 \text{ А};$$

$$U_{np} = I_3 \cdot R_3 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2; \quad (4.4)$$

$$U_{np} = 112,8 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot 0,76 = 28,3 \text{ В};$$

$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_3;$$

$$\varphi_3 = 112,8 \cdot 0,33 = 37,3 \text{ В};$$

$$U_{ш} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2;$$

$$U_{ш} = 112,8 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot 0,442 = 16,5 \text{ В};$$

Допустимые значения напряжения прикосновения и проходящие через человека для сети выше 1000 В с изолированной нейтралью при $t=1$ с составляют $U_{np} = 50 \text{ В}$ и $I_h = 50 \text{ мА}$, т.е. условия безопасности выполнены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе была разработана система электроснабжения турбогенераторного завода. При разработке были учтены особенности технологического процесса. Выбрано 13 цеховых трансформаторов типа ТМЗ-1000 - 10/0.4. Определена нагрузка по заводу напряжением 10 кВ на шинах ГПП.

В ходе разработки системы питания завода было проведено технико-экономическое сравнение трех вариантов схемы внешнего электроснабжения, и из них выбран наиболее рациональный с экономической и технической точки зрения, которым является второй вариант питания завода, где электроэнергия передается по ЛЭП 110 кВ.

Для принятого варианта выбрано следующее высоковольтное оборудование: вводные выключатели; секционный выключатель; выключатели нагрузки; выключатели отходящих линий, выключатели к СД, а также силовые кабели к ним. Выбраны измерительные приборы, трансформаторы тока и напряжения.

Специальная часть дипломной работы посвящена исследованию вопросов перенапряжения на оборудовании, подключенном к линиям.

При проектировании были рассмотрены организационно-технические мероприятия, обеспечивающие снижение отклонения напряжений на шинах 0.4 кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила устройства электроустановок Республики Казахстан. Астана. 2003г. – 415с.
- 2 Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
- 3 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. ТОМ1 А.А.Федоров. 1986. – 566 с.
- 4 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. ТОМ2 А.А.Федоров. 1986. – 586 с.
- 5 Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1986. – 400 с.
- 6 Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 7 Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования. Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
- 8 Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
- 9 Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
- 10 Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 528 с.
- 11 Овчинников В.В. Защита электрических сетей 0,4-35 кВ. Ч.1,Ч.2. – М.: Энергетик, 2002. – 112 с.
- 12 Гринберг Г. С., Делибаш Б. А. Цеховые электрические сети напряжением до 1000 В. М.: Энергия, 1977. –288 с.
- 13 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий.- М.: Энергоатомиздат, 1995. – 357 с.
- 14 Привезенцев В.А., Ларина Э.Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии.-М.: Энергия, 1986. – 469 с.
- 15 Гительсон С. М. Экономические решения при проектировании электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергия, 1971. – 256 с.
- 16 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 336 с.
- 17 Белов С.В. Безопасность производственных процессов. Справочник. – М.: Высшая школа, 1985. – 448 с.