

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»

Заведующий кафедрой ЭПП

Бакенов К.А. к.т.н., доцент

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ » _____ 2014 г.

(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Электроснабжение бурлатной фабрики

Специальность 5B071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а)

Бекмисев Т. Э.

(Фамилия и инициалы)

ЭСН-10-3

группа

Научный руководитель

Трофимов Г.Г. к.т.н. профессор

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Вашева Л.М., к.т.н. доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

ЛМ
(подпись)

« 29 » мая

20 14 г.

по безопасности жизнедеятельности:

Саматова Т.С., к.т.н. доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

ТС
(подпись)

« 28 » мая

20 14 г.

по применению вычислительной техники:

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____
(подпись)

20 __ г.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____
(подпись)

20 __ г.

Нормоконтролер:

Жабаева О.П., ст. преподаватель

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

ОП
(подпись)

« _____ » _____

20 __ г.

Рецензент:

Вьюжик А.Ю.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____
(подпись)

20 __ г.

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта
Студент Бейшенев Шимур Инсарбеуоло
(фамилия, имя, отчество)
Тема проекта Электроснабжение кирпичной фабрики

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «__» _____ 20__ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Линия имеет 700 вольты от подстанции 700 вольтной мощности, на которой есть 2 тр-ра мощностью 10 МВА напр. 37/10,5 кВ или через отпайку от трансформатора АТН-115 кВ. Мощность к з в месте отпайки равна 100 МВА, а на стороне 37 кВ есть 700 вольт. Расстояние от Мст до фабрики - 5,5 км, от АТН-115 кВ до фабрики - 2 км

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Расчет трехфазных нагрузок по фабрике, выбор числа проводов и напряжения линий и т.д. на напр. 0,4 кВ, выбор схемы внешнего электроснабжения, выбор оборудования U=10 кВ, защита - автоматика, вопросы БТР и экономический расчет.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. 513041800.14.27.41.74 - Однашнейная осьма
2. 513041800.14.27.41.76 - Генплан
3. 513041800.14.29.41.26 - конструкторские чертежи
электромашинных выключателей
4. 513041800.14.27.41.76 - Сравнительная Таблица

Рекомендуемая основная литература

- Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. - М.: Издательский Центр "Информационная культура", 2001.
- Киреева Г.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. - М.: "Сварка", 2011.
- Капустин А.А., Демин Р.С. МУ к вращающему механизму части ступенчатых работ. - Астана, АИЭ, 2011.
- Саматова Т.С., Мамбаева С.Э. Безопасность КР "Работы по монтажу", МУ к вращающему механизму ступенчатых работ. - Астана, АИЭ, 2011.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Основной	Трофимов Т.Т.		
БЖД	Саматова Т.С.	10.04 - 28.05.14	Сам.
Экономический	Вашева Л.И.	20.03 - 29.05.14	Лиф.

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Расчет электрических нагрузок по фазам	28.10.13	в полном объеме
2	Выбор схемы внешнего электроснабжения	11.11.13	в полном объеме
3	Выбор оборудования U=10кВ	05.12.13	в полном объеме
4	Спецчасть. Графическая карта включателей	07.04.14	в полном объеме
5	БРЭД	28.05.14	в полном объеме
6	Нормативная часть	29.05.14	в полном объеме

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ (Бакенов К.А.)
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Бекимов Т.Э.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

В данном дипломном проекте проектируется бумажная фабрика. Разработка проекта начинается с определения электрических нагрузок согласно "Руководящим указаниям" методом коэффициентов использования и максимума. Далее идет выбор числа и мощности трансформаторных подстанций и схемы электроснабжения предприятия в целом по результатам технико-экономических расчетов. Рационально выполненная современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований, как экономичность и надежность, безопасность и удобства использования, возможность расширения производства минимальными изменениями схемы электроснабжения.

Так же, были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и экономической целесообразности и выгоды данного проекта.

Annotation

In this degree project the paper-mill is designed. Project development begins with determination of electrical loadings according to "Guidelines" a method of utilization coefficients and a maximum. Further there is a choice of number and power of transformer substations and the diagram of electrical power supply of the enterprise as a whole by results of technical and economic calculations. Rationally executed modern system of electrical power supply of the industrial enterprise shall satisfy to a row of requirements, as profitability and reliability, safety and conveniences of maintenance, possibility of extension of production with the minimum changes of the diagram of electrical power supply.

As, safety issues of activity and economic feasibility and utility of this project were considered.

Андатпа

Бұл диплом жобасында қағаз фабрикасы жобаланады. Жобаны әзірлеу қажетке жарату коэффициенттері мен максимум "Басшылық нұсқау" әдісіне сәйкес электрлік жүктемелерді анықтаудан басталады. Бұдан әрі техникалық-экономикалық есептеулер нәтижесі бойынша негізінен трансформаторлық қосалқы станциялардың және кәсіпорынның электр жабдықтаулары сызбасының санын және қуатын таңдау жүреді. Өнеркәсіптік кәсіпорынды электрмен жабдықтаудың ұтымды атқарылған қазіргі жүйесі үнемділік және сенімділік, қауіпсіздік және пайдаланудағы қолайлылық, электр жабдықтаулары сызбасының минималды өзгерістерімен өндірістің кеңею мүмкіндігі сияқты талаптарын қанағаттандыру керек.

Сонымен қатар, тіршілік қауіпсіздігі және экономикалық мақсаттылық және осы жобаның тиімділігі сұрақтары қарастырылды.

Содержание

Содержание	10
Введение	5
1 Электроснабжение бумажной фабрики	12
1.1 Исходные данные к проекту	13
2 Расчет электрических нагрузок по фабрике	15
2.1 Расчет осветительной нагрузки	15
2.2 Расчет электрических нагрузок по фабрике	17
2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	21
2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по фабрике	23
3 Выбор схемы внешнего электроснабжения	28
3.1 I Вариант	28
3.2 II ВАРИАНТ	33
3.3 III ВАРИАНТ	38
4 Выбор оборудования U=10 кВ	39
4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП	39
4.2 Выбор выключателей	41
4.3 Выбор кабелей отходящих линий	43
4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП	46
4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП	46
4.6 Выбор трансформаторов тока	47
4.7 Выбор трансформаторов напряжения	51
4.8 Выбор шин ГПП	52
4.9 Выбор изоляторов ГПП	53
5 Сравнительная характеристика выключателей	54
5.1 Требования, предъявляемые к выключателям	54
5.2 Масляные выключатели	54
5.3 Маломасляные выключатели	54
5.4 Элегазовые выключатели	56
5.5 Воздушные выключатели	56
5.6 Вакуумные выключатели	58
6 Безопасность жизнедеятельности	62
6.1 Анализ условий труда механического цеха	62
6.2 Мероприятия, направленные на улучшение условий труда	63
6.3 Расчет зануления	68
6.4 Расчет зануления участка механического цеха	70
7 Экономическая часть	74
7.1 Цель разработки проекта	74
7.2 Расчет технико-экономических показателей подстанции	74
7.3 Показатели финансовой эффективности	80
Заключение	83
Список использованной литературы	84

Введение

Развитие строительства электрических станций повлекло за собой необходимость проектирования систем электроснабжения.

Для расчета и проектирования цеховых сетей, выбора количества и мощности цеховых трансформаторов и трансформаторных подстанций созданы специальные методы, разработана методика определения электрических нагрузок и т.д. Но, несмотря на это, в области ЭПП существуют проблемы, которые необходимо решать:

- рациональное построение систем ЭПП;
- компенсации реактивной мощности в системах ЭПП;
- применение переменного тока, оперативного, для РЗА;
- корректное нахождение ожидаемых электрических нагрузок;
- вопросы конструирования универсальных удобных в использовании цеховых электрических сетей;
- комплектное исполнение цеховых и общезаводских систем питания и конструкции подстанций.

Тема дипломного проекта «Электроснабжения бумажной фабрики».

Цель проекта: выбор приемлемой в экономическом и технологическом плане схемы электроснабжения бумажной фабрики.

В зависимости от категории потребителей электроэнергии и особенностей технологического процесса зависит надёжность системы электроснабжения, неверная оценка особенностей технологического процесса может привести к снижению надёжности системы электроснабжения и к ненужным тратам на лишнее резервирование. Проект содержит: расчет электрических нагрузок, выбор мощности трансформаторов и нахождение их местоположения, выбор и расчет питающих и распределительных подстанций, выбору электрооборудования, аппаратов защиты и вопросы электробезопасности, решения по электрическому освещению,. Решения учитывают категорию надёжности электроприемников и соответствуют требованиям ПУЭ и СНиП.

1 Электроснабжение бумажной фабрики

Принципиальная технологическая схема производства бумаги такова. Бревна, доставленные на лесную биржу целлюлозно-бумажного комбината, подаются кранами на разделочные эстакады, где специальные машины — слешеры их разрезают на полутораметровые отрезки — балансы. Во вращающихся окорочных барабанах балансы трутся друг о друга, о ребристые стенки барабанов и тем самым очищаются от коры, грязи, промываются мощными струями воды. (Современная прогрессивная технология предусматривает утилизацию всего сырья. Например, кора, оставшаяся в окорочных барабанах, представляет собой основу для дубильного сырья, она может быть использована в медицинской промышленности.) Транспортёры доставляют балансы к мощным ножам рубильных машин, каждая из которых способна превратить в щепу до трехсот кубометров древесины в час!

Очищенная и отсортированная технологическая щепка со складских отвалов подается непрерывным потоком с помощью транспортеров в огромные, высотой с десятиэтажный дом варочные котлы. Здесь при высоких давлении и температуре, с помощью химических реагентов из щепки изготавливают целлюлозу. Если при этом используются растворы сернистой кислоты и гидросульфита кальция, удаляющие из древесины смолы и лигнин, то такую целлюлозу называют сульфитной. Варка щепки со щелочами обеспечивает возможность получать целлюлозу практически из любых пород древесины. Такая технология называется сульфатной.

Из варочного котла целлюлоза с помощью сжатого пара выдувается в специальные емкости, где она тщательно промывается водой, процеживается, очищается от мелких сучков, непроверенных частиц. Отсюда целлюлозная масса поступает в узел отбеливания. В этом процессе участвует хлор. Отбеленную и снова тщательно промытую массу по трубам перекачивают в бассейны, а затем подают на конические или дисковые мельницы тонкого помола. Теперь целлюлоза готова для приготовления бумажной массы.

Из чистой целлюлозы производят высшие сорта печатной бумаги, писчую, рисовальную, кабельную, конденсаторную и др. Обычную же бумагу — оберточную, простую печатную и главным образом газетную — можно получить в результате смешивания в определенных пропорциях целлюлозы с обыкновенной древесной массой, получаемой в результате механического истирания древесины. Это делают мощные машины — дефибреры. Рабочим органом такой машины служит кварцево-цементный или керамический камень-жернов, диаметр которого достигает двух метров. Мощный электропривод быстро вращает камень-жернов, а специальные устройства прижимают к камню уложенные, словно сигареты в пачке, окоренные балансы. Шершавая, с насечкой поверхность жернова истирает древесину, разрывая ее на отдельные мельчайшие волокна. Поверхность камня

непрерывно охлаждается водой, которая одновременно вымывает истертую древесную массу. В специальных ваннах регулируется ее концентрация перед подачей в композиционное отделение.

Здесь будущей бумаге задают требуемые свойства. В специальных измельчителях-роллах или конических мельницах производится механическое воздействие на целлюлозные и древесные волокна — они укорачиваются или расщепляются на мельчайшие фибриллы, расчесываются в продольном направлении. Тем самым бумаге задаются нужные прочностные характеристики. Затем в размолотую волокнистую суспензию вводят необходимые добавки. Для того, например, чтобы бумага стала гладкой, хорошо впитывала типографскую краску или чернила, словом, как говорят полиграфисты, обладала высокими печатными свойствами, в бумажную массу вводят разнообразные наполнители: каолин, тальк, гипс, двуокись титана, проклеивающие вещества, красители. Писчая бумага предварительно в бумажной массе проклеивается канифолью. В необходимых случаях для проклейки используют парафин.

После добавки наполнителей бумажная масса из роллов через вакуум-фильтры подается в мешальные бассейны, а оттуда насосами по трубопроводам — на бумагоделательную машину. Это многосекционный агрегат непрерывного действия. Бумажная масса прежде всего поступает в так называемый напорный ящик, который обеспечивает равномерное по скорости и толщине струи истечение массы на тонкую металлическую или пластмассовую сетку. На ней из разбавленной суспензии непрерывно формируется бумажное полотно, а специальные отсосы удаляют воду. В следующей, прессовой части машины производится дальнейшее обезвоживание и уплотнение полотна. В сушильной части полностью удаляется избыточная влага, и, наконец, в отделочной части полотно подвергается необходимой обработке для придания лоска, выравнивания полотна по толщине, нанесения определенных знаков и пр. Здесь же бумага наматывается бесконечной лентой в рулоны или при необходимости нарезается листами.

Процесс придания бумаге различных свойств продолжается и на бумагоделательной машине. Здесь производится дополнительная проклейка с помощью специальных прессов. Бумага для документов, карт, чертежей, например, на этих прессах проклеивается животными и синтетическими клеями, крахмалом, карбоксиметилцеллюлозой и другими веществами, не дающими чернилам и краске расплываться, образующими на бумаге водонепроницаемую пленку.

1.1 Исходные данные к проекту

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлено два трансформатора

мощностью по 40 МВА напряжением 37/10,5 кВ (трансформаторы работают отдельно) или глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП–115кВ. Мощность к.з. в месте отпайки равна 1200МВА, а на стороне 37кВ подстанции энергосистемы 600МВА.

Расстояние от подстанции энергосистемы до фабрики – 5,5 км, от транзитной ЛЭП–115кВ до фабрики – 12км

Таблица 1 – Электрические нагрузки по фабрике

Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность	
		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
1.Бумажная машина №1	40	5–50	1100
2.Бумажная машина №2	35	5–40	900
3.Бумажная машина №3	27	5–45	850
4.Бумажная машина №4	60	5–70	1700
5.Бумажная машина №5,6,7	120	5–70	2500
6.Кислотный цех	24	10–90	700
7.Дереворубка	17	10	170
8.Варочное отделение	30	10–35	600
9.Отбельное отделение	18	8–30	400
10.Тряпковарка	38	10–16	650
11.Кислородная станция	25	15–100	550
12.Механические мастерские	44	5–50	600
13.Лесотаски (транспортеры и пилы)	35	1–55	650
14.Склады	30	1–25	400
15.Насосная:			
А)0,4кВ	12	10–20	170
Б)СД 10кВ	4	800	3200
16.Компрессионная станция:			
А)0,4кВ	20	10–15	130
Б)СД 10кВ	2	800	1600
17.Заводуправление	22	1–15	130

2 Расчет электрических нагрузок по фабрике

2.1 Расчет осветительной нагрузки

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

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

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

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

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

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

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

$$P_{yo} = \rho_o \times F, \text{ кВт} \quad (2.3)$$

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

ρ_o – удельная расчетная мощность, кВт/м^2 .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет осветительных нагрузок

№	Наименование	S, м ²	Удельная осветительная нагрузка	Kс	Установленная мощность освещения, кВт/ м ²	Расчетная мощность освет. нагрузки		cosφ	tgφ	Тип ИС
						Qро,кВт	Qро,квар			
1	Бумажная машина 1	2208	0,014	0,8	1100	24,73	42,83	0,5	1,73	ДРЛ
2	Бумажная машина 2	3600	0,017	0,8	900	48,96	84,80	0,5	1,73	ДРЛ
3	Бумажная машина 3	3072	0,016	0,8	850	39,32	68,11	0,5	1,73	ДРЛ
4	Бумажная машина 4	3968	0,018	0,8	1700	57,14	98,97	0,5	1,73	ДРЛ
5	Бумажная машина 5,6,7	2304	0,014	0,8	2500	25,80	44,70	0,5	1,73	ДРЛ
6	Кислотный цех	672	0,014	0,8	700	7,53	13,04	0,5	1,73	ДРЛ
7	Дереворубка	784	0,015	0,8	170	9,41	16,30	0,5	1,73	ДРЛ
8	Варочное отделение	1120	0,016	0,8	600	14,34	6,94	0,9	0,48	ЛН
9	Отбельное отделение	1296	0,017	0,8	400	17,63	8,54	0,9	0,48	ЛН
10	Тряпковарка	1600	0,015	0,8	650	19,20	9,30	0,9	0,48	ЛН
11	Кислородная станция	448	0,013	0,7	550	4,08	1,97	0,9	0,48	ЛН
12	Механ.мастерские	640	0,014	0,85	600	7,62	13,19	0,5	1,73	ДРЛ
13	Лесотаски	1728	0,014	0,85	650	20,56	35,62	0,5	1,73	ДРЛ
14	Склады	2432	0,010	0,6	400	14,59	25,27	0,5	1,73	ДРЛ
15	Насосная станция									
	а)0,4кВ	432	0,013	0,7	170	3,93	1,9	0,9	0,48	ЛН
16	Коспресссионная									
	а)0,4кВ	432	0,013	0,7	130	3,93	1,9	0,9	0,48	ЛН
17	Заводуправление	1904	0,020	0,9	1300	34,27	59,36	0,5	1,73	ДРЛ
18	Территория	227360	0,005	1		1136,8	1969	0,5	1,73	ДРЛ

2.2 Расчет электрических нагрузок по фабрике

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам фабрики производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 2.2 – Расчет силовой нагрузки напряжением 0,4кВ.

Для построения картограммы нагрузок предприятия:

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

где R – радиус окружности;

α – угол сектора;

m – масштаб для определения площади круга, равный 0.05

Для механического цеха найдем:

Количество электроприемников – n ;

Номинальные мощности приемников – P_n ;

Суммарную номинальную мощность ΣP_n ;

По следующим формулам:

$$P_{нi} = P_{н1} \cdot \cos \varphi; P_{нi} = P_{н1} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{ПВ} \quad (2.5)$$

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок по цехам, U=0.4кВ

Номера цехов	Наименования	n	Pmin Pmax	Pуст	m	Kи	Cosφ/ tgφ	Pсм	Qсм	nэ	Kм	Pp	Qp	Sp	Ip	R	α
1	2	3	4	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.Бумажная машина 1	а)силовая	40	5–50	1100	>3	0,6	0,75/ 0,88	660	582,07	40	1,1	726	582	930,5	1343,1		
	б)осветительная											24,73	42,83	49,46	71,39		
	Итого											750,73	624,90	976,78	1409,90	69	14
2.Бумажная машина 2	а)силовая	35	5–40	900	>3	0,6	0,75/ 0,88	540	476,24	35	1,1	594	476,2	761,3	1098,9		
	б)осветительная											48,96	84,80	97,92	141,34		
	Итого											642,96	561,04	853,32	1231,70	64	27
3.Бумажная машина 3	а)силовая	27	5–45	850	>3	0,6	0,75/ 0,88	510	449,78	27	1,12	571,2	449,7	727	1049,4		
	б)осветительная											39,32	68,11	78,64	113,52		
	Итого											610,52	517,88	800,59	1155,58	62	23
4.Бумажная машина 4	а)силовая	60	5–70	1700	>3	0,6	0,75/ 0,88	1020	899,56	49	1,1	1122	899,5	1438	2075,7		
	б)осветительная											57,14	98,97	114,28	164,95		
	Итого											1179,14	998,52	1545,13	2230,26	87	17
5.Бумажная машина 5,6,7	а)силовая	120	5–70	2500	>3	0,6	0,75/ 0,88	1500	1322,88	72	1,09	1635	1322,8	2103,1	3035,7		
	б)осветительная											25,80	22,76	34,41	49,67		
	Итого											1660,80	1345,64	2137,52	3085,34	103	6
6.Кислотный цех	а)силовая	24	10–90	700	>3	0,5	0,8/ 0,75	350	262,5	16	1,23	430,5	262,5	504,2	727,8		
	б)осветительная											7,53	5,64	9,41	13,58		
	Итого											438,03	268,14	513,58	741,32	53	6
7.Дереворубка	а)силовая	17	10–10	170	<3	0,4	0,65/ 1,17	68	79,5	17	1,27	86,3	79,5	117,3	169,4		
	б)осветительная											17,63	8,54	19,58	28,27		
	Итого											103,99	88,04	136,25	196,66	25	35
8.Варочное отделение	а)силовая	30	10–35	600	>3	0,35	0,8/ 0,75	210	157,5	30	1,15	241,5	157,5	288,3	416,1		
	б)осветительная											14,34	6,94	15,93	22,99		
	Итого											255,84	164,44	304,13	438,98	40	20

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9.Отбельное отделение	а)силовая	18	8–30	400	>3	0,5	0,7/ 1,02	200	204,04	18	1,16	232	204,04	308,96	445,9		
	б)осветительная											17,63	8,54	19,58	28,27		
	Итого											249,63	212,58	327,88	473,26	40	25
10.Тряпковарка	а)силовая	38	10–16	650	<3	0,6	0,8/ 0,75	390	292,5	38	1,12	436,8	292,5	525,69	758,8		
	б)осветительная											19,20	9,30	21,33	30,79		
	Итого											456,00	301,80	546,83	789,30	54	15
11.Кислородная станция	а)силовая	25	15–100	550	>3	0,6	0,7/ 1,02	330	336,67	11	1,24	409,2	336,67	529,9	764,9		
	б)осветительная											4,08	1,97	4,53	6,54		
	Итого											413,28	338,64	534,30	771,22	51	4
12.Механические мастерские	а)силовая	44	5–50	600	>3	0,3	0,75/ 0,88	180	158,75	24	1,28	230,4	158,75	279,79	403,9		
	б)осветительная											7,62	13,19	15,23	21,99		
	Итого											238,02	171,94	293,62	423,82	39	12
13.Лесотаски	а)силовая	35	1–55	650	>3	0,35	0,6/ 1,33	228	303,33	24	1,21	275,3	303,33	409,62	591,3		
	б)осветительная											20,56	35,62	41,13	59,36		
	Итого											295,84	338,95	449,90	649,39	43	25
14.Склады	а)силовая	30	1–25	400	>3	0,4	0,8/ 0,75	160	120	30	1,19	190,4	120	225,06	324,8		
	б)осветительная											14,59	25,27	29,18	42,12		
	Итого											204,99	145,27	251,25	362,66	36	26
15. Насосная станция																	
А)0,4кВ	а)силовая	12	10–20	170	<3	0,6	0,7/ 1,02	102	104,6	12	1,23	125,4	104,06	163	235,3		
	б)осветительная											3,93	1,90	4,37	6,30		
	Итого											129,39	105,96	167,24	241,40	29	11
Б)СД 10кВ	а)силовая	4	800	3200	<3	0,7	0,8/ 0,75	2240	1680	4	1,29						

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16. Компрессорная станция																	
А)0,4кВ	а)силовая	20	10–15	130	<3	0,6	0,7/ 1,02	78	79,58	20	1,15	89,7	79,5	119,9	173,1		
	б)осветительная											3,93	1,90	4,37	6,30		
	Итого											93,63	81,48	124,12	179,16	24	15
Б)СД 10кВ	а)силовая	2	800	1600	<3	0,7	0,8/ 0,75	1120	840	2	1,29						
17. Заводоуправление	а)силовая	22	1–15	130	<3	0,5	0,75/ 0,88	65	57,32	22	1,2	78	57,32	96,8	139,7		
	б)осветительная											34,27	59,36	68,54	98,94		
	Итого											112,27	116,69	161,93	238,66	27	112,3
18. Территория	осветительная											1136,80	1969,00	2273,60	3281,76		
Итого											8971,85	8350,91	12397,96	17895,44			

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

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

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 8971,95 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 8350,91 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 12397,96 \text{ кВА}.$$

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

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

$$N_{т \text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N \quad (2.6)$$

$$N_{т \text{ min}} = \frac{8967,94}{0,8 \times 1600} = 7,01 + 0,99 = 8$$

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

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

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

ΔN – добавка до ближайшего целого числа

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{т.э} = N_{\text{min}} + m \quad (2.7)$$

где m – дополнительное число трансформаторов.

$N_{т.э}$ – определяется удельными тратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат $Z_{п/ст}^*$.

$$Z_{п/ст}^* = 0,5 ; k_3 = 0,8 ; N_{\text{min}} = 8 ; \Delta N = 0,99.$$

Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m=0$, значит $N_{т.э} = 8$ трансформаторов.

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3^2) - P_{р0,4}^2} \quad (2.8)$$

$$Q_1 = \sqrt{(8 \times 1600 \times 0.8)^2 - 8971,95^2} = 4935,95 \text{ квар}$$

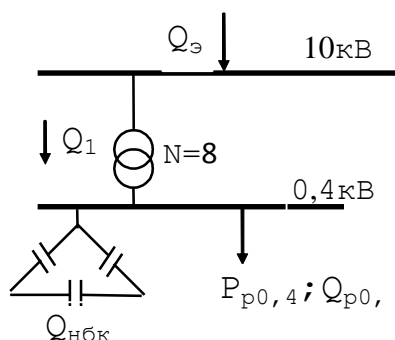


Рисунок 2.1 –Баланс реактивной мощности

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

$$Q_{нбк1} + Q_1 = Q_{р0,4}, \quad (2.9)$$

отсюда

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} - Q_1 = 8350,91 - 4935,95 = 3414,96 \text{ квар}$$

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

$$Q_{нбк2} = Q_{р0,4} - Q_{нбк1} - \gamma N_{тэ} S_{нт} \quad (2.10)$$

Принимаем для простоты $Q_{нбк2} = 0$

Найдем мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нбк\text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{тэ}} = \frac{3414,96}{8} \approx 427 \text{ квар}$$

$$Q_{нбк\text{ тп}} = \frac{3414,96}{8} \approx 427 \text{ квар}$$

Выберем батарею УКЛ –10–450 УЗ

На основании расчетов, полученных в данном пункте 2.3. составляется таблица 2.3.

Таблица 2.3 – Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ТП, S _{н.тр} , Q _{нбк}	№Цехов	P _p	Q _p	S _p	K _з	
ТП1–2(4×1600) S _{н.тр} =6400кВА Q _{НБК} =4×450квар	1	750,73	624,90			
	2	642,96	561,04			
	6	438,03	268,14			
	8	255,84	164,44			
	9	249,63	212,58			
	10	456,00	301,80			
	13	295,84	338,95			
	17	112,27	116,69			
	18	1136,80	1969,00			
				4557,53		
	Итого		4338,09	2757,53	5140,3	0,8
ТП3–4(4×1600) S _{н.тр} =6400кВА Q _{НБК} =4×450квар	3	610,52	517,88			
	4	1179,14	998,52			
	5	1660,80	1345,64			
	11	413,28	338,64			
	14	204,99	145,27			
	15	129,39	105,96			
	16	93,63	81,48			
	12	238,02	171,94			
	7	103,99	88,04			
			610,52	517,88		
	Итого		4633,76	1993,38	5044,33	0,79

2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по фабрике

Нахождение потерь мощности в ТП

Выберем трансформаторы ТСЗЛ–1600

$U_B=10\text{кВ}$, $U_H=0.4\text{кВ}$, $\Delta P_{xx}=2,05\text{кВт}$, $\Delta P_{кз}=16\text{кВт}$, $I_{xx}=1,3\%$, $U_{кз}=5,5\%$

ТП1–2:

$K_з=0,8$

$N=4$

$$\Delta P_m = (2,05 + 16 \cdot 0,8^2) \cdot 4 = 49,49 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,01 \cdot (1,3 + 5,5 \cdot 0,8^2) \cdot 4 \cdot 1600 = 294,84 \text{ квар}$$

ТПЗ-4:

$K_3=0,79$

$N=4$

$$\Delta P_m = (2,05 + 16 \cdot 0,79^2) \cdot 4 = 47,96 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,01 \cdot (1,3 + 5,5 \cdot 0,79^2) \cdot 4 \cdot 1600 = 301,87 \text{ квар}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{1-4} = 49,49 + 47,96 = 97,44 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{1-4} = 294,84 + 301,87 = 596,71 \text{ квар}$$

Нахождение расчетной мощности синхронных двигателей.

Для компенсации реактивной мощности на стороне ВН используем СД 15-го цеха. СТД 800 23УХЛ4

$$P_{н\text{СД}} = 800 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,9; N_{\text{СД}} = 4; k_3 = \beta = 0,85.$$

Найдем расчетные мощности для СД:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3; \quad (2.11)$$

$$P_{р\text{СД}} = 800 \times 4 \times 0,85 = 2720 \text{ кВт.}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi; \quad (2.12)$$

$$Q_{р\text{СД}} = 2720 \times 0,48 = 1305,6 \text{ квар.}$$

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

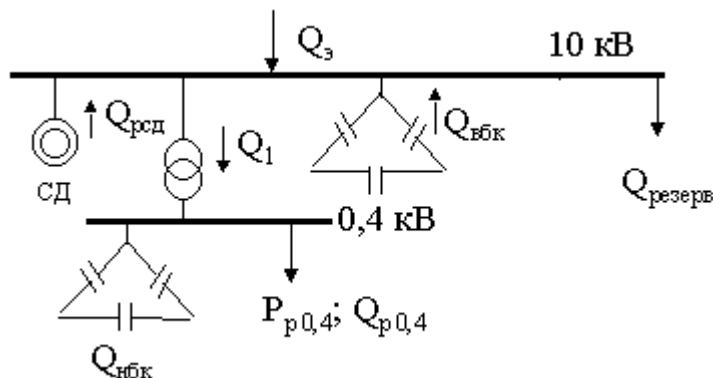


Рисунок 2.2 – Схема замещения

Резервная мощность:

$$Q_{рез} = 0,15 \times \Sigma Q_{расч} = 0,15 \times (Q_{p0,4} + \Delta Q_T) \quad (2.13)$$

$$Q_{рез} = 0,15 \times (8350,91 + 596,71) = 1113,32 \text{ кВар.}$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_3 = 0,25 \times \Sigma P_p = 0,25 \times (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{сд}) \quad (2.14)$$

$$Q_3 = 0,25 \times (8971 + 97,44 + 2720) = 2947,32 \text{ квар.}$$

Мощность ВБК найдем из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{рез} - Q_3 - Q_{сд} - Q_{НБК} \quad (2.15)$$

$$Q_{ВБК} = 8350,91 + 596,71 + 1113,32 - 3414,96 - 1305,6 = 2393,06 \text{ квар.}$$

Выберем ВБК типа 2*УКЛ –10–900 УЗ

Уточненный расчет электрических нагрузок по фабрике приведены в таблице 2.5

Таблица 2.5 – Уточненный расчет нагрузок по фабрике

№ТП, $S_{HT},$ $Q_{НБК}ТП$	№ Цеха	n	$P_{min}-$ P_{max}	P_H	Ки	Средняя мощность		пэ	КМ	Расчетные мощности			Кз
						$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ квар			$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП1-2(4×1600) $S_{н.тр}=6400кВА$	1	40	5-50	1100	0,6	660	582,07	40					
	2	35	5-40	900	0,6	540	476,24	35					
	6	24	10-90	700	0,5	350	262,5	16					
	8	30	10-35	600	0,35	210	157,5	30					
	9	18	8-30	400	0,5	200	204,04	18					
	10	38	10-16	650	0,6	390	292,5	38					
	13	35	1-55	650	0,35	228	303,33	24					
	17	22	1-15	130	0,5	65	57,32	22					
18													
Силовая		242	10\90	5130	0,52	2643	2335	223	1,1	2775	2376		
Осветительная										1324,01	2222,03		
$Q_{НБК}=4\times 450квар$											-1800		
Итого по ТП1-2										4098,64	2797,99	4962,62	0,78

Окончание таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТПЗ-4(4×1600) S _{н.тр} =6400кВА	3	27	5-45	850	0,6	510	449,78	27					
	4	60	5-70	1700	0,6	1020	899,56	49					
	5	120	5-70	2500	0,60	1500	1322,88	72					
	7	17	10	170	0,40	68	79,50	17					
	11	25	15-100	550	0,60	330	336,67	11					
	12	44	5-50	650	0,30	195	158,75	24					
	14	30	1-25	400	0,40	160	120	30					
	15	12	10-20	170	0,60	102	104,06	12					
	16	20	800	130	0,60	78	79,58	20					
Силовая		355		7120	0,5566	3963	3551	262	1	3963	3793,38		
Осветительная										174,04	242,62		
Q _{НБК} =4×450квар											-1800		
Итого по ТПЗ-4										4137,04	2236,00	4702,63	0,73
Итого на 0.4кВ										8218	6825		
Потери в тр-х										97,44	-596,71		
Итого на 10кВ										8315	7422		
Потери СД										2720	-1305,6		
											6116,56		
Q _{ВБК}											-1800		
Итого по фабрике										11035,49	4316,56	11849,68	

3 Выбор схемы внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлено два трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 37/10,5 кВ (трансформаторы работают отдельно) или глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП–115кВ. Мощность к.з. в месте отпайки 1200МВА, а на стороне 37 кВ подстанции энергосистемы 600МВА. Реактивное сопротивление системы на стороне 230 кВ, отнесенное к мощности системы 0,3. Расстояние от подстанции до фабрики 5,5 км. Фабрика работает в три смены. Стоимость электроэнергии 14 тенге/кВтч.

Для технико–экономического сравнения вариантов электроснабжения фабрики рассмотрим три варианта:

1. I вариант – ЛЭП 115 кВ;
2. II вариант – ЛЭП 37,5 кВ.
3. III вариант – ЛЭП 10,5 кВ.

3.1 I Вариант

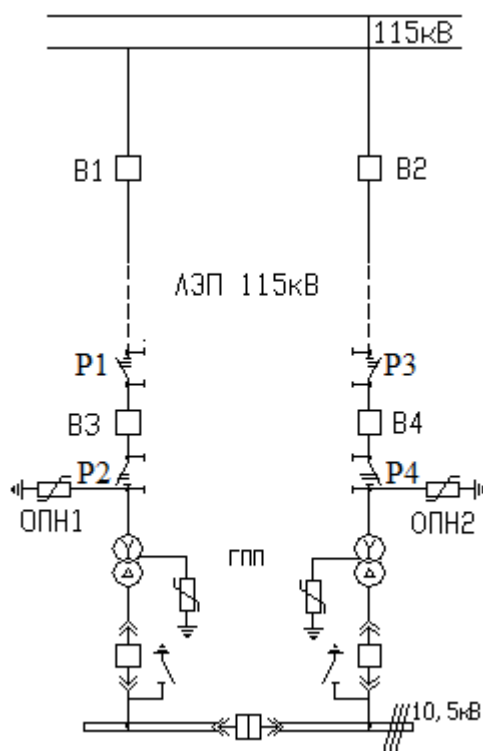


Рисунок 3.1 - Первый вариант схемы электроснабжения

Выберем электрооборудование по I варианту.

1. Выберем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2}; \quad (3.1)$$

$$S = \sqrt{11035,49^2 + 2947,32^2} = 11422,3 \text{ кВА}$$

Выберем два трансформатора мощностью 10000 кВА.
Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H}; \quad (3.2)$$

$$K_3 = \frac{11422,3}{2 \cdot 10000} = 0,57$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип т-ра ТДН-10000/115;

$S_H = 10000$ кВА, $U_{BH} = 115$ кВ, $U_{HH} = 10,5$ кВ, $\Delta P_{XX} = 14$ кВт, $\Delta P_{K3} = 58$ кВт,

$U_{K3} = 10,5\%$, $I_{XX} = 0,9\%$.

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{TTP} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2); \quad (3.3)$$

$$\Delta P = 2 \cdot (14 + 58 \cdot 0,57^2) = 68,69 \text{ кВт}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{mznn} = 0,02 \cdot (I_{XX} \cdot S_H + U_{K3} \cdot S_H \cdot K_3^2); \quad (3.4)$$

$$\Delta Q_{mznn} = 0,02 \cdot (0,9 \cdot 10000 + 10,5 \cdot 10000 \cdot 0,57^2) = 862,29 \text{ квар}$$

Потери энергии в трансформаторах.

При двухсменном режиме работы $T_{вкл} = 4000$ ч. $T_{макс} = 4000$ ч.

тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760;$$

$$\tau = (0,124 + 4000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2405,29 \text{ ч.}$$

$$\Delta W = 2(\Delta P_{XX} \times T_{вкл} + \Delta P_{K3} \times \tau \times K_3^2) \quad (3.5)$$

$$\Delta W = 2(14 \times 4000 + 58 \times 2405,29 \times 0,57^2) = 203006 \text{ кВтч}$$

ЛЭП – 115 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэн} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{мгнн}\right)^2 + Q_э^2}; \quad (3.6)$$

$$S_{лэн} = \sqrt{(11035,49 + 68,69)^2 + 2947,32^2} = 11488,67 \text{кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэн}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (3.7)$$

$$I_p = \frac{11488,67}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 28,87 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p;$$

$$I_a = 2 \times 28,87 = 57,75 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j}; \quad (3.8)$$

$$F = \frac{28,87}{1} = 28,87 \text{ мм}^2$$

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

По потере на корону принимаем провод АС –70/11 с $I_{доп}=265\text{А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{доп}=265\text{А} > I_p=28,72 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{доп ав}=1,3 \times I_{доп}=1,3 \times 265=345\text{А} > I_{ав}=57,44\text{А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{лэн} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau;$$

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot 28,72^2 \cdot 5,16 \cdot 10^{-3} \cdot 4592 = 159239 \text{ кВтч}$$

где $R=r_0 \times L=0,5 \times 0,43 \times 12=5,16$ Ом,

где $r_0=0.43$ Ом/км – удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 70 мм^2 , $l=12$ км – длина линии.

Трансформаторы энергосистемы

Тип ТДТН –40000/230;

$S_H=40000$ кВА, $U_{\text{ВН}}=230$ кВ, $U_{\text{СН}}=115$ кВ, $U_{\text{НН}}=10,5$ кВ, $U_{\text{квс}}=11\%$, $U_{\text{квн}}=22\%$, $U_{\text{кcn}}=9,5\%$.

Коэффициент долевого участия фабрики в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{РЛЭП}}}{2 \cdot S_H}; \quad (3.9)$$

$$\gamma_1 = \frac{11488,67}{2 \cdot 40000} = 0,14$$

Выбор выключателей и разъединителей на $U=115$ кВ

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.2.) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

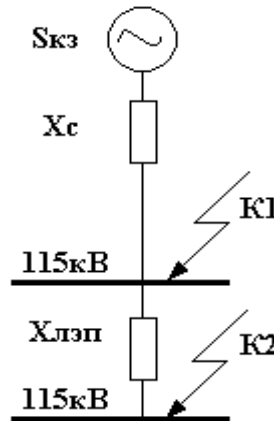


Рисунок 3.2 – Схема замещения

$S_6=1000$ МВА; $U_6=115$ кВ, $x_c=0,6$ о.е.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H}; \quad (3.10)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{ кА}$$

$$X_{\text{Л}} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2}; \quad (3.11)$$

$$X_{\text{Л}} = 0,4 \cdot 12 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,36 \text{ о.е.}$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c}; \quad (3.12)$$

$$I_{k1} = \frac{5,02}{0,6} = 8,37 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 8,37 = 21,23 \text{ кА}$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{Л}}};$$

$$I_{k2} = \frac{5,02}{0,6 + 0,36} = 5,23 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,23 = 13,27 \text{ кА}$$

Выберем выключатели В1–2, Р1–4 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.

Выберем выключатели В1 и В2
Выключатель АВВ LTB 145D1/В:

$$U_p = 110 \text{ кВ} = U_n = 110 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 3150 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 57,44 \text{ А};$$

$$I_{\text{откл}} = 40 \text{ кА} > I_{k1} = 8,37 \text{ кА};$$

$$I_{\text{пред}} = 40 \text{ кА} > i_y = 21,23 \text{ кА}.$$

Выберем разъединители Р1–4
Разъединитель АВВ SGF–123п+2Е:

$U_p=110\text{кВ} = U_n=110\text{кВ};$
 $I_{ном}=1600\text{А} > I_{ав}=57,74\text{А};$
 $I_{терм}=100\text{кА} > I_{к1}=8,37\text{кА};$
 $I_{дин}=40\text{кА} > i_y=21,23\text{кА}.$

Выберем выключатели В3 и В4
 Выключатель АВВ LTB 145D1/В:

$U_p=110\text{кВ} = U_n=110\text{кВ};$
 $I_{ном}=3150\text{А} > I_{ав}=57,44\text{А};$
 $I_{откл}=40\text{кА} > I_{к2}=5,23\text{кА};$
 $I_{пред}= 40\text{кА} > i_y=13,27\text{кА}.$

Выберем ограничители перенапряжений АВВ РЕХЛИМ–R.

3.2 II Вариант

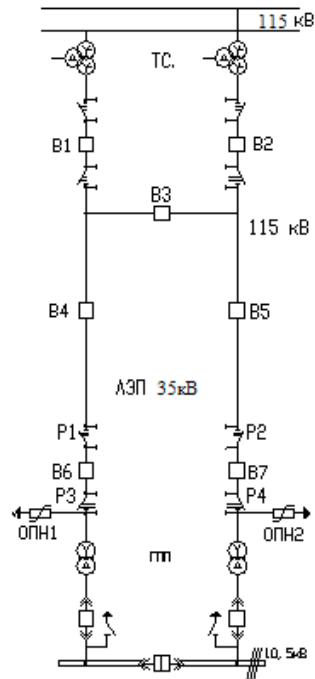


Рисунок 3.3 - Второй вариант схемы электроснабжения
Вариант

Выберем электрооборудование по II варианту.
 Выберем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{11035,49^2 + 2947,32^2} = 11422,3\text{кВА}$$

Выберем два трансформатора мощностью 10000 кВА.
 Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{11422,3}{2 \cdot 10000} = 0,57$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип трансформатора ТД–10000/35;

$S_H=10000$ кВА, $U_{BH}=38,5$ кВ, $U_{HH}=10,5$ кВ, $\Delta P_{xx}=8$ кВт, $\Delta P_{кз}=46,5$ кВт,

$U_{кз}=7,5\%$, $I_{xx}=0,8\%$.

Потери мощности в трансформаторах:
активной:

$$\Delta P_{mznn} = 2 \cdot (8 + 46,5 \cdot 0,57^2) = 46,22$$

реактивной:

$$\Delta Q_{mznn} = 2 \cdot \left(\frac{0,8}{100} \cdot 10000 + \frac{7,5}{100} \cdot 10000 \cdot 0,57^2 \right) = 647,35$$

Потери энергии в трансформаторах.

$$\Delta W = 2(8 \times 4000 + 46,5 \times 2405,29 \times 0,57^2) = 136677 \text{ кВтч}$$

ЛЭП –35 кВ

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{(11035,49 + 46,22)^2 + 2947,32^2} = 11466,95 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{11466,95}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 37} = 89,57 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 89,57 = 179,14 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{89,57}{1,1} = 89,57 \text{ мм}^2$$

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

Принимаем провод АС –95 с $I_{\text{доп}}=330\text{А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}}=330\text{А}>I_p=89,57\text{А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{доп ав}}=1,3I_{\text{доп}}=1,3 \times 330=429\text{А}>I_{\text{ав}}=179,14\text{А}.$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$W = 2 \cdot 3 \cdot 89,57^2 \cdot 0,33 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2405,29 = 210146 \text{ кВтч}$$

где $r_0=0,33$ Ом/км – удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 95 мм^2 , $l=5,5$ км – длина линии.

Трансформаторы энергосистемы

Тип ТДТН –40000/110:

$S_{\text{н}}=40000$ кВА, $U_{\text{вн}}=115\text{кВ}$, $U_{\text{сн}}=37\text{кВ}$, $U_{\text{нн}}=10,5\text{кВ}$, $U_{\text{квс}}=10,5\%$, $U_{\text{квн}}=17,5\%$, $U_{\text{ксн}}=6,5\%$.

Коэффициент долевого участия фабрики в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{11486,8}{2 \cdot 40000} = 0,14$$

Выбор ОПН, выключателей и разъединителей на $U=35$ кВ.

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

$$S_6=1000 \text{ МВА}; U_6=37 \text{ кВ}.$$

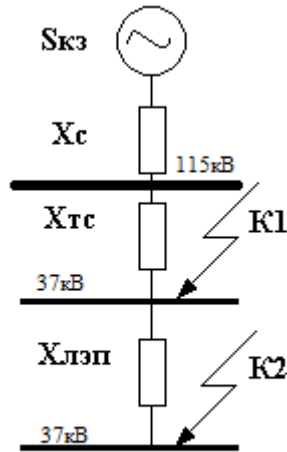


Рисунок 3.4 – Схема замещения для расчета токов к.з.

$$x_c = 1 \text{ о.е.},$$

$$I_{\sigma} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15,6 \text{ кА}$$

$$X_l = 0,4 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000}{37^2} = 1,6 \text{ о.е}$$

$$X = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,625 \text{ о.е.}$$

$$Ik1 = \frac{15,6}{1 + 2,625} = 4,3 \text{ кА}$$

$$iy = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 4,3 = 10,4 \text{ кА}$$

$$Ik2 = \frac{15,6}{1 + 2,625 + 1,6} = 2,99 \text{ кА}$$

$$iy = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 2,99 = 7,18 \text{ кА}$$

Выберем выключатели В1–2, Р1–4 по аварийному току трансформаторов ЭС. Примем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена поровну, поэтому мощность аварийного режима равна 40 МВА.

$$I_{AB} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U};$$

$$I_{AB} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 37} = 624,2 \text{ кА}$$

Выключатель АВВ ОНВ–36:

$$\begin{aligned}U_p &= 35 \text{ кВ} = U_n = 35 \text{ кВ}; \\I_{ном} &= 1250 \text{ А} > I_{ав} = 624,2 \text{ А}; \\I_{откл} &= 25 \text{ кА} > I_{к1} = 4,3 \text{ кА}; \\I_{пред} &= 40 \text{ кА} > i_y = 10,4 \text{ кА}; \\I_{терм} &= 20 \text{ кА} > I_{к1} = 4,3 \text{ кА}; \\ \gamma_2 &= \frac{I_a}{I_n} = \frac{178,86}{1250} = 0,14\end{aligned}$$

Выключатель секционный В3 АВВ ОНВ–36:

$$\begin{aligned}U_p &= 35 \text{ кВ} = U_n = 35 \text{ кВ}; \\I_{ном} &= 1250 \text{ А} > I_{ав} = 312,1 \text{ А}; \\I_{откл} &= 25 \text{ кА} > I_{к1} = 4,3 \text{ кА}; \\I_{пред} &= 40 \text{ кА} > i_y = 10,4 \text{ кА}; \\I_{терм} &= 20 \text{ кА} > I_{к1} = 4,3 \text{ кА}; \\ \gamma_3 &= \frac{I}{I} = \frac{89,43}{1250} = 0,07.\end{aligned}$$

Выключатель В4–7 АВВ ОНВ–36:

$$\begin{aligned}U_p &= 35 \text{ кВ} = U_n = 35 \text{ кВ}; \\I_{ном} &= 1250 \text{ А} > I_{ав} = 624,2 \text{ А}; \\I_{откл} &= 25 \text{ кА} > I_{к1} = 4,3 \text{ кА}; \\I_{пред} &= 40 \text{ кА} > i_y = 10,4 \text{ кА}; \\I_{терм} &= 20 \text{ кА} > I_{к1} = 4,3 \text{ кА};\end{aligned}$$

Разъединитель Р1–4 ЛТВ 72.5:

$$\begin{aligned}U_p &= 35 \text{ кВ} = U_n = 35 \text{ кВ}; \\I_{ном} &= 1000 \text{ А} > I_p = 178,86 \text{ А}; \\I_{дин} &= 10 \text{ кА} > i_y = 7,18 \text{ кА}; \\I_{терм} &= 25 \text{ кА} > I_{к2} = 2,99 \text{ кА};\end{aligned}$$

ОПН1–2: Ограничители перенапряжений АВВ MWK.

3.3 III Вариант

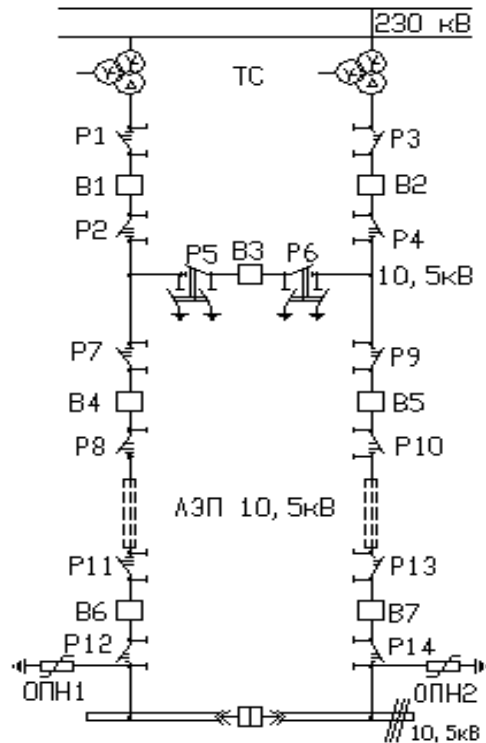


Рисунок 3.5 - Третий вариант схемы электроснабжения.

ЛЭП –10,5 кВ

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S = \sqrt{11035,49^2 + 2947,32^2} = 11422,3 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{11422,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 316 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 316 = 632 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{316}{1} = 316 \text{ мм}^2$$

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

Для выполнения данной передачи электроэнергии необходимо использовать 9хАС 120/12, что конструктивно невозможно, следовательно, данный вариант электроснабжения невозможен.

4 Выбор оборудования U=10 кВ

4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП

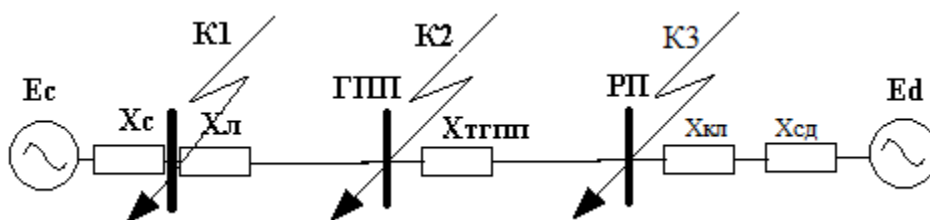


Рисунок 4.1. – Схема замещения

1. Для компрессионной станции СД (3х800=2400кВт):
 $S_6=1000$ МВА; $x_c=1$ о.е.; $U_6=10,5$ кВ.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H};$$

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

$$X_{л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S}{U_{ср}^2};$$

$$X_{л} = 0,4 \cdot 12 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,36 \text{ o.e.}$$

$$X_{тзпп} = \frac{U_k \cdot S}{100 \cdot S_n};$$

$$X_{тзпп} = \frac{1000 \cdot 10,5}{100 \cdot 10} = 10,5 \text{ o.e}$$

Ток короткого замыкания от системы на шинах ГПП:

$$I_{К-3} = \frac{I_6}{X_c + X_{ГПП} + X_{л}};$$

$$I_{К-3} = \frac{55}{1 + 10,5 + 0,36} = 4,64 \text{ кА.}$$

Мощность СД равна 888,9кВА.

$$X_d = X_d^{II} \cdot \frac{S}{N \cdot S};$$

$$X_d = 0,2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{3 \cdot 888,9} = 75 \text{ o.e}$$

$$I = \frac{S \cdot K}{\sqrt{3} \cdot U};$$

$$I = \frac{800 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 37,43 \text{ А}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$F = \frac{I}{j} = \frac{37,43}{1,4} = 26,7 \text{ }^2;$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_n};$$

$$F_{\min} = 12 \cdot 4,64 \cdot \sqrt{0,8} = 49,8 \text{ мм}^2$$

Выберем кабель ААШВ–10–(3х50мм²) с I_{доп}=134А, X_{уд}=0,079Ом/км.

$$X_{к1} = L \cdot X_{уд} \cdot \frac{S}{N \cdot U_c^2};$$

$$X_{к1} = 0,079 \cdot 0,48 \cdot \frac{1000}{2 \cdot 10,5^2} = 0,17 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от СД:

$$I = \frac{I}{X_{к1} + X_d};$$

$$I = \frac{1 \cdot 55}{0,17 + 75} = 0,73 \text{ кА} .$$

Суммарный ток КЗ в точке К–3:

$$I_{к\Sigma} = I_{к 1-4} + I_{к 5-8} + I_{к-3};$$

$$I_{к\Sigma} = 4,64 + 0,73 = 5,37 \text{ кА} .$$

Суммарный ударный ток в точке К–3:

$$i = \sqrt{2} \cdot k \cdot I_{к\Sigma};$$

$$i = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,37 = 13,67 \text{ кА}$$

4.2 Выбор выключателей

1. Вводные:

$$S_p = 11035,49 \text{ кВА}$$

Расчетный ток:

$$I_P = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_P = \frac{110035,49}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 303,76 \text{ А.}$$

Аварийный ток: I_а=2×I_р=2×303,7=607,4А.

Принимаем выключатель АВВ ADVAC–10.

Таблица 4.1 – Данные выключателя АВВ ADVAC–

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =1200А	I _{ав} =607,4 А
I _{откл} =25 кА	I _{кз} =5,37кА
I _{терм} =25 кА	I _{кз} =5,37кА
I _{дин} =40 кА	I _{уд} =13,67кА

Секционный выключатель: через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели.

Следовательно, расчетный ток, проходящий через выключатель: I_р=303,4А.

Принимаем выключатель АВВ ADVAC–10.

1. Магистраль ГПП–ТП 1, 2

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

$$S_p = \sqrt{(4098.64 + 49.49)^2 + (2797.99 + 294.843)^2} = 5174.22 \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_p = \frac{5174.22}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 142.42 \text{А}$$

Аварийный ток: I_{ав}=2×I_р=2×142,42=284,84А

Принимаем выключатель АВВ ADVAC–10.

2. Магистраль ГПП–ТП 3, 4

$$S_p = \sqrt{(4137.04 + 47.96)^2 + (2236 + 301.87)^2} = 4894.4 \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{5493.6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 134.72 \text{А}$$

Аварийный ток: I_{ав}=2×I_р=2×134,72=269,44А

Принимаем выключатель АВВ ADVAC–10.

3. Магистраль ГПП–СД1(компрессионная):

$$S_{\text{НСД}} = \frac{P_{\text{НСД}}}{\cos \varphi} = \frac{800}{0,9} = 888,9 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_{\text{НСД}} = \frac{S_{\text{НСД}} \cdot K_z}{\sqrt{3} \cdot U_n};$$

$$I_{\text{НСД}} = \frac{888,9 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 41,6 \text{ А}$$

Принимаем выключатель АВВ ADVAC–10:

4. Магистраль ГПП–СД2(насосная):

$$S_{\text{НСД}} = \frac{P_{\text{НСД}}}{\cos \varphi} = \frac{800}{0,9} = 888,9 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_{\text{НСД}} = \frac{S_{\text{НСД}} \cdot K_z}{\sqrt{3} \cdot U_n};$$

$$I_{\text{НСД}} = \frac{888,9 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 41,6 \text{ А}$$

Принимаем выключатель АВВ ADVAC–10:

4.3 Выбор кабелей отходящих линий

Условия выбора кабелей:

1. по экономической плотности тока: $F_{\text{э}} = I_{\text{р}} / j_{\text{э}}$.
2. по минимальному сечению $F_{\text{мин}} = \alpha \cdot I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_n}$;
3. по условию нагрева рабочим током $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}$;
4. по аварийному режиму $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ав}}$;
5. по потере напряжения $\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{рас}}$.

ГПП–ТП–1–2:

$S_{\text{р}} = 5174,22 \text{ кВА}$; $I_{\text{ав}} = 284,84 \text{ А}$; $I_{\text{р}} = 142,42 \text{ А}$.

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{142,42}{1,4} = 101,73 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\min} = 12 \cdot 5,37 \cdot \sqrt{0,8} = 57,64 \text{ мм}^2;$$

Выберем кабель ААШв–10–(3х120) с $I_{\text{доп}}=250\text{А}$.
 $I_{\text{доп}}=250 \times 0,75=187,5\text{А} > I_p=142,42\text{А}$.

где $K_p=0,75$ – поправочный коэфф. при числе кабелей в траншее $N=6$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H};$$

$$\Delta U = \frac{(4098.64 \cdot 0,329 \cdot 0,6 + 2797.99 \cdot 0,081 \cdot 0,6)}{10,5} = 90\text{В}$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{\Delta U_H} \cdot 100\%;$$

$$\Delta U \% = \frac{90}{10500} \cdot 100\% = 0.85\% < 5\%;$$

ГПП–ТП–3–4:

$S_p=4894,4\text{кВА}$; $I_{\text{ав}}=269,44\text{А}$; $I_p=134,72\text{А}$.

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{134.72}{1,4} = 96.23 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\min} = 12 \cdot 5,37 \cdot \sqrt{0,8} = 57,64 \text{ мм}^2;$$

Выберем кабель ААШв –10–(3х120) с $I_{\text{доп}}=250\text{А}$.
 $I_{\text{доп}}=250 \times 0,75=187,5\text{А} > I_p=142,42\text{А}$.

где $K_p=0,75$ – поправочный коэфф. при числе кабелей в траншее $N=6$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H};$$

$$\Delta U = \frac{(4137.04 \cdot 0,329 \cdot 0,6 + 2236 \cdot 0,081 \cdot 0,6)}{10,5} = 88.1\text{В}$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{\Delta U_H} \cdot 100\%;$$

$$\Delta U \% = \frac{88.1}{10500} \cdot 100\% = 0.84\% < 5\%$$

ГПП–СД1(компрессионная):

$S_p=888,9$ кВА; $I_p=41,6$ А.

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{41.6}{1,4} = 29.7 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 5,37 \cdot \sqrt{0,8} = 57,64 \text{ мм}^2;$$

Выберем кабель ААШв –(3х50) с $I_{\text{доп}}=135$ А.

$I_{\text{доп}}=135 \times 0,8=108$ А $> I_p=41,6$ А.

где $K_p=0,8$ – поправочный коэф. при числе кабелей в траншее $N=4$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H};$$

$$\Delta U = \frac{(800 \cdot 0,329 \cdot 0,3 + 387.5 \cdot 0,081 \cdot 0,3)}{10,5} = 8.41 \text{ В}$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{\Delta U_H} \cdot 100\%;$$

$$\Delta U \% = \frac{14}{10500} \cdot 100\% = 0,08\% < 5\%$$

ГПП–СД2(насосная):

$S_p=888,9$ кВА; $I_p=41,6$ А.

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{41.6}{1,4} = 29.7 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 5,37 \cdot \sqrt{0,8} = 57,64 \text{ мм}^2;$$

Выберем кабель ААШв –(3х50) с $I_{\text{доп}}=135$ А.

$I_{\text{доп}}=135 \times 0,8=108$ А $> I_p=41,6$ А.

где $K_p=0,8$ – поправочный коэф. при числе кабелей в траншее $N=4$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H};$$

$$\Delta U = \frac{(800 \cdot 0,329 \cdot 0,48 + 387.5 \cdot 0,081 \cdot 0,48)}{10,5} = 13.45 \text{ В}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{\Delta U_n} \cdot 100\%;$$

$$\Delta U\% = \frac{14}{10500} \cdot 100\% = 0,1\% < 5\%$$

Таблица 4.2 – Кабельный журнал

Наименование участка	S _p , кВА	N	K _п	Нагрузка		По экон. пл. тока, мм ²		По току КЗ, мм ²		Выбранный кабель	I _{доп} , А
				I _p , А	I _{ав} , А	j _э	F _э , мм ²	I _к , кА	F, мм ²		
ГПП–ТП–1–2	5174,2	6	0,8	142,42	284,84	1,4	101,73	6,1	65,47	ААШВ–10–(3×120)	192
ГПП–ТП–3–4	4894,4	6	0,8	134,72	269,44	1,4	96,23	6,1	65,47	ААШВ–10–(3×120)	241
ГПП–СД1	888,9	6	0,8	41,6	–	1,4	29,7	6,1	47,2	ААШВ–10–(3×50)	135
ГПП–СД2	888,9	6	0,8	41,6	–	1,4	29,7	6,1	47,2	ААШВ–10–(3×50)	135

4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_p = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 88\text{А}$$

Таблица 4.3 – Данные ВН NALF–400

Паспортные данные	Расчетные данные
U _н =10кВ	U _н =10кВ
I _н =400А	I _p =88А
I _{скв} =40кА	I _{уд} =21,23кА
I _T ² ·t _T =10 ² ·1=100кА ² ·с	В _к =(6,1) ² ·0,12=4,46 кА ² ·с

Устанавливаем предохранители для ТП типа СЕФ–100А.

4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_p = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2309,5 \text{ A}$$

Выберем выключатель АВВ Емах–3 ЛТТ с $I_{ном}=3200 \text{ A}$.

4.6 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

- по напряжению установки: $U_{ном \text{ ТТ}} \geq U_{ном \text{ уст-ки}}$;
- по току: $I_{ном \text{ ТТ}} \geq I_{расч}$;
- по электродинамической стойкости:
- по вторичной нагрузке: $S_{н2} \geq S_{нагр \text{ расч}}$;
- по термической стойкости: $I_T^2 t_T > Вк$;
- по конструкции и классу точности.

1. Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 4.5 – Нагрузка ТТ

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

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

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

Сопротивление приборов определяется по формуле:

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

$$r_{2н} = \frac{S_{2н\text{ТТ}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

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

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ; $F = 1,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,01 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,01 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$BK = I_{\text{кз}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_{\text{а}}) = 6,1^2 \times (0,095 + 0,04) = 5,02 \text{ кА}^2 \text{с.}$$

$$S_{\text{расч}} = R_2 \times I_2^2 = 0,37 \times 5^2 = 9,25 \text{ ВА}$$

Примем трансформатор тока КОКС

Таблица 4.6 – Данные ТТ КОКС

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 607,4 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 2500 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 13,67 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 9,25 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}} = 20 \text{ ВА}$

Таблица 4.7 - Трансформатор тока на линии ГПП–ТП1–2

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э–350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3–И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4–И689	2,5	2,5	2,5
Итого		5,5	5,5	5,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

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

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2};$$

$$r_{\text{приб}} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом}$$

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н}}}{I_2^2};$$

$$r_{2\text{н}} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом.}$$

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}};$$

$$r_{\text{доппр}} = 0,8 - 0,22 - 0,1 = 0,48 \text{ Ом}$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}};$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,48} = 0,029 \text{ мм}^2$$

принимаем провод АКР ТВ; $F=1,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F};$$

$$R_{\text{пров}} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,01 \text{ Ом}$$

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

$$R_2 = 0,26 + 0,01 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$W_k = I_k^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a)$$

$$W_k = 1,71^2 \times (0,095 + 0,04) = 0,4 \text{ кА}^2\text{с.}$$

Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 4.8 – Данные ТТ ТРУ

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 284,84 \text{ А}$	$I_n = 300 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 21,23 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 9,25 \text{ ВА}$	$S_{2н} = 10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП–ТПЗ–4: Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 4.9 – Данные ТТ ТРУ

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ $I_{ав}=284,84$ А $i_{уд}=21,23$ кА $S_{2расч}=9,25$ ВА	$U_H=10$ кВ $I_H=300$ А $I_{дин}=40$ кА $S_{2H}=10$ ВА

Трансформатор тока на линии ГПП–СД: Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 4.10 – Данные ТТ ТРУ

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ $I_{ав}=284,84$ А $i_{уд}=21,23$ кА $S_{2расч}=9,25$ ВА	$U_H=10$ кВ $I_H=300$ А $I_{дин}=40$ кА $S_{2H}=10$ ВА

4.7 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

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

Таблица 4.11 – Трансформатор напряжения на шинах ГПП

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	$Q_{общ}$, вар
V	Э-335	3	1	1	0	1	3	–
W	Д-335	2.5	2	0.4	0.92	1	5	–
Var	И-335	2.5	2	0.4	0.92	1	5	–
Wh	СА3– И681	2	2	0.4	0.92	6	24	54,9
Vahr	СР4– И689	2	2	0,4	0,2	6	24	54,9
Итого							61	109,9

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2};$$

$$S_{2p} = \sqrt{61^2 + 109.9^2} = 125.77 \text{ ВА.}$$

Принимаем ТН типа TDC

Таблица 4.12 – Данные ТН TDC

$U_{HT}=10$ кВ	$U_{HT}=10$ кВ
$S_{H2}=300$ ВА	$S_{p2}=125,77$ ВА
Схема соединения обмоток Y_0/Y_0	

4.8 Выбор шин ГПП

Сечение шин выбирают по длительно допустимому току и экономической целесообразности. Проверку шин производят на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ.

Выберем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ 60х8мм; $I_{доп}=1025$ А (одна полоса на фазу), $I_{ав}=607,4$ А; $i_{уд}=13,67$ кА.

а) проверка по аварийному току:

$$I_{доп}=1025\text{А} \geq I_{ав}=607,4\text{А};$$

б) проверка по динамической стойкости к $I_{кз}$:

$$i_{дин}=40\text{кА} \geq i_{уд}=13,67\text{кА};$$

в) проверка по механической стойкости: $\sigma_{доп}=91$ кгс/см²

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega};$$

$$\omega = \frac{b \cdot h^2}{6};$$

$$\omega = \frac{0,8 \cdot 8^2}{6} = 8,53\text{см}^3$$

$$F_p = \frac{1,76 \cdot 10^{-2} \cdot i_{уд}^2 \cdot L}{a};$$

$$F_p = \frac{1,76 \cdot 10^{-2} \cdot 13,67^2 \cdot 0,6}{0,08} = 24,67\text{кгс}$$

$$F_{min} = \alpha \cdot I_{кк} \cdot \sqrt{t};$$

$$F_{min} = 12 \cdot 13,67 \cdot \sqrt{0,8} = 146,7\text{мм}^2 \leq 480\text{мм}^2 (60 \times 8)$$

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega};$$

$$\sigma_{расч} = \frac{24,67 \cdot 60}{10 \cdot 8,53} = 17,35 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

$$\sigma_{\text{дон}} = 17,35 \frac{\text{кГс}}{\text{см}^2}.$$

где $a=0,08$ м – расстояние между изоляторами;

$L=0,3$ м – длина шины;

$b=8$ мм – ширина одной полосы;

$h=0,8$ мм – высота шины.

Из условий получаем, что шины динамически устойчивы.

4.9 Выбор изоляторов ГПП

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

а) по номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;

б) по допустимой нагрузке: $F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$.

где $F_{\text{расч}}$ – сила, действующая на изолятор;

$F_{\text{доп}}$ – допустимая нагрузка на головку изолятора, $F_{\text{доп}} = 0,6F_{\text{разруш}}$;

$F_{\text{разруш}}$ – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot i^2 \cdot L}{a};$$

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot 13,67^2 \cdot 1}{0,25} = 129,46 \text{ кГс}$$

Выберем изолятор типа ИО–10–3,75 УЗ с $F_{\text{разр}} = 3750$ кгс.

$$F_{\text{доп}} = 0,6F_{\text{разруш}} = 2250 \text{ кгс. } (> 684 \text{ кгс})$$

Условие выполняется.

5 Сравнительная характеристика выключателей

5.1 Требования, предъявляемые к выключателям

- 1) безопасность для окружающих и надежность работы;
- 2) малое время отключения, быстродействие;
- 3) удобство в использовании и сервисе;
- 4) простота установки;
- 5) бесшумность при использовании;
- 6) сравнительно невысокая стоимость.

Используемые на сегодняшний день выключатели отвечают перечисленным требованиям в большей или меньшей степени. Однако конструкторы выключателей стремятся к более полному соответствию характеристик выключателей выдвинутым требованиям.

5.2 Масляные выключатели

Масляные выключатели бывают двух видов – баковые и маломасляные. Методы деионизации дугового промежутка в этих выключателях идентичны. Различие заключается в изоляции контактной системы от заземленного основания и в количестве масла.

До недавнего времени эксплуатировались баковые выключатели типов: ВМ-35, С-35, а также выключатели серии У напряжением от 35 до 220 кВ. Баковые выключатели предназначены для наружной установки, в настоящее время сняты с производства.

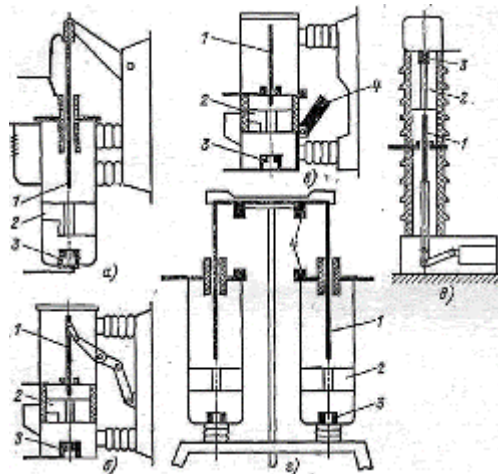
Главные недостатки баковых выключателей: взрыво- и пожароопасность; необходимость периодического контроля за состоянием и уровнем масла в баке и вводах; большой объем масла – этим обусловлены большие траты времени на его замену, необходимость больших резервов масла; невозможность установки внутри помещений.

5.3 Маломасляные выключатели

Маломасляные выключатели широко используются в закрытых и открытых РУ всех напряжений. Масло в таких выключателях служит дугогасящей средой и только частично изоляцией между разомкнутыми контактами.

Изоляцию токоведущих частей друг от друга и от заземленных конструкций осуществляют фарфором или другими твердыми изолирующими материалами. В стальном бачке (горшке) находятся контакты выключателей для внутренней установки. Также эти выключатели называют «горшковые».

Маломасляные выключатели напряжением 35 кВ и больше имеют фарфоровый корпус. Самое широкое применение получили выключатели 6-10 кВ подвесного типа (ВМГ-10, ВМП-10). В этих выключателях корпус крепится на фарфоровых изоляторах к общей раме для всех трех полюсов. В каждом полюсе предусмотрен один разрыв контактов и дугогасительная камера.



1 – подвижный контакт; 2 – дугогасительная камера; 3 – статичный контакт; 4 – рабочие контакты

Рисунок 5.1 - Конструктивные схемы маломасляных выключателей

При высоких значениях номинальных токов трудно обойтись одной парой контактов (которые выполняют роль рабочих и дугогасительных). Для этого предусмотрены рабочие контакты с наружной части выключателя, а дугогасительные – внутри металлического бачка. При высоких значениях отключаемых токов на каждый полюс имеется два дугогасительных разрыва. По такой схеме выполняются выключатели серий МГГ и МГ на напряжение до 20 кВ включительно. Массивные внешние рабочие контакты 4 позволяют рассчитать выключатель на большие номинальные токи (до 9500 А). При напряжениях 35 кВ и больше корпус выключателя выполняется фарфоровым, серия ВМК – выключатель маломасляный колонковый). В выключателях 35, 110 кВ предусмотрен один разрыв на полюс, при больших напряжениях – от двух и более.

Недостатками маломасляных выключателей являются: взрыво- и пожароопасность; необходимость периодического контроля, доливки, трудность установки встроенных трансформаторов тока, невозможность осуществления быстродействующего АПВ; относительно частой замены масла в дугогасительных бачках; относительно малая отключающая способность.

Маломаслянные выключатели применяются в закрытых РУ электростанций и подстанций 6, 10, 20, 35 и 110 кВ, КРУ 6, 10 и 35 кВ и ОРУ 35 и 110 кВ.

5.4 Элегазовые выключатели

Элегаз – это инертный газ, плотность которого превышает плотность воздуха в 5 раз. Электрическая прочность элегаза превышает прочность воздуха в 2 – 3 раза; при давлении 0,2 МПа электрическая прочность элегаза практически равна прочности масла.

При атмосферном давлении в элегазе может быть погашена дуга с током, который в 100 раз превышает ток, отключаемый в воздухе при тех же условиях. Исключительная способность элегаза гасить дугу объясняется тем, что его молекулы улавливают электроны дугового столба и образуют относительно статичные отрицательные ионы. Потеря электронов делает дугу неустойчивой, и она легко гаснет. В струе элегаза, т. е. при газовом дутье, поглощение электронов из дугового столба происходит еще интенсивнее.

В элегазовых выключателях применяются автопневматические (автокомпрессионные) дугогасительные устройства, в которых газ в процессе отключения сжимается поршневым устройством и направляется в зону дуги. Элегазовый выключатель представляет собой замкнутую систему без выброса газа наружу.

В настоящее время элегазовые выключатели применяются на всех классах напряжений (6-750 кВ) при давлении 0,15 – 0,6 МПа. Повышенное давление применяется для выключателей более высоких классов напряжения.

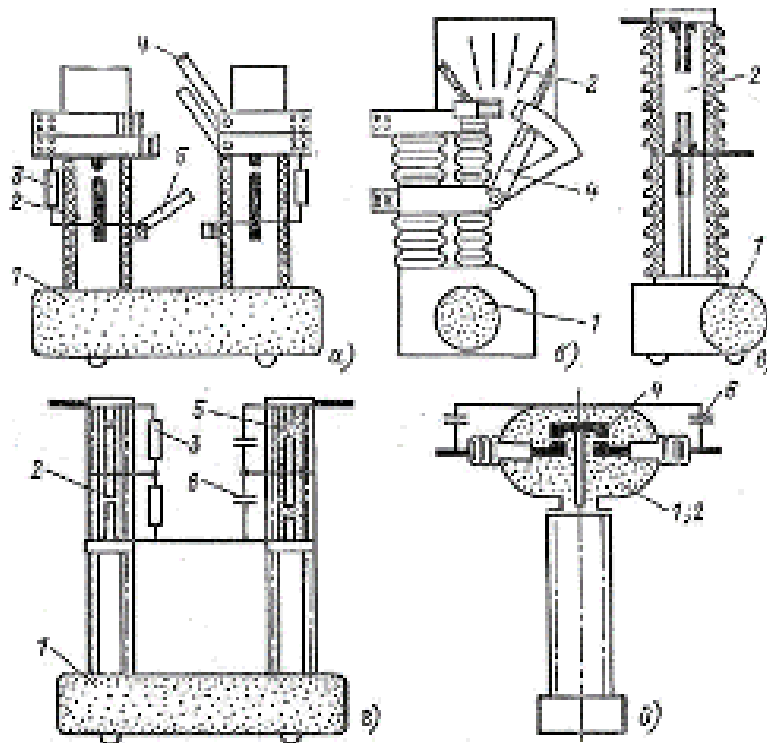
5.5 Воздушные выключатели

Гашение дуги в воздушных выключателях происходит воздухом сжатым при давлении 2-4 МПа, а токоведущих частей изоляция и дугогасительного устройства осуществляется фарфором или другими твердыми изолирующими материалами. Конструктивные схемы ВВ зависят от их номинального напряжения, способа создания изоляционного промежутка между контактами в отключенном положении, способа подачи сжатого воздуха в дугогасительное устройство.

В выключателях на большие номинальные токи имеется главный и дугогасительный контур. Главная часть тока во включенном положении выключателя проходит по главным контактам 4, расположенным открыто. При отключении выключателя главные контакты размыкаются первыми, после чего весь ток проходит по дугогасительным контактам, заключенным в камере 2. К моменту размыкания этих контактов в камеру подается сжатый воздух из резервуара 1, создается мощное дутье, гасящее дугу. Дутье может быть продольным или поперечным.

Необходимый изоляционный промежуток между контактами в отключенном положении создается в дугогасительной камере путем разведения контактов на достаточное расстояние. Выключатели, выполненные по конструктивной схеме с открытым отделителем, изготавливаются для

внутренней установки на напряжение 15 и 20 кВ и ток до 20000 А (серия ВВГ). В данном типе выключателей после отключения отделителя 5 прекращается подача сжатого воздуха в камеры и дугогасительные контакты замыкаются.



1 – резервуар со сжатым воздухом; 2 – дугогасительная камера; 3 – шунтирующий резистор; 4 – главные контакты; 5 – отделитель; 6 – емкостный делитель напряжения на 110 кВ – два разрыва на фазу (г)

Рисунок 5.2 - Конструктивные схемы воздушных выключателей

В воздушных выключателях для открытой установки на напряжение 35 кВ (ВВ-35) достаточно иметь один разрыв на фазу.

В выключателях напряжением 110 кВ и больше после гашения дуги размыкаются контакты отделителя 5 и камера отделителя остается заполненной сжатым воздухом на все время отключенного положения. При этом в дугогасительную камеру сжатый воздух не подается и контакты в ней замыкаются.

По данной конструктивной схеме созданы выключатели серии ВВ на напряжение до 500 кВ. Чем больше номинальное напряжение и чем больше отключаемая мощность, тем больше должно быть разрывов в дугогасительной камере и в отделителе.

По конструктивной схеме рис, г выполняются воздушнонаполненные выключатели серии ВВБ. Напряжение модуля ВВБ 110 кВ при давлении сжатого воздуха в гасительной камере 2 МПа. Номинальное напряжение модуля выключателя серии ВВБК (крупномодульного) составляет 220 кВ, а давление воздуха в гасительной камере 4 МПа. Аналогичную конструктивную схему имеют выключатели серии ВНВ: модуль напряжением 220 кВ при давлении 4 МПа.

Для выключателей серии ВВБ количество дугогасительных камер (модулей) зависит от напряжения (110 кВ – одна; 220 кВ – две; 330 кВ – четыре; 500 кВ – шесть; 750 кВ – восемь), а для крупномодульных выключателей (ВВБК, ВНВ) количество модулей соответственно в два раза меньше.

5.6 Вакуумные выключатели

Электрическая прочность вакуума значительно больше прочности других сред, используемых в выключателях. Это объясняется увеличением длины среднего свободного пробега электронов, атомов, ионов и молекул по мере уменьшения давления. В вакууме длина свободного пробега частиц превышает размеры вакуумной камеры.

В этих условиях удары частиц о стенки камеры происходят значительно чаще, чем соударения между частицами. На рисунке показаны зависимости пробивного напряжения вакуума и воздуха от расстояния между электродами из вольфрама. При столь высокой электрической прочности расстояние между контактами может быть очень малым (2 – 2,5 см), поэтому размеры камеры могут быть также относительно небольшими.

Процесс восстановления электрической прочности промежутка между контактами при отключении тока протекает в вакууме значительно быстрее, чем в газах. Степень вакуума (остаточное давление газов) в современных промышленных дугогасительных камерах обычно составляет Па. В соответствии с теорией электропрочности газов, необходимые изоляционные качества вакуумного промежутка достигаются и при меньших уровнях вакуума (порядка Па), однако для современного уровня вакуумных технологий, создание и поддержание в течение времени жизни вакуумной камеры уровня Па не составляет проблемы. Это обеспечивает вакуумным камерам резервы электропрочности на весь срок использования (20-30 лет).

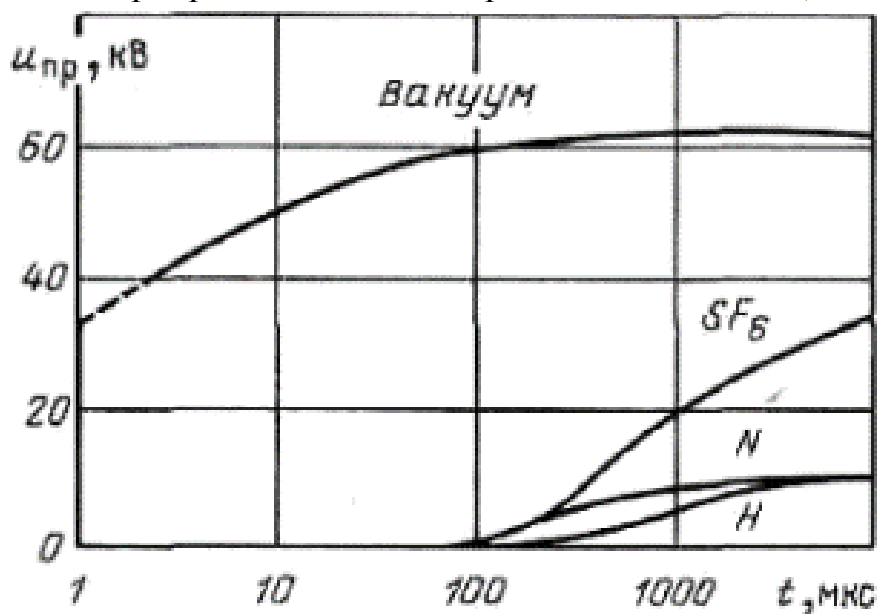


Рисунок 5.3 - Восстанавливающаяся электрическая прочность промежутка после отключения тока 1600 А в вакууме и различных газах при атмосферном давлении

Типовая конструкция вакуумной дугогасительной камеры приведена на рисунке 5.4.

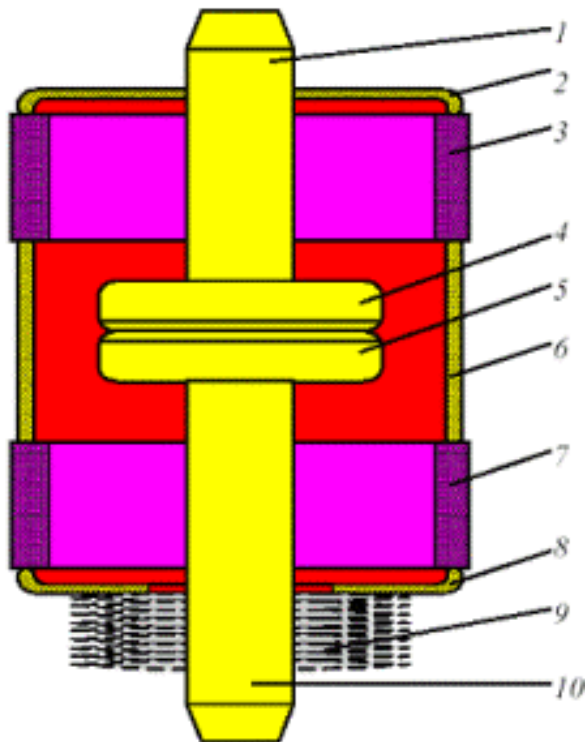


Рисунок 5.4 - Конструктивная схема вакуумной дугогасительной камеры
Конструкция вакуумной камеры состоит из пары контактов (4; 5), один из которых является подвижным (5), заключенных в вакуумноплотную оболочку, спаянную из керамических или стеклянных изоляторов (3; 7), верхней и нижней металлических крышек (2; 8) и металлического экрана (6). Перемещение подвижного контакта относительно статического обеспечивается путем применения сильфона (9). Выводы камеры (1; 10) служат для подключения ее к главной токоведущей цепи выключателя.

Надо отметить, что для изготовления оболочки вакуумной камеры применяются только специальные вакуумноплотные, очищенные от растворенных газов металлы – медь и специальные сплавы, а также специальная керамика. Контакты вакуумной камеры изготавливаются из металлокерамической композиции (как правило, это медь-хром в соотношении 50 %-50 % или 70 %-30 %), обеспечивающей высокую отключающую способность, износостойкость и препятствующей возникновению точек сваривания на поверхности контактов. Цилиндрические керамические изоляторы, совместно с вакуумным промежутком при разведенных контактах обеспечивают изоляцию между выводами камеры при отключенном положении выключателя.

Таврида-электрик выпустила новую конструкцию вакуумного выключателя с магнитной защелкой. В основу его конструкции заложен принцип соосности электромагнита привода и вакуумной дугогасительной камеры в каждом полюсе выключателя. Включение выключателя осуществляется в следующей последовательности.

В исходном состоянии контакты вакуумной дугогасительной камеры разомкнуты за счет воздействия на них отключающей пружины 7 через тяговый изолятор 5. При прикладывании напряжения положительной полярности к катушке 9 электромагнита, в зазоре магнитной системы нарастает магнитный поток.

В момент, когда сила тяги якоря, создаваемая магнитным потоком, превосходит усилие пружины отключения 7, якорь 11 электромагнита вместе с тяговым изолятором 5 и подвижным контактом 3 вакуумной камеры начинает движение вверх, сжимая пружину отключения. При этом в катушке возникает двигательная противо-ЭДС, которая препятствует дальнейшему нарастанию тока, и даже несколько уменьшает его.

В процессе движения якорь набирает скорость около 1 м/с, что позволяет избежать предпробоев при включении и исключить дребезг контактов ВДК. При замыкании контактов вакуумной камеры, в магнитной системе остается зазор дополнительного поджатия равный 2 мм. Скорость движения якоря резко падает, так как ему приходится преодолевать еще и усилие пружины дополнительного контактного поджатия 6. Однако под воздействием усилия, создаваемого магнитным потоком и инерцией, якорь 11 продолжает двигаться вверх, сжимая пружину отключения 7 и пружину 6 дополнительного контактного поджатия.

В момент замыкания магнитной системы якорь соприкасается с верхней крышкой привода 8 и останавливается. После окончания процесса включения ток катушки привода отключается. Выключатель остается во включенном положении за счет остаточной индукции, создаваемой кольцевым постоянным магнитом 10, который удерживает якорь 11 в притянутом к верхней крышке 8 положении без дополнительной токовой подпитки.

Для отключения выключателя необходимо приложить к выводам катушки напряжение отрицательной полярности.

В настоящее время вакуумные выключатели стали доминирующими аппаратами для электрических сетей с напряжением 6-36 кВ. Так, доля вакуумных выключателей в общем количестве выпускаемых аппаратов в Европе и США достигает 70 %, в Японии – 100 %. В России в последние годы эта доля имеет постоянную тенденцию к росту, и в 1997 году превысила 50 %-ю отметку. Главными преимуществами ВВ (по сравнению с масляными и газовыми выключателями), определяющими рост их доли на рынке, являются:

- более высокая надежность;
- меньшие траты на сервис.

Таблица 5.1 - Сравнительная характеристика масляного, воздушного, вакуумного и элегазового выключателей

Вид выключателя	Масляный	Воздушный	Элегазовый	Вакуумный
1 Безопасность при использовании	Риск возникновения пожара или взрыва	Взрыво- и пожаробезопасен	Нет риска возникновения взрыва или внешний проявлений	Нет риска возникновения взрыва или внешний проявлений
2 Безопасность по отношению к окружающей среде	Экологически не безопасен	Безопасный	При утилизации или утечке экологически не безопасен	Отсутствие загрязнения окружающей среды
3 Сервис	Периодическая замена масла (необратимая деструкция масла при каждом отключении)	Частая замена дугогасительных контактов, периодическое техническое сервис механизма управления	Смазка механизмов управления в минимальном объеме	Смазка механизмов управления в минимальном объеме
4 Чувствительность к воздействию окружающей среды	Свойства среды отключения могут ухудшаться под воздействием факторов окружающей среды (влажность, пыль и т.д.)	Влияние температуры окружающей среды, необходимость в дополнительных установках	Нечувствительны: полностью запаянная герметичная камера	Нечувствительны: полностью запаянная герметичная камера
5 Износостойкость	Посредственная	Средняя	Высокая	Высокая
6 Размеры	Относительно большие размеры устройства	Установка, требующая больших расстояний	Небольшие	Небольшие

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда механического цеха

Главной деятельностью механического цеха является:

- Изготовление нестандартизированного оборудования;
- Средний и капитальный ремонт технологического оборудования;
- Изготовление запчастей для техники.

Если учесть деятельность цеха, можно предположить, что на условия труда в механическом цехе влияют различные неблагоприятные факторы, которые отрицательно сказываются на работоспособности рабочего персонала.

Во время механической обработки на металлорежущих станках возникают факторы, оказывающие неблагоприятные воздействия на человека. Такими факторами являются вибрация, шум, травмы органов зрения, ожоги открытых частей тела, увечья и т.п. Наибольшую опасность представляют вращающиеся и движущиеся части станков, отлетающая горячая стружка, выделение паров и газов при работе со смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ) и технических смазок (ТС). При работе на шлифовальных станках образуется металлическая и абразивная пыль концентрацией 4...6 мг/м³ (предельно допустимая концентрация по ГОСТ 12.01.005-88 составляет 4... 10 мг/м³), при работе оборудования выделяется избыточное тепло.

Освещенность

Устройство электрического освещения производственных, административно-бытовых и других помещений вновь строящихся и реконструируемых зданий удовлетворяет требованиям технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов.

Повышенная степень шума и вибрации

Наиболее актуальной проблемой механического является производственный шум и вибрация. Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека.

При длительном воздействии шума и вибрации на организм происходят нежелательные явления: снижение остроты зрения, слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Сильные, продолжительные воздействия шума и вибрации могут быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем. Главными источниками шума и вибрации в цехе являются шумы и вибрации, возникающие при технологическом процессе: их источниками являются возвратно-поступательные движущиеся механизмы, неуравновешенные, вращающиеся массы, удары деталей, шумы электромагнитного происхождения, оборудование вентиляции цеха.

Вибрация - в механических цехах источниками общей вибрации являются компрессоры, воздуходувки, вентиляторы и тому подобное.

Для защиты от локальной вибрации в механическом цехе применяют индивидуальные защитные средства. К ним относятся виброзащитные рукавицы. Шьют их из хлопчатобумажной ткани, усиленной на ладони кожей. Под кожу вшивается антивибрационный вкладыш из вспененного поливинилхлорида. Для работы с вибрирующим инструментом и оборудованием в холодное время года изготавливаются рукавицы удлиненные.

6.2 Мероприятия, направленные на улучшение условий труда

Произведем акустический расчет шума, а также мер защиты от воздействия шума на персонал. В помещении работают 4 вентилятора, имеющие одинаковый уровень звукового давления. Источники шума находятся на расстоянии r от расчетной точки, которая расположена на высоте 1,5 м от пола. Найдем октавные уровни звукового давления в расчетной точке.

Известно, что вентиляторы расположены на расстояниях $r_1=12\text{м}$, $r_2=15\text{м}$, $r_3=r_4=9,5\text{м}$ от рабочей точки. Объем помещения равен 720 м^3 , отношение $V/S_{\text{орг}}=0,2$, $I_{\text{max}}=1,4$.

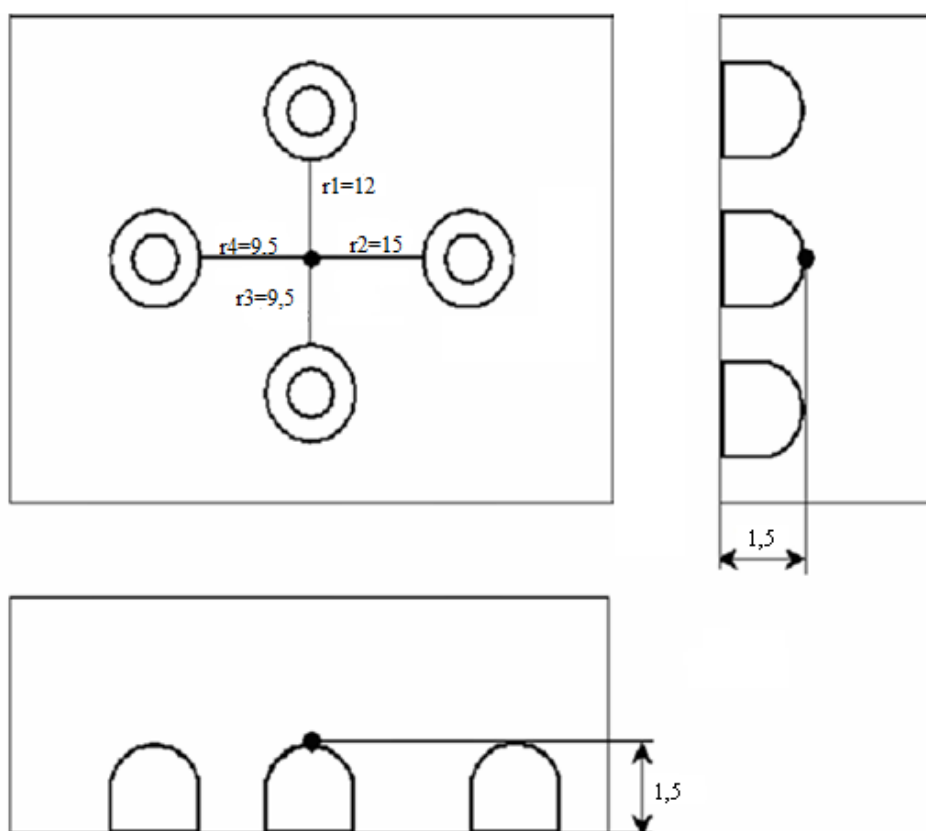


Рисунок 6.1 - Схема расположения расчетной точки и источников шума в помещении

Октавные уровни звукового давления L в дБ в расчетных точках помещений, в которых несколько источников шума в зоне прямого и отраженного звука, следует определять по формуле:

$$L_{ож} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right) \quad (6.1)$$

где $\Delta_i = 10^{0,1L_{pi}}$;

L_{pi} – октавный уровень звуковой мощности дБ, создаваемый i -тым источником шума;

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке (т.е. источников, для которых $r_i < 5 r_{i \min}$);

n – общее количество источников шума в помещении;

В данном случае минимальное расстояние от расчетной точки до акустического центра и ближайшего к ней источника $r_{\min} = 9,5 \text{ м}$, $5 \cdot r_{\min} = 47,5 \text{ м}$.

Общее количество источников шума, принимаемых в расчет и расположенных вблизи расчетной точки, когда, $r_i < 5 r_{i \min} = 47,5$, будет равно 4 ($m=4$), т. е. учитываются все данные источники, расположенные на расстояниях r_1, r_2, r_3, r_4 .

χ – коэффициент, учитывающий влияние ближайшего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения r_i / l_{\max} ;

l_{\max} – наибольший габаритный размер источников шума.

Величина $r_i / l_{\max} = 9,5 / 1,4 = 6,78 \Rightarrow$ принимаем $\chi = 1$;

Φ – фактор направленности источника шума, $\Phi = 1$;

S – площадь воображаемой поверхности верной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку.

Для всех источников выполняется условие $2 \cdot l_{\max} < r$; $2 \cdot 1,5 \text{ м} < 10,3 \text{ м}$

Поэтому можно принять $S_i = 2 \pi r_i^2$;

ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по опытным данным (при $B/S_{огр} = 0,2$; $\psi = 0,85$);

B – постоянная помещения.

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (6.2)$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц;

μ – частотный множитель, определяемый по таблице.

Выбрав тип помещения, определяем постоянную помещения V_{1000} ; Выберем тип помещения I – с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, машинные залы, генераторные, испытательные стенды).

$$V_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{720}{20} = 36$$

Приведем значения частотного множителя μ в таблице 6.1 для объема помещения $V=720\text{м}^3$.

Таблица 6.1 – Значения частотного множителя

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
μ	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2

Определяем требуемое снижение шума ΔL_{TP} , приняв нормативные уровни звукового давления в расчетной точке.

Рабочие места – постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий.

$$\Delta L_{TP} = L_{общ} - L_{доп}, \text{ дБ}, \quad (6.3)$$

где $L_{общ}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от всех источников шума, дБ.

$L_{доп}$ – указаны в таблице 6.3.

Таблица 6.2 – Уровни звукового давления, создаваемые вентилятором-калорифером

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	70	73	76	84	77	75	73	65

Таблица 6.3 – Допустимые уровни звукового давления

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{доп}$	99	92	86	83	80	78	76	74

Все последовательные расчеты сведем в таблице 6.4. Расчеты производились в Microsoft Excel

Таблица 6.4 – Результаты расчета

№	Величина	Ед. изм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{p_i}	дБ	70	73	76	84	77	75	73	65
2	$\Delta i = 10^{0,1L_{p_i}}$	-	10^7	$19,9 \cdot 10^6$	$3,9 \cdot 10^7$	$25,1 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$31,6 \cdot 10^6$	$19,9 \cdot 10^6$	$3,16 \cdot 10^6$
3	$S_3 = S_4 = 2 \cdot \pi \cdot r_3^2$	м ²	567,06	567,06	567,06	567,06	567,06	567,06	567,06	567,06
4	$S_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2^2$	м ²	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413
5	$S_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1^2$	м ²	904,32	904,32	904,32	904,32	904,32	904,32	904,32	904,32
6	$\Delta i / S_3 = \Delta i / S_4$		$17,6 \cdot 10^3$	$35,1 \cdot 10^3$	$70 \cdot 10^3$	$44,3 \cdot 10^4$	$88 \cdot 10^3$	$55,7 \cdot 10^3$	$35,18 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^3$
7	$\Delta i / S_2$		$7 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^3$	$28 \cdot 10^3$	$17,8 \cdot 10^3$	$35,5 \cdot 10^3$	$22,4 \cdot 10^3$	$14,1 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^3$
8	$\Delta i / S_1$		$11 \cdot 10^3$	$22 \cdot 10^3$	$44 \cdot 10^3$	$27,7 \cdot 10^4$	$55,4 \cdot 10^3$	$34,9 \cdot 10^3$	$22 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$
9	$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i}$		$53,4 \cdot 10^3$	$106,5 \cdot 10^3$	$212,6 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^6$	$2,67 \cdot 10^5$	$16,9 \cdot 10^4$	$10,6 \cdot 10^4$	$16,9 \cdot 10^3$
10	B1000(V=720м ³)		36	36	36	36	36	36	36	36
11	μ		0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
12	$B_i = B_{1000} \cdot \mu$		23,4	22,32	23,04	27	36	54	86,4	151,2
13	$\frac{4\psi}{B_i}$		0,14	0,15	0,147	0,125	0,094	0,062	0,039	0,022
14	$\sum_{i=1}^4 \Delta_i$		$4 \cdot 10^7$	$7,9 \cdot 10^7$	$15,9 \cdot 10^7$	10^8	$20 \cdot 10^7$	$12,6 \cdot 10^7$	$7,9 \cdot 10^7$	$12,6 \cdot 10^6$
15	$\frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i$		$5,6 \cdot 10^6$	$11,9 \cdot 10^6$	$23,4 \cdot 10^6$	$12,5 \cdot 10^7$	$18,8 \cdot 10^7$	$7,8 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^5$
16	$\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i$		$5,6 \cdot 10^6$	$12 \cdot 10^6$	$23,6 \cdot 10^6$	$12,6 \cdot 10^6$	$19,1 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^5$
17	$L_{ОЖ} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right)$	дБ	67,52	70,82	73,73	81,03	72,8	69	65	54,7
18	$L_{ДОП}$	дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
19	$\Delta L_{ТРЕБ} = L_{ОЖ} - L_{ДОП}$	дБ	-31,8	-21,18	-12,27	-1,96	-7,19	-8,96	-10,9	-19,2

Пример расчета частоты 125 Гц

Выберем данные для вентилятора. Для частоты 125 Гц, $Lp_1 = 73$ дБ.

Затем по формуле $\Delta_i = 10^{0,1Lp_i}$ рассчитываю все частоты, то есть

$$\Delta_1 = 10^{0,1 \cdot 73} = 10^{7,3} = 19,9 \cdot 10^6$$

После этого считаем площадь по формуле

$$S_i = 2 \cdot \pi \cdot r_i^2 \quad (6.4)$$

$$S_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 904,32 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 15^2 = 1413 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_3 = S_4 = 2 \cdot 3,14 \cdot 9,5^2 = 567,06 \text{ (м}^2\text{)};$$

Затем по формуле $\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i}$ получаем:

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{19,9 \cdot 10^6}{904,32} + \frac{19,9 \cdot 10^6}{1413} + 2 \cdot \frac{19,9 \cdot 10^6}{567,06} = 106,5 \cdot 10^3;$$

Далее произведем расчет по формуле:

$$B_{125} = B_{1000} \cdot \mu_{125}; \quad (6.5)$$

Значение коэффициента $\mu = 0,62$, для $V=720$ и для частоты 125 Гц.

Тогда значение

$$B_{125} = 36 \cdot 0,62 = 22,32.$$

Далее считаем следующее:

$$\frac{4\Psi}{B_{125}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i \quad (6.6)$$
$$\frac{4 \cdot 0,85}{22,32} \cdot 7,9 \cdot 10^7 = 11,9 \cdot 10^6.$$

Затем просуммируем значения:

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 106,5 \cdot 10^3 + 11,9 \cdot 10^6 = 12 \cdot 10^6. \quad (6.7)$$

Теперь можно найти $L_{OЖ} = 10Lg(12 \cdot 10^6) \approx 70,82$ дБ

После этого выберем допустимый степень звукового давления для частоты 125 Гц значение $L_{Don} = 92$ дБ .

Окончательным расчетом является нахождение значения

$$\Delta L_{mp} = L_{OЖ} - L_{ДОП} \text{ дБ} \quad (6.8)$$

$$\Delta L_{mp} = 70,82 - 92 \approx -21,18 \text{ дБ}$$

Так как величина требуемого снижения шума $\Delta L_{тр}$ для механического цеха получилась отрицательной, то мероприятия по снижению шума не требуются.

6.3 Расчет зануления

Принципиальная схема зануления приведена на рисунке 6.2. На схеме видно что ток короткого замыкания $I_{кз}$ в фазном проводе зависит от фазного напряжения сети U_{ϕ} и полное сопротивление цепи, складывающегося из полных сопротивлений обмотки трансформатора $Z_{Т/3}$, фазного проводника Z_{ϕ} , нулевого защитного проводника $Z_{н}$, внешнего индуктивного сопротивления петли фаза – ноль $X_{п}$, активного сопротивления заземления нейтрали трансформатора R_0 .

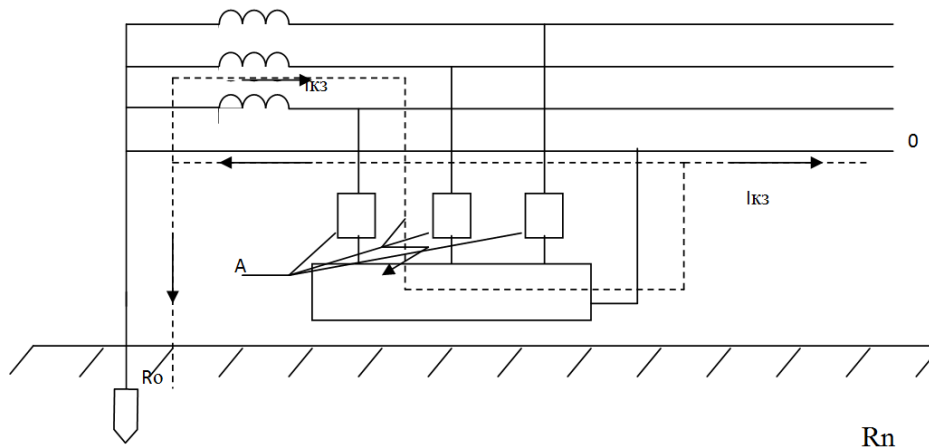


Рисунок 6.2 - Принципиальная схема сети переменного тока с занулением

A - аппарат защиты (предохранитель или автоматический выключатель);
 R_0 - заземление нейтрали; R_n - повторное заземление

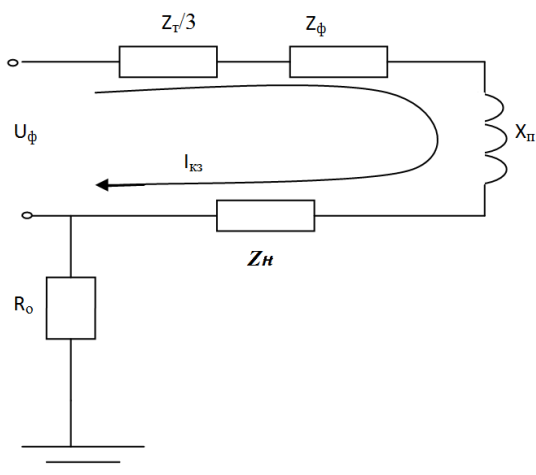


Рисунок 6.3 - Полная расчетная схема соединения зануления

Поскольку R_0 , как правило, велико по сравнению с другими элементами цепи, параллельная ветвь, образованная им создает незначительное увеличение тока короткого замыкания, что позволяет пренебречь им. В то же время такое допущение ужесточает требования к занулению и значительно упрощает расчетную схему, представленную на рисунке 6.4.

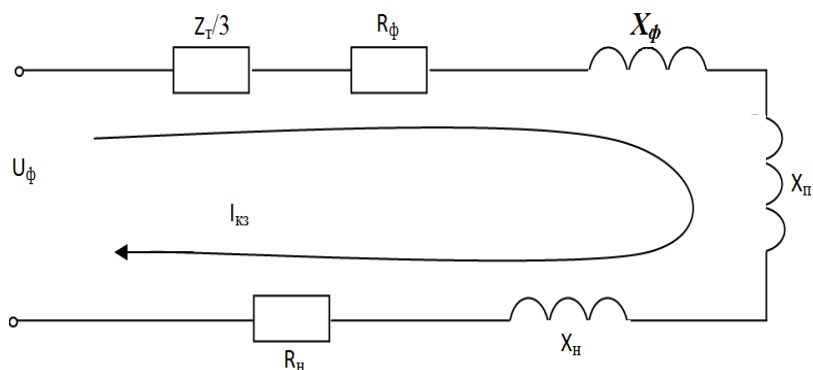


Рисунок 6.4 - Упрощенная схема зануления.

В этом случае выражение короткого замыкания $I_{кз}$ в комплексной форме согласно формуле 6.9:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_T/3 + Z_{\phi} + Z_n + jX_n), \quad (6.9)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В;
 Z_T – комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора), Ом;

R_{ϕ} и R_n – активное сопротивление фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

X_n – внешнее индуктивное сопротивление контура (петли) фазный проводник – нулевой защитный проводник (петля – фаза – нуль), Ом;

$Z_{\pi} = Z_{\phi} + Z_n + jX_n$ – комплекс полного сопротивления петли фаза–нуль, Ом.

С учетом последнего:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_M / 3 + Z_{\pi}). \quad (6.10)$$

При расчете зануления принято применять допущения, при котором для вычисления действительного значения (модуля) тока короткого замыкания $I_{кз}$ модули сопротивления обмоток трансформатора и петли фаза нуль $Z_T/3$ и Z_{π} складываются арифметически. Это допущение также ужесточает требования безопасности и поэтому считается допустимым, хотя и вносит некоторую неточность (5%).

Полное сопротивление петли фаза – нуль в действительной форме определяется из формулы 6.13:

$$Z_{\pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_{\pi})^2}, \text{ Ом.} \quad (6.11)$$

Формула 6.12 для проверочного расчета определяется с учетом коэффициента кратности K тока короткого замыкания определяемого требованиями к занулению:

$$K \cdot I_n \leq U_{\phi} / (Z_{T/3} + Z_{\pi}) \quad (6.12)$$

Значение коэффициента K принимается равным $K \geq 3$ в случае если электроустановка защищается предохранителями и автоматическими выключателями имеющими обратную зависимость характеристики от тока. В случае если электроустановка защищается автоматическим выключателем имеющим только электромагнитный расцепитель (отсечку), то для автоматов с I_n до 100 А, $K = 1,4$, а для автоматов с $I_n > 100$ А, $K = 1,25$.

6.4 Расчет зануления участка механического цеха

Исходные данные:

Напряжение сети – 0,38 кВ;

Мощность трансформатора – 1600 кВА;

Мощность наиболее удаленного электроприемника (вентилятор-калорифер) 13кВт;

Длина кабеля от ТП до ШРА, $L_1 = 14$ м;
 Длина шинпровода ШРА, $L_2 = 35$ м;
 Длина провода от ШРА-1 до электроприемника, $L_3 = 5$ м.

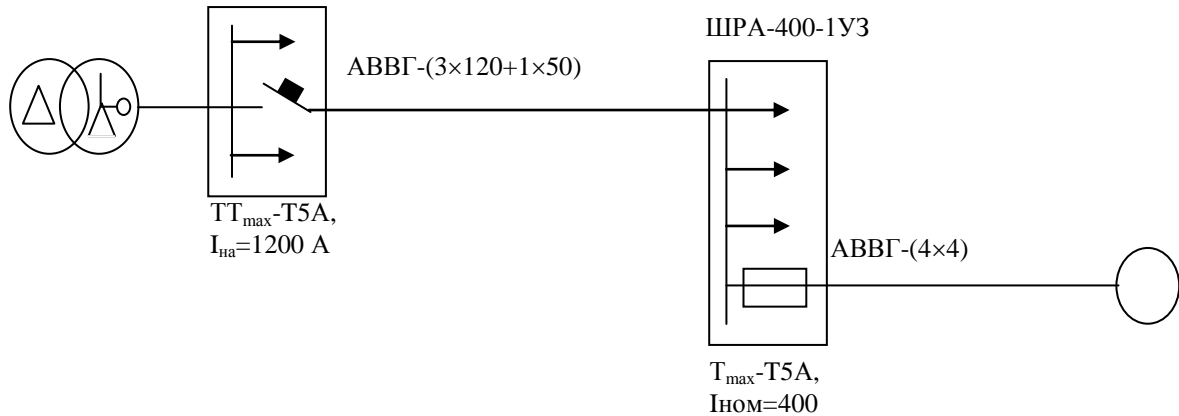


Рисунок 6.5 - Схема замещения

Нахождение токов нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I_{\text{дв}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi} \quad (6.13)$$

$$I_{\text{дв}} = \frac{13}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,8} = 24,7 \text{ A}$$

$$I_{\text{рнв}} = \frac{K_n \times I_{\text{дв}}}{K_m} \quad (6.14)$$

$$I_{\text{рнв}} = \frac{24,7 \times 5}{1,8} = 68,6 \text{ A}$$

$$I_{\text{нпв}} = 63 \text{ A}; I_{\text{на}} = 82 \text{ A}.$$

Нахождение полных сопротивлений элементов цепи:

а) сопротивление трансформатора для группы соединения Д/У₀-11
 $Z_T = 0,027$ Ом.

б) для расчета активных сопротивлений R_n и R_ϕ необходимо предварительно выбрать сечение, длину и материал нулевого и фазного проводников. Сопротивление проводников из цветных металлов найдем по формуле 6.16:

$$R_n = \frac{\rho \cdot L}{S}, \quad (6.15)$$

где ρ - удельное сопротивление алюминиевой жилы принимается равной $0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

L – длина проводника, м;

S – сечение жилы, мм^2 .

$$R_{\phi 1} = \frac{0,028 \cdot 14}{120} = 0,0032 \text{ Ом};$$

$$R_{\phi 2} = \frac{0,028 \cdot 5}{4} = 0,035 \text{ Ом};$$

$$R_{\phi \Sigma} = 0,0032 + 0,035 = 0,0385 \text{ Ом};$$

$$R_{н1} = \frac{0,028 \cdot 14}{50} = 0,0078 \text{ Ом};$$

$$R_{н2} = \frac{0,028 \cdot 5}{4} = 0,035 \text{ Ом};$$

$$R_{н\Sigma} = 0,0078 + 0,035 = 0,0428 \text{ Ом}.$$

Для алюминиевых проводников внутреннее индуктивное сопротивление фазного и нулевого проводников X_{ϕ} и X_0 невелико и составляет $0,0156 \text{ Ом}/\text{км}$, т.е. $X_{\phi} = 0,0156 \cdot 0,13 = 0,002 \text{ Ом}$; $X_0 = 0,0156 \cdot 0,13 = 0,002 \text{ Ом}$. Величину внешнего индуктивного сопротивления петли «фаза-нуль» в практических расчетах принимают равной $0,6 \text{ Ом}/\text{км}$.

Внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» при $X_{и} = 0,6 \text{ Ом}/\text{км}$: $X_{п} = 0,6 \cdot 0,13 = 0,078 \text{ Ом}$.

Рассчитаем сопротивление петли «фаза-нуль» $Z_{п}$:

$$Z_{п} = \sqrt{(0,0385 + 0,0428)^2 + (0,002 + 0,002 + 0,078)^2} = 0,297 \text{ Ом}.$$

в) сопротивление шинпровода ШРА при $I_{н} = 400 \text{ А}$, $Z_{п\phi 0} = 0,23 \text{ Ом}/\text{км}$:

$$Z_{п} = Z_{п\phi 0} \cdot L_2 \quad (6.16)$$

$$Z_{п} = 0,23 \cdot 0,036 = 0,008 \text{ Ом}.$$

Нахождение тока КЗ:

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{0,027}{3} + 0,297 + 0,008} = 0,7 \text{ кА}.$$

Нахождение кратности тока:

$$\frac{I_{кз}}{I_{на}} = \frac{700}{82} = 8,54.$$

Ожидаемое значение тока короткого замыкания по формуле 6.17:

$$I_{кз} \geq I_{нпв} \cdot K_{пв}, \quad (6.17)$$

где $K_{пв}=3$, то $700 \text{ А} > 63 \cdot 3 = 189 \text{ А}$.

Время срабатывания плавкой вставки определяется по ее защитной характеристике, а для автомата принимается из справочника. В данном случае при номинальном токе плавкой вставки 80 А время отключения аппарата защиты 0,01 секунд. Время отключения автоматического выключателя – 0,05 секунды.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$$U_{пр} = I_{кз} \cdot Z_{н\Sigma} \quad (6.18)$$

$$U_{пр} = 700 \cdot 0,0428 = 29,96 \text{ В}.$$

Ток, проходящий через тело человека, равен:

$$I_h = \frac{U_{пр}}{R_h}. \quad (6.19)$$

$$I_h = \frac{29,96}{1000} = 29,96 \text{ мА}$$

Согласно ПУЭ такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия более 1 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя и плавкой вставки не превышает допустимых величин. Расчет в механическом цеху показал, что обеспечивается требуемый уровень электробезопасности. Время срабатывания автомата соответствует нормам, что позволяет персоналу чувствовать себя защищенным при повреждении оборудования.

7 Экономическая часть

7.1 Цель разработки проекта

Целью технико-экономического обоснования является обеспечение строительства подстанции 110/6 кВ и прилегающих к ней сетей ЛЭП 110 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для обеспечения электроснабжением бумажной фабрики.

Проектируемую подстанцию и прилегающие к ней сети предполагается разместить непосредственно возле бумажной фабрики. Длина ЛЭП 110 кВ составляет 16 км. Линии электропередачи 110 кВ, выполняются воздушными линиями.

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы в Алматинской области $C_0=14$ тенге./кВт·ч.

7.2 Расчет технико-экономических показателей подстанции

Из технических расчетов следует, что сооружение ЛЭП-10кВ конструктивно невозможно, следовательно, остается два возможных варианта снабжения:

1. Снабжения со строительством ЛЭП-110кВ и ОРУ-110/10кВ(I вариант).

2. Снабжения со строительством ЛЭП-35кВ и ОРУ-35/10кВ(II вариант).

Сравнение вариантов осуществляется по методу приведенных затрат.

$$Z = E_H \cdot K + I_{\min} \quad (7.1)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K – капитальные вложения в проект;

I_{\min} – эксплуатационные издержки.

Для каждого из данных вариантов распишем капитальные вложения на развертывание и эксплуатацию схемы снабжения.

Расчет капитальных вложений на I вариант

Капитальные траты на сооружение подстанции определяются составом оборудования по формуле 7.1:

$$K_{П/СТ} = K_{об} + K_{тр} + K_m, \quad (7.2)$$

где $K_{об}$ - стоимость оборудования;
 $K_{тр}$ - стоимость транспортировки;
 K_m - траты на монтаж.

Расчеты капвложений на оборудование подстанции:
Капитальные вложения на трансформаторы ГПП:

$$K_{тр ГПП} = 2 \cdot 37,5 = 75 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на выключатели В1, В2, В3, В4:

$$K_{В1-В4} = 4 \cdot 4,53 = 18,12 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на разъединители:

$$K_{разъед} = 4 \cdot 377\,500 = 1,51 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ОПН:

$$K_{ОПН} = 4 \cdot K_{уд} = 4 \cdot 302\,000 = 1,208 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на оборудование подстанции:

$$K_{об} = (75\,500\,000 + 18\,120\,000 + 1\,510\,000 + 1\,208\,000) = 96,338 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на транспортировку оборудования:

$$K_{тр} = K_{об} \cdot 0,1 = 96,338 \cdot 0,1 = 9,6338 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на монтаж оборудования:

$$K_m = K_{об} \cdot 0,1 = 96,338 \cdot 0,1 = 9,6338 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные траты на сооружение подстанции:

$$K_{п/ст} = 96,338 + 9,6338 + 9,6338 = 115,6056 \text{ млн. тенге.}$$

Траты на ЛЭП 110 кВ:

$$K_{уд} = 3,02 \text{ млн. тенге./км.}$$

$$K_{ЛЭП} = L \cdot K_{уд} = 12 \cdot 3,02 = 36,24 \text{ млн. тенге.}$$

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта определяются по формуле 7.3:

$$K_{ЭС} = K_{п/ст} + K_{ЛЭП}. \quad (7.3)$$

$$K_{ЭС} = 115,6056 + 36,24 = 151,8456 \text{ млн. тенге.}$$

Нахождение издержек I варианта

Издержки производства п/ст и прилегающих сетей связаны с тратами на содержание подстанции, распределительных устройств и линий электропередач.

Кроме того, передача и распределение электроэнергии связаны с частичной потерей ее при транспортировке по линиям электропередач и трансформации. Поскольку такие потери связаны с процессом передачи, то их стоимость включается в состав ежегодных издержек, определяемых по формуле 7.4:

$$I_{перед} = I_{п/ст} + I_{ЛЭП} + I_{пот}. \quad (7.4)$$

где $I_{п/ст}$ - суммарные траты на эксплуатацию подстанции, тенге./год;

$I_{ЛЭП}$ - суммарные траты на эксплуатацию ЛЭП, тенге./год;

$I_{пот}$ - суммарная стоимость потерь в сетях системы, тенге./год.

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП} = E_{экс пл. лэп} \cdot K_{лэп}, \quad (7.5)$$

где $E_{экс пл. лэп}$ - коэффициент эксплуатационных издержек ЛЭП ($E_{экс пл. лэп} = 0,028$).

$$I_{экс ЛЭП} = 0,028 \cdot 36,24 = 1,015 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{а ЛЭП} = E_{а. лэп} \cdot K_{лэп}, \quad (7.6)$$

где $E_{а лэп}$ - коэффициент амортизационных издержек ЛЭП (принимается $E_{а. лэп} = 0,1$).

$$I_{а ЛЭП} = 0,1 \cdot 36,24 = 3,624 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию подстанции:

$$I_{экс п/ст} = E_{экс пл. п/ст} \cdot K_{об}, \quad (7.7)$$

где $K_{об}$ - суммарные траты без стоимости ЛЭП ($E_{экс пл. обор} = 0,03$).

$$I_{\text{экс п/ст}} = 0,03 \cdot 96,338 = 2,89014 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки на подстанцию:

$$I_{\text{а п/ст}} = E_{\text{а п/ст}} \cdot K_{\text{об}}, \quad (7.8)$$

где, $E_{\text{а п/ст}}$ - коэффициент амортизационных издержек подстанции (принимаем $E_{\text{а п/ст}} = 0,25$, исходя из процесса ускоренной амортизации).

$$I_{\text{а п/ст}} = 0,25 \cdot 96,338 = 24,0845 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на потерю энергии рассчитываются по выражению 7.9:

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (W_{\text{трпп}} + W_{\text{лэп}}), \quad (7.9)$$

где $W_{\text{трпп}}$ - потери активной мощности в трансформаторах;

$W_{\text{лэп}}$ - потери электроэнергии в ЛЭП;

$C_0 = 14$ тенге./кВт·ч.

$$I_{\text{пот}} = 14 \times (323293,2 + 359452,76) = 9,558443 \text{ млн. тенге.}$$

Ежегодные издержки:

$$I_{\text{перед}} = 9,558443 + 24,0845 + 2,89014 + 3,624 + 1,015 = 41,172083 \text{ млн.тенге.}$$

Приведенные суммарные траты:

$$Z_1 = 0,15 \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2}$$

$$Z_1 = 0,15 \times 151,8456 + 41,172083 = 63,948923 \text{ млн.тенге.}$$

Расчет капитальных вложений на II вариант

Капитальные вложения на выключатели В1 и В2:

$$K_{\text{В1-2}} = 2 \times \gamma_2 \times K_{\text{В}}$$

$$K_{\text{В1-2}} = 2 \times 0,14 \times 9,06 = 2,5368 \text{ млн.тенге.}$$

Капитальные вложения на разъединители Р1–4:

$$K_{\text{Р1-4}} = 4 \times K_{\text{Р}}$$

$$K_{\text{Р1-4}} = 4 \times 2,265 = 4,53 \text{ млн.тенге}$$

Капитальные вложения на выключатель ВЗ:

$$K_{B3} = \gamma_3 \times K_B$$

$$K_{B3} = 0,07 \times 9,06 = 634,2 \text{ тыс.тенге}$$

Капитальные вложения на выключатели В4–7:

$$K_{B4-7} = 4 \times K_B$$

$$K_{B4-7} = 4 \times 9,06 = 36,24 \text{ млн.тенге}$$

Капитальные вложения на ограничители перенапряжений ОПН1–2:

$$K_{ОПН1-2} = 2 \times K_{опн}$$

$$K_{ОПН1-2} = 2 \times 906\,000 = 1,812 \text{ млн.тенге.}$$

Капитальные вложения на тр ГПП:

$$K_{тр\ ГПП} = 2 \times K_T$$

$$K_{тр\ ГПП} = 2 \times 45,3 = 90,6 \text{ млн.тенге.}$$

Капитальные вложения на тр ЭС:

$$K_{трЭС} = 2 \times \gamma_1 \times K_{трэс} = 2 \times 0,14 \times 60,4 = 16,912 \text{ млн.тенге}$$

$$K_{трЭС} = 2 \times 0,14 \times 60,4 = 16,912 \text{ млн.тенге}$$

Капитальные вложения на оборудование:

$$K_{об} = K_{B1-2} + K_{P1-4} + K_{B3} + K_{B4-7} + K_{ОПН1-2} + K_{трэс} + K_{тр\ ГПП}$$

$$K_{об} = 16,912 + 90,6 + 1,812 + 36,24 + 0,6342 + 4,53 + 2,5368 = 153,265 \text{ млн.тенге}$$

Траты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд} = 3,624 \text{ млн.тенге./км.}$$

$$K_{ЛЭП} = 1 \times L \times K_{уд}$$

$$K_{ЛЭП} = 5,5 \times 3,624 = 19,932 \text{ млн.тенге.}$$

Суммарные траты на оборудование II варианта:

$$K_{\Sigma 2} = K_{об} + K_{ЛЭП}$$

$$K_{\Sigma 2} = 153,265 + 19,932 = 153,197 \text{ млн. тенге.}$$

Нахождение издержек II варианта

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП} = 0,028 \times K_{ЛЭП}$$

$$I_{экс ЛЭП} = 0,028 \times 19,932 = 0,558096 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{а ЛЭП} = 0,1 \times K_{ЛЭП}$$

$$I_{а ЛЭП} = 0,1 \times 19,932 = 1,9932 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс об} = 0,03 \times K_{об}$$

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

$$I_{экс об} = 0,03 \times 153,265 = 4,59795 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{а об} = 0,25 \times K_{об}$$

$$I_{а об} = 0,25 \times 153,265 = 38,31625 \text{ млн. тенге}$$

Стоимость потерь:

$$I_{пот.} = C_0 \times (W_{тр гпп} + W_{лэп})$$

$C_0 = 14 \text{ тенге./кВт} \times \text{ч}$

$$I_{пот.} = 14 \times (203006 + 159239) = 5,07143 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2} = I_a + I_{\text{пот}} + I_{\text{э}},$$

$$I_{\Sigma 2} = 5,07143 + 38,31625 + 4,59795 + 1,9932 + 0,558096 = 50,536926 \text{ млн. тенге.}$$

Приведенные суммарные траты:

$$Z_{\text{II}} = 0,15 \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2}$$

$$Z_{\text{II}} = 0,15 \times 153,197 + 50,536926 = 73,516476 \text{ млн. тенге.}$$

Таблица 7.1 – Результаты технико-экономического сравнения

Вариант	$U_{\text{ном}}$, кВ	K_{Σ} , млн.тенге.	I_{Σ} , млн.тенге.	Z , млн.тенге.
I	110	151,8456	41,172086	63,948923
II	35	153,197	50,536926	73,516476

Выберем I вариант, так как он дешевле и надежнее остальных.

7.3 Показатели финансовой эффективности

Рассчитаем показатели финансовой эффективности для инвестиционного проекта по развертыванию электроснабжения.

Для инвестиционных проектов принята система оценочных критериев, которые позволяют определить его эффективность, выбрать из нескольких инвестиционных проектов наиболее приемлемый с точки зрения инвестора, определить отдачу денежных потоков, выбрать наиболее рациональную цену капитала, а так же решить ряд других задач.

Расчеты эффективности обычно базируются на нулевом или первом году реализации инвестиционного проекта. Величины инвестиций и денежных потоков рассматриваются как годовые величины.

Допустим, для реализации проекта подрядчик берет деньги у сахарной фабрики и инфляция национальной валюты составляет 8%.

Рассчитаем чистую приведенную стоимость (NPV):

$$NPV = \sum_k \frac{CF}{(1+r)^n} - IC \quad (7.10)$$

где CF -денежный поток;

r - банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);

n - количество лет;

IC - инвестиции.

Ставка дисконтирования используется для приведения будущей стоимости к стоимости на текущий момент. Расчет ставки дисконтирования производится по-разному в зависимости от задачи.

Ставка дисконтирования используется при расчете срока окупаемости и оценке экономической эффективности инвестиций для дисконтирования денежных потоков, иными словами, для перерасчета стоимости потоков будущих доходов и расходов в стоимость на настоящий момент. В этом случае в качестве ставки дисконтирования принимается один из вариантов:

- Темп инфляции;
- Доходность альтернативного проекта;
- Стоимость доступного кредита;
- WACC - средневзвешенная стоимость капитала;
- Экспертная оценка;
- Желаемая доходность инвестиционного проекта;
- Кумулятивный метод, базирующийся на оценке рисков проекта.

$$CF=I_a \quad (7.11)$$

где I_a - амортизация оборудования;

$CF=27,7085$ млн. тенге.

Рассчитаем накопленную величину дисконтированных доходов (PV):

$$PV = \sum_k \frac{CF}{(1+r)^n} , \quad (7.12)$$

где CF -денежный поток;

r - ставка дисконтирования,8%;

n - количество лет.

Расчёты, приведенные в таблице 7.1, показывают, что накопленная величина дисконтированных доходов составляет 161,60896 млн. тенге.

В таблице 7.2 отображен срок окупаемости с учетом дисконтирования - 8 лет.

Таким образом, инвестиционный проект «Электроснабжение бумажной фабрики» выйдет на прибыль на 8 год использования.

Внутренняя норма прибыли (ВНП) – IRR

Оценка ВНП (IRR) имеет следующие свойства:

- не зависит от вида денежного потока;
- не линейная форма зависимости;

- представляет собой убывающую функцию;
- не обладает свойством аддитивности;
- позволяет предположить ожидать ли максимальную прибыль (норму доходности).

Таблица 7.2 - Расчет показателей финансовой эффективности

Год	Денежный поток (млн. тенге)	Инвестиции (млн. тенге)	r=8%, ставка дисконтирования	Нарастающий дисконтированный денежный поток (млн. тенге)
0	-151,846			
1	27,7085	25,65602	0,925926	-126,19
2	27,7085	23,75557	0,857339	-102,434
3	27,7085	21,9959	0,793832	-80,4381
4	27,7085	20,36657	0,73503	-60,0715
5	27,7085	18,85794	0,680583	-41,2136
6	27,7085	17,46106	0,63017	-23,7525
7	27,7085	16,16764	0,58349	-7,5849
8	27,7085	14,97004	0,540269	7,385145

Внутренняя норма прибыли рассчитывается по формуле:

$$IRR = 1 - \sqrt[n]{\frac{CF}{I_c}} \quad (7.13)$$

$$IRR = 1 - \sqrt[8]{\frac{27.7085}{151.846}} = 19,16\%$$

Внутренняя норма прибыли служит индикатором риска. В нашем случае IRR превышает нашу процентную ставку на 11,16 %.

Заключение

Тема дипломной работы «Электроснабжение бумажной фабрики».

Питание фабрики осуществлено глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП–115кВ.

Расчетные нагрузки цехов определены по методу коэффициента спроса. Расчетная нагрузка по фабрике $S_p = 12397,96$ кВА. Была построена картограмма электрических нагрузок. По результатам технико-экономического расчета был выбран первый вариант электроснабжения. Были выбраны силовые трансформаторы типа ТСЗЛ-1600. Были выбраны трансформаторы ГПП ТДТН -10000/110. Питающие линии марки АС-70. На территории фабрики расположены 4 двухтрансформаторные подстанции.

Питание цехов осуществляется кабельными линиями, проложенными в траншее. Сделан расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП. На основании этих данных были выбраны выключатели на различных участках цепи.

В специальной части был сделан сравнительный анализ высоковольтных выключателей, были определены их плюсы и недостатки. Результат был сведен в таблицу.

Был сделан технико-экономический расчет двух вариантов снабжения: ЛЭП-110 кВ и ЛЭП-35 кВ. По результатам расчета был выбран наиболее экономически целесообразный и выгодный вариант – ЛЭП 110 кВ. Были рассчитаны показатели финансовой эффективности: срок окупаемости проекта, внутренняя норма прибыли. Проект окупился на 8 год использования.

Был сделан анализ условий труда в механическом цеху. Был сделан акустический расчет помещения, результат которого показал, что мероприятий по снижению шума не требуются. Был сделан расчет зануления. Расчет в механическом цеху показал, что обеспечивается требуемый уровень электробезопасности. Время срабатывания автомата соответствует нормам, что позволяет персоналу чувствовать себя защищенным при повреждении оборудования.

Учитывая все сделанные расчеты и анализы по данной схеме снабжения бумажной фабрики, можно заключить, что в целом предложенная схема электроснабжения отвечает требованиям безопасности жизнедеятельности, надежности использования и экономичности.

Список литературы

1. Живаева О.П., Мариям А.Т., Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика.
2. Правила устройства электроустановок. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 607с.
3. А.А. Федоров, Э.М. Ристхейн. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1981. – 360с.
4. А.А. Ермилов. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208с.
5. В.Н. Князевский. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1986. – 408с.
6. Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы. – М.: Энергия, 1986. – 465с.
7. Ю.Г. Барыбин, Л.Е. Федоров. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 465с.
8. А.А. Федоров. Справочник по проектированию промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1991. – 370с.
9. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.-М.: Интенмет Инжиниринг, 2005.-672 с.
10. Неклепаев Б.И., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 608с.
11. Барыбин Ю.Г., Федоров Л.Е., Зименкова М.Г., Смирнова А.Г. Справочник по проектированию электроснабжения. 1990.
12. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Том 2. /Под общ. ред. А.А.Федорова; – М: Энергоатомиздат, 2006-568с.
13. Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. 3-е издание, переработанное и дополненное; – М: Энергоатомиздат, 2007-648с.
14. “Электроэнергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электроэнергии в СЭС”.
15. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 464с.: ил.
16. Справочная книга для проектирования электрического освещения /Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., «Энергия», 1976. – 384 с.