

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»

Әбдіқайымов Абылай Жомартұлы

Исследование вопросов электромагнитной совместимости при эксплуатации  
высоковольтного электрооборудования

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В071800 – Электроэнергетика

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 кафедры  
«Энергетика» доктор PhD

 Е.А. Сарсенбаев

« 17 » 05 2019г.

### ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Исследование вопросов электромагнитной совместимости при  
эксплуатации высоковольтного электрооборудования»

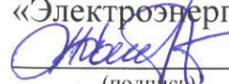
по специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Выполнил

Әбдіқаймов А.Ж.

Рецензент

КазАТК, доцент кафедры  
«Электроэнергетика», PhD

 Калиев Ж  
(подпись)

« 17 » 05 2019г.

Научный руководитель  
лектор

 Г.Ш.Токпеисова  
(подпись)

« 13 » 05 2019г.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ  
Начальник ОУП



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  
«Энергетика» доктор Phd

Е.А. Сарсенбаев

«28» 07 2019г.

### **ЗАДАНИЕ**

#### **на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Әбдіқаймов Абылай Жомартұлы

Тема: Исследование вопросов электромагнитной совместимости при эксплуатации высоковольтного электрооборудования

Утверждена приказом руководителя университета №1210- , от «30» 10 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «01» 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 раздельно Расстояние от подстанции до завода 20 км. Завод работает в три смены.

Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы:

а) Расчет электрических нагрузок завода;

б) Технико-экономический расчет;

Перечень графического материала: Графический материал представить в виде презентации.

Рекомендуемая основная литература: 13 наименований

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Основная часть	27.03.19	нет
Специальная часть	20.04.19.	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	Г.Ш.Токпеисова лектор	13.05.19	
Специальная часть	Г.Ш.Токпеисова лектор	13.05.19	
Нормоконтролер	Балгаев Н.Е. доктор PhD, сениор - лектор	15.05.19	

Научный руководитель \_\_\_\_\_   
(подпись) \_\_\_\_\_ Г.Ш.Токпеисова

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_   
(подпись) \_\_\_\_\_ Эбдікаимов А.

Дата « 06 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2019г.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыс, бетон және темір конструкцияларды шығаратын зауыттағы электромагниттік үйлесімділікті талдауға, және электрмен жабдықтаудың жобалауына бағытталған.

Электрлік жүктеме бойынша толық есептеу жүргізілген; сыртқы және ішкі электрмен жабдықтаудың сұлбалары анықталған; сыртқы электрмен жабдықтау нұсқаларына технико-экономикалық есептеу және рационалды нұсқа таңдалған; орындары, типтері және трансформаторлы қосалқы станциясының қуаттары; коммутациялық және қорғаныс аппараттары таңдалған; электрмен жабдықтау жүйесінің көрсеткіштерінің тиімділігі есептелген.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена Исследование вопросов электромагнитной совместимости при эксплуатации высоковольтного электрооборудования при разработке системы электроснабжения завода по производству бетонных и железных конструкций.

Выполнен полный расчет электрических нагрузок; обоснованы схемы внешнего и внутреннего электроснабжения; произведен технико-экономический расчет вариантов внешнего электроснабжения и выбран наиболее рациональный вариант; месторасположение, типы и мощности трансформаторных подстанций; выбрана коммутационная и защитная аппаратура; выполнен расчет показателей надежности системы электроснабжения.

## ANNOTATION

The degree job is devoted to system engineering of electrosupply of a factory of heavy mechanical engineering.

The account of loadings on all factory as a whole is made, are determined number and capacities of shop transformers.

On the basis of technical and economic account the external electrosupply of a factory by voltage 110 kV is chosen. The currents of short circuit are designed, by results of which the choice of power switches, cables, control - measuring devices, isolating links, switches of loadings is made. In a special part the account and analysis of ways of decrease (reduction) of losses of the electric power in system of electrosupply of a factory is made.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	
	Технологический процесс производства	
	Основная часть	
.1	Расчет осветительной нагрузки по цехам завода по производству бетонных и железных конструкций	
.2	Расчет низковольтных электрических нагрузок по предприятию	1
.3	Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на шинах 0.4 кВ	6
.4	Определение потерь мощности в цеховых трансформаторах	8
.5	Определение расчетных мощностей электроприемников 10кВ	9
.5.1	Определение расчетных мощностей синхронных двигателей	9
.6	Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10кВ ГПП	0
.7	Технико-экономическое сравнение вариантов схем внешнего электропитания	3
.7.1	Вариант I – 220 кВ	3
.7.2	Вариант II – 110кВ	7
.7.3	Вариант III – 35кВ	3
.8	Выбор высоковольтного оборудования	8
	Специальная часть	
.1	Анализ электромагнитной совместимости электротехнических комплексов	8
.2	Критерии качества функционирования технических средств при воздействии помех	0
.3	Выдержка из инструкции по эксплуатации микропроцессорного блока релейной защиты	4
.4	Обеспечение электромагнитной совместимости	5
.5	Проблема ЭМС в электроэнергетике	6
	Заключение	
	Список использованной литературы	

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие народного хозяйства и промышленности требует необходимости совершенствования электроэнергетики: создание экономичных надежных систем электроснабжения промышленных предприятий, систем автоматизированного управления электроприводами и технологическими процессами. Важнейшие задачи, решаемые энергетиками и энергопроизводителями, состоят в непрерывном увеличении объемов производства, сокращении сроков строительства новых энергетических объектов и реконструкции старых, уменьшении долевых капиталовложений, сокращении удельных расходов топлива, повышении производительности труда, улучшении структуры электроэнергетического производства. В 1991 году начался процесс децентрализации и дезинтеграции ЕЭС и электроэнергетики, начался процесс реформирования отрасли. Но несмотря на это, электроэнергия по-прежнему остается самой универсальной формой энергии. Он также является основой технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства.

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

Электричество используется во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электролиза материалов, электроизмерительной и электровизуальной обработки, электрокраски.

В цеховой системе передачи электроэнергии широко используются комплектные распределительные устройства, подстанции и силовые токопроводы. Это создает гибкую и надежную систему передачи, в результате чего экономит большое количество проводов и кабелей. Широко используются усовершенствованные системы автоматики, а также простые и надежные устройства защиты отдельных элементов системы электроснабжения промышленных предприятий.

Основной задачей проектирования объектов электроснабжения является обеспечение высокого уровня их надежности и экономичности. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий производится с учетом использования новых достижений науки и техники. Проектирование электроснабжения осуществляется в три этапа: технико-экономическое обоснование, технический проект, рабочие чертежи. Строящиеся электроустановки должны обеспечивать безопасность эксплуатации, надежность и экономичность. При проектировании эти показатели достигаются посредством технико-экономических расчетов.

## **1 Технологический процесс производства**

### **1.1 Общее описание «Алатау Жарык Компаниясы»**

ОАО " АЖК " является крупнейшей энергосистемой по распределению электроэнергии на юге республики. Распределяет энергию для промышленных и сельскохозяйственных предприятий в Алматы и Алматинской областях.

ОАО " АЖК " включен в республиканский раздел государственного реестра естественных монополий. ОАО " АЖК " состоит из классов напряжения 220-110-35-10-6-0,4 кВ.

Компания состоит из воздушных линий электропередачи 35-220 кВ и распределительных сетей 0,4-6-10 Алматинская область и Алматинская область. В октябре 2008 года инвестиционная программа АПК представлена в агентство по регулированию естественных монополий. Общий объем инвестиций в инвестиционную программу составил 67,995 млн. долларов США.тенге. В настоящее время разработанная ЗАО "АСК" инвестиционная программа была передана на утверждение в агентство по регулированию естественных монополий.

Основными целями инвестиционной программы являются реконструкция существующих активов и создание новых активов, в том числе::

- реконструкция существующих промежуточных станций;
- Реконструкция существующих СВК 110/35 кВ;
- Строительство новых промежуточных станций 35 кВ и выше;
- Перевод сетей 6 кВ на напряжение 10 кВ;
- Строительство трансформаторных подстанций 6-10 / 0,4 кВ, реконструкция станций и ТЭС, ФС и ВЛ с заменой их на изолированные проводники;
- Создание системы АСКУЭ и реконструкция каналов связи.

## 2 Основная часть

### 2.1 Расчет осветительной нагрузки по цехам завода по производству бетонных и железных конструкций

Питание может осуществляться от подстанции безграничной энергосистемы, где установлены два трехобмоточных трансформатора напряжением 230/115/37 кВ. Ул. Куата 3. На стороне 230 равна 2000 МВА. 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	Бетоносмесительный цех	300	1-150	5500	0,35	0,65	1,17
2	Арматурный цех	100	1-150	2500	0,35	0,65	1,17
3	Цех полимер-бетона	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	Склад цемента	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	Цех формирования бетона	40	1-50	600	0,4	0,8	0,75
9	Насосная 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	Склад керамзита	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.

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

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

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

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

$tg \varphi_o$  - коэффициент реактивной мощности определяется по определенному  $\cos \varphi_o$  осветительной установки;

$P_{уст.o}$  - установленная мощность светоприемников по цеху определяется по удельной световой нагрузке на  $1 \text{ м}^2$  поверхности пола и на определенной производственной площадке:

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

где  $F$  - площадь пола производственного помещения в  $\text{м}^2$ ;

$\rho_o$  - удельная расчетная мощность в кВт на  $1 \text{ м}^2$ , величина  $\rho_o$  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 помещения, дл.*шир	F, м <sup>2</sup>	$\rho_o$ , кВт/м <sup>2</sup>	$K_{co}$	$P_{у.о.}$ , кВт	$P_{р.о.}$ , кВт	$Q_{р.о.}$ , квар	$\cos \Phi_o / tg \Phi_o$	Тип лампы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Бетоносмесительный цех	200x100	20000	0.016	0.95	320	304	152	0,9/0,5	Дрл
2	Арматурный цех	200x60	12000	0,016	0,95	192	182,4	91,2	0,9/0,5	Дрл
3	Цех полимер-бетона	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	Склад цемента	93 x80	7440	0,015	0,95	111,6	106	53	0,9/0,5	Дрл
7	Пропиточный сушильный цех	80 x70	5600	0,016	0,95	89,6	85,12	42,5	0,9/0,5	Дрл

Продолжение таблицы 2.1

8	Цех формирования бетона	133x93	12369	0,015	0,95	185,5	176,2	88,1	0,9/0,5	Дрл
9	Насосная 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	Склад керамзита	80x47	3760	0,015	0,6	56,4	33,84	16,9	0,9/0,5	Дрл
13	Столовая	80x47	3760	0,015	0,9	56,4	50,76	25,3	0,9/0,5	ЛЛ
14	Котельная	100x53	5300	0,013	0,6	68,9	41,34	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 производится упрощенным способом, а также методом отрегулированных диаграмм. Расчет нагрузки по цеху и расчет силовых и осветительных нагрузок по цеху.

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

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

Для цехов найдем:

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

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

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

$$K_M = f(n_\Sigma; \kappa_u); \quad (2.8)$$

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

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

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

**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,см	α,°
						Одног о ЭП, Pн	ΣPн		Рсм, кВт	Qсм, квар			Pr,кВт	Qp,квар	Sp,кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Бетоносмесительный цех																
	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	Арматурный цех																
	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	Цех полимер-бетона																
	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			
4	Заготовительно-сварочный цех																
	а)силовой	50	0,4	0,6	1,08	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	462,75			

Продолжение таблицы 2.2

5	Термический цех																	
	а)силовой	48	0,6	0,65	1,1 7	5-40	500	> 3	300	351	25	1,14	342	351				
	б)осветительный													43,7	21,85		1,9	41
	Итого													385,7	372,85			
6	Склад цемента																	
	а)силовой	50	0,4	0,7	1,0 2	1-40	1000	> 3	400	408	50	1,13	452	408				
	б)осветительный													106	53		2,3	69
	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
8	Цех формирования																	
	а)силовой	40	0,4	0,8	0,7 5	1-50	600	> 3	240	180	24	1,21	290,4	180			2,1	136
	б)осветительный													176,2	88,1			
	Итого													466,6	268,1			
9	Насосная станция																	
	а)силовой	20	0,4	0,8	0,7 5	1-50	350	> 3	140	105	14	1,32	184,8	105			1,47	66
	б)осветительный													41,5	20,75			
	Итого													226,3	125,75			
10	Компрессорная																	
	а)силовой	20	0,7	0,8	0,7 5	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			

Продолжение таблицы 2.2

11	Административно - технический корпус																
	а)силовой	50	0,5	0,8	0,7 5	1-40	550	> 3	275	206,2	28	1,16	319	206,2		2	94
	б)осветительный												113,0 4	56,52			
	Итого												432	262,7			
12	Склад керамзита																
	а)силовой	15	0,3	0,7	1,0 2	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
	б)осветительный												50,7	25,38			
	Итого												235,5 6	92,58			
14	Котельная																
	а)силовой	60	0,5	0,8	0,7 5	1-180	650	> 3	325	243,75	8	1,4	455	268,12		2,17	30
	б)осветительный												41,34	20,67			
	Итого												496,3 4	288,8			
	Освещение территории												120,4 6	60,23			
	Итого по заводу												9335	7345	11878		

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

Правильное определение количества и мощности трансформаторов цеха возможно только с учетом следующих факторов: категория надежности электроснабжения потребителей; возмещение реактивных нагрузок напряжением до 1кВ; перегрузочная способность трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шаг стандартных мощностей; экономичные режимы работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 9335 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 7335 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 11878 \text{ кВА}.$$

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

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

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

Для каждой технологической концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их количество, необходимое для питания максимальной расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$N_{T \min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{9335}{0.8 \times 1000} = 11.66 + 0.34 = 12$$

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

$K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора;

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

$\Delta N$  – добавка до ближайшего целого числа

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

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

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{Tэ} \times S_{нт} \times K_3)^2 - P_{p0,4}^2} = \sqrt{108160000 - 9335^2} = 4584.5 \text{ квар}.$$

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину  $Q_{\text{нбк1}}$ :

$$Q_{\text{нбк1}} + Q_1 = Q_{p0,4}, \quad (2.12)$$

отсюда

$$Q_{\text{нбк1}} = Q_{p0,4} - Q_1 = 7335,9 - 4584,5 = 2760,5 \text{ квар.}$$

Дополнительная мощность  $Q_{\text{нбк2}}$  НБК для данной группы трансформаторов определяется по формуле:

$$Q_{\text{нбк2}} = Q_{p0,4} - Q_{\text{нбк1}} - \gamma \cdot N_{\text{тэ}} \cdot S_{\text{нт}}, \text{ квар} \quad (2.13)$$

где  $\gamma$  выбираем из справочника (Ю.Г. Барыбина)

$$Q_{\text{нбк2}} = 7335 - 2760,5 - 0,57 \cdot 1000 \cdot 13 = -2825,5$$

По расчету  $Q_{\text{нбк2}} < 0$ , принимаем  $Q_{\text{нбк2}} = 0$ , т.к.

$$Q_{\text{нбк}} = Q_{\text{нбк1}} + Q_{\text{нбк2}}, \text{ т.к. } Q_{\text{нбк2}} = 0, \text{ то } Q_{\text{нбк}} = Q_{\text{нбк1}} = 2760,5 \text{ квар.}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, поступающей на каждый трансформатор:

$$Q_{\text{нбк тп}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{тз}}} = \frac{2760,5}{13} \approx 212,34 \text{ квар.}$$

Ближайшее стандартное значение батареи конденсаторов выбираем в справочнике (Ю.Г. Барыбина): УКБН-0,38-200-50 УЗ

На основании расчетов, полученных в данном пункте 2 составляется таблица 2.1 - Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП. В таблице  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформаторов, равный:

$$\frac{S_{p0,4}}{N \cdot S_{\text{НТР}}} \quad (2.14)$$

Заблаговременное разделение низковольтных нагрузок согласно цеховым ТП показано в таблице 2.1

**Таблица 2.3 - Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП**

№ ТП S <sub>HT</sub> , Q <sub>нбк</sub> тп	№ цехов	P <sub>p 0,4</sub> , кВт	Q <sub>p 0,4</sub> , квар	S <sub>p0,4</sub> , кВА	Kз
1	2	3	4	5	6
ТП1-ТП2 (4x1000) ΣS <sub>H</sub> =4x1000=4000кВА  Q <sub>нбк</sub> =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 <sub>H</sub> =4x1000=4000кВА  Q <sub>нбк</sub> =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 <sub>H</sub> =5x1000=5000кВА  Q <sub>нбк</sub> =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:

$$K_3=0,83,$$

$$N=4,$$

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

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

ТП3-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 (насосная)

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

Определим расчетные мощности для СД:

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

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

10 цех (компрессорная)

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

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

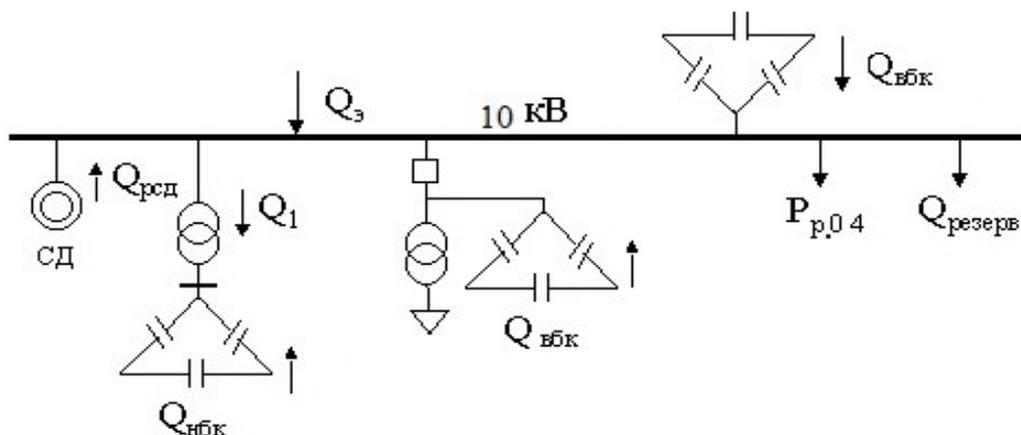


Рисунок 2.1 - Схема замещения

Резервная мощность:

$$Q_{рез} = 0.1 \times \Sigma Q_{расч} = 0.1 \times (Q_{р,0,4} + \Delta Q_T) = 0.1 \times (7345 + 646,86) = 799,18 \text{ квар.}$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

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

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{ВБК} = Q_{р,0,4} + \Delta Q_T + Q_{рез} - Q_э - Q_{сд} - Q_{НБК},$$

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

Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу приведен в таблице 2.4.

**Таблица 2.4 - Расчет уточненной мощности по предприятию**

№ТП	№ Цех ов	п	Установочная мощность . кВт		K <sub>и</sub>	Средние нагрузки		п <sub>э</sub>	K <sub>М</sub>	Расчетные нагрузки			K <sub>з</sub>
			P <sub>min</sub> ÷P <sub>max</sub>	∑P <sub>н</sub>		P <sub>см</sub> .кВт	Q <sub>см</sub> .квар			P <sub>р</sub> . кВт	Q <sub>р</sub> . квар	S <sub>р</sub> . 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	1673,25		
Осветительная										449,86	158,77		
Q <sub>нбк</sub>											-800		
Итого										2948,58	1032,02	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 <sub>нбк</sub>											-800		
Итого										2688,6	1505,8	3081,55	0,77
ТП5 - ТП7.	1	300	1-150	5500	-	1925	2252,2	-	-				
	6	50	1-40	1000	-	400	408	-	-				
	9	20	1-50	350	-	140	105	-	-				

Продолжение таблицы 2.4

	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	
Нагрузки 10 кв													
а) насосная станция СД	4	2000	8000							6400	-4800		
б) компрессорный СД	4	1250	5000							4000	-3000		
$Q_{вбк}$										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.

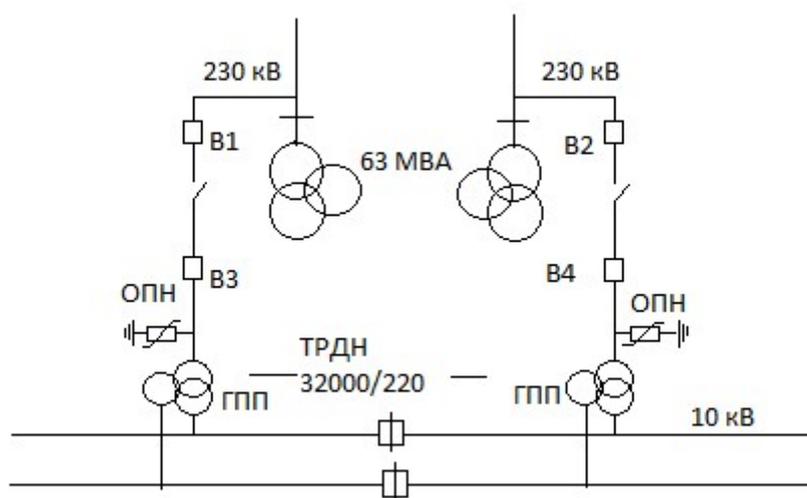


Рисунок 2.2 - I вариант схемы электроснабжения

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{19437.17^2 + 4567.6^2} = 19966.6 \text{ кВА}$$

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,  $\Delta P_{кз} = 167$  кВт,  $U_{кз} = 12\%$ ,  $I_{xx} = 0.9\%$ .

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

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

реактивной:

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0.02 \cdot (I_{\text{ХХ}} \cdot S_{\text{Н}} + U_{\text{КЗ}} \cdot S_{\text{Н}} \cdot K_3^2)$$

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

При трёхменном 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:

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

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:

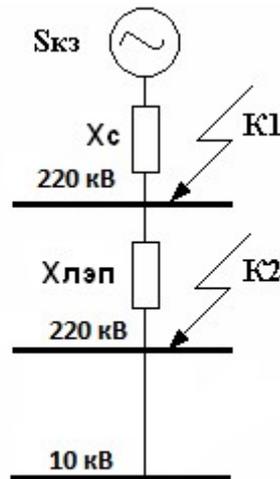
$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 605=786,5\text{А} > I_{\text{ав}}=52,68\text{А}$$

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  $240 \text{ мм}^2$ ,  $l=20 \text{ км}$  - длина линии.

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



**Рисунок 2.3 - Схема замещения**

$S_6 = 1000 \text{ МВА}$ ;  $S_{кз} = 2000 \text{ МВА}$ ;  $U_6 = 230 \text{ кВ}$ ;  $x_c = S_6 / S_{кз} = 1000 / 2000 = 0,5 \text{ о.е.}$ ;

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 230} = 2.51 \text{ кА};$$

$$X_{л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{ср}^2} = 0.137 \cdot 20 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0.0518 \text{ о.е.}$$

$$I_{к1} = \frac{I_6}{X_c} = \frac{2.51}{0.5} = 5.02 \text{ кА}$$

$$S_{к1} = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot I_{к1} = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 5.02 = 1999.8 \text{ МВА};$$

$$I_{к2} = \frac{I_6}{X_c + X_{л}} = \frac{2.51}{0.5 + 0.0518} = 4.54 \text{ кА};$$

$$S_{к2} = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot I_{к2} = \sqrt{3} \cdot 230 \cdot 4.54 = 1808.6 \text{ МВА};$$

Выбираем выключатели В1; В2;

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

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

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{к1} = 5,02 \text{ кА};$$

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

$$I^2 t = 25^2 \cdot 2 = 1875 \text{ А}^2 > I_{к1} = 5.02^2 \cdot \sqrt{0.8} = 22.53 \text{ кА};$$

Выбираем выключатели В3; В4;

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

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

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{к1} = 4,54 \text{ кА};$$

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

$$I^2 t = 25^2 \cdot 2 = 1875 \text{ А}^2 > I_{к1} = 4.54^2 \cdot \sqrt{0.8} = 18.4 \text{ кА};$$

Разъединитель РНД(3)-220/630Т1 Цена 79 500 тг.

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав} = 52,68 \text{ А};$$

$$I_{дин} = 80 \text{ кА} > i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 4,54 = 8,34 \text{ кА}$$

$$I^2 t = 25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА} > I_k^2 = 4,54^2 \cdot \sqrt{0,8} = 18,4 \text{ кА};$$

Ограничитель перенапряжений РВС-220М Цена 322 500 тг.

$$U_{ном} = 220 \text{ кВ} = U = 220 \text{ кВ}$$

Потери электроэнергии в трансформаторах ГПП

$$\Delta W_{тгпп} = 2(\Delta P_{хх} \cdot T_{в} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_3^2) = 2(43 \cdot 6000 + 167 \cdot 2886 \cdot 0,3^2) = 602753,16$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{лэп} = 2 \cdot (3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot (3 \cdot 26,34^2 \cdot 2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 2886) = 29073,31 \text{ кВтч}$$

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  $240 \text{ мм}^2$ ,  $l = 20 \text{ км}$  - 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:

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

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

## Расчет издержек на эксплуатацию

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

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

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

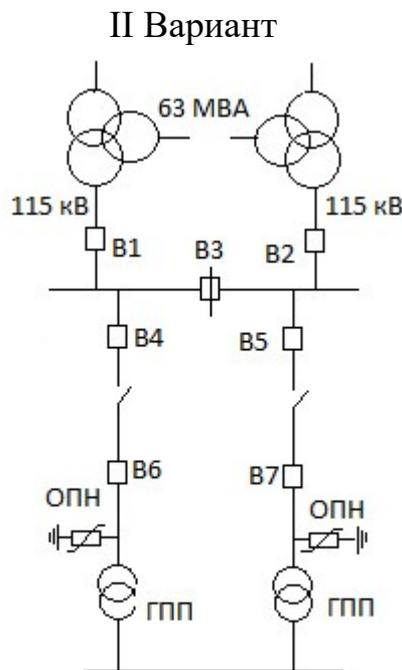
$$\Sigma U_{\text{I}} = \Sigma U_{\text{а}} + \Sigma U_{\text{э}} + \Sigma U_{\text{п}} = 1\,058\,400 + 2\,602\,152 + 151\,200 + 413\,040 + 631,826,47 = 4\,856\,618,47 \text{ тг.}$$

## Приведенные суммарные затраты

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

### 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:

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

реактивной:

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

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

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:

$$S_{лэп} = \sqrt{\left( P_p + \Delta P_{TГПП} \right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(19437.19 + 99.2)^2 + 4567.6^2} = 19975.59 \text{ кВА}$$

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/мм<sup>2</sup> 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:

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

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  $70 \text{ мм}^2$ ,  $l=20$  км - длина линии.

Трансформаторы энергосистемы.

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

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

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

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

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

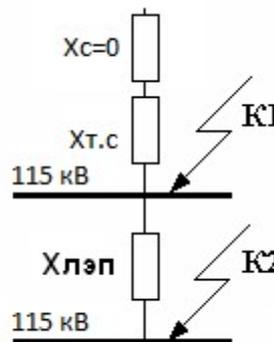


Рисунок 2.5 - Схема замещения

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

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

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

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

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

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

$$X_{тс} = X_B + X_c = 0 + 1.98 = 1.98 \text{ о.е.}$$

$$U_{кс} = 0.5(U_{квс} + U_{кчн} - U_{квн}) = 0.5(12.5 + 9.5 - 22) = 0\%$$

$$U_{кв} = 0.5(U_{квс} + U_{квн} - U_{кн}) = 0.5(12.5 + 22 - 9.5) = 12.5\%$$

$$I_{k1} = \frac{I_{\delta}}{X_{mc}} = \frac{5.02}{1.98} = 2.5 \text{ кА};$$

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta} \cdot I_{k1} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2.5 = 497.9 \text{ МВА};$$

$$I_{k2} = \frac{I_{\delta}}{X_{mc} + X_{л}} = \frac{5.02}{0.604 + 1.98} = 1.94 \text{ кА};$$

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta} \cdot I_{k2} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 1.94 = 386.4 \text{ МВА};$$

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

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

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

Выбираем выключатели В1; В2;

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

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

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

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

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 > I^2 k1 \cdot \sqrt{8} = 2.5^2 \cdot \sqrt{8} = 5.6 \text{ кА}^2;$$

Выбираем выключатель В3;

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

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

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

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

$$I^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 > I^2 k1 \cdot \sqrt{8} = 2.5^2 \cdot \sqrt{8} = 5.6 \text{ кА}^2;$$

Выбираем выключатели В4; В5;

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

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав} = 104.84 \text{ А};$$

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

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

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

Выбираем выключатели В6; В7;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ограничитель перенапряжений РВС-110 Цена 19 500 тг.

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ} = U = 110 \text{ кВ}$$

Потери электроэнергии в трансформаторах ГПП

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

Потери электроэнергии в ЛЭП:

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

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  $70 \text{ мм}^2$ ,  $l = 20$  км - длина линии.

Капитальные затраты на электрооборудование второго варианта:

Затраты на выключатели В1; В2;

$$K_{\text{В1,В2}} = 2 \times \gamma_2 \times K_{\text{В1}} = 2 \times 0,166 \times 270 000 = 89 640 \text{ тг.}$$

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

Затраты на выключатели В3:

$$K_{\text{В3}} = \gamma_3 \times K_{\text{В3}} = 0,083 \times 270 000 = 22 410 \text{ тг.}$$

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:

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

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:

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

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

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

Расчет издержек на эксплуатацию

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

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

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

Издержки, вызванные потерями электроэнергии в проектируемой электроустановке за год

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

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

Суммарные издержки

$$\Sigma U_{\Pi} = \Sigma U_a + \Sigma U_{\Sigma} + \Sigma U_{\Pi} = 2\,072\,222,5 + 314\,257,5 + 645\,387,52 =$$

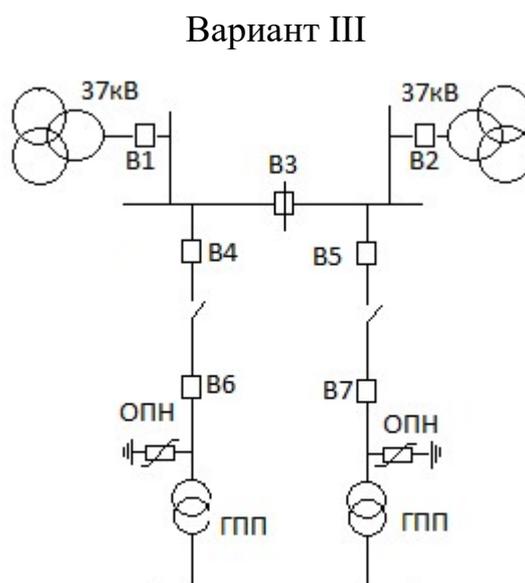
$$3\,031\,867,52 \text{ тг.}$$

Приведенные суммарные затраты

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

### 2.7.3 Вариант III – 35кВ

Выбор оборудования производим согласно рисунку 2.6



**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.

$S_H = 16000 \text{ кВА}$ ,  $\Delta P_{xx} = 18 \text{ кВт}$ ,  $\Delta P_{кз} = 85 \text{ кВт}$ ,

$U_{кз} = 10\%$ ,  $I_{xx} = 0,55\%$ .

Потери мощности в трансформаторах:  
активной:

$$\Delta P_{\text{ТГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{ХХ}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (18 + 85 \cdot 0.6^2) = 182.96 \text{ кВт}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0.02 \cdot (I_{\text{ХХ}} \cdot S_{\text{Н}} + U_{\text{КЗ}} \cdot S_{\text{Н}} \cdot K_3^2)$$

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

При трехменном режиме работы  $T_{\text{вкл}}=6000$ ч.  $T_{\text{макс}}=6000$ ч.  
тогда время максимальных потерь:  
 $\tau = (0.124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886$ ч.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{\left( P_p + \Delta P_{\text{тгпп}} \right)^2 + Q_9^2} = \sqrt{(19437.19 + 182.96)^2 + 4567.6^2} = 20144.88 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

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

Ток аварийного режима:

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

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/мм<sup>2</sup> экономическая плотность тока при  $T_{\text{м}}=6000$ ч и алюминиевых проводах. Принимаем по условию коронирования провод АС – 185 с  $I_{\text{доп}}=510$ А.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

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

При аварийном режиме:

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

Трансформаторы энергосистемы.

Тип ТДТН-63000/220;

$S_{\text{н}}=63000$  кВА,  $\Delta P_{\text{ХХ}}=54$ кВт,  $\Delta P_{\text{КЗ}}=220$ кВт,  $U_{\text{КВС}}=12,5\%$ ,  $U_{\text{КВН}}=22\%$ ,  $U_{\text{КСН}}=9,5\%$ ,  $I_{\text{ХХ}}=0.55\%$ .

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot S_{\text{н}}} = \frac{20144.88}{2 \cdot 63000} = 0.160$$

$$S_{\sigma} = 1000 \text{ МВА}; U_{\sigma} = 37 \text{ кВ}; X_{\sigma} = 0.0 \text{ е}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_6} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15,6 \text{ кА};$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 20 \cdot \frac{1000}{37^2} = 5,84 \text{ о.е.}$$

$$X_H = \frac{U_{kc} \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{9,5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1,5 \text{ о.е.}$$

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

$$X_{TC} = X_B + X_H = 1,98 + 1,5 = 3,48 \text{ о.е.}$$

$$U_{KH} = 0,5(U_{KBH} + U_{KCH} - U_{KBC}) = 0,5(22 + 9,5 - 12,5) = 9,5\%$$

$$U_{KB} = 0,5(U_{KBC} + U_{KBH} - U_{KCH}) = 0,5(12,5 + 22 - 9,5) = 12,5\%$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_{mc}} = \frac{15,6}{3,48} = 4,48 \text{ кА};$$

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot I_{k1} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 4,48 = 287,1 \text{ МВА};$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_{mc} + X_L} = \frac{15,6}{5,84 + 3,48} = 1,67 \text{ кА};$$

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot I_{k2} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 1,67 = 107 \text{ МВА};$$

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.

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав.т} = 316,28 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 4,48 \text{ кА};$$

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

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

Выбираем выключатель В3;

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

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав.т} = 316,28 \text{ А};$$

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

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

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{кА} > I^2 k1 \cdot \sqrt{8} = 4,48^2 \cdot \sqrt{8} = 17,9 \text{кА};$$

Выбираем выключатели В4; В5;

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

$$I_{ном} = 630 \text{А} > I_{ав} = 332,3 \text{А};$$

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

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

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{кА} > I^2 k1 \cdot \sqrt{8} = 4,48^2 \cdot \sqrt{8} = 17,9 \text{кА};$$

Выбираем выключатели В6; В7;

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

$$I_{ном} = 630 \text{А} > I_{ав} = 332,3 \text{А};$$

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

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

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{кА} > I^2 k2 \cdot \sqrt{8} = 1,67^2 \cdot \sqrt{8} = 2,5 \text{кА};$$

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

$$I_{ном} = 1000 \text{А} > I_{ав} = 332,3 \text{А};$$

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

$$I^2 t = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{кА} > I^2 k2 \cdot \sqrt{8} = 1,67^2 \cdot \sqrt{8} = 2,5 \text{кА};$$

Ограничитель перенапряжений РВС-35 Цена 5 250 тг.

$$U_{ном} = 35 \text{кВ} = U = 35 \text{кВ}$$

Потери в трансформаторах ГПП

$$\Delta W_{тгпп} = 2(\Delta P_{хх} \cdot T_{в} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_{з}^2) = 2(18 \cdot 6000 + 85 \cdot 2886 \cdot 0,6^2) = 392623,2$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

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

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  $185 \text{ мм}^2$ ,  $l = 20 \text{ км}$  - длина линии.

Капитальные затраты на электрооборудование третьего варианта:

Затраты на выключатели В1; В2;

$$K_{B1,B2}=2 \times \gamma_2 \times K_{B1}=2 \times 0,527 \times 270\,000 = 284\,580 \text{ тг.}$$

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

Затраты на выключатели В3:

$$K_{B3} = \gamma_3 \times K_{B3} = 0,263 \times 270\,000 = 71\,010 \text{ тг.}$$

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

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 :

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

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

Затраты на тр ГПП:

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

Затраты на тр ЭС:

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

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

Затраты на разъединитель и ограничитель перенапряжений :

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

Суммарные затраты на оборудование II варианта:

$$K_{\Sigma 3}=K_{B1,B2}+K_{B3}+K_{ЛЭП}+K_{вв}+K_{трЭС}+K_{B4,B5,B6,B7}+K_{тр ГПП}$$

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

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

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

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

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

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

Издержки, вызванные потерями электроэнергии в проектируемой электроустановки за год

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

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

Суммарные издержки

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

Приведенные суммарные затраты

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

Результаты технико-экономического расчета сведены в таблице 2.6.

**Таблица 2.5 - Результат технико-экономического сравнения**

Вариант	$U_{\text{ном}}$ ,кВ	$K_{\Sigma}$ тг.	$I_{\Sigma}$ тг.	З 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

$$I_{\text{кз}\Sigma} = I_{\text{кз-кз}} + I_{\text{сд}}$$

Ток короткого замыкания от системы:

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

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

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

Найдём сопротивление Кабеля СД.

$$S_{нсд1} = P_{нсд1} / \cos\varphi = 2000/0.8 = 2500 \text{ кВА}$$

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

$$I_{нсд1} = S_{нсд1} / (\sqrt{3} * U_H) = 2500 / (\sqrt{3} * 10) = 144,3 \text{ А}$$

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

$$F_{min} = \alpha * I_{кзк3} * \sqrt{th} = 12 * 6,01 * \sqrt{0.6} = 56 \text{ мм}^2$$

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

$$X_{уд} = 0,086 \text{ Ом/км}$$

$$X_{кcd1} = l * x_0 * S_б / U_б^2 = 0.173 * 0.086 * 1000 / 10.5^2 = 0.135 \text{ о.е}$$

$$X_{кcd2} = l * x_0 * S_б / U_б^2 = 0,21 * 0.086 * 1000 / 10.5^2 = 0.163 \text{ о.е}$$

Найдём параметры СД.

$$X_{cd1} = X'' * S_б / S_H = 0.2 * 1000000 / 2500 = 80/2 = 40 \text{ о.е}$$

$$X_{cd2} = X'' * S_б / S_H = 0.2 * 1000000 / 1562.5 = 128/2 = 64 \text{ о.е}$$

$$E_{cd} = E'' * U_H / U_б = 1.05 * 10 / 10.5 = 1.$$

$$X_{э1} = X_{кcd1} * X_{cd1} / (X_{кcd1} + X_{cd1}) = 0,135 * 0,135 / (0,135 + 0,135) = 0,0675 \text{ о.е}$$

$$X_{э2} = X_{кcd2} * X_{cd2} / (X_{кcd2} + X_{cd2}) = 0,163 * 0,163 / (0,163 + 0,163) = 0,0815 \text{ о.е}$$

$$X_{э3,4} = X_{cd1} * X_{cd2} / (X_{cd1} + X_{cd2}) = 40 * 64 / (40 + 64) = 24.6 \text{ о.е}$$

$$X_{э} = 0,0675 + 0,0815 + 24.6 = 24.75 \text{ о.е}$$

Ток короткого замыкания :

$$I_{кзcd} = E_{cd} * I_б / X_{э} = 1 * 55 / 24.75 = 2.22 \text{ кА}$$

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

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

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

Выбор выключателей :

Вводные:

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

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

В1,В2

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

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

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

$$I^2 \cdot t = 20^2 \cdot 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 \cdot 0.89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-1600-20У3

В3

$$U_H \text{ В3} = 630 \text{ А} \geq I_p = 576.4 \text{ А}$$

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

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

$$I^2 \cdot t = 20^2 \cdot 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 \cdot 0.89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

Выключатель СД:

$$I_{рсд1} = S_{рсд1} / (\sqrt{3} \cdot U_H) = 2500 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 144.3 \text{ А}$$

$$I_{рсд2} = S_{рсд2} / (\sqrt{3} \cdot U_H) = 1562.5 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 90.21 \text{ А}$$

$$I_{ном} = 630 \text{ А} \geq I_p = 144.34 \text{ А}$$

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

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

$$I^2 \cdot t = 20^2 \cdot 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 \cdot 0.89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

$$I_{ном} = 630 \text{ А} \geq I_p = 90.21 \text{ А}$$

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

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

$$I^2 \cdot t = 20^2 \cdot 3 = 1600 \geq I_{кз}^2 \cdot 0.89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

Выбор выключателей отходящих линий:

ТП1-ТП2

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

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

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

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

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

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

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{к3}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

ТП3-ТП4

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

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

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

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

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

$$I_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{у3} = 22.1 \text{ кА} ; I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{к3}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20У3

ТП5-ТП6-ТП7

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

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

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

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

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

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

$$I^2 * t = 20^2 * 3 = 1600 \geq I_{к3}^2 * 0,89 = 60.28 \text{ кА}^2/\text{с}$$

ВМПЭ-10-630-20УЗ  
Выбор кабелей  
Условия выбора кабелей:

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

$$F_{\text{min}} = \alpha * I_{\text{кзк3}} * \sqrt{th} = 12 * 8.23 * \sqrt{0.6} = 76.5 \text{ мм}^2$$

$$I_p / K_{\text{П}} < I_{\text{доп}}$$

$$I_{\text{ав}} < 1.3 * I_{\text{доп}}$$

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

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

$$I_{\text{доп}} = 295 \text{ А} \geq 144.34 / 0.75 = 192 \text{ А}; n=6$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 295 * 1.3 = 384 \geq 192 * 2 = 384 \text{ А}$$

$$\text{СД2: } F_{\text{ЭК}} = 90.21 / 1.4 = 64.43 \text{ мм}^2$$

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

$$I_{\text{доп}} = 255 \geq 90.21 / 0.82 = 110 \text{ А}; n=4$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1.3 = 331.5 \geq 110 * 2 = 220 \text{ А}$$

ТП1-ТП2:

$$F_{\text{ЭК}} = (2/4 * 93.39) / 1.4 = 34.4 \text{ мм}^2$$

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

$$I_{\text{доп}} = 210 \text{ А} \geq 93.39 / 0.95 = 98.3 \text{ А}; n=2$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1.3 = 331.5 \geq 98.3 * 2 = 196.6 \text{ А}$$

(До ТП2):

$$F_{\text{ЭК}} = (4/4 * 93.39) / 1.4 = 66.7 \text{ мм}^2$$

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

$$I_{\text{доп}} = 255 \text{ А} \geq 93.39 / 0.95 = 98.3 \text{ А}; n=2$$

$$I_{\text{ав.доп}} = 255 * 1.3 = 331.5 \geq 98.3 * 2 = 196.6 \text{ А}$$

ТП3-ТП4:

$$F_{\text{ЭК}} = 92,72/1.4 = 66,2 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3\*95) I доп= 255А

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

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

(До ТП4) :

$$F_{\text{ЭК}} = (2/4 * 92,72)/1.4 = 33.1 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3\*95) I доп= 255А

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

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

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

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

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

(До ТП6)

$$F_{\text{ЭК}} = (3/5 * 117,4)/1.4 = 50,3 \text{ мм}^2$$

Выбираем ААШв (3\*95) I доп= 255А

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

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

(До ТП7):

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

Выбираем ААШв (3\*95) I доп= 255А

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

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

**Таблица 2.6 - Нагрузка трансформатора тока для СД1 (9 цех)**

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

**Таблица 2.7 - Нагрузка трансформатора тока для СД2 (10 цех)**

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

$$R_{\text{пров}} = S_{\text{приб}}/I_{\text{н}2}^2 = 6/5^2 = 0.24 \text{ Ом}$$

$$R_{2\text{н}} = S_{\text{н.т.т}}/I_{\text{н}2}^2 = 10/5^2 = 0,4 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{пров}} = L_{\text{расч}} * \rho / R_{\text{пров}} = 34.64 * 0.028 / 0.06 = 16.1 \text{ км/Ом}$$

$$L_{\text{расч}} = \sqrt{3} * I = \sqrt{3} * 20 = 34.64 \text{ км}$$

$$R_{\text{пров}} = R_{2\text{н}} - R_{\text{приб}} - r = 0.4 - 0.24 - 0.1 = 0.06 \text{ Ом}$$

Выбираем провод сечением  $R_{2\text{р}} = 0.24 + 0.06 + 0.1 = 0.396 < 0.4$

**Таблица 2.8 - Выбор трансформатора тока для СД1 : (P<sub>н</sub>=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 <sub>н,уст.</sub> = 10кВ		U <sub>н</sub> =10кВ	U <sub>н</sub> ≥ U <sub>н.уст</sub>
Ном. Длит I (первич), А	I <sub>р1</sub> = 144,3А		I <sub>1н</sub> =150А	I <sub>н</sub> ≥ I <sub>р</sub>
Ном. Вторич. ток			I <sub>2н</sub> =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	
Ном. Вторич.напр.	R <sub>2р</sub> =0,396 Ом		R <sub>2н</sub> =0,4 Ом	R <sub>2н</sub> ≥ R <sub>2р</sub>
Дин стойкость	i <sub>уд</sub> = 22.1 А		I <sub>дин</sub> = 52 кА	I <sub>дин</sub> ≥ i <sub>уд</sub>

**Таблица 2.9 -Выбор трансформатора тока для СД2 : ( P<sub>н</sub>=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 <sub>н,уст.</sub> = 10кВ		U <sub>н</sub> =10кВ	U <sub>н</sub> ≥ U <sub>н.уст</sub>
Ном. Длит I (первич) , А	I <sub>p2</sub> = 90,21А		I <sub>1н</sub> =100А	I <sub>н</sub> ≥ I <sub>p</sub>

Ном. Вторич. ток			I <sub>2н</sub> =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	
Ном. Вторич.напр.	R <sub>2p</sub> =0,396 Ом		R <sub>2н</sub> =0,4 Ом	R <sub>2н</sub> ≥ R <sub>2p</sub>
Дин стойкость	i <sub>уд</sub> = 22.1 А		I <sub>дин</sub> = 52 кА	I <sub>дин</sub> ≥ i <sub>уд</sub>

**Таблица 2.10 - 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 <sub>н,уст.</sub> = 10кВ		U <sub>н</sub> =10кВ	U <sub>н</sub> ≥ U <sub>н.уст</sub>
Ном. Длит I (первич) , А	I <sub>p1</sub> = 93.39А		I <sub>1н</sub> =100А	I <sub>н</sub> ≥ I <sub>p</sub>
Ном. Вторич. ток			I <sub>2н</sub> =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	
Ном. Вторич.напр.	R <sub>2p</sub> =0,396 Ом		R <sub>2н</sub> =0,4 Ом	R <sub>2н</sub> ≥ R <sub>2p</sub>
Дин стойкость	i <sub>уд</sub> = 22.1 А		I <sub>дин</sub> = 52 кА	I <sub>дин</sub> ≥ i <sub>уд</sub>

**Таблица 2.11- 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 <sub>н,уст.</sub> = 10кВ		U <sub>н</sub> =10кВ	U <sub>н</sub> ≥ U <sub>н.уст</sub>
Ном. Длит I (первич) , А	I <sub>p1</sub> = 92.72А		I <sub>1н</sub> =100А	I <sub>н</sub> ≥ I <sub>p</sub>
Ном. Вторич. ток			I <sub>2н</sub> =5 А	
Класс точности	0,5/P		0,5	Соотв. Пуэ

Продолжение таблицы 2.11

Ном. Вторич.напр.	$R_{2p}=0,396 \text{ Ом}$		$R_{2H}=0,4 \text{ Ом}$	$R_{2H} \geq R_{2p}$
Дин стойкость	$i_{уд}= 22.1 \text{ А}$		$I_{дин} = 52 \text{ кА}$	$I_{дин} \geq i_{уд}$

**Таблица 2.12 - 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	$U_{H,уст.}= 10\text{кВ}$		$U_H=10\text{кВ}$	$U_H \geq U_{H.уст}$
Ном. Длит I (первич) , А	$I_{p1} = 117.4\text{А}$		$I_H=150\text{А}$	$I_H \geq I_p$
Пров. Величина	Расчетные параметры	Тип т.т	Ном пары т.т	Формулы выбора и проверки
Ном. Вторич. ток			$I_{2H}=5 \text{ А}$	
Класс точности	0,5/P		0,5	Соотв. Пуэ
Ном. Вторич.напр.	$R_{2p}=0,396 \text{ Ом}$		$R_{2H}=0,4 \text{ Ом}$	$R_{2H} \geq R_{2p}$
Дин стойкость	$i_{уд}= 22.1 \text{ А}$		$I_{дин}=52\text{кА}$	$I_{дин} \geq i_{уд}$

**Таблица 2.13 - Выбор трансформатора напряжения:**

Прибор	Тип	Собщ.	Число обмоток	cosφ	Sinφ	Число приборов	Роб щ.,Вт	QΣ,кВа р
<b>V</b>	Э-335	2	2	1	0	1	4	-
<b>W</b>	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
<b>Var</b>	У-335	1,5	2	1	0	1	3	-
<b>Wh</b>	СА-Н681	3	2	0,38	0,925	7	42	102,2
<b>Varh</b>	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)  $S_H= 300\text{ВА}$  класс-3.

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

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

Класс точности - 3.

Найдем радиусы окружности:

$$R1 = \sqrt{\frac{2421.5}{3.14 \cdot 33.3}} = 4.8 \text{ см}; \quad \alpha1 = \frac{304}{2421.5} \cdot 360^{\circ} = 45^{\circ};$$

$$R2 = \sqrt{\frac{1023.75}{3.14 \cdot 33.3}} = 3.13 \text{ см}; \quad \alpha2 = \frac{182.4}{1206.15} \cdot 360^{\circ} = 54^{\circ};$$

$$R3 = \sqrt{\frac{1340}{3.14 \cdot 33.3}} = 3.2 \text{ см}; \quad \alpha3 = \frac{132.5}{1340} \cdot 360^{\circ} = 36^{\circ};$$

$$R4 = \sqrt{\frac{529.7}{3.14 \cdot 33.3}} = 2.2 \text{ см}; \quad \alpha4 = \frac{78.9}{529.7} \cdot 360^{\circ} = 54^{\circ};$$

$$R5 = \sqrt{\frac{385.7}{3.14 \cdot 33.3}} = 1.9 \text{ см}; \quad \alpha5 = \frac{43.7}{385.7} \cdot 360^{\circ} = 41^{\circ};$$

$$R6 = \sqrt{\frac{558}{3.14 \cdot 33.3}} = 2.3 \text{ см}; \quad \alpha6 = \frac{106}{558} \cdot 360^{\circ} = 69^{\circ};$$

$$R7 = \sqrt{\frac{585.12}{3.14 \cdot 33.3}} = 2.3 \text{ см}; \quad \alpha1 = \frac{85.12}{585.12} \cdot 360^{\circ} = 52^{\circ};$$

$$R8 = \sqrt{\frac{466.6}{3.14 \cdot 33.3}} = 2.1 \text{ см}; \quad \alpha8 = \frac{176.2}{466.6} \cdot 360^{\circ} = 136^{\circ};$$

$$R9 = \sqrt{\frac{226.3}{3.14 \cdot 33.3}} = 1.47 \text{ см}; \quad \alpha1 = \frac{41.5}{226.3} \cdot 360^{\circ} = 66^{\circ};$$

$$R10 = \sqrt{\frac{250}{3.14 \cdot 33.3}} = 1.54 \text{ см}; \quad \alpha1 = \frac{14.7}{250} \cdot 360^{\circ} = 21^{\circ};$$

$$R11 = \sqrt{\frac{432.04}{3.14 \cdot 33.3}} = 2.03 \text{ см}; \quad \alpha11 = \frac{113.04}{432.04} \cdot 360^{\circ} = 94^{\circ};$$

$$R12 = \sqrt{\frac{81.84}{3.14 \cdot 33.3}} = 0.9 \text{ см}; \quad \alpha12 = \frac{33.84}{81.84} \cdot 360^{\circ} = 149^{\circ};$$

$$R13 = \sqrt{\frac{235.56}{3.14 \cdot 33.3}} = 1.5 \text{ см}; \quad \alpha13 = \frac{50.76}{235.56} \cdot 360^{\circ} = 78^{\circ};$$

$$R14 = \sqrt{\frac{496.34}{3.14 \cdot 33.3}} = 2.17 \text{ см}; \quad \alpha14 = \frac{41.34}{496.34} \cdot 360^{\circ} = 30^{\circ}$$

### 3 Специальная часть

#### 3.1 Анализ электромагнитной совместимости электротехнических комплексов

Понятие совместимости предполагает наличие как минимум двух субъектов, один из которых влияет на другое.

Воздействие характеризуется существующим фактором, для которого должно быть определено:

- значение величины действующего фактора для одного субъекта,
- значение величины, характеризующей устойчивость к существующим факторам другого субъекта.

- Понятие электромагнитной совместимости вызвано проблемой несовместимости радиотехнических устройств
- 

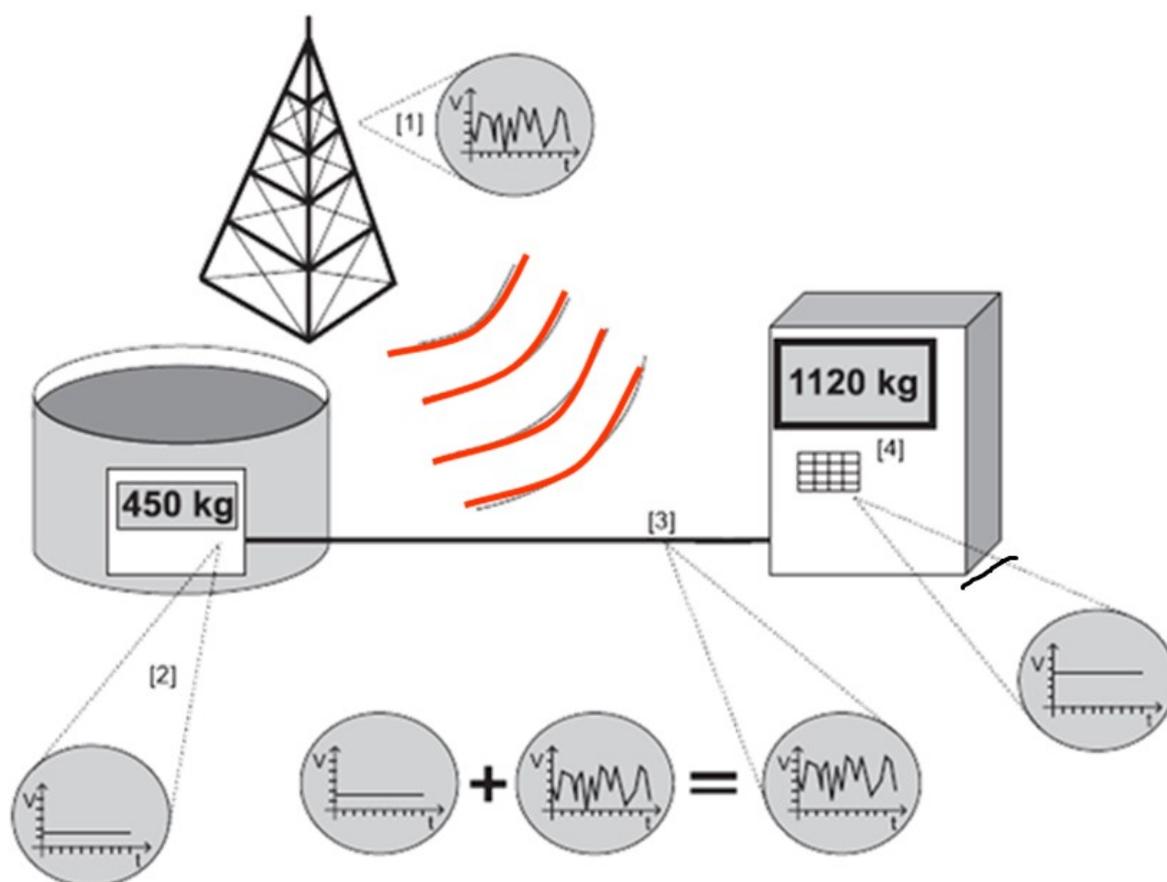


Рисунок 3.1 – Взаимодействие технических средств

Любые электрические и электронные изделия, включая аппараты, системы и стационарные и передвижные устройства, способные создавать электромагнитные помехи и (или) чувствительные к их воздействию, должны быть изготовлены таким образом, чтобы создать электромагнитные помехи.:

– электромагнитные помехи, созданные ими, не превышали уровня, обеспечивающего функционирование радио-и телекоммуникационного оборудования и других изделий в соответствии с их назначением;

– изделие имеет достаточный уровень своей устойчивости к электромагнитным помехам, обеспечивающим их функционирование в соответствии с назначением.



Помеха из-за излучения [1] на указателе уровня [2] линии [3], контрольном блоке [4].

**Рисунок 3.2 – Пример воздействия на измерительную линию**

ГОСТ 30372-95 (ГОСТ Р 50397-92)

Межгосударственный стандарт

«Совместимость технических средств. Электромагнитная совместимость.

Термины и определения»

Определение: Электромагнитная совместимость технических средств: способность технического средства работать с заданным качеством в заданных электромагнитных условиях и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.

Технические средства: изделия, оборудование, аппаратура или их составные части, функционирование которых основано на законах электротехники, радиотехники и (или) электроники, содержащие электронные компоненты и (или) схемы, выполняющие одну или несколько функций: усиление, генерация, модификация, переключение и запоминание.

1. Общие положения Техническое средство может иметь радиоэлектронное средство (РЭС), средства вычислительной техники (СВТ), электронное

средство автоматики (СЭА), электротехническое средство, а также изделие промышленного, научного и медицинского назначения (ПНМ-установки).

### **3.2 Критерии качества функционирования технических средств при воздействии помех**

Критерий А-действие ЭМП не оказывает никакого влияния на функциональные характеристики аппаратуры, работа которой проводится в полном соответствии с техническими условиями или стандартами до, во время и после помех.

В-Критерий допускает временное ухудшение функциональных характеристик аппаратуры в момент затухания. После прекращения действия ЭМП Работа без вмешательства обслуживающего персонала полностью восстанавливается.

Размер С-аналогичен В, но по сравнению с ней допускает вмешательство персонала для восстановления работоспособности аппаратуры(например, перезагрузка "зависимой" цифровой системы, повторный набор номера и т. д.). б.).

Критерий D-физическое повреждение аппаратуры под воздействием помех. Восстановление работоспособности возможно только с ремонтом.

Справочно: (ГОСТ Р 50397-92). Электромагнитная ситуация: совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной зоне пространства, частотном и временном диапазонах. Развитие микроэлектроники и микропроцессорной техники привело к снижению уровня полезных сигналов.



**Рисунок 3.3 – Шкаф управления (фидер 10 кВ) на электромеханических реле**

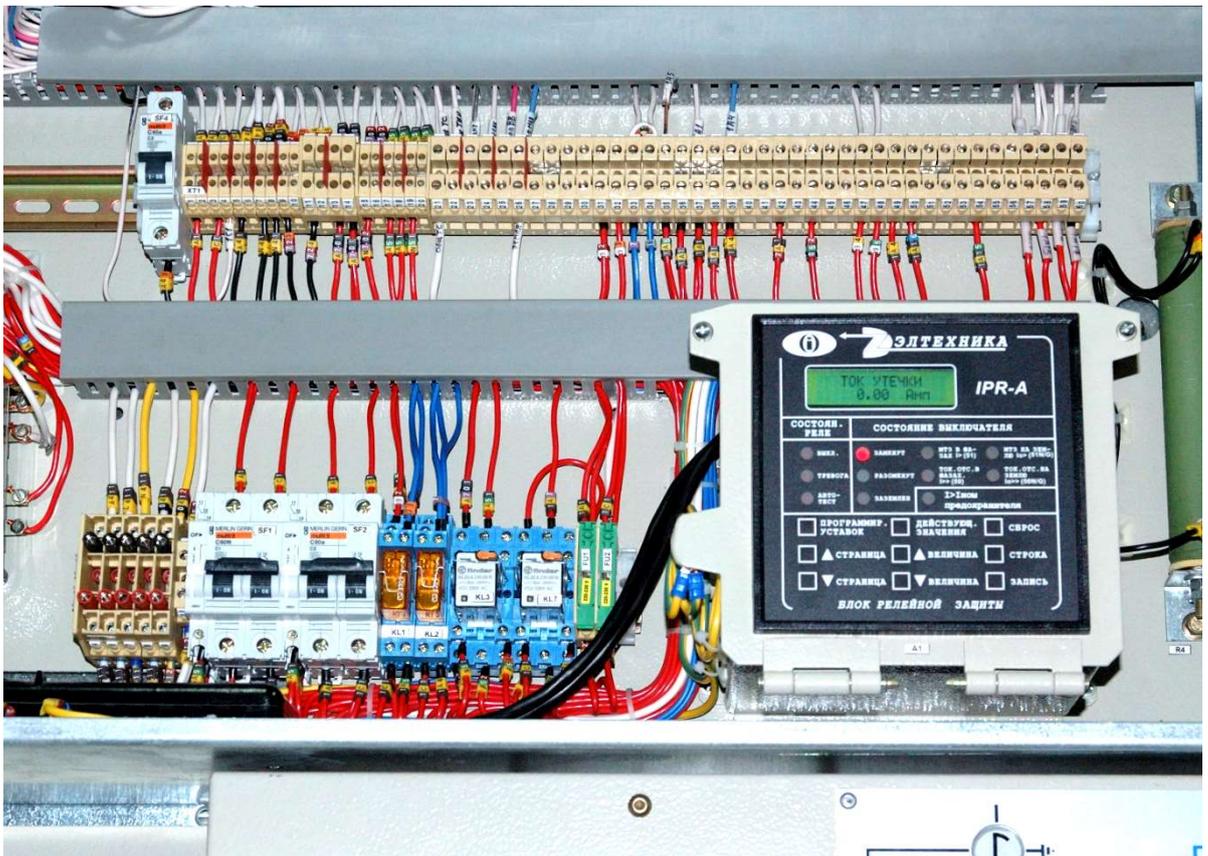


**Рисунок 3.4 – Электромеханическое реле  
(реле промежуточное РП-250)м**

Номинальное напряжение: 24, 48, 110, 220 В;  
Напряжение срабатывания: 70% от  $U_{ном}$ , 154В при  $U_{ном} = 220$  В;  
Напряжение возврата: 5% от  $U_{ном}$ : 11В при  $U_{ном} = 220$  В.

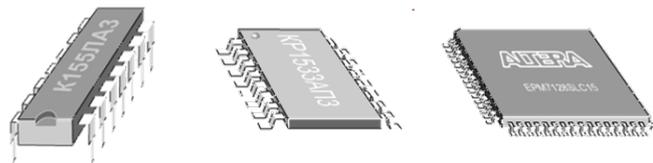


а)



б)

**Рисунок 3.5 - Шкаф управления (фидер 10 кВ) на основе микропроцессорного блока релейной защиты**



Серия	КМОП 9 В	ТТЛ 5 В	КМОП 3,3 В	МК КМОП 1,8 В
Уровень логического «0»	0,3	0,4	0,7	0,5
Уровень логической «1»	8,2	2,4	1,6	1,3

**Рисунок 3.6 – Уровни срабатывания логических микросхем**

Устройства	Степень повреждения при энергии, $lg W$ [Дж]														
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
Генераторы, электродвигатели, силовые трансформаторы															
Измерительные приборы, реле															
Мощные проволочные резисторы								сбои			разрушение				
Плёночные резисторы															
Светодиоды и переключающие диоды															
Транзисторы малой мощности															
Интегральные микросхемы и чувствительные элементы ЭВМ															

**Рисунок 3.7 - Чувствительность технических устройств к электромагнитным помехам**

Снижение логического уровня срабатывания устройств автоматически приводит к потенциальному снижению их помехозащищенности. Электромагнитные помехи: электромагнитное явление, процесс снижения или снижения качества работы технического средства.

Электромагнитные помехи могут распространяться в пространстве или в проводящей среде

Рецептор: технические средства, влияющие на электромагнитный сигнал и (или) электромагнитные помехи.

Описание ЭМС: описание технического средства, отражающее возможность работы в заданном ЭМС и (или) степень его воздействия на другие технические средства

1. Общие положения Характеристики ЭМС могут отражать свойства технических средств как источника помех, так и рецептор и (или) свойства окружающей среды, влияющие на ЭМС технических средств.

**Таблица 3.8 – Функции блока при воздействии высокочастотных помех с параметрами**

Вид помехи	Параметры помехи	Значение параметра
1. Высокочастотная помеха	Форма волны	Затухающие колебания высокой частоты, модуль огибающей которых уменьшается на 50% относительно максимального значения после 3-6 периодов
	Частота	$(1 \pm 0,1)$ МГц
2. Пачки импульсов	Амплитуда первого импульса	2,5 кВ
	Амплитуда импульсов	2,0 кВ
	Длительность импульса в пачке	$(50 \pm 15)$ нс.
	Длительность пачки	$(15 \pm 3)$ мс
	Период следования пачек	$(300 \pm 60)$ мс
3. Электростатический разряд	Напряжение разряда	8 кВ

### **3.3 Выдержка из инструкции по эксплуатации микропроцессорного блока релейной защиты**

Гальваническая изолирование среди входными и выходящими цепочками, электрически никак не сопряженными среди собою, и среди данными цепочками и корпусом блока, в прохладном пребывании присутствие стандартных погодных обстоятельствах воздерживает в отсутствии пробоя и неглубокого перекрытия в протяжении 1 минутки испытывающее напряжённость 2000 В (функционирующее роль) переменчивого тока частотой 50 Гц.

Электрическая изолирование среди цепочками, электрически никак не сопряженными среди собою, и среди данными цепочками и корпусом блока воздерживает пульсирующее напряжённость с параметрами:

амплитуда с 4,5 вплоть до 5 кВ;

крутизна фронта волнения 1,2 мкс;

время регресса волнения 50 мкс;

длительность промежутка среди импульсами никак не меньше 5 с

Блок выполняет свои функции при воздействии высокочастотных помех с параметрами, указанными в таблице 3.8.

### 3.4 Обеспечение электромагнитной совместимости

1) Организационное обеспечение ЭМС: организационные решения, постановления, нормативно-технические документы, направленные на исключение или снижение электромагнитных помех между техническими средствами до приемлемого уровня.

2) экспертиза ЭМС: экспериментальное и (или) теоретическое исследование состояния обеспечения ЭМС технических средств в заданных электромагнитных условиях.

3) сертификация на соответствие требованиям ЭМС ТС: мероприятия, в результате которых удостоверяется соответствие технического средства требованиям государственных, международных или иных нормативно-технических документов, регламентирующих характеристики ЭМС определенного вида, путем выдачи предприятию сертификата.

4) техническое обеспечение ЭМС: технические решения, направленные на улучшение их характеристик ЭМС. В частности:

Подавление помех: мероприятия с целью уменьшения или устранения влияния помех.

Экранирование (электромагнитное): метод ослабления электромагнитного сопротивления с помощью экрана с высокими электрическими и (или) магнитными проводниками.

Биологическая защита (от электромагнитного излучения): обеспечение регламентированных уровней электромагнитного излучения, соответствующих установленным санитарным нормам.

Электромагнитные поля:

Электрическое поле промышленной частоты, изготавливаемое высоковольтным оборудованием (шины высокого напряжения).

Магнитное поле промышленной частоты, создаваемое силовым оборудованием (токоведущие, реакторы, трансформаторы и т. д.).

Высокочастотное импульсное поле, возникающее при коммутации силового оборудования и коротком замыкании. Импульсное магнитное поле, создаваемое ударом молнии.

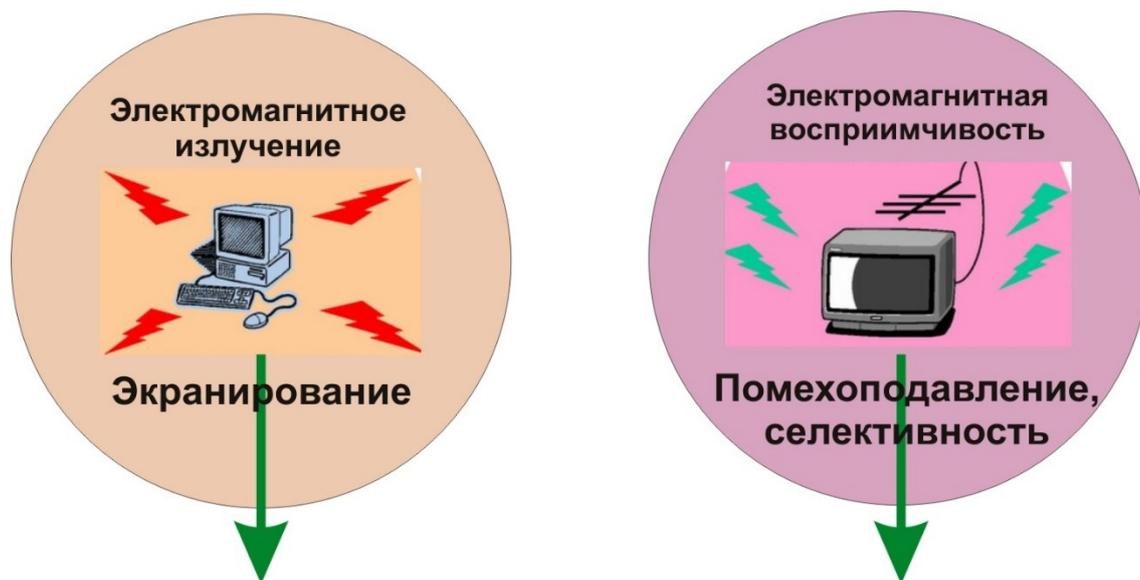
Потенциалы и напряжения:

Установки электрических потенциалов, возникающих на территории:

в обычном режиме;

короткое замыкание;

ударная молния.



**Рисунок 3.9 – Электромагнитная совместимость**

Электромагнитная ситуация на объектах электроэнергетики. Высокочастотные импульсы (сопротивления), наносимые на кабелях вторичных цепей при коммутации оборудования, КЗ, ударе молнии);

Разряды статического электричества;

Токи (высокочастотные и промышленные частоты));

Заземленным экраном, нулевыми линиями кабелей, металлическими конструкциями, элементами заземляющего устройства:

короткое замыкание на территории электроустановки и на ударах молнии.

### **3.5 Проблема ЭМС в электроэнергетике**

Факты:

На одной из ТЭЦ более двух лет защита фирмы "Сименс" не применялась из-за ложного срабатывания микропроцессорных устройств.

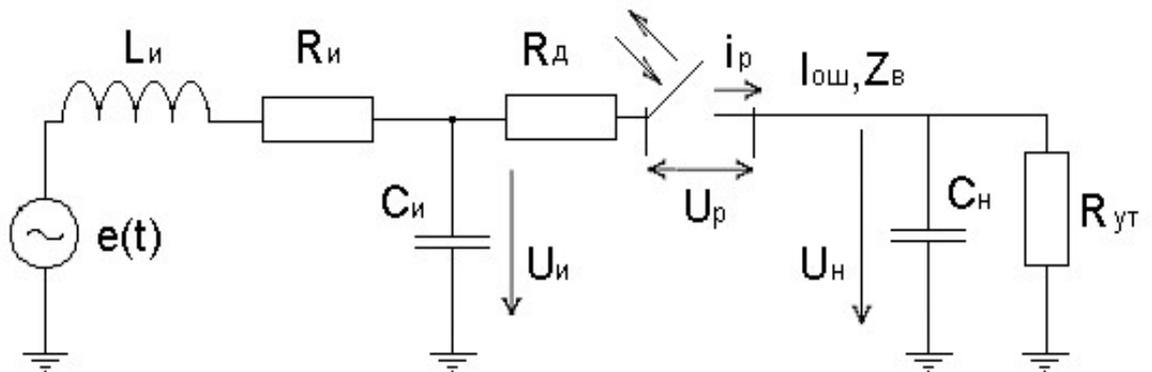
На подстанции при ударе молнии произошло повреждение устройств РЗА.

Сбои в работе микропроцессорных устройств на МАЭС вызвали синтетическое ковровое покрытие.

Причина: проектирование, монтаж и эксплуатация оборудования производилась без учета требований ЭМС.



**Рисунок 3.10 – Коммутация разъединителя 500 кВ**

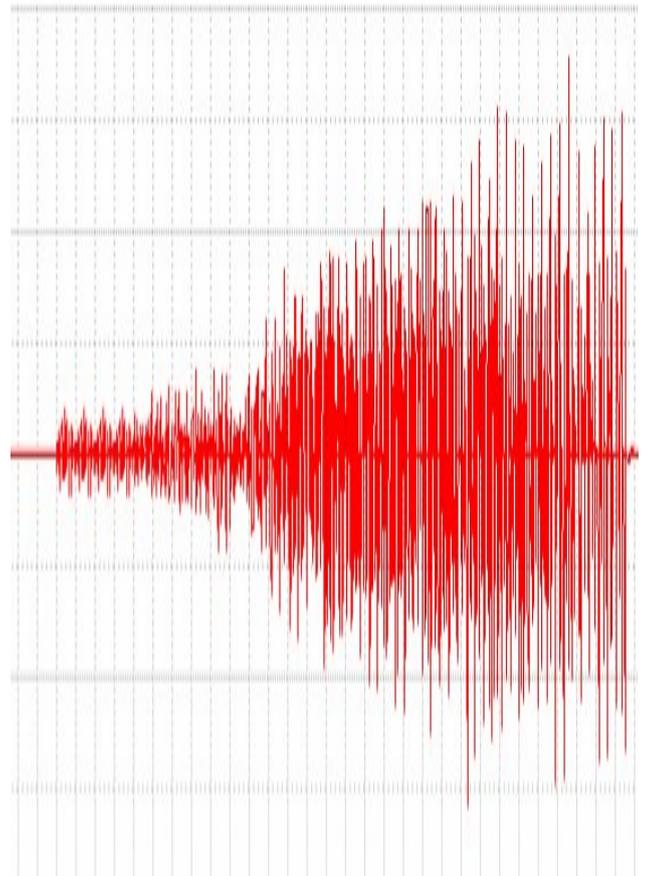


**Рисунок 3.11 - Схема для анализа процесса коммутации**

$L_{и}, R_{и}, C_{и}$ , — параметры источника напряжения;  
 $C_{н}$  — ёмкость нагрузки;  
 $l_{ош}, Z_{в}$  — длина и волновое сопротивление ошиновки;  
 $R_{д}$  — активное сопротивление дуги;  
 $R_{ут}$  — сопротивление утечки по изоляции;  
 $I_{р}, U_{р}$  — ток и напряжение на разъединителе



**Амплитуда помех  
до неск. кВ**



**Длительность от 0,1 до неск. сек**

**Рисунок 3.12 - Коммутация разъединителем 500 кВ  
И ВЧ-помехи в кабелях вторичных  
цепей**

1 класс. Легкая электромагнитная ситуация при осуществлении оптимизированных и скоординированных мероприятий по подавлению препятствий, защите от перенапряжений во всех цепях;

электропитание отдельных элементов устройства резервировано, силовые и контрольные кабели отдельно проложены;

выполнение заземляющего устройства, прокладка кабелей, экранирование произведено в соответствии с требованиями ЭМС;

контролируются климатические условия и приняты специальные меры по предупреждению разрядов статического электричества.

2 класс. Электромагнитная ситуация средней тяжести цепи питания и управления оборудованы полуприцепными устройствами и устройствами защиты от перенапряжений;

отсутствуют силовые выключатели, устройства для отключения конденсаторов, катушек индуктивности;

Электропитание питающих устройств осуществляется от сетевых стабилизаторов напряжения;

тщательно выполненные с устройством заземления;  
гальванически, отделенные контурами токов;  
предусмотрено регулирование влажности воздуха, нет материалов, способных к электрификации трения;  
использование радиопередающих устройств, передатчиков запрещается.  
3 класс. Жесткая ситуация, где  
защита от перенапряжения в силовых цепях и цепях управления не предусмотрена;  
не допускается повторное зажигание дуги в коммутационных аппаратах;  
имеется заземляющее устройство;  
силовые, контрольные и коммутационные цепи разделены на кабели;  
разделены контрольные кабели линий передачи данных, сигнализации, управления;  
относительная влажность воздуха сохраняется в определенных пределах, отсутствует трение электрифицированных материалов;  
использование переносных радиопередающих устройств ограничено (на приборах установлены ограничения приближения к определенному расстоянию).  
4 класс. Очень жесткая ситуация, где  
в цепях управления и контурах сил нет защиты от перенапряжения;  
в аппаратах имеются коммутационные устройства, на которых можно разжигать дуги;  
существует неопределенность в выполнении заземляющего устройства;  
нет пространственного распределения силовых, контрольных кабелей и коммутационных цепей;  
может быть любая влажность воздуха и наличие электрифицированных тряпочных материалов;  
неограниченное использование переносных переговорных устройств;  
в непосредственной близости могут быть мощные радиопередатчики;  
вблизи дуговые технологические устройства (электроды, сварочные машины и т. д.) может быть.

### 3.5.1 характерные источники сопротивления

Импульсные сопротивления от удара молнии;

Плановые коммутации;

Аварийные коммутации;

Короткое замыкание;

Высокочастотные поля от радиопередающих устройств;

Низкочастотные поля силовых установок;

Сварочные аппараты, приборы электрические бытовые;

Синтетические ковровые покрытия.

## 4 Рассмотрение мер электробезопасности

Электробезопасность представляет собой совокупность организационных, технических, медицинских и административных мер, направленных на повышение надежности электроустановок и сетей для устранения возникновения опасных электрических ударов путем анализа и исследования воздействия электрического тока на организм человека в аварийных электроустановках и электрических сетях.

Есть три правила:

- 1) печатная плата - КТ;
- 2) РЕУ - ЕРСР;
- 3) ПТЭ - ДР.

В зависимости от типа электроустановок, режимов номинального напряжения необходимо применять меры защиты. Следующие меры технической предосторожности должны выполняться в электроустановках:

- использование напряжения;
- распределение дивидендов;
- защита от высокого напряжения в связи с подачей низкого напряжения;
- контроль и тестирование подвески;
- Компенсировать заземление токопроводов;
- защита от случайного контакта с полупроводниковыми частями;
- защитное заземление;
- добавление и нулевое включение;
- отключение безопасности;
- Использование защиты от поражения электрическим током. Рее, РЕЕ и РСВ регулируется.

### 4.1 Типы защитно-разделительных установок (УЗО)

Существует несколько типов для технической реализации. Краткое содержание TSO ниже:

- 1) по направлению:
  - Незащищенные импульсные токи, рассчитанные Lrp;
  - ультразвуковая защита от прыжков тока.
- 2) по методу контроля:
  - функционально-зависимое напряжение ZZO;
  - функционально-зависимое напряжение LVL.

TSO распределяется в зависимости от напряжения:

- устройства автоматического отключения или без тактового включения выключателей питания. При восстановлении напряжения одна из моделей сбрасывает свои основные контакты, а остальные отключаются.

- Устройства, не отключающие контакты при утере карты. Существует два варианта этой группы. В первом варианте при потере напряжения блок не отключает свои связи, но сохраняет силовую цепь дифференциального тока. Во

втором варианте, при отсутствии напряжения, при генерации дифференциального тока, блоки не отключаются.

3) методом установки:

- стационарная установка для стационарной установки в условиях стационарных электровозов;

- Подключение и установка передвижных проводов для ЛРП.

4) по импульсу и по текущей линии:

- двухполюсные двухполюсные двухполюсные;

- Четыре полюса защищены четыре полюса.

5) с помощью дифференциального регулирования тока:

- Номинальным током отключения по току;

- LRP с несколькими фиксированными значениями текущего тока.

6) в случае постоянной составляющей тока в соответствии с действующим соглашением:

- Переменный тип переменного тока АСО;

- LOOS типа А, переменная синусоидальная волна и дифференциальный ток с постоянной частотой импульсов дифференциального тока

7) в связи с задержкой времени:

- нет длительности времени-вид общего пользования;

- временной интервал-тип СЗЗ-С.

8) защита от внешних воздействий:

- LPP, защищены, они не требуют защитных листов для вашего использования;

- дефектный, незащищенный ультразвук, требующий при эксплуатации защитных покрытий.

9) методом установки:

- Монтаж поверхности ЛРП;

- Подвесные крепления ППМ;

- монтаж на запорной панели.

10) по условиям быстрого разветвления:

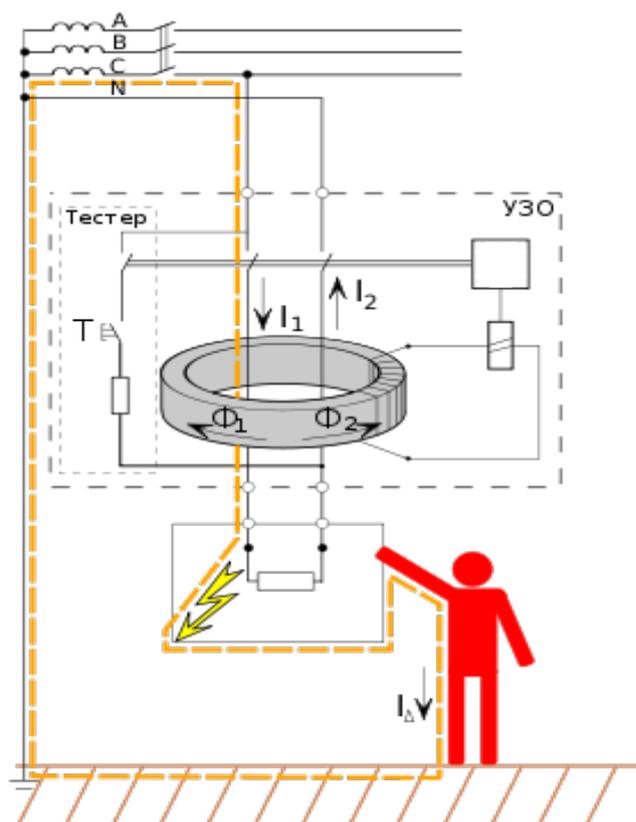
- Тип Б;

- Тип С;

- тип d.

Принцип работы TSZ представлен на рисунке 4.1. При рассмотрении строительства зон по условиям технической реализации установок выделяется два типа:

Спрос не зависит от напряжения питания. Для защитной функции дифференциальный ток, действующий в качестве источника энергии, является реальным сигналом.



**Рисунок 4.1 - Принцип функционирования УЗО**

Функционально-зависимое напряжение LRF. Механизмы их отключения требуют контролируемой сети либо внешнего источника энергии.

Использование функционально зависимых устройств для подачи напряжения питания, несмотря на их относительную дешевизну, обеспечивает высокую надежность электронных схем и схем внешних факторов и т. д. б. связи значительно ограничены.

## 4.2 Расчет зануления

Во взрывоопасных зонах, электроавтомобилях, судах, под водой и т. д. б. нет заземления или нуля. При повреждении изоляции электроустановок и проводов токовые части устройства не подвергаются воздействию напряжения. В этот момент человек относится к этой части, которая поражает электрическим током. Заземление и отключение выполняются для защиты человека от поражения электрическим током.

При наличии короткого замыкания в заземленных соединениях (например, при повреждении двигателя) потенциал блока достигает фазу земной фазы, а в случае двойного замыкания - линейного напряжения сети. Если заземление заземлено, то потенциал заземления может быть уменьшен до потенциала заземления, поэтому контактное напряжение можно снизить до безопасного уровня.

Кроме того, при наличии сопротивления заземления, поддерживающего сопротивление, цепь между Землей и узлом параллельна. Если сопротивление

заземления меньше, чем сопротивление тела человека, основная часть тока заземления проходит через землю, то ток через тело не велик, и в это время повреждения отсутствуют.

Таким образом, при защите заземляющего крана от человека, при опасности для жизни и здоровья организма человека, необходимо установить электрическую связь между Землей и коробками, чтобы исключить ток через корпус защищаемого устройства.

Защитное заземление-это заземление деталей, не потребляющих напряжения, но подвергающихся нагрузкам от повреждения изоляции.

Ноль-это нулевое включение не токовых частей электроустановок.

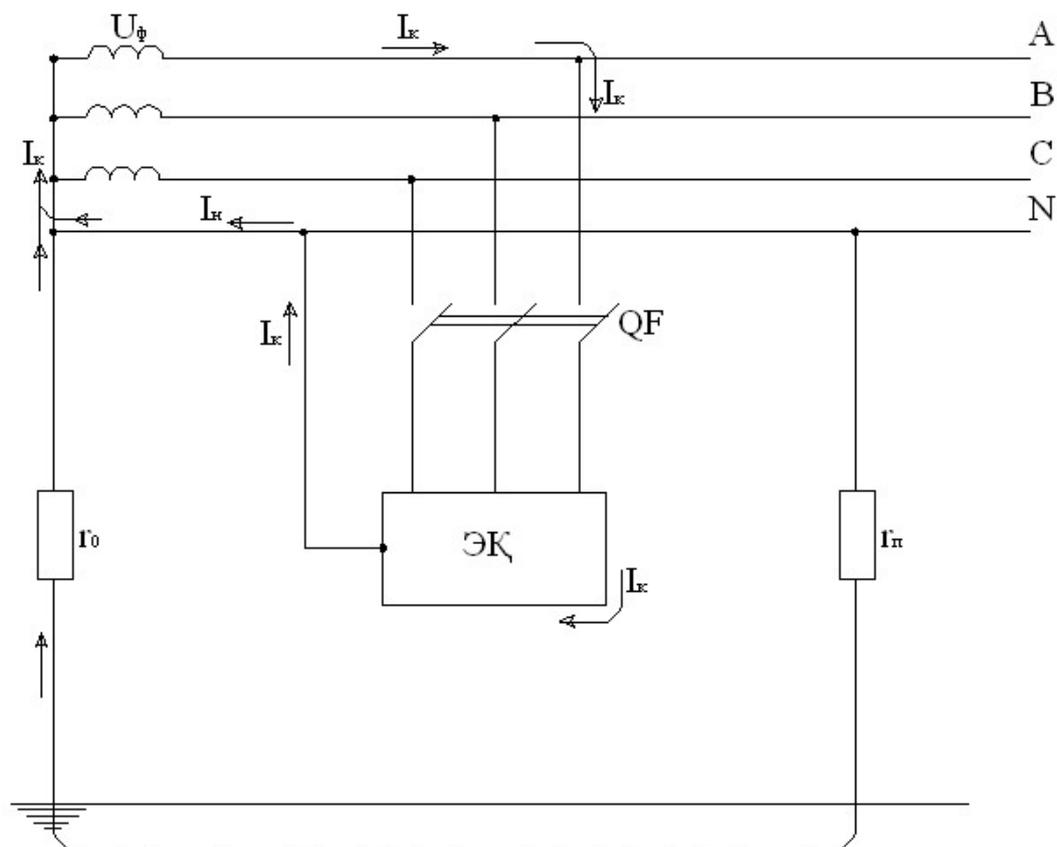
Защита электроустановок заземление и вывод должны быть обязательны при напряжении переменного тока свыше 380В, при напряжении постоянного тока свыше 440В. Защита от заземления используется в качестве мер электробезопасности в сочетании с трехфазными трехпроводными линиями напряжением до 1000 В, изолированной нейтралью и любым напряжением сети более 1000 В, но в последнем случае необходимо соблюдать поправки к потенциалу.

Заземление на заземленных линиях напряжением до 1000 В не обеспечивает электробезопасности в качестве мер предосторожности. Но это работает с нуля и повышает безопасность.

Мощность определения: ток короткого замыкания автоматически отключается, если он удовлетворяет следующим условиям.:

где-предохранительный или автоматический пусковой ток, а;

К-коэффициент тока. Коэффициент К выбирается в зависимости от вида предохранителя. В данном случае значение к составляет 1,25-1,4, так как машина выбрана.



**Рисунок 4.2 - Принципиальная схема зануления**

## **4.2 Меры предосторожности для высоковольтных приемников**

### *4.2.1 Контроль изоляции*

Работа электрической сети с электроприводом применяется во всех электроустановках, требующих высокой надежности электроснабжения и особо опасных для поражения электрическим током.

Контроль изоляции является обязательным для изолированной от земли провода, так как изолированные нейтральные блоки требуют высокой надежности электропитания и являются одним из самых высоких рисков поражения электрическим током. Поэтому для таких установок важно контролировать изоляцию.

Эти установки включают следующие системы электропитания:

- 1) больницы, военные корабли;
- 2) железнодорожное сообщение и промышленность;
- 3) ассоциации, занимающиеся разработкой месторождений полезных ископаемых, нефти и газа, химической промышленности;
- 4) взрывоопасные, а также научно-исследовательские и лабораторные помещения.

Электро-и электроустановки, изолированные от Земли, условия безопасности и надежности определяются учебным состоянием, качеством, сопротивлением и вместимостью. Для обеспечения надлежащего уровня изоляции допускается постоянный автоматический контроль изоляции в

электрической сети или в любой электроустановке, реализуемой с помощью изоляционных блоков управления.

Основной целью блока управления изоляцией является измерение низкого напряжения или сопротивления изоляции нижней ветровой турбины.

#### *4.2.2 Заземление высоковольтных электроустановок*

Заземление металлических каркасов, электрических машин, инструментов и других устройств с помощью электропроводки называется заземлением. Поскольку электрический потенциал земли считается равным нулю, все металлические устройства, подключенные к системе заземления, имеют нулевой потенциал даже при падении напряжения или неисправности.

Очень важно заземление при использовании высоковольтного оборудования

#### *4.2.3 Контроль изоляции*

Работа электрической сети с электроприводом применяется во всех электроустановках, требующих высокой надежности электроснабжения и особо опасных для поражения электрическим током.

Контроль изоляции является обязательным для изолированной от земли провода, так как изолированные нейтральные блоки требуют высокой надежности электропитания и являются одним из самых высоких рисков поражения электрическим током. Поэтому для таких установок важно контролировать изоляцию.

Эти установки включают следующие системы электропитания:

- 1) больницы, военные корабли;
- 2) железнодорожное сообщение и промышленность;
- 3) ассоциации, занимающиеся разработкой месторождений полезных ископаемых, нефти и газа, химической промышленности;
- 4) взрывоопасные, а также научно-исследовательские и лабораторные помещения.

Электро-и электроустановки, изолированные от Земли, условия безопасности и надежности определяются состоянием изоляции, качеством, сопротивлением и емкостью. Для обеспечения надлежащего уровня контроля изоляции предполагается введение постоянного автоматического контроля изоляции в электрической сети или любой электроустановке, реализуемой с помощью изоляционных блоков управления.

Электробезопасность в IT сетях осуществляется с повышенным сопротивлением заземления, но использование контроля изоляции оправдано при высокой степени безопасности.

Основной целью блока управления изоляцией является измерение низкого напряжения или сопротивления изоляции нижней ветровой турбины.

#### *4.2.4 Заземление высоковольтных электроустановок*

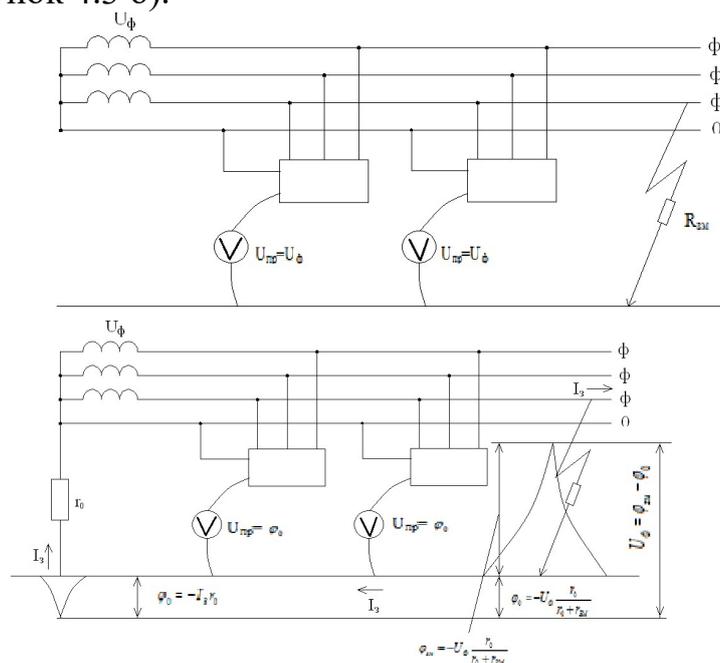
Заземление металлических каркасов, электрических машин, инструментов и других устройств с помощью электропроводки называется

заземлением. Поскольку электрический потенциал земли считается равным нулю, все металлические устройства, подключенные к системе заземления, имеют нулевой потенциал даже при падении напряжения или неисправности.

Заземление имеет важное значение при эксплуатации высоковольтного оборудования. В зависимости от мощности и вида устройства требования заземления отключаются. Подключение к подземным водам и металлическим трубопроводам, заполненным водой, может быть использовано для заземления мобильных и сборных аппаратов. Использование трубопроводов центрального отопления для заземления не допускается. В условиях высоковольтных электроустановок реального времени все заземленные провода присоединяются к специальному заземляющему проводу, соединенному с металлом на большой площади, устойчивой к коррозии погруженных электродов на уровне земли или на уровне затвердевания корня. Надежность заземления должна систематически проверяться.

Рисунок 4.3-схема сети с изолированными нейтральными соединениями обеспечивает надежное отключение поврежденного устройства в автономном режиме (рисунок 4.3).

В синтетической нейтральной сети имеются безопасные условия такого повреждения (рисунок 4.3 б).



а) изолированная нейтральная линия; б) беспристрастная нейтральная сеть.

**Рисунок 4.3 - Фаза замыкания на землю трехфазной четырехпроводной сети**

В этом случае фаза УФ распределяется пропорционально сопротивлениям заземления и заземлению нейтрали.:

Соответственно, направление заземления нейтрали трехфазной четырехпроводной линии до 1000 В является уменьшением напряжения нулевого провода до безопасного значения заземления.

Повторное развертывание нулевого провода не влияет на функцию отключения защиты от нуля и не допускается использовать.

Но при отсутствии согласования нулевой провода существует опасность для людей, контактирующих с устройством зануления при замыкании фазы. В случае разрыва нулевого провода этот риск резко возрастает, так как напряжение связи может достигать фазного напряжения сети.

Расчет заземляющих устройств в электроустановках с изолированной нейтралью:

- Определение расчетного сопротивления почвы ( $\rho_g$ );
- определение сопротивления заземления ( $R_z$ ) и тока замыкания на землю ( $I_z$ );
- выбор электродов и расчет сопротивления;
- Определите количество вертикальных электродов и размещайте их в плане.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой дипломной работе существовала изобретена концепция электроснабжения завода согласно изготовлению бетонированных, и металлических систем. Присутствие исследованию существовали предусмотрены характерные черты научно-технического хода. Подобрано 13 цеховых трансформаторов вида ТМЗ-1000 - 10/0.4. Установлена работа согласно заводу усилием 10 кВ в покрышках ГПП.

В процессе исследования концепции кормления завода существовало проложено технико-финансовое сопоставление 3-х альтернатив схемы наружного электроснабжения, и с их подобран более оптимальный с финансовой и промышленной места зрения, коим считается 2-ой версия кормления завода, в каком месте электричество переходит согласно ЛЭП 110 кВ.

Для установленного вида подобрано последующее высоковольтное спецоборудование: вступительные выключатели; трехсекционный электровыключатель; выключатели перегрузки; выключатели отступающих направлений, выключатели к СД, а кроме того насильственные кабели к ним. Отобраны замерные оборудование, трансформаторы тока и усилия.

Специальная доля дипломной деятельность приурочена к рассмотрению электромагнитной сопоставимости завода согласно изготовлению бетонированных, и металлических систем.

При конструировании существовали пересмотрены координационно-промышленные события, обеспечивающие сокращение отличия усилий в покрышках 0.4 кВ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник по проектированию электроснабжения/Под. ред. Барыбина Ю.Г.- М.: Энергоатомиздат,1990.- с.123-129.
- 2 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию.Т.1. Электроснабжение/Под.ред. Федорова А.А.- М.,1986.- с.162-187.
- 3 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию.Т.2. Электрооборудование /Под.ред. Федорова А.А. М.1986. - стр.144.
- 4 Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/Под.ред. Барыбина Ю.Г. - М.: Энергоатомиздат,1990., с 238-245.
- 5 Основы электроснабжения промышленных предприятий/3-е издание/ А.А. Федоров, В.В.Каменева.- М.:Энергия,1979.- с. 219-230.
- 6 Справочник электрика промышленных предприятий/под общ.ред. А.А Федорова, П.В.Кузнецова. - М.: Государственное энергетическое издательство, 1954.- с.99-108.
- 7 Электрические сети и системы/ В.И. Идельчик.-М: Энергоатомиздат, 1989., с.496-533.
- 8 Надежность электроснабжения промышленных предприятий/ Е.А.Конюхова, Э.А. Киреева - М.: ТНФ «Энергопрогресс», «Энергетик»,2001., стр 42.
- 9 Расчет и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях/ Ю.С. Железко.- М.: изд. «НЦ ЭНАС», 2004., с.88-99.
- 10 Охрана труда/ под ред. К.З.Ушакова.- М.: Недра, 1986, стр.129.
- 11 Охрана труда в машиностроении/2-изд./под ред.Е.Я.Юдина, С.В.Белова.- М.: Машиностроение, 1983., с.164-78.
- 12 Экономика электротехнического производства/ Под ред. В.Е.Астафьева.- М.: Высшая школа, 1989., стр 79.
- 13 СТП РГП 38944979-09-2011. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала.