

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 алюминиевого завода

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Ожанов М.А. Эсн-10-3
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Ефимова О.Н. к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Валиева Л.Ш. к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Валиева Л.Ш. « 23 » мая 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Санатова Т.С. к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Санатова Т.С. « 23 » мая 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Ефимова О.Н. к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Ефимова О.Н. « 23 » мая 2014 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Живаева О.П. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Живаева О.П. « 26 » 05 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Куртов С.Ф.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Куртов С.Ф. « 26 » 05 2014 г.
(подпись)
Алматы 2014 г.

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Ожанов Максат Алимович
(фамилия, имя, отчество)
Тема проекта Электроснабжение алюминиевого завода

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

Два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность КЗ на стороне 115кВ подстанции равна 1250 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,2 км. Завод работает в две смены.

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

Проанализировать исходные данные;

Исследовать технологию производства;

Рассчитать электрические нагрузки по заводу;

Исследовать схему внешнего электроснабжения;

Выбрать оборудования;

Сравнительный анализ двух видов внутрицехового электроснабжения;

Безопасность жизнедеятельности

Экономическая часть

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Анализ исходных данных	14.10.13-21.10.13	
2	Расчет электрических нагрузок напряжением 0,4 кВ	11.11.13-15.11.13	
3	Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	20.11.13 - 22.11.13	
4	Расчет электрических нагрузок напряжением 10 кВ	02.12.13 - 05.12.13	
5	Выбор схемы внешнего электроснабжения	20.01.14 - 27.01.14	
6	Выбор электрооборудования напряжением 10 кВ	10.02.14 - 19.02.14	
7	Проектирование систем внутрицехового электроснабжения до 1 кВ	17.03.14 - 20.03.14	
8	Экономическая часть	02.04.14-07.04.14	
9	Безопасность жизнедеятельности	05.05.14-08.05.14	
10	Оформление чертежей	14.05.14-19.05.14	

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

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

Руководитель _____ Ефимова О.Н.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Ожсанов М.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

Целью данного дипломного проекта является выбор оптимального электроснабжения алюминиевого завода. Содержание дипломного проекта включает в себя: описание технологического процесса, расчет электрических нагрузок, выбор системы питания и распределения, определение центра электрических нагрузок, расчет токов короткого замыкания и проверку оборудования, разработку схемы электроснабжения, электромонтаж ремонтно-механического цеха, анализ условий труда и расчет мероприятий по их улучшению.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобаның негізгі мақсаты: алюминий зауытын электр жүйесімен қамтамасыз етудің оптималды нұсқасын таңдау. Дипломдық жобадағы негізгі қаралған мәселелер: технологиялық процестің сипаттамасы, электрлік жүктеменің есептелінуі, қоректену және таралу жүйесін таңдау, электрлік жүктеменің орталығын таңдау, тоқтың қысқа мерзімге тұйықталуын есептеу және құрал-жабдықтарды тексеру, электрмен қамтамасыз ету тізбегін әзірлеу, механикалық жөндеу цехінің электромонтажы, еңбек шартын жетілдіру шараларына анализ жасау және есептеу.

Annotation

The aim of the diploma project is to select an optimal power supply for an aluminum plant. The contents of the diploma project includes the following issues: the description of technological process, calculation of electrical capacities, selection of the power supply system and distribution, determination the center of electrical capacities, calculation of currents of short circuit and verification of the equipment, development of the circuit of electro supply, wiring of the mechanical repair plant, the analysis of working conditions and calculation of the improvement activities.

Содержание

Введение	11
1 Анализ исходных данных	12
1.1 Исходные данные	12
1.2 Технологические процессы	12
2 Расчет электроснабжения алюминиевого завода	15
2.1 Расчет осветительной нагрузки	15
2.2 Расчет электрических нагрузок по заводу	15
2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	16
2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу	25
2.5 Выбор схемы внешнего электроснабжения	30
2.6 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП	41
2.7 Выбор выключателей	44
2.8 Выбор кабелей отходящих линий	49
2.9 Выбор выключателей нагрузок на ТП	56
2.10 Выбор автоматических выключателей на ТП	56
2.11 Выбор трансформаторов тока	56
2.12 Выбор трансформаторов напряжения	60
2.13 Выбор шин ГПП	61
2.14 Выбор изоляторов	62
3 Проектирование систем внутрицехового электроснабжения до 1000 В	63
3.1 Автоматизированное проектирование внутрицеховых электрических сетей	63
3.2 Прокладка кабельных линий на лотках и в коробах	65
3.3 Прокладка кабельных линий в кабельных каналах	73
4 Экономическая часть	78
4.1 Цель разработки проекта электроснабжения алюминиевого завода	78
4.2 Выбор вариантов электроснабжения алюминиевого завода	78
4.3 Показатели финансовой эффективности	85
5 Безопасность жизнедеятельности	88
5.1 Анализ условий труда ремонтно-механического цеха	88
5.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда	89
5.3 Разработка зануления низковольтного оборудования	95
Заключение	98
Перечень сокращений и обозначений	99
Список литературы	100

Введение

Высокий темп роста новых производственных мощностей и интенсификация действующего глиноземного производства обуславливает развитие промышленности. Главными направлениями развития предусмотрено увеличение производства глинозема и выпуск собственного металлического алюминия.

На сегодняшний день алюминий и его сплавы по объемам производства и потребления занимают одно из лидирующих мест, второе место после стали и первое место среди цветных металлов. В последние десятилетия производство алюминия развивается невероятными темпами.

В ряде областей промышленности и народного хозяйства алюминий вытесняет традиционно применяемые металлы и сплавы. Развитие потребления алюминия объясняется его свойствами, среди которых в первую очередь следует назвать высокую прочность в сочетании с малой плотностью, хорошую способность к формоизменению путем литья, давления и разрезания, удовлетворительную коррозионную стойкость; возможность соединения алюминиевых деталей в различных конструкциях с помощью пайки, сварки, склеивания и других способов; способность к нанесению защитных и декоративных покрытий. Основная масса алюминия идет на изготовление алюминиевых сплавов (дуралюмин, магналин, силумин и т.д.)

Алюминий широко применяется в электротехнической промышленности, в авиационной промышленности, химической и пищевой промышленности, автостроении, строительстве, производстве приборов широкого потребления и т.д. Алюминий - пластичный металл, поэтому из него изготавливают тонкую фольгу, используемую в производстве радиотехнических изделий и для упаковки товаров. Из алюминиевых сплавов производят многие предметы быта.

В настоящее время нет ни одной отрасли промышленности, где бы ни использовался алюминий.

Все это в сочетании с большими запасами алюминия в земной коре делает перспективы развития производства и потребления алюминия весьма широкими [1].

Целью дипломного проекта является рассмотрение оптимального электроснабжения алюминиевого завода. Задачами проекта в связи с указанной целью являются:

- Проанализировать исходные данные;
- Исследовать технологию производства;
- Рассчитать электрические нагрузки по заводу;
- Исследовать схему внешнего электроснабжения;
- Выбрать оборудования

1 Анализ исходных данных

1.1 Исходные данные

Питание алюминиевого завода может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность КЗ на стороне 115кВ подстанции равна 1250 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,2 км. Завод работает в две смены.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки по заводу

№ по плану	Наименование	Кол-во ЭП	Установленная мощность	
			Одного ЭП	Суммарная
1	Цех подготовки сырья	55	1-140	1900
2	Склады учреждения	60	1-90	3000
3	Блок мокрого разлома:			
	а) 0,4 кВ	80	1-110	3800
	б) СД 10 кВ	4	630	2520
4	Цех спекания:			
	а) 0,4 кВ	56	1-110	1300
	б) дымососы СД 10 кВ	4	400	1600
5	Узел выщелачивания	180	1-150	14000
6	Узел выкручивания	55	1-140	4500
7	Узел сгущения	82	1-160	7000
8	Цех прокаливания			
	а) 0,4 кВ	56	1-210	4500
	б) дымососы СД 10 кВ	4	630	2520
9	Склад соды	12	1-30	200
10	Склад глинозема	16	1-25	210
11	Компрессорная			
	а) 0,4 кВ	25	1-50	350
	б) СД 10 кВ	4	1500	6000
12	Заводоуправление	38	1-50	500
13	Ремонтно-механический цех	40	4-60	300

1.2 Технологические процессы

На территории предприятия располагаются:

- цех подготовки сырья - подготовка бокситов для дальнейшего

- производства алюминия;
- склады учреждения;
 - блок мокрого разлома - подготовка шихты для спекания;
 - цех спекания - приготовление шихты (мокрой или сухой); спекание шихты; дробление и выщелачивание алюминатного спека; отделение промывку шлама; обескремнивание алюминатного раствора; карбонизацию раствора, отделение и промывку гидроокиси алюминия; упарку маточного содового раствора; обжиг известняка, гашение извести, каустификацию соды и получение раствора каустика, кальцинацию гидроокиси алюминия;
 - Узел выщелачивания - для выщелачивания охлажденного спека после дробления;
 - Узел выкручивания - процесс самопроизвольного разложения алюминатного раствора с выделением в осадок гидроокиси алюминия;
 - Узел сгущения - происходит сгущение шлама;
 - Цех прокаливания - является завершающей операцией в технологии производства глинозема. Она ведется с целью обезвоживания гидроокиси алюминия и получения безводного негигроскопичного глинозема;
 - Склад соды - хранение соды, для измельчения бокситов вместе с известняком в содовом растворе;
 - Склад глинозема - хранение глинозема после прокаливания;
 - Компрессорная- предназначена для получения сжатых газов;
 - Заводоуправление - администрация, другие должностные лица, отделы и лаборатории, столовые;
 - Ремонтно-механический цех - изготовление и ремонт запасных частей для основного и вспомогательного оборудования.

Система электроснабжения строится таким образом, чтобы она была надежна, удобна и безопасна в обслуживании и обеспечивала необходимое качество энергии и бесперебойность электроснабжения в нормальном и послеаварийном режимах. В то же время система электроснабжения должна быть экономичной по затратам, ежегодным расходам, потерям энергии и расходу дефицитных материалов и оборудования. При сооружении на предприятиях собственных электростанций, главных понизительных подстанций и других источников питания учитываются близлежащие внезаводские потребители электроэнергии. Особенно это необходимо в районах, недостаточно охваченных энергосистемами. Электрические сети и подстанции органически входят в общий комплекс предприятия, как и другие производственные сооружения и коммуникации. Поэтому они должны увязываться со строительной и технологической частями, очередностью строительства и общим генеральным планом предприятия. Большой и все возрастающий удельный вес получают крупные энергоемкие предприятия черной и цветной металлургии, химии и другие, которые предъявляют

высокие требования к их надежному и экономичному электроснабжению. Они характеризуются большими значениями суммарных установленных мощностей электроприемников, которые при дальнейшем развитии крупных комбинатов достигнут 1500—2000 МВт. Сильно возросли единичные мощности агрегатов.

Очень серьезные дополнительные требования к электроснабжению предъявляют электроприемники с резкопеременной циклически повторяющейся ударной нагрузкой и потребители, требующие особой бесперебойности питания при всех режимах системы электроснабжения. В отношении требуемой надежности электроснабжения электроприемники делятся на три категории.

По правилам устройства электроустановок алюминиевые заводы относятся к потребителям первой категории, перерыв в электроснабжении которых недопустим вследствие значительного ущерба из-за снижения выпуска продукции, повреждения оборудования, массового брака продукции и длительного расстройств сложного технологического процесса. Основными причинами перерывов в электроснабжении являются отсутствие топлива на электростанциях, несвоевременная оплата потребленной электроэнергии, аварийные ситуации на электростанциях и линиях передач (ЛЭП), несогласованные действия между предприятиями. В частности, к приемникам I категории, можно отнести цех спекания, цех подготовки сырья, цех прокаливания и некоторые электроприемники других цехов, перерыв в электроснабжении которых может привести к массовым недоотпускам продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта. Питание электроприемников II категории рекомендуется обеспечивать от двух независимых источников питания. Снабжение электроприемников второй категории допускается предусматривать от однострансформаторных ТП при наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более одних суток. Для электроприемников второй категории допускается резервирование в послеаварийном режиме путем прокладки временных шланговых кабельных связей на напряжении 0,4 кВ.

Все остальные электроприемники, не подходящие под определение I и II категорий относятся к III категории, их питание может выполняться от одного источника при условии, что перерыв электроснабжения, необходимый для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения не превысит 1 суток.

2 Расчет электроснабжения алюминиевого завода

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 [2].

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 завода, в м^2 ;

ρ_o – удельная расчетная мощность, кВт на 1 м^2 .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1-Расчет осветительной нагрузки.

2.2 Расчет электрических нагрузок по заводу

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам завода производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 2.2 - Расчет силовой нагрузки напряжением 0,4кВ. Также в таблице 2.3 показаны электрические нагрузки по цехам предприятия.

Для построения картограммы нагрузок предприятия:

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

где R – радиус окружности;

α – угол сектора;

m – масштаб для определения площади круга, равный 2,62 кВт/мм.

Для участка механического цеха найдем:

- Количество электроприемников – n ;

- Номинальные мощности приемников - P_n ;

- Суммарную номинальную мощность ΣP_n .

По следующим формулам:

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

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

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на 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:

$$P_{p0,4} = 24647,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 16561,1 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 29694,8 \text{ кВА}.$$

Алюминиевый завод относится к 1 категории потребителей, завод работает в две смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 2500$ кВА.

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

$$N_{т \text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{24647,8}{0,8 \times 2500} = 12,3 + 0,7 = 13,$$

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

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

S_{HT} – принятая номинальная мощность трансформатора;
 ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

Таблица 2.1-Расчет осветительной нагрузки

Наименование производственного помещения	Размеры помещени я	Площадь помещен.м 2	Уд.осв. нагрузк а ро кВт/м2	Кoeffициен т спроса Kc	Уст.мощн . осв. P _{уо} кВт	Расчетная осветительная нагрузка		Cosf/ tgf	Тип ИС
						P _{ро} ,кВт	Q _{ро} ,кВ т		
Цех подготовки сырья	64x52	3328	0,016	0,8	53,248	42,59	21,29	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Склады учреждения	92x68	6256	0,01	0,6	62,56	37,54	0	1/0	ЛН
Блок мокрого разлома	48x48	2304	0,02	0,9	46,08	41,47	20,74	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Цех спекания	64x20	1280	0,016	0,8	20,48	16,38	8,19	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Узел выщелачивания	140x92	12880	0,017	0,85	218,96	186,1 2	93,06	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Узел выкручивания	92x64	5888	0,017	0,85	100,096	85,08	42,54	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Узел сгущения	84x56	4704	0,017	0,85	79,968	67,97	33,99	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Цех прокаливания	92x56	5152	0,016	0,8	82,432	65,95	32,98	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Склад соды	68x48	3264	0,01	0,6	32,64	15,58	0	1/0	ЛН
Склад глинозема	52x40	2080	0,01	0,6	20,8	12,48	0	1/0	ЛН
Компрессорная	84x28	2352	0,013	0,7	30,576	21,4	0	1/0	ЛН
Заводоуправление	120x36	4320	0,02	0,9	86,4	77,76	38,88	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Ремонтно-механический цех	40x24	960	0,016	0,8	15,36	12,29	6,15	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ
Территория	304x592	125200	0,005	1	626	626	313	0,9/0,5	ЛЛ/ДРЛ

Таблица 2.2-Расчет электрических нагрузок по цехам, U=0,4 кВ

№ Цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность		m	K _и	cosf/tgf	Средние нагрузки		n _э	K _М	P _{см,кВт}	Q _{см,квар}	
			P _{н min} – P _{н max}	∑P _н				P _{см,кВт}	Q _{см,квар}					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Цех подготовки сырья	а) силовая	55	1-140	1900	>3	0,6	0,7/1,02	1140	1162,8	27	1,13	1288,2	1162,8
		б) осветительная											42,59	21,29
		Итого											1330,79	1184,09
2	Склады учреждения	а) силовая	60	1-90	3000	>3	0,3	0,65/1,17	900	1053	60	1,14	1026	1053
		б) осветительная											37,54	0
		Итого											1063,54	1053
3	Блок мокрого разлома	а) силовая	80	1-110	3800	>3	0,5	0,8/0,75	1900	1425	69	1,1	2090	1425
		б) осветительная											41,47	20,74
		Итого											2131,47	1445,74
4	Цех спекания	а) силовая	56	1-110	1300	>3	0,6	0,85/0,62	780	483,6	24	1,14	889,2	483,2
		б) осветительная											16,38	8,19
		Итого											905,58	491,79
5	Узел выщелачивания	а) силовая	180	1-150	14000	>3	0,5	0,8/0,75	7000	5250	180	1,05	7350	5250
		б) осветительная											186,12	93,06
		Итого											7536,12	5343,06
6	Узел выкручивания	а) силовая	55	1-140	4500	>3	0,6	0,85/0,62	2700	1674	55	1,09	2943	1674
		б) осветительная											85,08	42,54
		Итого											3028,08	1716,54

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
7	Узел сгущения	а) силовая	82	1-160	7000	>3	0,5	0,8/0,75	3500	2625	82	1,1	3850	2625
		б) осветительная											67,97	33,09
		Итого											3917,97	2658,9
8	Цех прокаливания	а) силовая	56	1-210	4500	>3	0,6	0,85/0,62	2700	1674	43	1,12	3024	1674
		б) осветительная											65,95	32,98
		Итого											3089,9	1706,9
9	Склад соды	а) силовая	12	1-30	200	>3	0,3	0,65/1,17	60	70,2	12	1,52	91,2	70,2
		б) осветительная											15,58	0
		Итого											106,78	70,2
10	Склад глинозема	а) силовая	16	1-25	210	>3	0,3	0,65/1,17	63	73,71	16	1,41	88,83	73,71
		б) осветительная											12,48	0
		Итого											101,31	73,71
11	Компрессорная	а) силовая	25	1-50	350	>3	0,65	0,8/0,75	227,5	170,625	25	1,12	254,8	170,625
		б) осветительная											21,4	0
		Итого											276,2	170,625
12	Заводоуправление	а) силовая	38	1-50	500	>3	0,5	0,8/0,75	250	187,5	20	1,2	300	187,5
		б) осветительная											77,76	38,88
		Итого											377,76	226,38
13	Ремонтно-механический цех	а) силовая	40	4-60	300	>3	0,3	0,7/1,02	90	91,8	10	1,6	144	100,98
		б) осветительная											12,29	6,15
		Итого											156,29	107,13
14	Территория	а) силовая												
		б) освещение территории											626	313
		Итого												
		Итого										24647,8	16561,1	

Таблица 2.3 – Электрические нагрузки по цехам предприятия

№	Наименование	R,см	α , °	№	Наименование	R,см	α , °
1	Цех подготовки сырья	1,3	12	8	Цех прокаливания	1,9	7,85
2	Склады учреждения	1,1	13	9	Склад соды	0,3	61,5
3	Блок мокрого разлома	1,6	7,1	10	Склад глинозема	0,3	50,6
4	Цех спекания	1,04	6,6	11	Компрессорная	0,6	30,2
5	Узел выщелачивания	3	9,1	12	Заводоуправление	0,61	93,3
6	Узел выкручивания	1,9	10,4	13	Ремонтно-механический цех	0,42	30,7
7	Узел сгущения	2,2	6,4				

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{т.э} = N_{\min} + m, \quad (2.6)$$

где m – дополнительное число трансформаторов;

$N_{т.э}$ - определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат $Z_{п/ст}^*$.
 $Z_{п/ст}^* = 0,5$; $k_3 = 0,8$; $N_{\min} = 13$; $\Delta N = 0,7$.

Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m=0$, значит $N_{т.э} = 13$ трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность Q_1 (схема замещения представлена на рисунке 2.1), которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3^2) - P_{р0,4}^2} = \sqrt{(13 \times 2500 \times 0,8)^2 - 24647,8^2} = 8275,6 \text{ квар.}$$

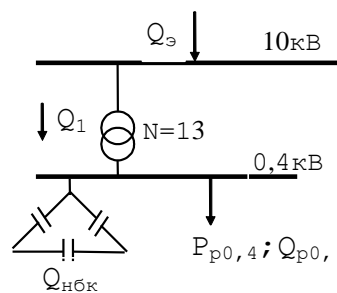


Рисунок 2.1 – Схема замещения

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

$$Q_{нбк1} + Q_1 = Q_{р0,4}, \quad (2.7)$$

Отсюда

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} - Q_1 = 16561,1 - 8275,6 = 8285,5 \text{ квар.}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нбк\text{ пп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{тз}} = \frac{8285,5}{13} \approx 637,3 \text{ квар.}$$

Выбираем батареи конденсаторов типа УКЛН-0,38-600-150 У3 [3].

На основании расчетов, полученных в данном пункте 2.3 составляется таблица 2.4. - Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 2.4 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ ТП	№ цехов	Рр 0,4	Qр 0,4	Sp 0,4	Кз
ТП1 (2x2500) ТП2 (2x2500) S _{HT} =10000 кВА Q _{НБК} =4x600=2400 квар	5	7536,12	5343,06		
			-2400		
		7536,12	2943,06	8090,4	0,81
ТП3 (2x2500) S _{HT} =5000 кВА Q _{НБК} =2x600=1200 квар	6	3028,08	1716,54		
	10	101,31	73,71		
	14(осв.)	626	313		
			-1200		
		3755,37	903,25	3862,5	0,77
ТП4 (2x2500) ТП5 (1x2500) S _{HT} =7500 кВА Q _{НБК} =3x600=1800 квар	3	2131,47	1445,74		
	8	3089,9	1706,9		
	11	276,2	170,625		
	13	156,29	107,13		
			-1800		
		5653,86	1630,395	5884,2	0,78
ТП6 (2x2500) ТП7 (2x2500) S _{HT} =10000 кВА Q _{НБК} =4x600=2400 квар	7	3917,97	2658,9		
	9	106,78	70,2		
	2	1063,54	1053		
	1	1330,79	1184,09		
	12	377,76	226,38		
	4	905,58	491,79		
			-2400		
Итого		7702,42	3289,36	8375,4	0,84

Распределим $Q_{\text{нбк}}$ по ТП пропорционально их мощностям, в соответствии с исходными данными:

$$Q_{p0,4}=16561,1 \text{ квар}; \quad Q_{\text{нбк}}=8285,5 \text{ квар.}$$

Составим программу расчета в Excel и составим таблицу 2.5 на основе полученных данных при

$$Q_{p\text{нбк}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{p\text{ТП1-2}}}{Q_{p0,4}} \quad (2.8)$$

Таблица 2.5 – Расчет $Q_{\text{рнбк}}$

№ ТП	$Q_{p0,4}$	$Q_{\text{нбк}}$	$Q_{p\text{ТП}}$	$Q_{\text{рнбк}}$
ТП 1-2	16561,1	8285,5	5343,06	2673,13
ТП 3	16561,1	8285,5	2103,25	1052,25
ТП 4-5	16561,1	8285,5	3430,395	1716,22
ТП 6-7	16561,1	8285,5	5689,36	2846,38

ТП 1-2:

Фактическая реактивная мощность:

$$Q_{\phi\text{ТП1-2}}=4 \times (300+300+75)=2700 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП1-2}} - Q_{\phi\text{ТП1-2}}= 5343,06-2700=2643,06 \text{ квар.}$$

ТП 3:

$$Q_{\phi\text{ТП3}}=2 \times (450+100)=1100 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП3}} - Q_{\phi\text{ТП3}}= 2103,25-1100=1003,25 \text{ квар.}$$

ТП 4-5:

$$Q_{\phi\text{ТП4-5}}= 3 \times (300+200+75)=1725 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП4-5}} - Q_{\phi\text{ТП4-5}}= 3430,395-1725 = 1705,395 \text{ квар.}$$

ТП 6-7:

$$Q_{\phi\text{ТП6-7}}= 4 \times (600+150)=3000 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{неск}}= Q_{p\text{ТП6-7}} - Q_{\phi\text{ТП6-7}}= 5689,36-3000 = 2689,36 \text{ квар.}$$

Уточненное распределение $Q_{\text{нбк}}$ по ТП сведем в таблицу 2.5

Таблица 2.5 - Уточненное распределение Qнбк по ТП

№ ТП	Qртп	Qр нбк тп	Qфакт нбк тп	Qнеск.
ТП1-2	5343,06	2673,13	4x(300+300+75)=2700	2643,06
ТП3	2103,25	1052	2x(450+100)=1100	1003,25
ТП4-5	3430,395	1716,22	3x(300+200+75)=1725	1705,395
ТП6-7	5689,36	2846,38	4x(600+150)=3000	2689,36
Итого	16566,065	8287,73	8525	8041,065

2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу

Определение потерь мощности в ТП

Выбираем трансформаторы ТСЗЛ-2500/10 [3].

С параметрами $U_B=10\text{kВ}$, $U_H=0.4\text{kВ}$, $\Delta P_{xx}=4,6\text{ кВт}$, $\Delta P_{кз}= 20,5\text{ кВт}$, $I_{xx}=0,65\%$, $U_{кз}=6\%$

Произведем расчет потерь в ТП по формулам:

$$\Delta P_T = (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) \cdot n, \quad (2.9)$$

$$\Delta Q_T = 0.01 \cdot (I_{xx} + U_{кз} \cdot K_3^2) \cdot n \cdot S_{\text{ном.тр.}} \quad (2.10)$$

По исходным данным и по формулам (2.12 - 2.13) произведем расчеты, полученные данные сведем в таблицу 2.6

Таблица 2.6 – Потери в ТП

№ТП	Кз	N	ΔP_T	ΔQ_T
ТП 1-2	0,81	4	72,2	458,7
ТП 3	0,77	2	33,5	210,4
ТП 4-5	0,78	3	51,2	322,5
ТП 6-7	0,84	4	76,3	488,4

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{1-13} = 72,2 + 33,5 + 51,2 + 76,3 = 233,2 \text{ кВт},$$

$$\Sigma Q_{1-13} = 458,7 + 210,4 + 322,5 + 488,4 = 1480 \text{ квар.}$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей

Найдем мощности СД

СД-3 цеха типа СТДМ-630-2РУХЛ4 [4]

$P_{н\text{СД}} = 630 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,9$; $\text{tg}\varphi = 0,5$ $N_{\text{СД}} = 4$; $k_3 = \beta = 0,85$.

Определим расчетные мощности для СД:

$$P_{p\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 630 \times 4 \times 0,85 = 2142 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} \times \text{tg}\varphi = 2142 \times 0,5 = 1071 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} / \cos\varphi = 2142 / 0,9 = 2380 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{СД}} = S_{p\text{СД}} / N = 2380 / 4 = 595 \text{ квар}.$$

СД-4 цеха типа СДМ4-215/26-32

$$P_{н\text{СД}} = 400 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,9; \text{tg}\varphi = 0,5 \quad N_{\text{СД}} = 4; \quad k_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД:

$$P_{p\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 400 \times 4 \times 0,85 = 1360 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} \times \text{tg}\varphi = 1360 \times 0,5 = 680 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} / \cos\varphi = 1360 / 0,9 = 1511,1 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{СД}} = S_{p\text{СД}} / N = 1511,1 / 4 = 377,8 \text{ квар}.$$

СД-8 цеха типа СТДМ-630-2РУХЛ4

$$P_{н\text{СД}} = 630 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,9; \text{tg}\varphi = 0,5 \quad N_{\text{СД}} = 4; \quad k_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД:

$$P_{p\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 630 \times 4 \times 0,85 = 2142 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} \times \text{tg}\varphi = 2142 \times 0,5 = 1071 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} / \cos\varphi = 2142 / 0,9 = 2380 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{СД}} = S_{p\text{СД}} / N = 2380 / 4 = 595 \text{ квар}.$$

СД-11 цеха типа СТД-1500-2У3

$$P_{н\text{СД}} = 1500 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,9; \text{tg}\varphi = 0,5 \quad N_{\text{СД}} = 4; \quad k_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД:

$$P_{p\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 1500 \times 4 \times 0,85 = 5100 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\text{СД}} = P_{p\text{СД}} \times \text{tg}\varphi = 5100 \times 0,5 = 2550 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{сд}} = P_{p\text{сд}} / \cos\varphi = 5100 / 0,9 = 5666,7 \text{ квар},$$

$$S_{p\text{сд}} = S_{p\text{сд}} / N = 5666,7 / 4 = 1416,7 \text{ квар}.$$

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2

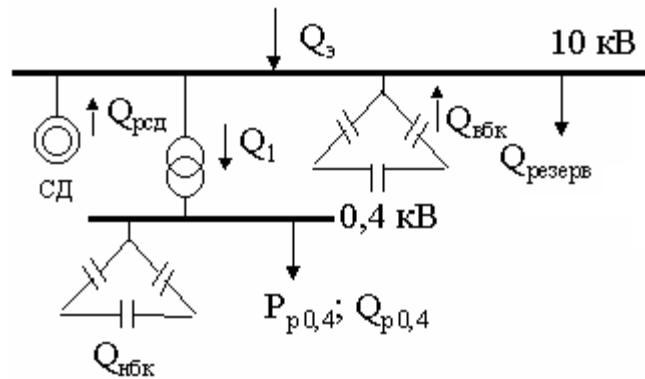


Рисунок 2.2 – Схема замещения

Резервная мощность:

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \times \Sigma Q_{\text{расч}} = 0,1 \times (Q_{p0,4} + \Delta Q_T), \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \times (16561,1 + 1480) = 18041,1 \text{ квар}.$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_3 = 0,25 \times \Sigma P_p = 0,25 \times (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{\text{сд}}), \quad (2.12)$$

$$Q_3 = 0,25 \times (24647,8 + 233,2 + 10744) = 8906,25 \text{ квар}.$$

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{\text{рез}} - Q_3 - Q_{\text{сд}} - Q_{\text{НБК}}, \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 16561,1 + 1480 + 1826,05 - 8906,25 - 3230 = - 649,1 \text{ квар}.$$

Так как $Q_{\text{ВБК}} < 0$, то ВБК не выбираем.

Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу приведены в таблице 2.7

Таблица 2.7 - Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу

№ ТП	№ цехов	Количество ЭП	Установленная мощность		Ки	Средняя нагрузка за макс.загр.см.		пэ	Км	Расчетная мощность			Кз					
			n	Pmin/Pmax кВт		Общая $\sum P_H$ кВт	Pсм кВт			Qсм квар	Pp	Qp		Sp				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
ТП1-2 4x2500 кВА силовая осветительная Qнбк Итого	5	180	1-150	14000	0,5	7000	5250	180	1,05	7350	5250							
																	186,12	93,06
																		-2700
																	7536,12	2643,06
ТП3 2x2500 кВА силовая осветительная Qнбк Итого	6	55	1-140	4500	0,58	2700	1674			2943	1674							
	10	16	1-25	210						63	73,71			88,83	73,71			
	осв.													626	313			
		71	1-140	4710						2763	1747,71			67	1,09	3011,67	1747,71	
																723,56	355,54	
																	-1100	
									3735,23	1003,25	3867,6	0,77						

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП4-5 3x2500 кВА	3	80	1-110	3800		1900	1425			2090	1425		
	8	56	1-210	4500		2700	1674			3024	1674		
	11	25	1-50	350		227,5	170,625			254,8	170,625		
	13	40	4-60	300		90	91,8			144	100,98		
		201	1-210	8950	0,55	4917,5	3361,425	85	1,09	5360	3370,6		
силовая										141,11	59,87		
осветительная											-1800		
Qнбк										5501,2	1630,5	5737,7	0,76
Итого													
ТП6-7 4x2500 кВА	1	55	1-140	1900		1140	1162,8			1288,2	1162,8		
	2	60	1-90	3000		900	1053			1026	1053		
	4	56	1-110	1300		780	483,6			889,2	483,6		
	7	82	1-160	7000		3500	2625			3850	2625		
	9	12	1-30	200		60	70,2			91,2	70,2		
	12	38	1-50	500		250	187,5			300	187,5		
		303	1-160	13900	0,47	6630	5582,1	174	1,05	6961,5	5582,1		
Силовая										257,82	102,35		
Осветительная											-3000		
Qнбк										7219,3	2684,45	7702,2	0,77
Итого													
Итого на шинах 0,4кВ										23991,8	7961,26		
Потери в трансф.-х										233,2	1480		
Итого нагр. 0,4 кВ привед к шинам 10 кВ										2422,5	9441,26		
СД 3-го цеха	3	4	630	2520						2142	1071		
СД 4-го цеха	4	4	400	1600						1360	680		
СД 8-го цеха	8	4	630	2520						2142	-1071		
СД 11-го цеха	11	4	1500	6000						5100	2550		
Итого по 10 кВ										10744	3230	11219,02	
Итого										34969	12671,26	37193,9	

2.5 Выбор схемы внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность КЗ на стороне 115кВ подстанции равна 1250 МВА. Расстояние от подстанции до завода 5,2 км. Завод работает в две смены. Стоимость электроэнергии 15 тг/кВтч. 1у.е.=183тг.

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

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

I Вариант

На рисунке 2.3 показана схема электроснабжения.

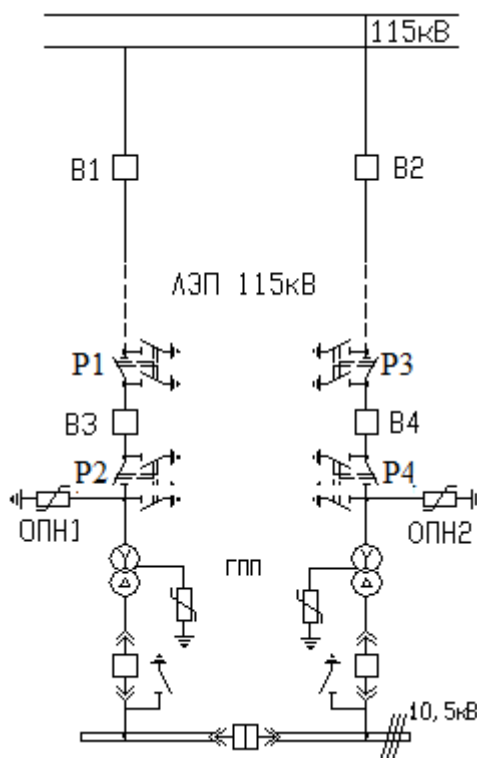


Рисунок 2.3 - I вариант схемы электроснабжения.

Выбираем электрооборудование по I варианту.

1. Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{35625,03^2 + 12671,26^2} = 37811,42 \text{ кВА.}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 25000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{37811,42}{2 \cdot 25000} = 0,75.$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип т-ра ТРДН-25000/115/10,5;

$S_H=25000$ кВА, $U_{BH}=115$ кВ, $U_{HH}=10,5$ кВ, $\Delta P_{XX}=25$ кВт, $\Delta P_{K3}=120$ кВт,

$U_{K3}=10,5\%$, $I_{XX}=0,65\%$. [3]

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{ТГПП} = 2 \cdot (\Delta \Delta_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (25 + 120 \cdot 0,75^2) = 185 \text{ кВт.}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{ТГПП} = 0,02 \cdot (I_{XX} \cdot S_H + U_{K3} \cdot S_H \cdot K_3^2), \quad (2.14)$$

$$\Delta Q_{ТГПП} = 0,02 \cdot (0,65 \cdot 25000 + 10,5 \cdot 25000 \cdot 0,75^2) = 3278,1 \text{ квар.}$$

Потери энергии в трансформаторах.

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

тогда время максимальных потерь:

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

Потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta W = 2 \times (\Delta P_{XX} \times T_{вкл} + \Delta P_{K3} \times \tau \times K_3^2), \quad (2.15)$$

$$\Delta W = 2 \times (25 \times 4000 + 120 \times 2405 \times 0,75^2) = 524675 \text{ кВтч.}$$

2.ЛЭП –115 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{ЛЭП} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{ТГПП} \right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(35625,03 + 185)^2 + 8906,25^2} = 36900,9 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{36900,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 92,6 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 92,6 = 185,2 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{92,6}{1,1} = 84,2 \text{ мм}^2.$$

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

Принимаем по условию коронирования провод АС –95/16 с $I_{\text{доп}} = 330\text{А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}} = 330\text{А} > I_p = 92,6 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{допав}} = 1,3 \times I_{\text{доп}} = 1,3 \times 330 = 429\text{А} > I_{\text{ав}} = 185,2\text{А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 92,6^2 \cdot 1,56 \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 193024,7 \text{ кВтч.}$$

где $R = r_0 \times L = 0,3 \times 5,2 = 1,56 \text{ Ом}$;

$r_0 = 0,3 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 95 мм^2 , $l = 5,2 \text{ км}$ - длина линии.

3. Выбор выключателей и разъединителей на $U = 115 \text{ кВ}$.

Схема замещения представлена на рисунке 2.4.

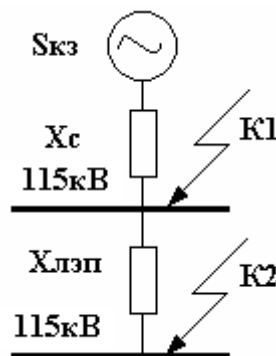


Рисунок 2.4 – Схема замещения

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рисунок 2.4) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

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

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

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{ кА},$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 5,2 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,16 \text{ о.е.},$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{x_c} = \frac{5,02}{0,8} = 6,3 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 6,3 = 15,1 \text{ кА},$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{x_c + x_L} = \frac{5,02}{0,8 + 0,16} = 5,2 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 5,2 = 12,5 \text{ кА}.$$

Выбираем выключатели В1 и В2

Выключатель LW36A(B)BEL-126 [5]

$$U_{ном} = 126 \text{ кВ} > U_y = 115 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 2000 \text{ А} > I_{ав} = 185,2 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 31,5 \text{ кА} > I_{k1} = 6,3 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 80 \text{ кА} > i_y = 15,1 \text{ кА};$$

Выбираем выключатели В3 и В4

Выключатель LW36A(B)BEL-126 [5]

$$U_{ном} = 126 \text{ кВ} > U_y = 115 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 2000 \text{ А} > I_{ав} = 185,2 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 31,5 \text{ кА} > I_{k1} = 5,2 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 80 \text{ кА} > i_y = 12,5 \text{ кА};$$

Выбираем разъединители Р1-4

Разъединитель РГ-123.IV/800Т1 [6]

$$U_{ном} = 123 \text{ кВ} > U_y = 115 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 800 \text{ А} > I_{ав} = 185,2 \text{ А};$$

$$I_{дин} = 80 \text{ кА} > i_y = 12,5 \text{ кА};$$

$$I_{терм} = 31,5 \text{ кА} > I_{k2} = 5,2 \text{ кА};$$

Выбираем ограничители перенапряжений ОПН-110/100/10/УХЛ1 [7]

Расчет затрат на I вариант

Затраты на выключатели В1-2:

$$K_{В1-2} = 2 \times 60000 = 120000 \text{ у.е.}$$

Затраты на выключатели В1-2:

$$K_{В3-4}=2 \times 60000=120000 \text{ у.е.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-4}=4 \times 3000=12000 \text{ у.е.}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-4:

$$K_{ОПН1-2}=2 \times K_{опн}=4 \times 3000=12000 \text{ у.е.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{тр ГПП}=2 \times 600000=1200000 \text{ у.е.}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{об}=K_{В1-4}+K_{Р1-4}+K_{ОПН1-4}+K_{тр ГПП}$$

$$K_{об}=240000+12000+12000+1200000=1464000 \text{ у.е.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд}=25000 \text{ у.е./км.}$$

$$K_{ЛЭП}=1 \times L \times K_{уд}=5,2 \times 25000=130000 \text{ у.е.}$$

Суммарные затраты на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1}=K_{об}+K_{ЛЭП}=1464000+130000=1594000 \text{ у.е.}$$

$$K_{\Sigma 1}=1594000 \times 183=290 \text{ млн.тг.}$$

Определим издержки

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП}=0.004 \times K_{ЛЭП}=0.004 \times 130000=520 \text{ у.е.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{а ЛЭП}=0.13 \times K_{ЛЭП}=0.13 \times 130000=16900 \text{ у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс об}=0.01 \times K_{об}=0.01 \times 1464000=14640 \text{ у.е.}$$

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

Амортизация оборудования:

$$I_{а об}=0.17 \times K_{об}=0.17 \times 1464000=248880 \text{ у.е.}$$

Стоимость потерь:

$$\text{Ипот.} = C_0 \times (W_{тр ГПП} + W_{ЛЭП}) = 0.08 \times (524675 + 368552,8) = 71458,22 \text{ у.е.}$$

$$C_0 = 0.08 \text{ у.е./кВт} \times \text{ч}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1} = I_{а} + \text{Ипот.} + I_{э},$$

$$I_{\Sigma 1} = (16900 + 248880) + (520 + 14640) + 71458,22 = 352398,22 \text{ у.е.}$$

$$I_{\Sigma 1} = 352398,22 \times 183 = 64,5 \text{ млн.тг.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$ПЗ_1 = 0.15 \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1} = 0.12 \times 290 + 64,5 = 108,02 \text{ млн.тг.}$$

II Вариант

Второй вариант электроснабжения представлен на рисунке 2.5.

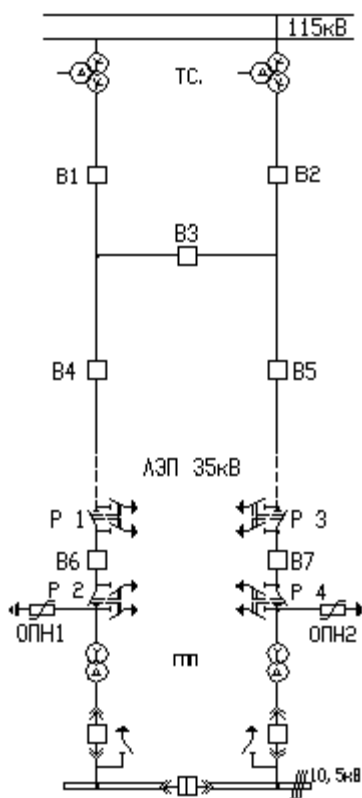


Рисунок 2.5 - Второй вариант схемы электроснабжения.

Выбираем электрооборудование по II варианту.

1. Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{35625,03^2 + 12671,26^2} = 37811,42 \text{ кВА.}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 25000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{37811,42}{2 \cdot 25000} = 0,75.$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип т-ра ТРДН -25000/35/-У1;

$S_H=25000$ кВА, $U_{BH}=35$ кВ, $U_{HH}=10,5$ кВ, $\Delta P_{XX}=24,5$ кВт, $\Delta P_{K3}=115$ кВт,

$U_{K3}=12,7\%$, $I_{XX}=0,6\%$. [3]

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{ГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (24,5 + 115 \cdot 0,75^2) = 178,4 \text{ кВт.}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{\text{ТГПШ}} = 0.02 \cdot (I_{\text{ХХ}} \cdot S_{\text{Н}} + U_{\text{КЗ}} \cdot S_{\text{Н}} \cdot K_3^2), \quad (2.16)$$

$$\Delta Q_{\text{ТГПШ}} = 0.02 \cdot (0,6 \cdot 25000 + 12,7 \cdot 25000 \cdot 0,75^2) = 3871 \text{ квар.}$$

Потери энергии в трансформаторах.

Потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta W = 2(\Delta P_{\text{ХХ}} \times T_{\text{Вкл}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \times \tau \times K_3^2), \quad (2.17)$$

$$\Delta W = 2(24,5 \times 4000 + 115 \times 2405 \times 0,75^2) = 507146,9 \text{ кВтч.}$$

2. ЛЭП –37 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{\left(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ТГПШ}}\right)^2 + Q_{\text{э}}^2} = \sqrt{(35625,03 + 178)^2 + 8906,25^2} = 36894,5 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} = \frac{36894,5}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 37} = 287,9 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_{\text{а}} = 2 \times I_{\text{р}} = 2 \times 287,9 = 575,7 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_{\text{р}}}{j} = \frac{287,9}{1,1} = 261,7 \text{ мм}^2,$$

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

Принимаем по условию коронирования провод АС –240/32 с $I_{\text{доп}}=610\text{А}$.
Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}} = 610\text{А} > I_{\text{р}} = 287,9 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{допав}}=1,3I_{\text{доп}}=1,3 \times 610=793 \text{ A} > I_{\text{ав}}=575,7 \text{ A}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 287,9^2 \cdot 0,68 \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 813314,6 \text{ кВтч.}$$

где $R=r_0 \times L=0,13 \times 5,2=0,68 \text{ Ом}$,

$r_0=0,13 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 240 мм^2 , $l=5,2 \text{ км}$ - длина линии.

Трансформаторы энергосистемы:

Тип ТДТН –63000-115/37/10,5;

$S_H=63000 \text{ кВА}$, $U_{ВН}=115 \text{ кВ}$, $U_{СН}=37 \text{ кВ}$, $U_{НН}=10,5 \text{ кВ}$, $U_{КВС}=10,5\%$, $U_{КВН}=18\%$,

$U_{КСН}=7\%$. [3]

Потери активной мощности в трансформаторах энергосистемы:

$$\Delta W_{\text{трсист.}}=2(\Delta P_{\text{ХХ}} \times T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \times \tau \times K_3^2), \quad (2.18)$$

$$\Delta W_{\text{трсист.}}=2(53 \times 4000 + 290 \times 2405 \times 0,75^2)=1208631,25 \text{ кВтч.}$$

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{РЛЭП}}}{2 \cdot S_H} = \frac{36894,5}{2 \cdot 63000} = 0,29.$$

3. Выбор выключателей и разъединителей на $U=37 \text{ кВ}$.

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рисунок 2.6) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

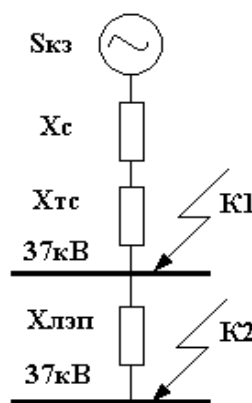


Рисунок 2.6 – Схема замещения

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

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

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

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 5,2 \cdot \frac{1000}{37^2} = 1,52 \text{ о.е.}$$

$$X_T = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1,70,7 \text{ с}$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c + X_{Tc}} = \frac{15,6}{0 + 1,7} = 9,2 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 9,2 = 22,12 \text{ кА}$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_{Tc} + X_L} = \frac{15,6}{0 + 1,7 + 1,52} = 4,8 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 4,8 = 11,54 \text{ кА}$$

Выбираем 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 $2 \times 31,5 = 63$ МВА.

$$I_{AB} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2 \cdot 31,5}{\sqrt{3} \cdot 37} = 983,1 \text{ А.}$$

Выключатель ВВСТ 35-1 [8]

$$U_{ном} = 37 \text{ кВ} \geq U_y = 37 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 1600 \text{ А} > I_{ав} = 983,1 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 9,2 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 62,5 \text{ кА} > i_y = 22,12 \text{ кА};$$

$$\gamma_2 = \frac{I_a}{I_H} = \frac{575,7}{1600} = 0,36.$$

Разъединитель Р1-4: РДЗ-1-37/1000-УХЛ1 [9]

$$U_{ном} = 37 \text{ кВ} \geq U_y = 37 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_{ав} = 575,7 \text{ А};$$

$$I_{дин} = 63 \text{ кА} > i_y = 11,54 \text{ кА};$$

$$I_{терм} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 4,8 \text{ кА};$$

Выключатель секционный В3: ВВСТ 35-1 [8]

$$U_{ном} = 37 \text{ кВ} \geq U_y = 37 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 1600 \text{ А} > I_p = 491,6 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 9,2 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 62,5 \text{ кА} > i_y = 22,12 \text{ кА};$$

$$\gamma_3 = \frac{I_a}{I_H} = \frac{287,9}{1600} = 0,18.$$

Выключатель В4-5: ВВСТ 35-1[8]

$$U_{ном}=37кВ \geq U_y=37кВ$$

$$I_{ном}=1600А > I_{ав}=575,7,1А;$$

$$I_{откл}=25кА > I_{к1}=9,2кА;$$

$$I_{пред}= 62,5кА > i_y=22,12кА;$$

Выключатель В6-7: ВВСТ 35-1[8]

$$U_{ном}=37кВ \geq U_y=37кВ$$

$$I_{ном}=1600А > I_{ав}=575,7,1А;$$

$$I_{откл}=25кА > I_{к2}=4,8кА;$$

$$I_{пред}= 62,5кА > i_y=11,54кА;$$

ОПН1-2: Ограничители перенапряжений ОПН-П-35/40,5/10/550УХЛ1 [10]

Расчет затрат на II вариант

Затраты на выключатели В1и В2:

$$K_{В1-2}=2 \times \gamma_2 \times K_B=2 \times 0,36 \times 100000=72000 \text{ у.е.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-4}=4 \times K_P=4 \times 2000=8000 \text{ у.е.}$$

Затраты на выключатели В3:

$$K_{В3}=\gamma_3 \times K_B=0,18 \times 100000=18000 \text{ у.е.}$$

Затраты на выключатели В4-7:

$$K_{В4-7}=4 \times K_B=4 \times 100000=400000 \text{ у.е.}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{ОПН1-2}=2 \times K_{опн}=2 \times 1500=3000 \text{ у.е.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{тр ГПП}=2 \times 490000=980000 \text{ у.е.}$$

Затраты на тр ЭС:

$$K_{трЭС}=2 \times \gamma_1 \times K_{трЭС}=2 \times 0,29 \times 700000=406000 \text{ у.е.}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{об} = K_{В1-2} + K_{Р1-4} + K_{В3} + K_{В4-7} + K_{ОПН1-2} + K_{трЭС} + K_{тр ГПП}$$

$$K_{об}=72000+8000+18000+400000+3000+406000+980000=1887000 \text{ у.е.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд}=25000 \text{ у.е./км.}$$

$$K_{ЛЭП}=1 \times L \times K_{уд}=5,2 \times 25000=130000 \text{ у.е.}$$

Суммарные затраты на оборудование II варианта:

$$K_{\Sigma 2} = K_{об} + K_{ЛЭП}=1887000+130000=2017000 \text{ у.е.}=367,292 \text{ млн.тг.}$$

Определим издержки

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП}=0,004 \times K_{ЛЭП}=0,004 \times 130000=520 \text{ у.е.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$И_{а\text{ ЛЭП}}=0,13 \times K_{\text{ЛЭП}}=0,13 \times 130000=16900 \text{ у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$И_{\text{экс об}}=0,01 \times K_{\text{об}}=0,01 \times 1887000=18870 \text{ у.е.},$$

где $K_{\text{об}}$ —суммарные затраты без стоимости ЛЭП.

Амортизация оборудования:

$$И_{а\text{ об}}=0,17 \times K_{\text{об}}=0,17 \times 1887000=320790 \text{ у.е.}$$

Стоимость потерь:

$$\text{Ипот.} = C_0 \times (W_{\text{тр.гп}} + W_{\text{лэп}} + W_{\text{тр.сист.}}) = 0,08 \times (507146,9 + 813314,6 + 1208631,25) = 202327,42 \text{ у.е.}$$

$$C_0 = 0,09 \text{ у.е./кВт} \times \text{ч}$$

Суммарные издержки:

$$И_{\Sigma 2} = И_{а} + \text{Ипот.} + И_{э},$$

$$И_{\Sigma 2} = 520 + 16900 + 18870 + 320790 + 202327,42 = 659407,42 \text{ у.е.} = 102,95 \text{ млн.тг.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$ПЗ_{\text{II}} = 0,15 \times K_{\Sigma 2} + И_{\Sigma 2} = 0,15 \times 367,292 + 102,95 = 158,04 \text{ млн.тг.}$$

III Вариант

На рисунке 2.7 представлена схема электроснабжения по 3 варианту.

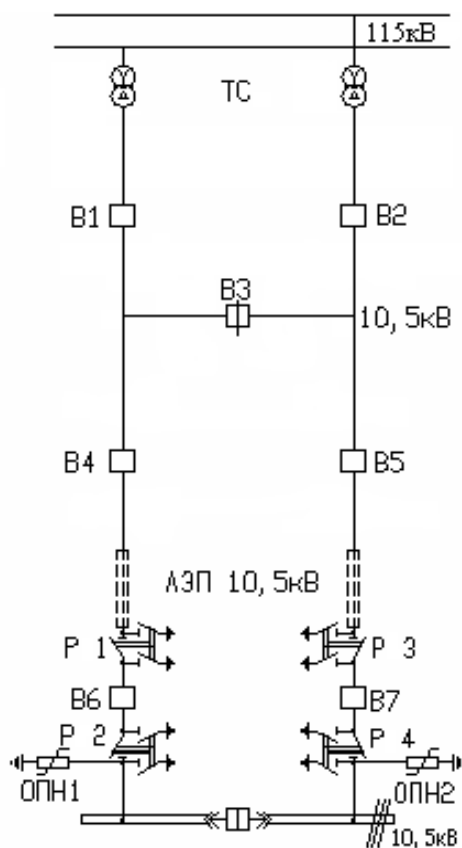


Рисунок 2.7 - Третий вариант схемы электроснабжения.

ЛЭП –10,5 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_9^2} = \sqrt{35625,03^2 + 8906,25^2} = 36721,4 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{36721,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 1009,6 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 1009,6 = 2019,2 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{1009,6}{1,1} = 917,8 \text{ мм}^2.$$

Максимальное сечение провода на напряжение 10 кВ составляет 120 мм², для моего случая надо принять 8х120=960мм², что конструктивно не целесообразно. Дальнейший расчет по этому варианту не производим.

Составим сводную таблицу 2.8 по всем вариантам

Таблица 2.8 - Результаты технико-экономических расчетов

Вариант	U _{ном} , кВ	K _Σ млн.тг.	I _Σ млн.тг.	З млн.тг.
I	ЛЭП115	290,028	64,267	108,02
II	ЛЭП 37	367,292	102,95	158,04

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

2.6 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП

На рисунке 2.8 показана схема замещения для расчета токов короткого замыкания на шинах ГПП.

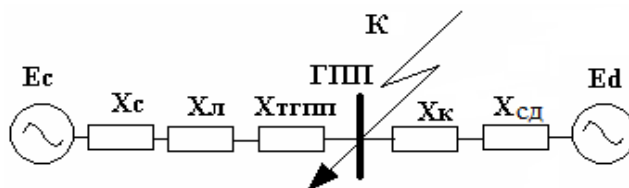


Рисунок 2.8 - Схема замещения

Найдем параметры схемы замещения.

$$S_6=1000 \text{ МВА}; x_c=0,8 \text{ о.е.}; U_6=10,5 \text{ кВ},$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{ кА},$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 5,2 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,16 \text{ о.е.},$$

$$X_{ГПП} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_n} = \frac{1000 \cdot 10,5}{100 \cdot 25 \cdot 2} = 2,1 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от системы на шинах ГПП:

$$I_{кк} = \frac{I_6}{X_c + X_{ГПП} + X_L} = \frac{55}{0,8 + 0,16 + 2,1} = 17,97 \text{ кА}.$$

Найдем сопротивление кабеля к СД 3-го цеха.

$$S_{нсд} = \frac{P}{\cos f} = \frac{630}{0,9} = 700 \text{ кВА},$$

$$I_{нсд} = \frac{S_{нсд} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_{сц}} = \frac{700 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 32,7 \text{ А},$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{нсд}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{32,7}{1,4} = 23,4 \text{ мм}^2,$$

$$F_{\text{min}} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_n} = 12 \cdot 17,97 \cdot \sqrt{0,8} = 192,8 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АВВГ-10-(4х240) с $I_{доп}=330 \text{ А}$.

$$X_{уд}=0,4 \text{ Ом/км}.$$

$$X_{кл} = L \cdot X_{уд} \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 0,4 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,45 \text{ о.е.}$$

Найдем параметры СД.

$$X_{сд} = X_{дII} \cdot \frac{S_6}{S_H \cdot N} = 0,2 \cdot \frac{1000}{0,7 \cdot 4} = 71,4 \text{ о.е.},$$

$$I_{\text{кзсд}} = \frac{E_{\text{сд}} \cdot I_{\text{б}}}{X_{\text{кл}} + X_{\text{сд}}} = \frac{1,1 \cdot 55}{1,45 + 71,4} = 0,83 \text{ кА.}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД 4-го цеха.

$$S_{\text{нсд}} = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{400}{0,9} = 444,44 \text{ кВА,}$$

$$I_{\text{нсд}} = \frac{S_{\text{ннс}} \cdot K_{\text{з}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{св}}} = \frac{444,44 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 20,8 \text{ А,}$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{нсд}}}{j_{\text{эж}}} = \frac{20,8}{1,4} = 14,8 \text{ А,}$$

$$F_{\text{min}} = \alpha \cdot I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t_{\text{н}}} = 12 \cdot 17,97 \cdot \sqrt{0,8} = 192,8 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АВВГ-10-(4х240) с $I_{\text{доп}}=330 \text{ А}$.

$X_{\text{уд}}=0,4 \text{ Ом/км}$.

$$X_{\text{кл}} = L \cdot X_{\text{уд}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,4 \cdot 0,4 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,45 \text{ о.е.}$$

Найдем параметры СД.

$$X_{\text{сд}} = X_{\text{д}} \Pi \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}} \cdot N} = 0,2 \cdot \frac{1000}{0,444 \cdot 2} = 225,2 \text{ о.е.,}$$

$$I_{\text{кзсд}} = \frac{E_{\text{сд}} \cdot I_{\text{б}}}{X_{\text{кл}} + X_{\text{сд}}} = \frac{1,1 \cdot 55}{1,45 + 225,2} = 0,23 \text{ кА.}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД 11-го цеха.

$$S_{\text{нсд}} = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{1500}{0,9} = 1666,67 \text{ кВА,}$$

$$I_{\text{нсд}} = \frac{S_{\text{ннс}} \cdot K_{\text{з}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{св}}} = \frac{1666,67 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 77,9 \text{ А,}$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{нсд}}}{j_{\text{эж}}} = \frac{77,9}{1,4} = 55,6 \text{ мм}^2,$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_n} = 12 \cdot 17,97 \cdot \sqrt{0,8} = 192,8 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АВВГ-10-(4х240) с $I_{\text{доп}}=330 \text{ А}$.

$X_{\text{уд}}=0,4 \text{ Ом/км}$.

$$X_{\text{кл}} = L \cdot X_{\text{уд}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,4 \cdot 0,4 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,45 \text{ о.е.}$$

Найдем параметры СД.

$$X_{\text{сд}} = X_{\text{д}}^{\text{II}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}} \cdot N} = 0,2 \cdot \frac{1000}{1,666 \cdot 2} = 60 \text{ о.е.},$$

$$I_{\text{кзсд}} = \frac{E_{\text{сд}} \cdot I_{\text{б}}}{X_{\text{кл}} + X_{\text{сд}}} = \frac{1,1 \cdot 55}{1,45 + 60} = 0,98 \text{ кА}.$$

Ток короткого замыкания на шинах ГПП:

$$\Sigma I_{\text{кз}} = I_{\text{кз}} + I_{\text{кз1}} + I_{\text{кз2}} + I_{\text{кз3}} = 17,97 + 0,83 + 0,23 + 0,98 = 20 \text{ кА},$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 20 = 50,4 \text{ кА}.$$

Ток короткого замыкания на шинах РП:

$$I_{\text{кз2}} = \frac{I_{\text{б}}}{X_{\text{с}} + X_{\text{тс}} + X_{\text{л}} + X_{\text{к1}} + X_{\text{т}}} = \frac{55}{0,8 + 0,16 + 6,65 + 2,1 + 1,45 + 2,1} = 4,14 \text{ кА},$$

$$I_{\text{кк2}} = \frac{I_{\text{б}} \cdot N}{X_{\text{сс}} + X_{\text{кл}}} = \frac{55 \cdot 8}{356,6 + 4,35} = 1,22 \text{ кА},$$

$$I_{\text{крп}} = \left(I_{\text{кз2}} + I_{\text{кд2}} \right) \cdot \frac{U_{\text{вв}}}{U_{\text{нн}}} = (4,14 + 1,22) \cdot \frac{10,5}{6,3} = 8,9 \text{ кА},$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 8,9 = 22,5 \text{ кА}.$$

2.7 Выбор выключателей

1. Вводные:

$$S_{\text{р}} = 36900,9 \text{ кВА}$$

Расчетный ток:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{36900,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 1014,5 \text{ А}$$

Аварийный ток:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 1014,5 = 2029 \text{ A}$$

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

Секционный выключатель: через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, расчетный ток, проходящий через выключатель: I_p=1014,5А.

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

1. Магистраль ГПП-ТП1-2.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}, \quad (2.19)$$

$$S_p = \sqrt{(7536,12 + 72,2)^2 + (2643,06 + 458,7)^2} = 8216,3 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{8216,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 225,9 \text{ A}.$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 225,9 = 451,8 \text{ A}$$

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

2. Линия ГПП-ТП3.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}, \quad (2.20)$$

$$S_p = \sqrt{(3735,23 + 33,5)^2 + (1003,25 + 210,4)^2} = 3959,3 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3959,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 108,9 \text{ А}.$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 108,9 = 217,7 \text{ А}.$$

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.12.

Таблица 2.12 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

3. Магистраль ГПП-ТП4-5.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}, \quad (2.21)$$

$$S_p = \sqrt{(5501,2 + 51,2)^2 + (1630,5 + 322,5)^2} = 5885,9 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5885,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 161,8 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 161,8 = 323,6 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.13.

Таблица 2.13 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

4. Магистраль ГПП-ТП6-7.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}, \quad (2.22)$$

$$S_p = \sqrt{(7219,3 + 76,3)^2 + (2684,45 + 488,4)^2} = 7955,7 \text{ кВА,}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{7955,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 218,7 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 218,7 = 437,4 \text{ А}$$

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.14.

Таблица 2.14 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

5. Линия ГПП-РП.

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{11219.02}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 308,4 \text{ А}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 308,4 = 616,8 \text{ А}$$

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.14.

Таблица 2.14 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _y =50,4кА

6. Магистраль РП-СД1.

Расчетный ток: I_p=32,7А

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.15.

Таблица 2.15 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _y =50,4кА

7. Магистраль РП-СД2.

Расчетный ток: I_p=20,8А

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.16.

Таблица 2.16 – Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

8. Магистраль РП-СДЗ.

Расчетный ток: I_р=77,9

Принимаем выключатель LF3 (элегазовый выключатель), для проверки выключателя сведем данные в таблицу 2.17.

Таблица 2.17– Проверка выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =3150А	I _{ав} =2029 А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{терм} =31,5 кА	I _{кз} =20кА
I _{дин} =81 кА	I _у =50,4кА

2.8 Выбор кабелей отходящих линий

Условия выбора кабелей:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{Р}}}{J_{\text{ЭК}}}, \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} I_{\text{р}} &< I_{\text{доп}}, \\ I_{\text{ав}} &< 1.3 \cdot I_{\text{доп}}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

где J=1,4 А/мм² экономическая плотность тока.

$$S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

СД1: (блок мокрого разлома)

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{32,7}{1,4} = 23,4 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель АВВГ-10-(4x50) с $I_{доп}=137\text{А}$.

$$I_{доп}=137 \times 0,8=109,6 \text{ А} > I_p=32,7 \text{ А},$$

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

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

$$\Delta U = \frac{535,5 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 267,75 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 6,5\text{В} = 0,0065 \text{ кВ};$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\%; \quad (2.25)$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0065}{10,5} \cdot 100\% = 0,06\%;$$

$$\Delta U_{доп} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,06\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АВВГ-10-(4x50).

СД2: (цех спекания)

$$S_{ЭК} = \frac{20,8}{1,4} = 14,5 \text{ мм}^2; S_{ТЕРМ} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель АВВГ-10-(4x50) с $I_{доп}=137 \text{ А}$.

$$I_{доп}=137 \times 0,8=109,6 \text{ А} > I_p=20,8\text{А}.$$

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

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_n}; \quad (2.26)$$

$$\Delta U = \frac{340 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 170 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 4,1\text{В} = 0,0041 \text{ кВ};$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\%; \quad (2.27)$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0041}{10,5} \cdot 100\% = 0,04\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,04\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АВВГ-10-(4x50).

СДЗ: (компрессорная)

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{77,9}{1,4} = 55,6 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель АВВГ-10-(4x70) с $I_{\text{доп}}=165 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=165 \times 0,8=132 \text{ А} > I_p=77,9 \text{ А}.$$

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

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_n}; \quad (2.28)$$

$$\Delta U = \frac{1275 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 637,5 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 15,4 \text{ В} = 0,0154 \text{ кВ};$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\%; \quad (2.29)$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0154}{10,5} \cdot 100\% = 0,15\%.$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,15\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АВВГ-10-(4x70).

РП:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{308,4}{1,4} = 220,3 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель АШв-10-(3х240) с $I_{\text{доп}}=605 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=605 \times 0,8=484 \text{ А} > I_{\text{р}}=308,4 \text{ А}.$$

$$1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 484=629,2 \text{ А} > I_{\text{ав}}=616,8 \text{ А}.$$

где $K_{\text{п}}=0,8$ – поправочный коэффициент при числе кабелей в траншее $N=4$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{н}}}; \quad (2.30)$$

$$\Delta U = \frac{2686 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 1343 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 32,5 \text{ В} = 0,0325 \text{ кВ};$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%; \quad (2.31)$$

$$\Delta U \% = \frac{0,0325}{10,5} \cdot 100\% = 0,31\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U \%;$$

$$5\% \geq 0,31\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АШв-10-(3х240).

ТП1-2:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{225,9}{1,4} = 161,4 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель ААШв-10-(3х300) с $I_{\text{доп}}=477 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=477 \times 0,75=357,75 \text{ А} > I_{\text{р}}=225,9 \text{ А}.$$

$$1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 357,75=465,1 \text{ А} > I_{\text{ав}}=451,8 \text{ А}.$$

где $K_{\text{п}}=0,75$ – поправочный коэффициент при числе кабелей в траншее $N=6$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H}; \quad (2.32)$$

$$\Delta U = \frac{7608,32 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 3101,76 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 90,8\text{В} = 0,0908 \text{ кВ};$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_H} \cdot 100\%; \quad (2.33)$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0908}{10,5} \cdot 100\% = 0,86\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,86\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель ААШв-10-(3х300).

ТПЗ:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{108,9}{1,4} = 77,9 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель ААШв-10-(3х95) с $I_{\text{доп}}=246\text{А}$.

$$I_{\text{доп}}=246 \times 0,75=184,5 \text{ А} > I_p=108,9\text{А}.$$

$$1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 184,5=239,85\text{А} > I_{\text{ав}}=217,7\text{А}.$$

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

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H}; \quad (2.34)$$

$$\Delta U = \frac{3768,73 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 1213,65 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 44,4\text{В} = 0,0444 \text{ кВ}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_H} \cdot 100\%; \quad (2.35)$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0444}{10,5} \cdot 100\% = 0,42\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,42\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель ААШв-10-(3x95).

ТП4-5:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{161,8}{1,4} = 115,6 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель ААШв-10-(3x185) с $I_{\text{доп}}=371 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=371 \times 0,8=296,5 \text{ А} > I_{\text{р}}=161,8 \text{ А}.$$

$$1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 296,5=385,8 \text{ А} > I_{\text{ав}}=323,6 \text{ А}.$$

где $K_{\text{п}}=0,8$ – поправочный коэффициент при числе кабелей в траншее $N=4$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{н}}}; \quad (2.36)$$

$$\Delta U = \frac{5552,4 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 1953 \cdot 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 65,7 \text{ В} = 0,0657 \text{ кВ};$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%; \quad (2.37)$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0657}{10,5} \cdot 100\% = 0,62\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,62\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель ААШв-10-(3x185).

ТП6-7:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{218,7}{1,4} = 156,2 \text{ мм}^2; S_{\text{ТЕРМ}} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,66 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель ААШв-10-(3x300) с $I_{\text{доп}}=477 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}}=477 \times 0,75=357,75 \text{ А} > I_{\text{р}}=218,7 \text{ А}.$$

$$1.3 \times I_{\text{доп}} = 1,3 \times 357,75 = 465,075 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 437,4 \text{ А.}$$

где $K_{\text{п}} = 0,75$ – поправочный коэффициент при числе кабелей в траншее $N = 6$.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{н}}}; \quad (2.38)$$

$$\Delta U = \frac{7295,6 \cdot 0,59 \cdot 0,2 + 0,09 \cdot 0,2}{10,5} = 87,4 \text{ В} = 0,0874 \text{ кВ};$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%; \quad (2.39)$$

$$\Delta U \% = \frac{0,0874}{10,5} \cdot 100\% = 0,83\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U\%;$$

$$5\% \geq 0,83\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель ААШв-10-(3x300).

Результаты выбора занесем в таблицу 2.18

Таблица 2.18 – Кабельный журнал

Наименование участка	$S_{\text{р}}, \text{кВА}$	N	Кп	Нагрузка		По экон. пл. тока, мм^2		По току КЗ, мм^2		Выбранный кабель	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$\Delta U\%$
				$I_{\text{р}}, \text{А}$	$I_{\text{ав}}, \text{А}$	$J_{\text{э}}$	$F_{\text{э}}, \text{мм}^2$	$I_{\text{к}}, \text{кА}$	$S, \text{мм}^2$			
РП-СД1	630	4	0,8	32,7	-	1,4	23,4	20	214,66	АВВГ 4x50	137	0,06
РП-СД2	400	4	0,8	20,8	-	1,4	14,5	20	214,66	АВВГ 4x50	137	0,08
РП-СД3	1500	4	0,8	77,9	-	1,4	55,6	20	214,66	АВВГ 4x70	165	0,15
ГПП-РП	11219,02	4	0,8	308,4	616,8	1,4	220,3	20	214,66	АШв-10-(3x240)	605	0,31
ГПП-ТП1-2	8216,3	6	0,75	225,9	451,8	1,4	161,4	20	214,66	ААШв-10-(3x300)	477	0,86
ГПП-ТП3	3959,3	6	0,75	108,9	217,7	1,4	77,9	20	214,66	ААШв-10-(3x95)	246	0,42
ГПП-ТП4-5	5885,9	4	0,8	161,8	323,6	1,4	115,6	20	214,66	ААШв-10-(3x185)	371	0,62
ГПП-ТП6-7	7955,7	6	0,75	218,7	437,4	1,4	156,2	20	214,66	ААШв-10-(3x300)	477	0,83

2.9 Выбор выключателей нагрузок на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55A.$$

Выбираем ВМП-17 с ПК-10/100.

2.10 Выбор автоматических выключателей на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443A.$$

Выбираем ВА55-43 с $I_{доп}=1500A$.

2.11 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

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

1. В таблице 2.19 показаны типы измерительных приборов и распределение мощности по каждой фазе:

Таблица 2.19 - Измерительные приборы, устанавливаемые на вводном выключателе

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
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:

$$R_2 = R_{приб} + R_{пров} + R_{к-тов} \quad (2.40)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

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

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

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;
 I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

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

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

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

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

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

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА}.$$

В таблице 2.20 показан выбранный трансформатор тока.

Таблица 2.20 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 1014,5 \text{ А}$	$I_n = 1500 \text{ А}$
$I_{кз} = 20 \text{ кА}$	$I_T = 70,4 \text{ кА}$
$i_{уд} = 50,4 \text{ кА}$	$I_{дин} = 177 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 9,25 \text{ ВА}$	$S_{2н} = 10 \text{ ВА}$

1. В таблице 2.21 показаны типы измерительных приборов и распределение мощности по каждой фазе линии ГПП-ТП1-2:

Таблица 2.21 – Измерительные приборы, установленные на отходящих линиях

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
1	2	3	4	5
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.
Сопrotивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} \quad (2.41)$$

Сопrotивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом};$$

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

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;
 I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доп}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,22 - 0,1 = 0,48 \text{ Ом};$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,48} = 0,029 \text{ мм}^2;$$

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

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

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,22 + 0,01 + 0,1 = 0,33 \text{ Ом};$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,33 \cdot 5^2 = 8,25 \text{ ВА}.$$

В таблицах 2.22-2.28 показаны условия выбора трансформаторов тока отходящих линий.

Таблица 2.22 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=451$ А	$I_H=600$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=50,4$ кА	$I_{дин}=74.5$ кА
$S_{2расч}=8,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Таблица 2.23 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=217,7$ А	$I_H=300$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=50,4$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Таблица 2.24 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=323,6$ А	$I_H=400$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=50,4$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Таблица 2.25 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=437,4$ А	$I_H=600$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=50,4$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Таблица 2.26 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_p=32,7$ А	$I_H=50$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=22,5$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Таблица 2.27 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_p=20,8$ А	$I_H=30$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=22,5$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Таблица 2.28 - Трансформатор тока ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_p=77,9$ А	$I_H=100$ А
$I_{кз}=20$ кА	$I_T=70.4$ кА
$i_{уд}=22,5$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

Для всех элементов СЭС выбираем трансформаторы тока нулевой последовательности типа: ТЗЛН-10.

2.12 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

В таблице 2.29 показаны данные измерительных приборов и мощности, подключенных к трансформаторам напряжения.

Таблица 2.29 – измерительные приборы установленные на шинах

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	Q_{Σ} , вар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	Э-335	3	1	1	0	1	3	-
W	Д-335	2.5	2	1	0	1	5	-
Var	И-335	2.5	2	1	0	1	5	-
Wh	СА3- И681	2	2	0.4	2.29	13	52	119.1
Varh	СР4- И689	2	2	0.4	2.29	13	52	119.1
Итого							117	238,2

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{117^2 + 238,2^2} = 265,4 \text{ ВА.}$$

Принимаем ТН типа НАМИТ-10(6)-У3, класс точности 1,0, который показан в таблице 2.30.

Таблица 2.30 – Трансформатор напряжения

По каталогу	Расчетные величины
$U_{HT}=10 \text{ кВ}$	$U_{HT}=10 \text{ кВ}$
$S_{H2}=300 \text{ ВА}$	$S_{p2}=265,4 \text{ ВА}$

2.13 Выбор шин ГПП

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

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-120х10; $I_{доп}=2070 \text{ А}$ (одна полоса на фазу), $I_{ав}=2029 \text{ А}$; $i_{уд}=50,4 \text{ кА}$.

а) проверка по аварийному току:

$$I_{доп}=2070 \text{ А} \geq I_{ав}=2029 \text{ А};$$

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

$$i_{дин}=80 \text{ кА} \geq i_{уд}=50,4 \text{ кА};$$

в) проверка по механической стойкости $\sigma_{доп}=91 \text{ кгс/см}^2$:

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega}; \quad (2.48)$$

$$\omega = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot 10^2}{6} = 833 \text{ м}^3;$$

$$F_p = \frac{1,76 \cdot 10^{-2} \cdot i_{уд}^2 \cdot L}{a} = \frac{1,76 \cdot 10^{-2} \cdot 50,4^2 \cdot 120}{10} = 536,5 \text{ к}36,$$

$$F_{min} = \alpha \cdot I_{кк} \cdot \sqrt{t} = 12 \cdot 20 \cdot \sqrt{0,8} = 214,6 \text{ м}^2 \leq 833 \text{ м}^2 (120 \times 10);$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F_p \cdot L}{10a} = \frac{536,5 \cdot 120}{10 \cdot 833} = 7,7 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_{\text{доп}} = 91 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

где $a=0,1$ м-расстояние между изоляторами;

$L= 1,2$ м-высота изолятора;

$b=50$ мм - ширина одной полосы;

$h=10$ мм - высота шины.

Из условий получаем, что шины динамически устойчивы.

2.14 Выбор изоляторов

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

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

– 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.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-2} \cdot i^2 \cdot L}{a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-2} \cdot 50,4^2 \cdot 120}{10} = 536,5 \text{ кгс};$$

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

$$F_{\text{доп}} = 0,6F_{\text{разруш}} = 2250 \text{ кгс. } (>536,5 \text{ кгс})$$

Условие выполняется.

3 Проектирование систем внутрицехового электроснабжения до 1000 В

3.1 Автоматизированное проектирование внутрицеховых электрических сетей

В дипломном проекте представлена программа «Эксперт-СКС», которая предназначена для проектирования кабельных систем здания, таких как:

- структурированных кабельных систем;
- телефонных сетей;
- локальных вычислительных сетей;
- охранно-пожарной сигнализации;
- систем видеонаблюдения;
- прочих слаботочных сетей;
- электрических сетей;
- волоконно-оптических линий связи,

а также для проектирования распределительных и магистральных сетей.

«Эксперт-СКС» включает в себя:

– графическую оболочку системы автоматизированного проектирования.

Обширные функциональные возможности для проектирования исходных архитектурных, геодезических и других моделей. Приготовленный заранее план возможно импортировать как через стандартные векторные файлы обмена (*.dxf, *.wmf, и др.) так и используя растровый (сканированный файл);

– интеллектуальную подсистему проектирования СКС.

Проектирование СКС различного вида на исходном плане. Расстановка рабочих мест и шкафов (точечных элементов), прокладывание трасс и кабелей (в т.ч. автотрассировка), укладывание коробов, распределение подключений, формирование межэтажных переходов и переходов меж сооружениями. Подсистема компоновки шкафов даёт возможность в визуальном режиме заниматься проектированием распределительных шкафов;

– каталог стандартных изделий известных производителей.

Предоставляет возможность находить, компоновать и расставлять сборочные узлы на рабочем плане. Заложённая в основе информация включает обширные технические данные и цены;

– менеджер проекта – древовидную иерархию разработанной СКС;

Предоставляет возможность навигации и корректировки готовой Структурированной Кабельной Системы. Позволяет формировать проекты с любым количеством уровней вложенности. Включает подсистему конфигуратор подключений для контроля и изменения подключений, сформированных в проекте;

– модуль выпуска расчетных документов;

Включает выдачу графической документации (планы и чертежи), и

текстовых расчетных документов (ведомости, спецификации, журналы, и пр.)

Для сравнения рассмотрим несколько программ, которые также выполняют аналогичную задачу. Такими программами являются WinELSO и ElectricalNW. Обе программы предназначены для автоматизированного проектирования электроснабжения силового электрооборудования и внутреннего электроосвещения промышленных и гражданских объектов, а также для анализа действующей электрической сети.

Построение электрической сети начинается с главного распределительного устройства, к которому подключается источник питания. Главное распределительное устройство может иметь один или два ввода. Из группы панелей можно сформировать комплектное распределительное устройство.

Электроприемники подразделяются на два типа, осветительное оборудование и технологическое оборудование. Технологическое оборудование задается технологом и по типу нагрузки подразделяются на оборудование имеющий в своем составе асинхронный двигатель, тепловую нагрузку и комплексную нагрузку. Все оборудование группируется по характерным однородным категориям электроприемников. При расчете электрических нагрузок по методике СП31-110-2003, коэффициент спроса задается автоматически из встроенных таблиц базы данных. Реализована возможность подключать попеременно любое количество баз данных. Пользователи могут создавать сколько угодно баз данных новых производителей. Вся выходная документация автоматически создается при помощи программы MicrosoftOfficeWord. Программы позволяют решить следующие задачи:

- расчет внутреннего освещения методом коэффициента спроса;
- расчет электрических нагрузок по методикам РТМ 36.18.32.4-92, СП31-110-2003;
- расчет токов 1, 3-фазного короткого замыкания;
- расчет потерь напряжения;
- проверка электрических сетей по условиям пуска и самозапуска электродвигателей.

В результате работы в ElectricalNW и на WinELSO на выходе получается следующий перечень проектной документации:

- таблица расчета электрических нагрузок по методике СП31-110-92;
- таблица расчета электрических нагрузок по методике РТМ36.18.32.4-92 (форма Ф636-92);
- результирующий расчет нагрузок для трансформаторной подстанции и выбор мощности трансформаторов (форма Ф202-90);
- спецификация;
- кабельный журнал;
- принципиальные схемы щитов.

Но также выявились и недостатки, основными из которых являлись:

- невозможность быстрого переименования (копирования) элементов;

- отсутствие контроля схемы на предмет правильности подключений элементов, что приводило к трате времени на поиски ошибок;
- отсутствие возможности расчета участка цепи, то есть при замене одного элемента надо было производить перерасчет всей сети, что по времени могло занимать до 40 мин;
- был также ряд замечаний по графическому выполнению однолинейных схем.

Выше указанные недостатки программ ElectricaNW и WinELSO выявили сами разработчики, от себя хочу добавить пару минусов. Это связано с ценой программ, около 350 у.е. и интерфейс, у всех этих программ есть существенные недостатки — они написаны на иностранном языке, система учета не понятна и непривычна, надо вникать в англосаксонские проводки и план счетов, помощь и описание — на английском языке. Конечно, научиться можно всему — нужно только время.

Что касается программы Эксперт-СКС, то перечислим преимущества.

Результаты разработки СКС-проектов:

- архитектурный план(ы) с размещением всех спроектированных элементов;
- спецификацию СКС;
- кабельный журнал;
- расширенный кабельный журнал;
- ведомость ресурсов;
- ведомость норм;
- ведомость кабелей;
- ведомость кабельных каналов;
- ведомость соединений по несоответствующим производителям;
- ведомость соединений по несоответствующим цветам.

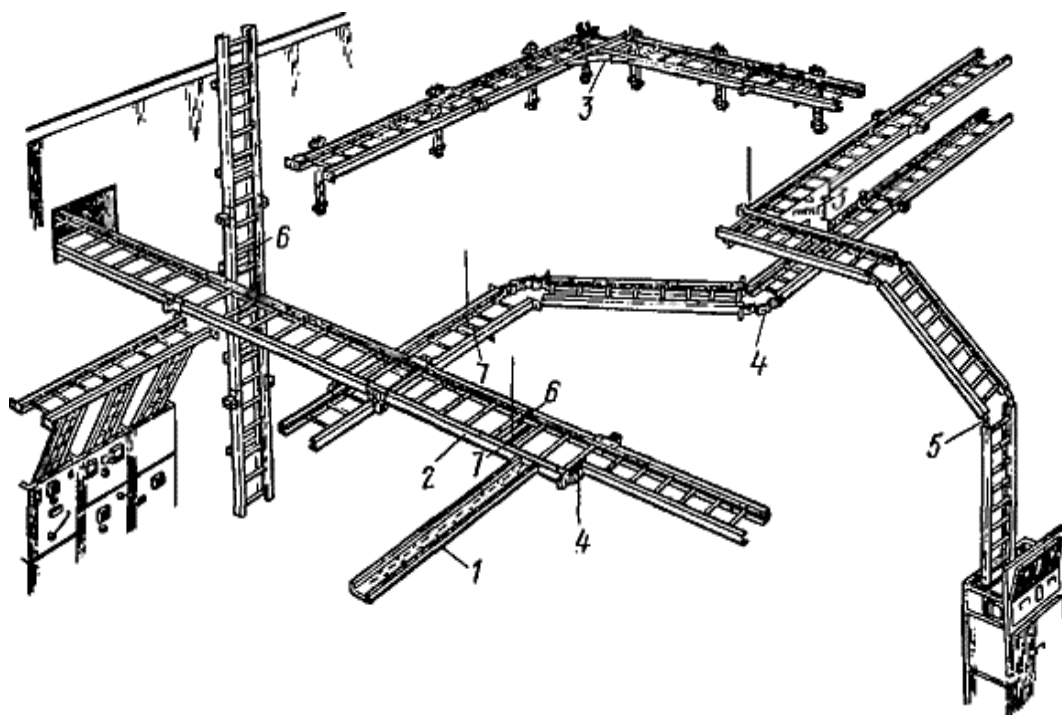
Система также позволяет получить результирующие документы на нескольких языках: изначально в программном комплексе заложены русский, украинский, английский. Полученная документация соответствует всем перечисленным стандартам: ГОСТ(СНГ); ISO, CD (Международный); TIA (Американский); EN, prEN (Европейский) [11].

3.2 Прокладка кабельных линий на лотках и в коробах

Открытая прокладка кабелей в цехах промышленных предприятий выполняется по опорным конструкциям, изготавливаемым в виде: стальных стоек с полками или лотками; стоек со скобами или кронштейнами; настенных полок и лотков.

Лотки применяют для прокладки силовых и контрольных кабелей и проводов напряжением до 1000 В и изготавливают из перфорированного гнутого металлического листа. Ширина лотка 50, 100, 200 и 400 мм, длина 2 м. В номенклатуру лотков входят готовые для сборки элементы,

обеспечивающие создание трассы с необходимыми поворотами и разветвлениями в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На рисунке 3.1 показан пример прокладки по латкам.



1, 2- прямые шириной 50, 100 или 200, 400 мм, 3 — угловые.
4, 5 — переходные и шарнирные соединители, 6 — прижимы, 7 — подвески.
Рисунок 3.1 – Конструкция кабельных лотков

Соединение лотков выполняют болтами, благодаря этому обеспечивается надежная электрическая цепь, необходимая для сети заземления. Крепят лотки на кронштейнах, подвесках и сборных кабельных конструкциях. Лотки, установленные на опорных конструкциях, крепят так, чтобы была исключена возможность сползания, опрокидывания и падения их.

Короба имеют назначение, аналогичное лоткам.

Для прямых участков трассы применяют прямой короб, для разветвления на четыре направления — крестообразный, для изменения направления трассы в горизонтальной и вертикальной плоскостях — угловой, для ввода в электротехнические устройства — присоединительный. Кроме того, в комплект короба входят: торцовая заглушка для закрывания конца короба и зажим для фиксации проводов и кабелей. Короба изготавливают одноканальными длиной 2 и 3 м и рассчитывают на равномерно распределенные нагрузки (расстояние между местами крепления 3 м).

Короба рассчитаны на укладку в них проводов и кабелей с радиусом изгиба до 50 мм.

Конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны иметь исполнение, исключающее возможность механического повреждения оболочек кабелей. Поэтому в местах жесткого крепления

небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой используются прокладки из эластичного материала. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой (шлангом), кабели СПЭ, а также бронированные кабели допускается крепить к конструкциям без таких прокладок [12].

Проход кабелей через перегородки, стены и междуэтажные перекрытия производится в трубах или проемах. После прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

Все опорные металлические конструкции должны быть электрически соединены между собой и подключены к заземляющему устройству не менее чем в двух местах.

Открыто прокладываемые кабели обозначаются бирками с указанием марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт указываются номер муфты и дата ее монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды и устанавливаются в начале и конце линии и по ее длине через 50 м, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через перегородки и перекрытия (с обеих сторон прохода).

Достоинства открытой электропроводки:

- использование для одной и той же нагрузки меньшее сечение кабелей и проводов, по сравнению со скрытой электропроводкой (по таблице ПУЭ 7 издания);

- быстрый доступ к контролю состояния электропроводки и ее ремонту;
- применяется в пожароопасных помещениях.

Недостатки открытой электропроводки:

- трудоемкость;
- недолговечность.

Для наглядности, был произведен расчет прокладки кабеля ремонтно-механического цеха алюминиевого завода с помощью программы «Эксперт-СКС».

При прокладке кабеля по программе «Эксперт-СКС» рассмотрены два варианта прокладки. Первый, прокладка кабеля под потолком в специальных лотках, и второй вариант, прокладка кабеля в кабельных каналах в полу. В наше время задачей в этом деле является отыскание самого выгодного маршрута, что позволяет снизить затраты и оптимизировать работу электроснабжения.

Посмотрим результаты проектирования и расчетов прокладки кабеля под потолком в специальных лотках на примере ремонтно-механического цеха. На рисунке 3.2 показан генеральный план ремонтно-механического цеха, рисунок 3.3 - Спецификация СКС, рисунок 3.4 – ведомость ресурсов, рисунки 3.5-3.6 – 3D вид прокладки кабеля.

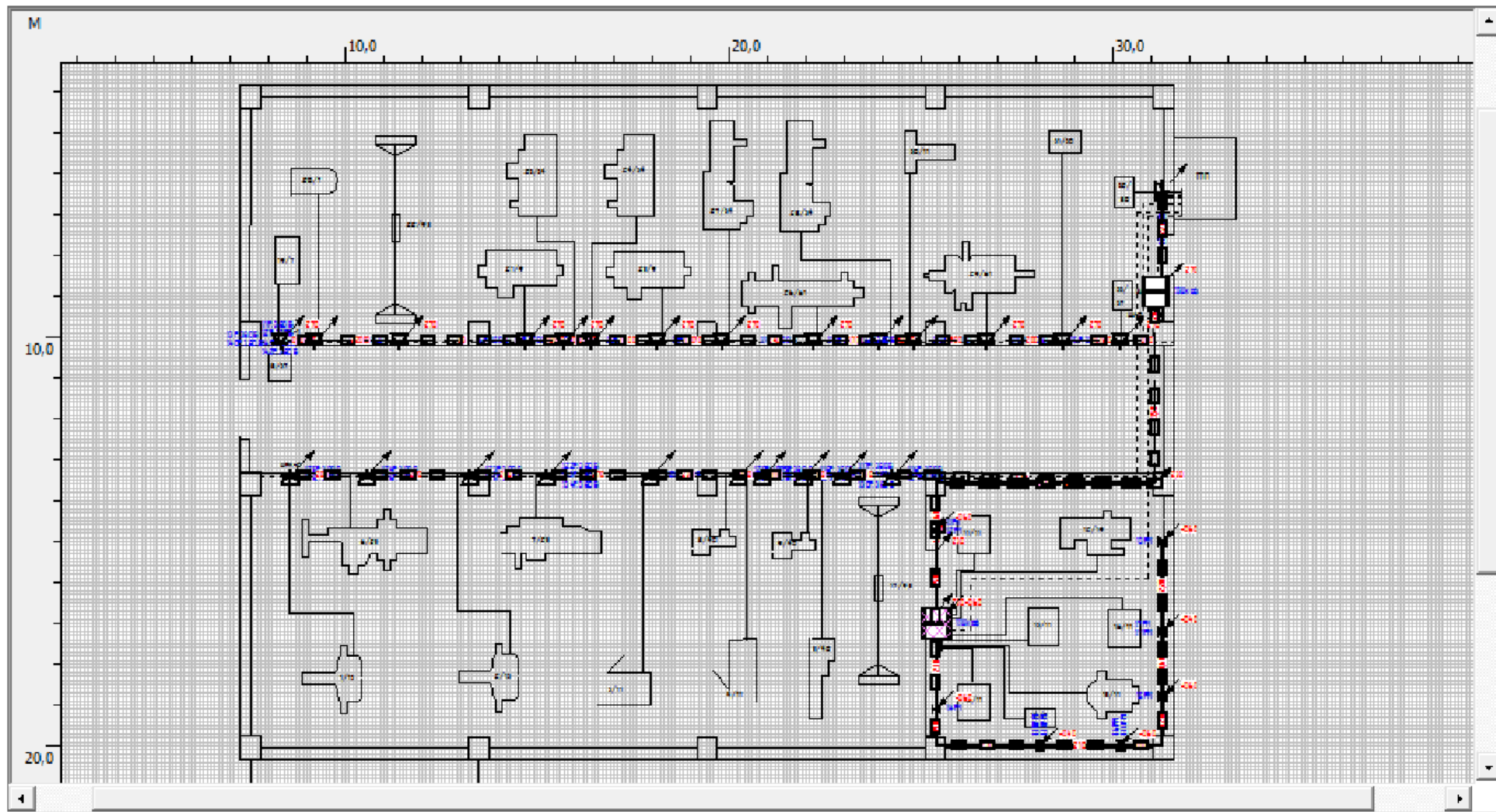


Рисунок 3.2 – Генеральный план ремонтно-механического цеха

23.04.2014 Программный комплекс Эксперт-СКС 2.0.0

Заказчик:
Подрядчик (исполнитель):

Наименование проекта: Проект 1
Наименование листа: Лист 1

Спецификация

№	Обозначение	Наименование	Арт. номер производит.	Арт. номер дистрибьют.	Производитель	Ед. изм.	Количество	Цена, с НДС, USD	Стоимость с НДС, USD
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кабели									
1	К 380V 3x3.5	Кабель 3x3.5 (380V)				м	32,67	0,2	6,53
Итого:									6,53 USD
Кабельные каналы									
2	КК 100x40	Кабель-канал 100x40 "ЭЛЕКОР"	СКС10-100-04 2-1-К01	СКС10-100-04 2-1-К01	ЕК	м	41,91	3,78	157,16
3	К30	Короб 30x30			Panduit	м	200,75	0,2	40,15
Итого:									197,31 USD
Коммутаторы									
4	Switch 24-port HD100	Switch SS 3 4400 24-port HD100	COM-3C1720 3		3COM	р.	4	1314,68	5258,72
Итого:									5258,72 USD
Модули									
5	Модуль	CUFM/B246L	CUFM/B246L		Panduit	р.	0	0	0
Итого:									0 USD
Организаторы									
6	Org.	Cable mgrt PANNET 19" HORZ. 1RUFRONT ONLY	MMPFSEY	MMPFSEY	Panduit	р.	2	33,41	66,82
Итого:									66,82 USD
Патч корды									
7	PC	Патч-корд CAT 5 WITH HIGH PERFORMANCE MOD PLUG	UTPCH1MY	UTPCH1MY	Panduit	р.	96	3,88	372,48

-1-

23.04.2014 Программный комплекс Эксперт-СКС 2.0.0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Итого:									372,48 USD
Патч панели									
8	PP cat.5e 24RJ45	Патч-панель 24 PORT FLAT DPSE	CP245E88TG	CP245E88TG	Panduit	р.	4	151,57	606,28
Итого:									606,28 USD
Рабочие места									
9	PM	Розетка	CJ5E88TGAW	CJ5E88TGAW	Panduit	р.	11	4,96	54,56
Итого:									54,56 USD
Розетки									
10	P 380 В	Розетка 380 В				шт.	40	0,2	8
Итого:									8 USD
Шкафы									
11	Шкаф	Шкаф PANNET CABLE MANAGEMENT HEIGHT X 19" STANDARD	CMR19X47	CMR19X47	Panduit	р.	2	209,92	419,84
Итого:									419,84 USD
Всего:									6990,54 USD

Примечание: наклонным шрифтом обозначены компоненты с нулевой ценой.

Составил _____

Проверил _____

-2-

Рисунок 3.3 – Спецификация СКС

23.04.2014 Программный комплекс Эксперт-СКС 2.0.0

Заказчик:
Подрядчик (исполнитель):

Наименование проекта: Проект 1
Наименование листа: Лист 1

Ведомость ресурсов

№	Наименование	Артикульный номер производителя	Артикульный номер дистрибьютора	Производитель	Ед. изм.	Количество	Цена, USD	Стоимость, USD
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cable mgr PANNET 19" HORZ. 1RUFROnt ONLY	WMPFSEY	WMPFSEY	Panduit	р.	2	33,41	66,82
2	Switch SS 3 4400 24-port 10/100	COM-3C17203		3COM	р.	4	1314,68	5258,72
3	Кабель 3x3.5 (380V)				м	32,67	0,2	6,53
4	Кабель-канал 100x40 "ЭЛЕКОР"	СКК10-100-040-1-K01	СКК10-100-040-1-K01	IEK	м	41,91	3,75	157,16
5	Короб 30x30			Panduit	м	200,75	0,2	40,15
6	Модуль	CUFMB24BL	CUFMB24BL	Panduit	р.	96	0	0
7	Патч-корд CAT 5 WITH HIGH PERFORMANCE MOD PLUG	UTPCH1MY	UTPCH1MY	Panduit	р.	96	3,88	372,48
8	Патч-панель 24 PORT FLAT DP5E	DP245E88TGY	DP245E88TGY	Panduit	р.	4	151,57	606,28
9	Розетка	CJ5E88TGAW	CJ5E88TGAW	Panduit	р.	11	4,96	54,56
10	Розетка 380 В				шт.	40	0,2	8
11	Шкаф PANNET CABLE MANAGEMENT HEIGHT X 19" STANDARD	CMR19X47	CMR19X47	Panduit	р.	2	209,92	419,84

Стр. 1/2

Рисунок 3.4 – Ведомость ресурсов

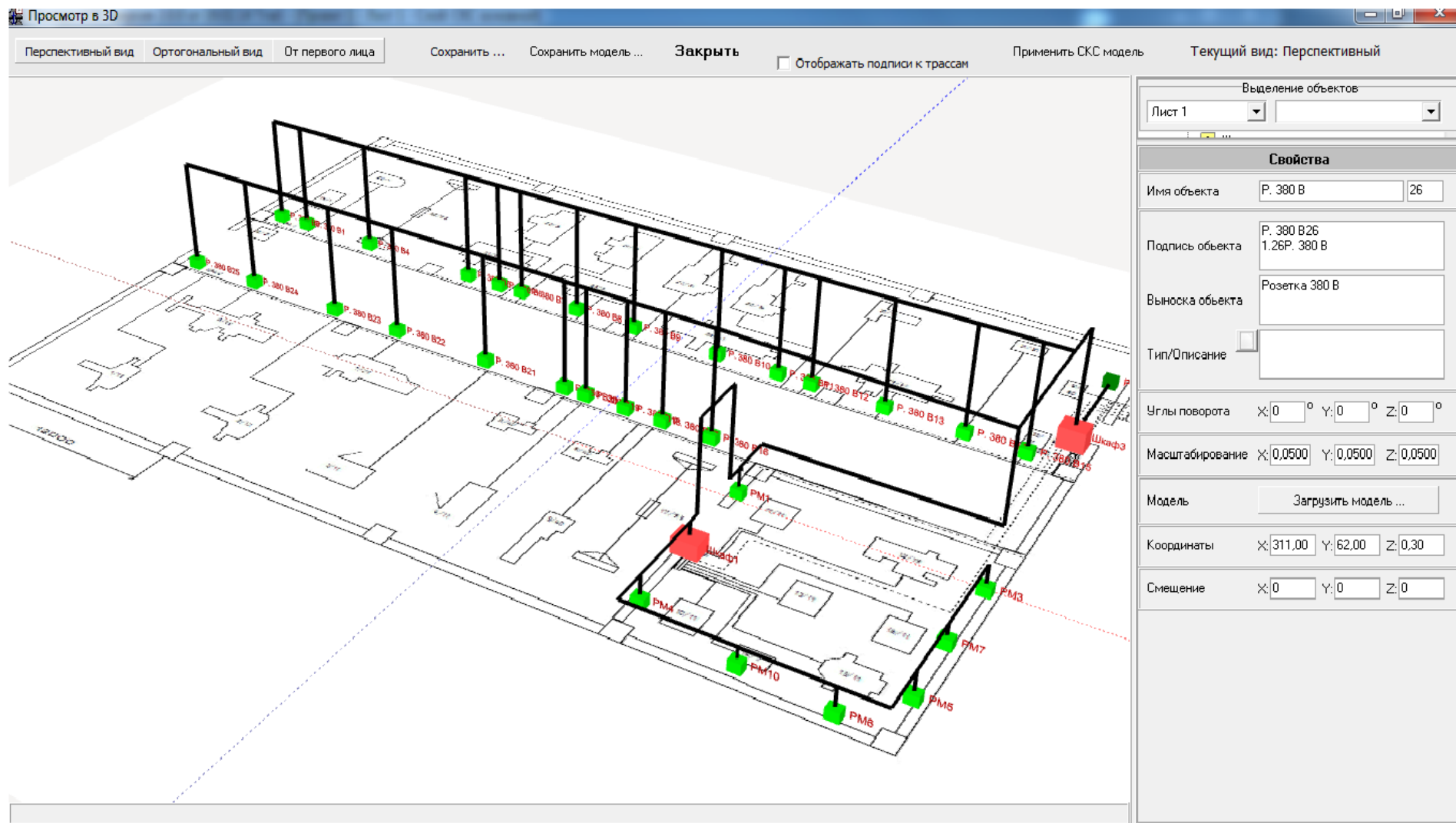


Рисунок 3.5 – 3D вид

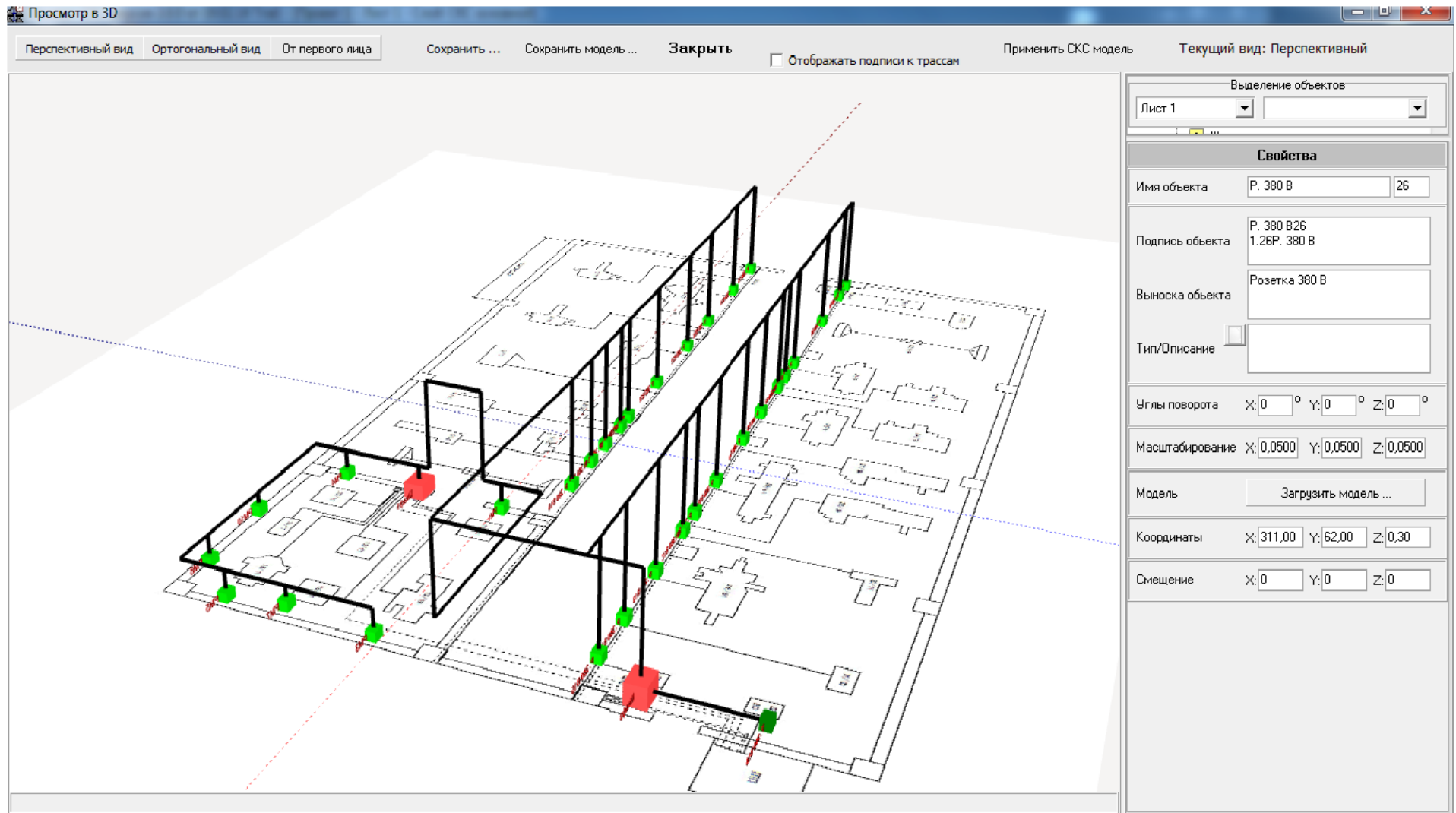
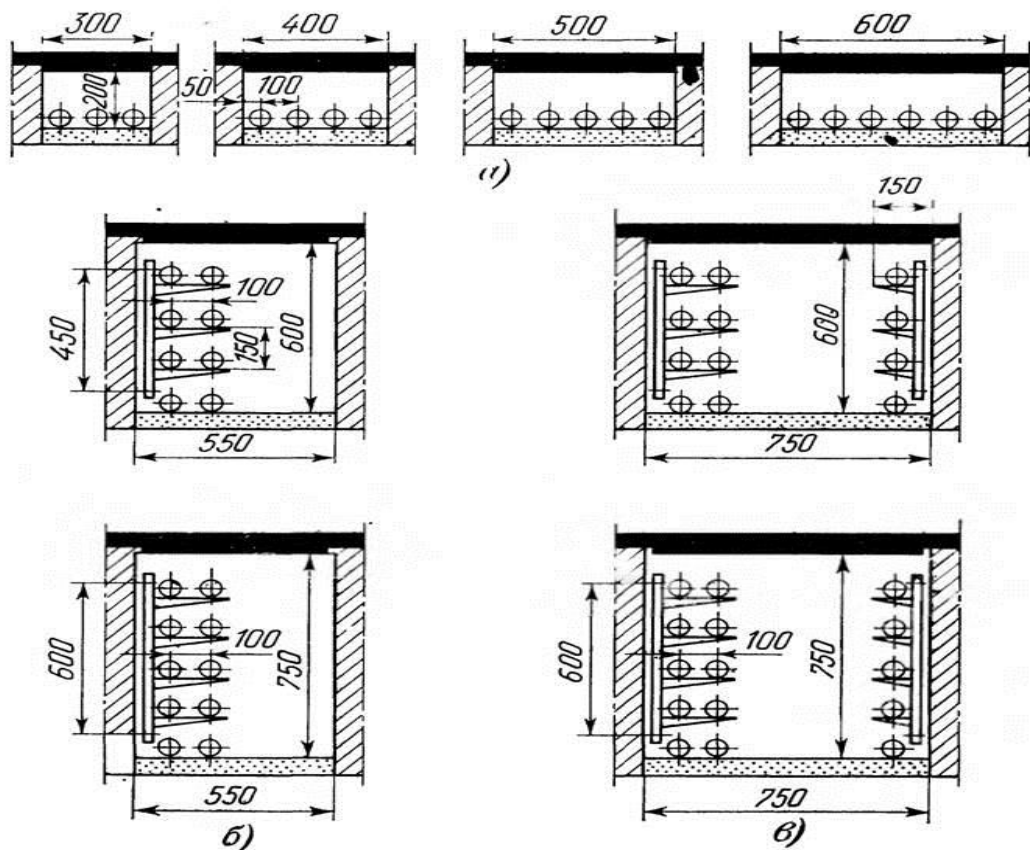


Рисунок 3.6 – 3D вид

3.3 Прокладка кабельных линий в кабельных каналах

Каналом кабельным называется замкнутое непроходное подземное сооружение, предназначенное для прокладки небольшого количества кабелей. Применение кабельных каналов может быть обосновано не более чем для 15 кабелей. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабельных линий, устройство каналов не допускается.

Способ прокладки кабелей в канале позволяет положить новый или заменить действующий кабель без производства земляных работ, обеспечивает возможность осмотров и ремонта линий в процессе эксплуатации, а также надежную защиту кабелей от механических повреждений. Недостатком этого способа прокладки является необходимость вскрытия верхнего перекрытия при прокладке кабеля, производстве ремонтных работ и осмотре. Ограниченные размеры канала затрудняют движение воздуха и отвод тепла, а скученность кабелей создает опасность их взаимного повреждения в случае возникновения дуги.



а — на 3, 4, 5 и 6 кабелей, размещаемых на дне канала; б — на 8 и 10 кабелей с односторонним расположением полок; в — на 12 и 16 кабелей с двусторонним расположением полок.

Рисунок 3.7 - Общий вид и конструктивные размеры кабельных каналов

Применение монолитного железобетона или кирпичной кладки при сооружении кабельных каналов требует значительных затрат труда и материалов, поэтому основными требованиями, предъявляемыми к конструктивным решениям для кабельных каналов, являются применение сборного железобетона, унификация сборных элементов и индустриализация методов строительства.

Общий вид и конструктивные размеры кабельных каналов с учетом количества размещаемых в канале силовых кабелей приведены на рисунке 3.7.

Перекрытие каналов вне зданий может быть скрыто в грунте на глубину от 300 мм и более во всех случаях, где это вызывается соображениями охраны. В местах пересечения каналов с железнодорожными подъездными путями или проездов для транспорта перекрытия стенки канала должны быть рассчитаны на ожидаемую нагрузку, а в электромашинных и тому подобных помещениях — на передвижение по нему соответствующего оборудования.

Пол канала не должен иметь резких уступов и порогов. Согласно требованиям ПУЭ допускается перекрытие кабельных каналов в распределительных устройствах и в помещениях съемными несгораемыми плитами, а каналов, в которых прокладываются только контрольные кабели, — также деревянными щитами. В электромашинных помещениях каналы могут перекрываться рифленным железом, а в помещениях щитов управления с паркетными полами — деревянными щитами с паркетом. Каналы в местах входа в здания должны быть отделены от последних несгораемыми перегородками.

Допускается также укладка кабеля по дну канала. Однако и этот способ прокладки имеет свои недостатки: ограничивается теплоотдача от кабелей, требуются специальные меры для отвода попадающих в канал влаги и загрязнений, необходимо ограничивать распространение по каналу попавших туда газов.

На рисунках 3.8 – 3.9 показаны результаты проектирования прокладки кабеля под полом (второго варианта) в кабельных каналах на примере ремонтно-механического цеха.

Подводя итоги по капиталовложениям на материалы в сравнении двух вариантов, с небольшой разницей в 50 у.е. второй вариант (прокладка кабеля в кабельных каналах) оказался более выгодным, чем первый. Данные по двум вариантам показаны в пояснительной записке в таблице 3.1.

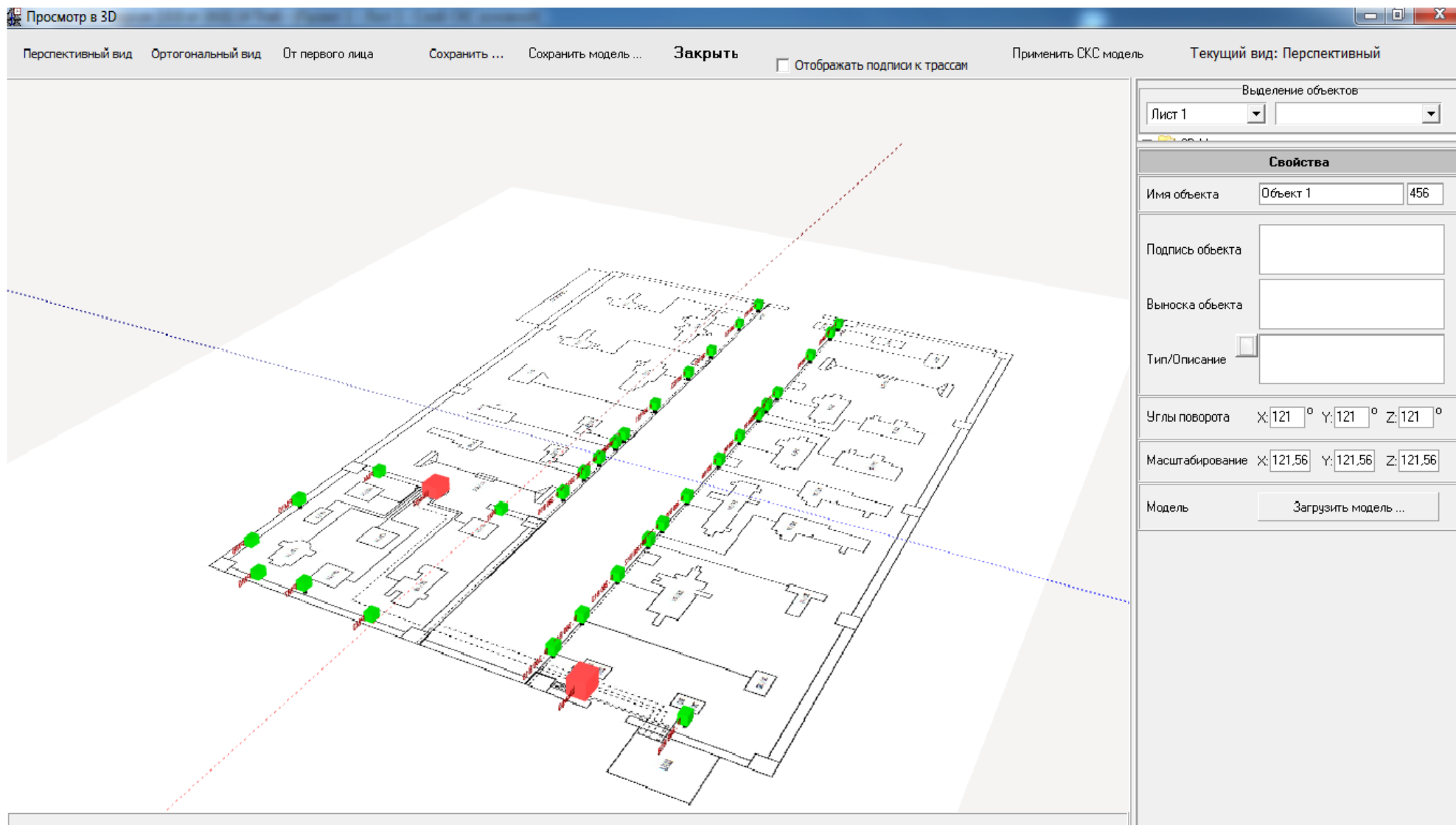


Рисунок 3.8 – 3D вид второго варианта



Рисунок 3.9 – 3D вид второго варианта

Таблица 3.1 – Результаты расчетов

Наименование	1 вариант	2 вариант
Высота, (м)	7	7
Высота крепления кабельных лотков, (м)	6	-0,2
Высота размещ. точ. объектов, (м)	0,3	0,3
Высота размещ. трасс, (м)	6	-0,2
Коэффициент заполненности кабельных каналов, (%)	50	50
Процент запаса длины кабеля, (%)	10	10
Длина кабеля (м)	90	85
Итого (материалы):	6990,16 у.е.	6940,33 у.е.
Общая стоимость	6990,16 у.е.	6940,33 у.е.

В данном разделе дипломного проекте изложены основы монтажа и эксплуатации кабельных линий внутри цехов. В частности рассмотрены прокладка кабеля в лотках по потолку и в специальных кабельных каналах.

Изучены назначение, виды кабельных линий, способы их прокладки, инструменты, приборы и оборудование, используемые при выполнении работ, требования к монтажу кабельных линий внутри цехов в соответствии с ПУЭ.

Рассмотрена эксплуатация кабельных линий внутри цехов, правила безопасности при эксплуатации кабельных линий.

Была описана организация электромонтажных работ, виды работ, выполняемых электромонтером.

Выполнен сметно-финансовый расчет электрооборудования, стоимость которой представлена в таблице 3.1.

4 Экономическая часть

4.1 Цель разработки проекта электроснабжения алюминиевого завода

Алюминиевая промышленность — отрасль цветной металлургии, объединяющая предприятия по выработке металлического алюминия. По масштабам производства и потребления алюминий занимает первое место среди подотраслей цветной металлургии, а среди отраслей металлургии по объёму уступает лишь производству стали. Важнейшими потребителями продукции алюминиевой промышленности являются: авиационная, электротехническая, автомобильная и ряд других отраслей машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности, а также строительство, железнодорожный транспорт, химическая, пищевая промышленность. Целью данного проекта является выбор более оптимального электроснабжения алюминиевого завода, для минимизации расходов и увеличения качества электроэнергии [13].

Питание алюминиевого завода может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность КЗ на стороне 115кВ подстанции равна 1250 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,2 км. Завод работает в две смены.

Исходя из того, что в энергосистеме установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ, имеем три варианта развертывания электроснабжения предприятия:

1. Снабжения со строительством ЛЭП-110кВ и ОРУ-110/10кВ.
2. Снабжения со строительством ЛЭП-35кВ и ОРУ-35/10кВ.
3. Снабжения со строительством ЛЭП-10кВ без строительства ОРУ.

4.2 Выбор вариантов электроснабжения алюминиевого завода

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).

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

Для выбора эффективного варианта используем формулу приведенных затрат:

$$ПЗ = E_n \times K_{\Sigma} + I_{\Sigma}; \quad (4.1)$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности ($E_n=0,15$);

K_{Σ} – суммарные капитальные вложения на оборудование;

I_{Σ} – суммарные издержки.

Расчет приведенных затрат для I варианта:

Капитальные вложения на выключатели B_{1-4} (4 шт.):

$$K_{B_{1-4}} = N \times K_{\text{выкл}}; \quad (4.2)$$

где N – количество выключателей.

$$K_{B_{1-4}} = 4 \times 10,9 \text{ млн. тг} = 43,6 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на разъединители P_{1-4} (4 шт.):

$$K_{P_{1-4}} = N \times K_{\text{разъед}}; \quad (4.3)$$

где N – количество разъединителей.

$$K_{P_{1-4}} = 4 \times 0,546 \text{ млн. тг} = 2,184 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на ограничители перенапряжений ОПН $_{1-4}$ (4 шт.):

$$K_{\text{ОПН}_{1-4}} = N \times K_{\text{опн}}; \quad (4.4)$$

где N – количество ограничителей перенапряжения.

$$K_{\text{ОПН}_{1-4}} = 4 \times 0,546 \text{ млн. тг} = 2,184 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на трансформаторы ГПП (2 шт.):

$$K_{\text{ТрГПП}} = N \times K_{\text{тр}}; \quad (4.5)$$

где N – количество трансформаторов ГПП.

$$K_{\text{тр ГПП}} = 2 \times 109,2 \text{ млн. тг} = 218,4 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на оборудование:

$$K_{об} = K_{В1-4} + K_{Р1-4} + K_{ОПН1-4} + K_{тр} \text{ ГПП}; \quad (4.6)$$

$$K_{об} = 43,6 + 2,184 + 2,184 + 218,4 = 266,368 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд} = 4,55 \text{ млн. тг/км.}$$

$$K_{ЛЭП} = L \times K_{уд}; \quad (4.7)$$

$$K_{ЛЭП} = 5,2 \times 4,55 = 23,66 \text{ млн. тенге}$$

Суммарные капитальные вложения на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1} = K_{об} + K_{ЛЭП}; \quad (4.8)$$

$$K_{\Sigma 1} = 266,368 + 23,66 = 290,028 \text{ млн. тенге}$$

Расчет издержек по I варианту:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс \text{ ЛЭП}} = k_{эЛЭП} \times K_{ЛЭП}; \quad (4.9)$$

где, $k_{эЛЭП}$ -коэффициент эксплуатационных издержек ЛЭП ($k_{эЛЭП} = 0,4\%$);

$$I_{экс \text{ ЛЭП}} = 0,004 \times 23,66 = 0,095 \text{ млн. тенге}$$

Амортизационные издержки ЛЭП:

$$I_{а \text{ ЛЭП}} = k_{аЛЭП} \times K_{ЛЭП}; \quad (4.10)$$

где, $k_{аЛЭП}$ -коэффициент амортизационных издержек ЛЭП (принимаем $k_{аЛЭП} = 13\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{а \text{ ЛЭП}} = 0,13 \times 23,66 = 3,08 \text{ млн. тенге}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс \text{ об}} = k_{эОБ} \times K_{об}; \quad (4.11)$$

где, $k_{эОБ}$ -коэффициент эксплуатационных издержек оборудования ($k_{эОБ} = 1\%$);

$$I_{\text{экс об}}=0,01 \times 266,368=2,66 \text{ млн. тенге}$$

Амортизационные издержки на оборудование:

$$I_{\text{а об}}=k_{\text{аОб}} \times K_{\text{об}}; \quad (4.12)$$

где $k_{\text{аОб}}$ -коэффициент амортизационных издержек оборудования (принимается $k_{\text{аОб}}=17\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{\text{а об}}=0,17 \times 266,368=45,282 \text{ млн. тенге}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}}=C_0 \times (W_{\text{трпп}} + W_{\text{лэп}}); \quad (4.13)$$

где C_0 - стоимость электроэнергии (15тг./кВтч); Средняя величина по Павлодарской области.

$W_{\text{трпп}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе ГПП;

$W_{\text{лэп}}$ – потери электроэнергии в ЛЭП.

$$I_{\text{пот.}}=15 \times (524675 + 368552,8) = 13,4 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1} = I_{\text{а}} + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}}; \quad (4.14)$$

$$I_{\Sigma 1} = 0,095 + 3,08 + 2,66 + 45,282 + 13,4 = 64,517 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат по первому варианту:

$$Z_1 = E_{\text{н}} \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1}; \quad (4.15)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент сравнительной эффективности ($E_{\text{н}}=0,15$);

$$PZ_1 = 0,15 \times 290,028 + 64,517 = 108,02 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат для II варианта

Капитальные вложения на выключатели B_1 и B_2 (2 шт.):

$$K_{B1-2} = N \times \gamma_2 \times K_B; \quad (4.16)$$

где γ_2 - коэффициент долевого участия завода в мощности

выключателей В₁ и В₂ ($\gamma_2=0,36$);

N – количество выключателей.

$$K_{B1-2}=2 \times 0,36 \times 18,2=13,104 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на разъединители Р₁₋₄ (4 шт.):

$$K_{P1-4}=N \times k_{\text{разъед}}; \quad (4.17)$$

где N – количество разъединителей.

$$K_{P1-4}=4 \times 0,4=1,6 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на выключатель В₃ (1 шт.):

$$K_{B3}=\gamma_3 \times K_B; \quad (4.18)$$

где γ_3 - коэффициент долевого участия завода в мощности выключателей В₃ ($\gamma_3=0,18$);

$$K_{B3}=0,18 \times 18,2=3,276 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на выключатели В₄₋₇ (4 шт.):

$$K_{B4-7}=N \times K_B; \quad (4.19)$$

где N – количество выключателей.

$$K_{B4-7}=4 \times 18,2=72,8 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ограничители перенапряжений ОПН₁₋₂ (2 шт.):

$$K_{OPN1-2}=N \times K_{\text{опн}}; \quad (4.20)$$

где N – количество ограничителей перенапряжения.

$$K_{OPN1-2}=2 \times 0,3=0,6 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформатор ГПП (2 шт.):

$$K_{\text{тр ГПП}}=N \times K_{\text{тр ГПП}}; \quad (4.21)$$

где N – количество трансформаторов ГПП.

$$K_{\text{тр ГПП}}=2 \times 89,18=178,36 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформатор энергосистемы (2 шт.):

$$K_{\text{трЭС}} = N \times \gamma_1 \times K_{\text{трЭС}}; \quad (4.22)$$

где γ_1 - коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы ($\gamma_1=0,29$);

N – количество трансформаторов энергосистемы.

$$K_{\text{трЭС}} = 2 \times 0,29 \times 127,4 = 73,892 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на оборудование:

$$K_{\text{об}} = K_{\text{В1-2}} + K_{\text{Р1-4}} + K_{\text{В3}} + K_{\text{В4-7}} + K_{\text{ОПН1-2}} + K_{\text{трЭС}} + K_{\text{Т ГПП}}; \quad (4.23)$$

$$K_{\text{об}} = 13,104 + 1,6 + 3,276 + 72,8 + 0,6 + 73,892 + 178,36 = 343,632 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}} = 4,55 \text{ млн. тенге/км.}$$

$$K_{\text{ЛЭП}} = L \times K_{\text{уд}}; \quad (4.24)$$

$$K_{\text{ЛЭП}} = 5,2 \times 4,55 = 23,66 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные капитальные вложения на оборудование второго варианта:

$$K_{\Sigma 2} = K_{\text{об}} + K_{\text{ЛЭП}}; \quad (4.25)$$

$$K_{\Sigma 2} = 343,632 + 23,66 = 367,292 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет издержек по II варианту:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}} = k_{\text{эЛЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}}; \quad (4.26)$$

где $k_{\text{эЛЭП}}$ - коэффициент эксплуатационных издержек ЛЭП ($k_{\text{эЛЭП}} = 0,4\%$);

$$I_{\text{экс ЛЭП}} = 0,004 \times 23,66 = 0,095 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}} = k_{\text{алЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}}; \quad (4.27)$$

где $k_{\text{алЭП}}$ - коэффициент амортизационных издержек ЛЭП (принимаем

$k_{aЛЭП} = 13\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{aЛЭП} = 0,13 \times 23,66 = 3,08 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}} = k_{\text{эОБ}} \times K_{\text{об}}; \quad (4.28)$$

где $k_{\text{эОБ}}$ -коэффициент эксплуатационных издержек оборудования ($k_{\text{эОБ}} = 1\%$);

$$I_{\text{экс об}} = 0,01 \times 343,632 = 3,436 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки на оборудование:

$$I_{a об} = k_{aОБ} \times K_{об}; \quad (4.29)$$

где $k_{aОБ}$ -коэффициент амортизационных издержек оборудования (принимается $k_{aОБ} = 17\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{a об} = 0,17 \times 343,632 = 58,417 \text{ млн. тенге.}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times (W_{\text{трГПП}} + W_{\text{лЭП}} + W_{\text{трЭС}}); \quad (4.30)$$

где C_0 - стоимость электроэнергии (15тг./кВтч);

$W_{\text{трГПП}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе ГПП;

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

$W_{\text{трЭС}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе энергосистемы.

$$I_{\text{пот.}} = 15 \times (507146,9 + 813314,6 + 1208631,25) = 37,93 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2} = I_a + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}}; \quad (4.31)$$

$$I_{\Sigma 2} = 0,095 + 3,08 + 3,436 + 58,417 + 37,93 = 102,95 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат по второму варианту:

$$Z_{\text{II}} = E_n \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2}; \quad (4.32)$$

где E_n - нормативный коэффициент сравнительной эффективности

$(E_H=0,15)$;

$$ПЗ_{II} = 0,15 \times 367,292 + 102,95 = 158,04 \text{ млн. тенге.}$$

Составим сводную таблицу 4.1 по всем вариантам.

Таблица 4.1 – Результаты технико-экономического сравнения

Вариант	$U_{\text{НОМ}}$, кВ	K_{Σ} млн.тг.	I_{Σ} млн.тг.	Z млн.тг.
I	110	290,028	64,267	108,02
II	35	367,292	102,95	158,04

По приведенным затратам I вариант имеет меньшее значение, следовательно его выбираем для дальнейшего расчета финансовой эффективности.

4.3 Показатели финансовой эффективности

Рассчитаем показатели финансовой эффективности для инвестиционного проекта по развертыванию электроснабжения по первому варианту.

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 [14].

Допустим, для реализации проекта подрядчик берет деньги у алюминиевого завода поэтому величину ставки дисконтирования принимаем по уровню инфляции - 8%.

Рассчитаем чистую приведенную стоимость (NPV):

$$NPV = \sum_n \frac{CF}{(1+r)^n} - IC, \quad (4.33)$$

где CF – денежный поток;

r – ставка дисконтирования принимаем 8%;

n – количество лет;

IC – инвестиции.

$$CF = A + P, \quad (4.34)$$

где A – амортизация оборудования;
 P – прибыль от производства.

В данной работе у нас нет информации о прибыли завода, поэтому приравняем амортизационные издержки денежному потоку.

$$\begin{aligned} CF &= A. \\ CF &= 48,362 \text{ млн. тенге.} \end{aligned} \quad (4.35)$$

Рассчитаем накопленную величину дисконтированных доходов (PV):

$$PV = \sum_n \frac{CF}{(1+r)^n}, \quad (4.36)$$

где CF –денежный поток;
 r –банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);
 n - количество лет.

Расчёты, приведенные в таблице 4.2, показывают, что накопленная величина дисконтированных доходов составляет 302,112 млн. тенге.

Рассчитаем индекс рентабельности инвестиций (PI):

$$PI = \sum_n \frac{CF}{(1+r)^n} / IC, \quad (4.37)$$

где CF –денежный поток;
 r –банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);
 n - количество лет;
 IC – инвестиции.

$$PI = \frac{302,112}{290,028} = 1,04.$$

Расчёты показывают, что индекс рентабельности инвестиций больше единицы, следовательно, его следует принять.

Логика критерия PI такова: он характеризует доход на единицу затрат. В данном случае на один затраченный тенге приходится 1,04 тенге дохода.

Рассчитаем внутреннюю норму доходности (IRR) — это процентная ставка, при которой чистая приведённая стоимость (NPV) равна 0.

Внутренняя норма доходности равна 12%, что превышает ставку дисконтирования в 8%, следовательно, проект можно принять. Расчет приведен в таблице 4.2

Рассчитаем срок окупаемости инвестиций (PP):

По таблице 4.2 видно, что срок окупаемости с учетом дисконтирования — 9 лет.

Таблица 4.2 – Расчет показателей финансовой эффективности

Ставка дисконтирования 8%			
Год	Денежный поток (млн. тенге)	Инвестиции (млн. тенге)	Нарастающий дисконтированный денежный поток (млн. тенге)
0	48,362	290,028	-290,028
1,000	44,780	0,000	-245,248
2,000	41,463	0,000	-203,786
3,000	38,391	0,000	-165,394
4,000	35,548	0,000	-129,847
5,000	32,914	0,000	-96,933
6,000	30,476	0,000	-66,456
7,000	28,219	0,000	-38,238
8,000	26,128	0,000	-12,109
9,000	24,193	0,000	12,084
10,000	22,401	0,000	34,485
11,000	20,742	0,000	55,227
12,000	19,205	0,000	74,432
Чистая приведенная стоимость 12,084 млн. тенге			
Внутренняя норма доходности 12%			
Накопленная величина дисконтированных доходов 302,112млн. тенге.			

Вывод

1. Срок окупаемости инвестиций данного проекта наступает на 9 год эксплуатации, при этом IRR составляет 12%.
2. Срок окупаемости проекта будет сокращен за счет прибыли, которую возможно получить от реализации электроэнергии алюминиевого завода.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда ремонтно-механического цеха

Алюминиевый завод – одно из современнейших предприятий Казахстана. Виды деятельности и основная продукция: производства и реализации глинозема, а также добычи, переработки и реализации бокситов, известняка, огнеупорных глин, щебня, производства и реализации галлия, сульфата алюминия и других товаров и услуг.

Рассмотрим условия труда ремонтно - механического цеха. В ремонтно - механическом цехе при работе технологического оборудования наблюдаются выделения металлической стружки, пыли, то есть возникает опасность поражения электрическим током.

Рассмотрим некоторые вредные факторы, возникающие при работе в цехе. На промышленных предприятиях при выполнении разнообразных технологических процессов происходит поступление в воздух рабочих помещений различных вредных веществ, а также все возможные шумы. В одних случаях источником их является само технологическое оборудование, в других – вредные выделения образуются при выполнении технологических процессов.

Шум в окружающей человека среде создается многочисленными и разнообразными источниками, к главным из которых можно отнести техническое оборудование промышленных предприятий, вентиляционные, компрессорные установки. Шум, создаваемый промышленными предприятиями, технологическими установками не должен превышать предельно допустимых спектров.

При разработке проектов новых промышленных предприятий производится расчет ожидаемых шумовых полей в местах длительного пребывания людей (акустический расчет) [15].

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 и технических смазок. 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 оборудовании выделяется избыточное тепло.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах, уровень шума, вибрационная нагрузка на оператора, безопасные условия труда работников, использующих видеодисплейные терминалы и персональные электронно-вычислительные машины должны быть обеспечены

удовлетворять требованиям соответствующих нормативных документов, утвержденных в установленном порядке.

Уровень воздействия постоянного магнитного поля, уровень электростатического поля, уровень напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц), уровень напряженности магнитного поля промышленной частоты (50 Гц), уровни воздействия электромагнитных полей радиочастот не должны превышать допустимые уровни (значения), установленные соответствующими нормативными документами, утвержденными в установленном порядке.

Интенсивность ультрафиолетового излучения (облучения) не должна превышать допустимые величины, установленные соответствующими санитарными нормами, утвержденными в установленном порядке.

Физические и химические факторы, сопровождающие работы с ручными инструментами: вибрация, шум, силовые характеристики, эргономические характеристики трудового процесса, температура рукояток, теплопроводность материала рукояток, параметры создаваемого микроклимата, содержание вредных веществ в рабочей зоне не должны превышать установленные гигиенические нормы безопасности ручных инструментов и работ с ними.

Для предотвращения воздействия вредных и опасных факторов на рабочих в ремонтно-механическом цехе обеспечивается проведение паспортизации санитарно-технического состояния подразделений, разрабатываются и выполняются комплексные планы улучшения условий и охраны труда и санитарно-оздоровительные мероприятия. Совместно с руководителями подразделений служба охраны труда организует своевременное испытание, техническое освидетельствование и регистрацию различных установок и механизмов.

5.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда

Акустический расчет ремонтно-механического цеха.

Цех имеет большое количество электроприемников, но для расчета принимаем два вида источников шума, остальными источниками можно пренебречь, так как их уровень звукового давления ниже на 10 дБ более шумных. На рисунке 5.1 показан план цеха с нанесением на него электроприемников, имеющих высокий уровень звукового давления

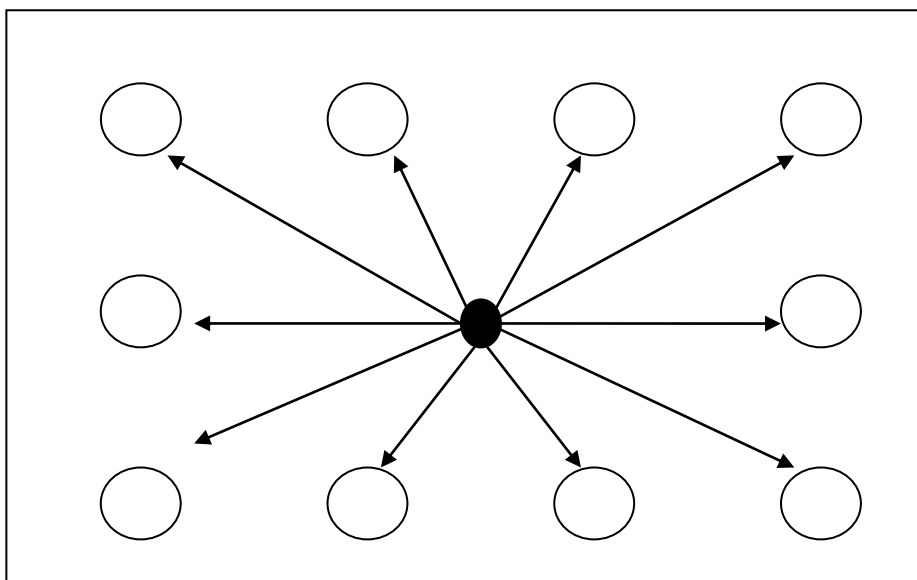


Рисунок 5.1 - план цеха с нанесением на него электроприемников, имеющих высокий уровень звукового давления

Где точка А является расчетной точкой, которая находится в середине помещения между станками на высоте 1,5 м от пола; $r_1 - r_{10}$ – расстояние от акустических центров до расчетной точки.

- Определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для расчетных точек.

В производственном помещении объемом 14400 м^3 размещено 10 источников шума двух типов: 6 – источников одного типа (пресса), обозначаемых ИШ_I (L_{p1}) и 4 – другого (токарные станки и вентилятор), обозначаемых ИШ_{II} (L_{p2}). Уровни звуковой мощности, излучаемой каждым источником приведены в таблице. Расстояние от акустических центров до расчетной точки: $r_1=10 \text{ м}$; $r_2=17,5 \text{ м}$; $r_3=23 \text{ м}$; $r_4=9,5 \text{ м}$; $r_5=11,2 \text{ м}$; $r_6=13 \text{ м}$; $r_7=16 \text{ м}$; $r_8=17,8 \text{ м}$; $r_9=18 \text{ м}$; $r_{10}=20 \text{ м}$. В таблице 5.1 представлены значения уровней звуковой мощности источников шума.

Таблица 5.1 - Уровни звуковой мощности источников шума.

Величина, дБ	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{p1}	83	83	89	89	90	91	90	89
L_{p2}	81	82	83	86	85	84	90	84

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

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta i \times \kappa_i \times \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta i \right), \quad (5.1)$$

где $\Delta i = 10^{0,1 L_{pi}}$

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

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке (т.е. источников, для которых $r_i < 5 r_{min}$ – расстояние от расчетной точки до акустического центра источника);

n – общее количество источников шума в помещении.

χ_r – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния r в м между акустическим центром источника и расчетной точкой к максимальным габаритным размерам L_{max} в м источника шума по графику (показан на рисунке 5.2);

Φ_i – фактор направленности источника шума, безразмерный, определяемый по опытным данным;

S_i – площадь в m^2 воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку.

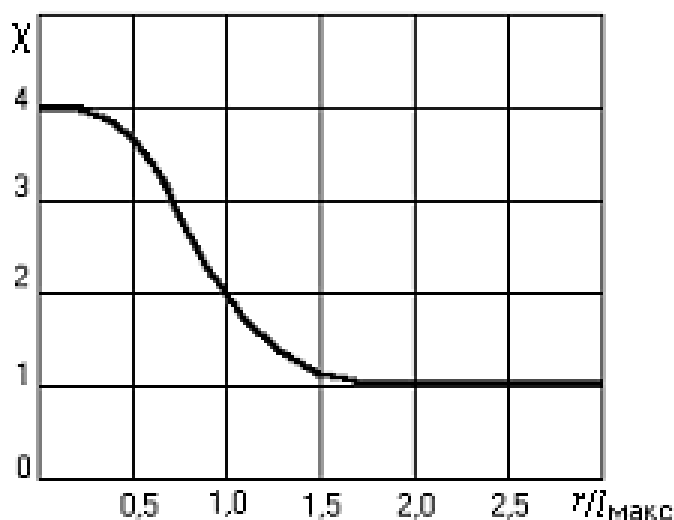


Рисунок 5.2 - Зависимость эмпирического коэффициента $\chi_{от}$ отношения r/l_{max}

Минимальное расстояние от расчетной точки до акустического центра и ближайшего к ней источника $r_{min} = 9,5$ м, $5 r_{min} = 47,5$ м. Общее количество источников шума остается таким же, т. е. 10 электроприемников. Наибольший габаритный размер рассматриваемых источников $l_{max} = 2,3$ м. Следовательно, для всех источников выполняется условие $2 l_{max} < r_{min}$, поэтому можно принять $S_i = 2\pi r^2$. Величина $r_i / l_{max} = 2$, поэтому $k_i = 1$. По формуле определяем суммарные уровни звукового давления $L_{общ}$ в расчетной точке от всех источников шума.

Постоянная помещения определяется по формуле:

$$B = B_{1000}\mu \quad (5.2)$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по таблице в зависимости от объема и типа помещения. Для данного цеха объемом $V=14400 \text{ м}^3$ и небольшим количеством людей.

$$B_{1000} = V/\mu = 14400/20 = 720 \text{ м}^3$$

где μ - частотный множителей, зависящий от объема помещения. Для данного цеха значения μ приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Значение частотного множителя

Объем помещения, м^3	Частотный множитель							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

Затем по формуле определяется требуемое снижение шума:

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_{\text{общ}} - L_{\text{доп}}, \quad (5.3)$$

где $L_{\text{общ}}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от всех источников;

$L_{\text{доп}}$ – допустимый уровень звукового давления для рабочего места, для данного цеха этот уровень приведен в таблице.

В таблице 5.3 приведены допустимы уровни звукового давления

Таблица 5.3 - Допустимые уровни звукового давления.

F, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{доп}}$	99	92	86	83	80	78	76	74

Результаты расчетов по отделению ремонтно-механического цеха сведем в таблицу 5.4.

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

Таблица 5.4 - Расчет шума по отделению ремонтно-механического цеха

№	Величина	Ед. изм.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2		4	5	6	7	8	9	10	11
1	L_{p1}	дБ	83	83	89	89	90	91	90	89
2	L_{p2}	дБ	81	82	83	86	85	84	90	84
3	Δ_1	-	$1,9 \times 10^8$	$1,9 \times 10^8$	8×10^8	8×10^8	10^9	$12,5 \times 10^8$	10^9	8×10^8
4	Δ_2	-	$1,6 \times 10^8$	$1,6 \times 10^8$	$1,9 \times 10^8$	4×10^8	$3,2 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	10^9	$2,5 \times 10^8$
5	$S_1 = 2\pi r_1^2$	m^2	628							
6	$S_2 = 2\pi r_2^2$	m^2	1923							
7	$S_3 = 2\pi r_3^2$	m^2	3322							
8	$S_4 = 2\pi r_4^2$	m^2	566							
9	$S_5 = 2\pi r_5^2$	m^2	787							
10	$S_6 = 2\pi r_6^2$	m^2	1061							
11	$S_7 = 2\pi r_7^2$	m^2	1607							
12	$S_8 = 2\pi r_8^2$	m^2	1989							
13	$S_9 = 2\pi r_9^2$	m^2	2034							
14	$S_{10} = 2\pi r_{10}^2$	m^2	2512							
15	$10^{0,1L_{p1}}/S_1$		3×10^5	3×10^6	$1,3 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$1,9 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$
16	$10^{0,1L_{p1}}/S_2$		$9,8 \times 10^4$	$9,8 \times 10^4$	$4,2 \times 10^5$	$4,2 \times 10^5$	$5,2 \times 10^5$	$6,5 \times 10^5$	$5,2 \times 10^5$	$4,2 \times 10^5$
17	$10^{0,1L_{p1}}/S_3$		$5,7 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	3×10^5	$3,7 \times 10^5$	3×10^5	$2,4 \times 10^5$
18	$10^{0,1L_{p1}}/S_4$		$3,3 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$1,4 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$
19	$10^{0,1L_{p1}}/S_5$		$2,4 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	10^6	10^6	$1,2 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	10^6

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	$10^{0,1Lp1}/S_6$		$1,7 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$	$9,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^6$	$9,4 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$
21	$10^{0,1Lp1}/S_7$		8×10^3	$9,9 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$1,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$6,2 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$
22	$10^{0,1Lp1}/S_8$		$6,5 \times 10^3$	8×10^4	$9,5 \times 10^4$	2×10^5	$1,6 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	5×10^5	$1,2 \times 10^5$
23	$10^{0,1Lp1}/S_9$		$6,3 \times 10^3$	$7,8 \times 10^4$	$9,3 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$4,9 \times 10^8$	$1,2 \times 10^5$
24	$10^{0,1Lp1}/S_{10}$		$5,1 \times 10^3$	$6,3 \times 10^4$	$7,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$9,9 \times 10^4$	$3,9 \times 10^8$	$9,9 \times 10^4$
25	$\Sigma_{пп.}(15 \div 24)$		$1,2 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$	$5,8 \times 10^6$	$2,1 \times 10^7$	$8,2 \times 10^6$	$2,2 \times 10^8$	$5,5 \times 10^6$
26	$B_{ш 1000}$		720							
27	μ		0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0
28	$B_{ш} = B_{ш 1000} \times \mu$		360	360	396	504	720	1152	2160	4320
29	$4 / B_{ш}$		$1,1 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	10^{-2}	$7,9 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^3$
30	$\Sigma 10^{0,1Lp1} = 6 \times 10^{0,1Lp1}$		$11,4 \times 10^8$	$11,4 \times 10^8$	$4,8 \times 10^9$	$4,8 \times 10^9$	6×10^9	$7,5 \times 10^9$	6×10^9	$4,8 \times 10^9$
31	$\Sigma 10^{0,1Lp1} = 4 \times 10^{0,1Lp2}$		$5,2 \times 10^7$	$6,4 \times 10^8$	$7,6 \times 10^8$	$1,6 \times 10^9$	$1,2 \times 10^9$	10^9	4×10^9	10^9
32	$\Sigma_{пп.}(30+31)$		$11,9 \times 10^8$	$17,8 \times 10^8$	$5,6 \times 10^9$	$6,7 \times 10^9$	$7,2 \times 10^9$	$8,5 \times 10^9$	10^{10}	$5,8 \times 10^9$
33	$\Pi_{пп.}(29 \times 32)$		$1,3 \times 10^7$	$1,9 \times 10^7$	$5,6 \times 10^7$	$5,2 \times 10^7$	$3,9 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$	$5,2 \times 10^6$
34	$\Sigma_{пп.}(25+33)$		$1,4 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$6,1 \times 10^7$	$5,7 \times 10^7$	6×10^7	$3,6 \times 10^7$	4×10^7	$1,1 \times 10^7$
35	$L_{общ} = 10 \lg(\Pi.34)$		71,4	73,2	77,8	77,5	77,7	75,5	76	70,4
36	$L_{доп}$		99	92	86	83	80	78	76	74
37	$\Delta L_{тр} = L_{общ} - L_{доп}$		-27,6	-18,8	-8,2	-5,5	-2,3	-2,5	0	-3,6

5.3 Разработка зануления низковольтного оборудования

Ремонтно механический цех получает электроэнергию от трансформаторной подстанции, в которой установлен трансформатор мощностью 1000 кВА. Самый удаленный электроприемник – зубошлифовальный станок (мощность 13 кВт). Его питание осуществляется от ШРА-2, с использованием кабеля АВВГ-(3x185)+(1x95), от ШРА-2 до электроприемника используется АВВГ (4x4). Длина кабеля от ТП до ШРА-2, $L_1 = 25$ м; длина шинопровода ШРА-2, $L_2 = 40$ м; длина провода от ШРА-2 до электроприемника, $L_3 = 6$ м.

Питание электроприборов внутри помещения осуществляется от трехфазной сети напряжением 380 В и частотой 50 Гц с использованием автоматов токовой защиты. Схема замещения показана на рисунке 5.3.

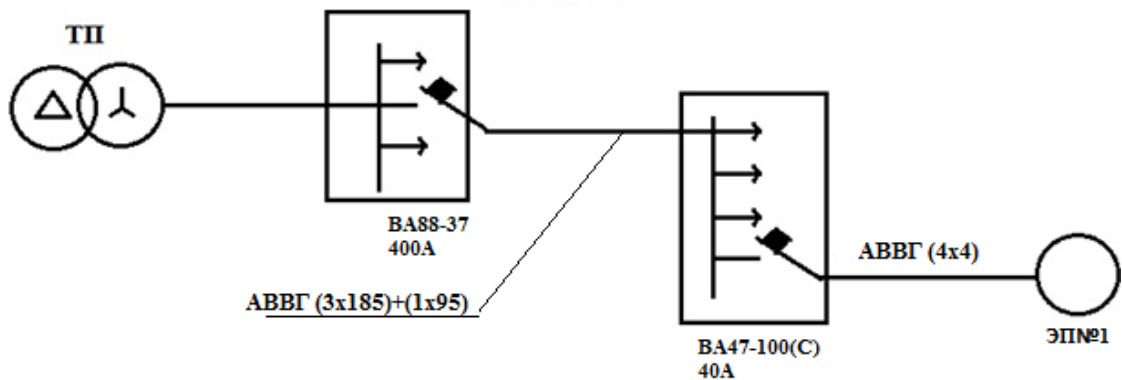


Рисунок 5.3 - Схема замещения

Определим токи нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}; \quad (5.4)$$

$$I_p = \frac{13}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 23,9 \text{ А.}$$

$$I_{\text{пуск}} = K_p \cdot I_p; \quad (5.5)$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 23,9 = 119,5 \text{ А.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА47-100(С) (40А).

Определим полное сопротивление элементов цепи:

а) сопротивление трансформатора для группы соединения

$$\Delta/Y_0 - 11: Z_T = 27 \text{ мОм};$$

б) сопротивление кабельной линии от ШРА-2 до ЭП-1 (АВВГ(4х4) $L_1=10\text{м}$):

$$Z_{\text{пФ-0}} = 7,41 \text{ Ом/км};$$

$$Z_{\text{КЛ-1}} = Z_{\text{пФ-0}} \cdot L_1 = 7,41 \cdot 0,01 = 0,074 \text{ Ом}.$$

в) сопротивление кабельной линии от ТП до ШРА-2 (АВВГ(3х185)+(1х95) $L_2=25\text{м}$):

$$Z_{\text{пФ-0}} = 0,32 \text{ Ом/км};$$

$$Z_{\text{КЛ-2}} = Z_{\text{пФ-0}} \cdot L_2 = 0,32 \cdot 0,025 = 0,008 \text{ Ом}.$$

Определим токи КЗ:

$$I_{\text{к1}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{м}}/3 + Z_{\text{КЛ-1}} + Z_{\text{КЛ-2}}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,074 + 0,008} = 2,4 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к2}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{м}}/3 + Z_{\text{КЛ-2}}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,008} = 12,9 \text{ кА}.$$

Определим кратность тока:

$$\frac{I_{\text{к1}}}{I_{\text{нАВТ}}} = \frac{2,4 \text{ кА}}{40} = 61,7;$$

$$\frac{I_{\text{к2}}}{I_{\text{нАВТ}}} = \frac{12,9 \text{ кА}}{40} = 322,5.$$

условие $I_{\text{кз}} \geq I_{\text{н}} \cdot K$, где $K_{\text{а}} = 1,25$;

$$2,4 \text{ кА} > 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ А};$$

$$12,9 \text{ кА} > 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ А}.$$

Условие выполняется, следовательно, автоматический выключатель сработает в случае короткого замыкания.

Определение времени срабатывания аппарата защиты: автомата-принимается из справочника. В данном случае время отключения аппарата защиты равно 0,16 секунд.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$$U_{k1} = I_{k1} \cdot R_{KL-1} = 2,4 \cdot 0,042 = 100,8 \text{ В},$$

$$R_{KL-1} = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,028 \cdot 6}{4} = 0,042 \text{ Ом},$$

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

S - сечение жилы, мм^2 ;

L - длина проводника, м.

$$U_{k2} = I_{k2} \cdot R_{KL-2} = 12,9 \cdot 0,007 = 90,3 \text{ В};$$

$$R_{KL-2} = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,028 \cdot 25}{95} = 0,007 \text{ Ом}.$$

Ток, проходящий через тело человека, равен

$$I_{h1} = \frac{U_{k1}}{R_h} = \frac{100,8}{1000} = 100,8 \text{ мА};$$

$$I_{h2} = \frac{U_{k2}}{R_h} = \frac{90,3}{1000} = 90,3 \text{ мА}.$$

Такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия 0,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя не превышает допустимых величин.

Заключение

Тема моего дипломного проекта: «Электроснабжение алюминиевого завода». Исходными данными к проекту послужили: генеральный план, установленные мощности по цехам.

В дипломном проекте расчет электрических нагрузок был произведен методом упорядоченных диаграмм, расчетная мощность по заводу составила на напряжении 0,4 кВ 29694,8 кВА. Руководствуясь указаниями по компенсации реактивной мощности было принято 13 цеховых трансформаторов, которые были установлены в 6 двухтрансформаторных подстанций и 1 однострансформаторные подстанции.

Далее в дипломном проекте было произведено технико-экономическое сравнение вариантов электроснабжения, были рассмотрены два варианта: первый вариант на напряжении 110 кВ, второй вариант на напряжении 35 кВ. Технико-экономическое сравнение вариантов показало, что наиболее экономичным является 1 вариант на напряжении 110 кВ.

Так же в дипломном проекте был произведен выбор оборудования и кабельной продукции на напряжении выше 1000 В. Были выбраны: отделители, короткозамкатели, разрядники, элегазовые выключатели 10 кВ, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения питающие кабели от ГПП до цеховых ТП.

В специальной части был рассмотрен монтаж электрооборудования в цехах и промышленных предприятиях. Для упрощения и удобства, я воспользовался программой «Эксперт - СКС», которая предназначена для проектирования кабельных систем здания.

В экономической части были рассмотрены:

- цель разработки проекта электроснабжения алюминиевого завода;
- Выбор схемы электроснабжения на сравнительном анализе и показателях финансовой эффективности.

Перечень сокращений и обозначений

БК	- батареи конденсаторов
ВБК	- высоковольтные батареи конденсаторов
ВН	- высокое напряжение
ГПП	- главная понизительная подстанция
ДРЛ	- дуговая ртутная лампа
ИС	- источник света
КЗ	- короткое замыкание
КРУ	- комплектное распределительное устройство
ЛЛ	- люминесцентные лампы
ЛЭП	- линия электропередач
НБК	- низковольтные батареи конденсаторов
НН	- низкое напряжение
ОПН	- ограничитель перенапряжения
ОУ	- осветительная установка
РП	- распределительный пункт
СД	- синхронный двигатель
СН	- среднее напряжение
ТП	- трансформаторная подстанция

Список литературы

1. Статистический ежегодник Казахстана. –<http://stat.kz>.
2. В.Н. Радкевич. «Проектирование систем электроснабжения». Минск, 2001.
3. Справочник по проектированию электроснабжения Барыбин Ю.Г.
4. Каталог электродвигателей. ELGroup SIEMENS. http://www.roel-etc.ru/cgi/mcgi/mot_cat.cgi?producer=8&series=%D1%D2%C4
5. Элегазовые выключатели 110 кВ. http://www.aes.by/_oid199.html
6. Разъединители серии РГ. <http://www.pandia.ru/text/77/464/26853.php>
7. Ограничители перенапряжений. <http://www.razrad.sp.ru/opn.html>
8. Энергетика Оборудование Документация. Каталог выключателей. <http://forca.ru/v/sobi2Task,sobi2Details/catid,0/sobi2Id,128/>
9. Уральский завод трансформаторных технологий. Каталог разъединителей <http://www.uztt.ru/razyediniteli>
10. Энерготехнический сервис. <http://ets63.net/>
11. ExpertSoft. Эксперт-СКС. <http://www.expertsoft.ru/poect-cab-sistem/sks#>.
12. Правила устройства электроустановок: Библия электрика: ПУЭ (шестое и седьмое издания, все действующие разделы МПОТ, ПТЭ. - Новосибирск: .Сиб. Унив. Изд-во. 2010
13. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта по дисциплине «Экономика отрасли». Жакупов А.А., Хижняк Р.С. Алматы - 2008
14. Алюминиевая промышленность. Википедия. Свободная энциклопедия
15. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Н.Г.Алешинская, П.Л.Виленский, В.И.Волков. Москва - 2004.
16. Охрана окружающей среды. Под редакцией проф. С.В.Белова. Москва «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 2004.
17. Правила устройств электроустановок. М.,-2001
18. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений /Б.И. Кудрин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2005.
19. Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.
20. Киреева Э.А. и др. электроснабжение цехов промышленных предприятий. – М.: НТФ Энергопрогресс, Энергетик, 2003