

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ЭЭП
Бакенов К.А. к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
« » 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

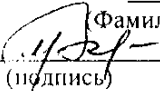
На тему: Электроснабжение агломерационной фабрики

Специальность 5В071800 – Электроэнергетика


Выполнил (а) Ковальчук А.В. ЭЭП-10-3
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Казанина И.В., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

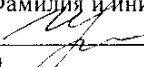
Консультанты:
по экономической части:

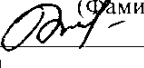
Валиева Л.Ш., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 «28» мая 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

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

по применению вычислительной техники:

Казанина И.В., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 «28» мая 2014 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Живаева О.П., старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 «30» мая 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Выюнник А.Ю., зам. начальника сборочного цеха ТОО «Релейная защита и автоматика»
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта
Студент Ковальчук Антон Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение агломерационной фабрики

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «26» мая 2014г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Питание агломерационной фабрики может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 115/37/10 кВ. Мощность короткого замыкания на стороне 115 кВ равна 900 МВА. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от подстанции энергосистемы до фабрики 5,5 км. Фабрика работает в три смены.

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

1. Технологический процесс агломерации; 2. Расчет электрических нагрузок по агломерационной фабрике; 3. Выбор схемы внешнего электроснабжения; 4. Выбор высоковольтного оборудования 10-110 кВ; 5. Выбор кабельных линий 10 кВ; 6. Монтаж электрооборудования цеха дробления; 7. Безопасность жизнедеятельности; 8. Экономическая часть

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Генеральный план агломерационной фабрики;
2. Однолинейная схема электроснабжения агломерационной фабрики;
3. Генеральный план цеха дробления;
4. Однолинейная схема электроснабжения и монтажная схема цеха дробления;
5. Распределительный щит Prisma Plus G IP 55 большой габарит 4 ряда;
6. Щит освещения Prisma Plus G IP 55 малый габарит 2 ряда.

Рекомендуемая основная литература

1. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. М. 2012.;
2. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан 2012г.;
3. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: учебник/ Виленский П.Л., В.Н. Лившиц: Дело, 2009г. – 204с.;
4. Технология электромонтажных работ. Нестеренко В.М., Мысьянов А.М. М.: Академия 2004г.
5. Безопасность жизнедеятельности. Ред. С.В. Белов. Учебник для техникумов и вузов. - М.: Высшая школа, 2004;
6. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. Сибикин Ю.Д., 2006.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов


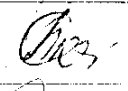
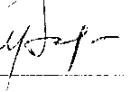
Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Применение ЭВМ	Казанина И.В.	14.10.2013- 24.02.2014	
Безопасность жизнедеятельности	Санатова Т.С.	01.04.2014- 07.04.2014	
Экономическая часть	Валиева Л.Ш.	28.04.2014- 05.05.2014	

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Технологический процесс агломерации	14.10.13- 21.10.13	Выполнен
2	Расчет электрических нагрузок по агломерационной фабрике	11.11.13- 15.11.13	Выполнен
3	Выбор варианта схемы внешнего электроснабжения фабрики	20.11.13- 22.11.13	Выполнен
4	Выбор высоковольтного оборудования	02.12.13- 05.12.13	Выполнен
5	Особенности процесса дробления	20.01.14- 27.01.14	Выполнен
6	Расчет электрических нагрузок по цеху дробления	10.02.14- 19.02.14	Выполнен
7	Монтаж электрооборудования цеха дробления	17.03.14- 20.03.14	Выполнен
8	Безопасность жизнедеятельности	02.04.14- 07.04.14	Выполнен
9	Экономическая часть	05.05.14- 08.05.14	Выполнен
10	Оформление чертежей	14.05.14- 19.05.14	Выполнен

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

Заведующий кафедрой

_____ (подпись)

(Бакенов К.А.)
(Фамилия и инициалы)

Руководитель

_____ (подпись)

(Казанина И.В.)
(Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент

_____ (подпись)

(Ковальчук А.В.)
(Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобаның негізгі мақсаты, ол агломерациялық фабриканы оптималды электроқамтамасыз етуін таңдау. Дипломдық жобаның мазмұнына келесі сұрақтар кіреді: технологиялық процесстің сипаттамасы, электриялық жүктеменің есептелінуі, қоректену системасын таңдау және таралуы, электриялық жүктеменің орталығын таңдау, токтың қысқа мерзімге тұйықталуының есептеу және құрал-жабдықтарды тексеру, электроқамтамасыз етуінің тізбегінің әзірлеу, ұсақталу цехтің электромонтажы, еңбектік шартының анализі және оларды жақсарту үшін шаралар есептеуі.

Аннотация

Целью данного дипломного проекта является выбор оптимального электроснабжения агломерационной фабрики. 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 цеха дробления и расчет мероприятий по улучшению условий труда.

Annotation

The aim of the diploma project is the selection of an optimal supply agglomeration plant. The contents of the project includes the following questions: the description of technological process, account of electrical capacities, choice of the power supply system and distribution, determination the center of electrical capacities, account of currents of short circuit and check of the equipment, development of the circuit of electro supply, wiring of the crushing plant, the analysis of working conditions and calculation of activities for improvement them.

Содержание

Введение	7
1 Технологический процесс производства агломерационной фабрики	8
1.1 Особенности процесса агломерации	8
1.2 Исходные данные	10
2 Расчет электрических нагрузок по агломерационной фабрике	11
2.1 Расчет осветительной нагрузки	11
2.2 Расчет электрических нагрузок по фабрике	11
2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4кВ	12
2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу	14
2.5 Выбор схемы внешнего электроснабжения	17
2.6 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП	30
2.7 Выбор выключателей 10кВ	32
2.8 Выбор кабелей отходящих линий	37
2.9 Выбор выключателей нагрузок на ТП	42
2.10 Выбор автоматических выключателей на ТП	42
2.11 Выбор трансформаторов тока	42
2.12 Выбор трансформаторов напряжения	46
2.13 Выбор шин ГПП	47
2.14 Выбор изоляторов ГПП	48
3 Монтаж электрооборудования цеха дробления	49
3.1 Особенности процесса дробления	49
3.2 Расчет электрических нагрузок цеха дробления	50
3.3 Расчет осветительной нагрузки	51
3.4 Выбор оборудования	55
3.5 Расчет токов короткого замыкания	60
3.6 Проверка оборудования по отключающей способности	65
3.7 Проектирование распределительных щитов с помощью программы Rapsodie	66
3.8 Технология монтажа электрооборудования цеха дробления	69
4 Безопасность жизнедеятельности	72
4.1 Анализ условий труда цеха дробления	72
4.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда	73
4.3 Разработка сети зануления цеха дробления	80
5 Экономическая часть	83
5.1 Цель разработки проекта	83
5.2 Выбор вариантов снабжения	83
5.3 Показатели финансовой эффективности	88
Заключение	90
Перечень сокращений и обозначений	91
Список литературы	92
Приложение А	93

Введение

На современном этапе, невозможно представить ни одну отрасль человеческой деятельности без электричества, будь то коммунально-бытовое хозяйство или крупный промышленный объект.

Электроэнергетика является наиболее важной отраслью теплоэнергетического комплекса, что объясняется такими преимуществами электроэнергии перед другими видами энергии, как относительная лёгкость передачи на большие расстояния, распределения между потребителями, а также преобразования в другие виды энергии (механическую, тепловую, химическую, световую и др.). Самыми крупными потребителями электрической энергии являются промышленные предприятия.

Из-за увеличения потребности в сырье и материалах развитие промышленности неустанно набирает темп. С этой целью строятся новые заводы различного направления и различных производственных мощностей. Для нормального функционирования промышленных предприятий требуется большая электрическая мощность, так как большинство промышленных установок нуждаются в большом количестве электрической энергии.

Рационально выполненная современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований. Системы электроснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать: экономичность, надежность электроснабжения, безопасность и удобство эксплуатации, качество электрической энергии, гибкость системы (возможность дальнейшего развития), максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей, а также должны предусматриваться кратчайшие сроки выполнения строительно-монтажных работ.

Цель дипломной работы заключается в рассмотрении схем электроснабжения агломерационной фабрики и выборе наиболее оптимальной схемы внешнего электроснабжения.

Задачами дипломной работы в связи с указанной целью являются:

1. анализ технологии производства;
2. расчет электрических нагрузок фабрики;
3. разработка схемы внешнего электроснабжения,
4. выбор оптимального варианта схемы внешнего электроснабжения фабрики;
5. выбор высоковольтного (10-110кВ) оборудования;
6. выбор сечения и марки провода питающей линии электропередачи;
7. выбор сечения и марки кабельных линий внутри фабрики, для питания цеховых подстанции.

1 Технологический процесс производства агломерационной фабрики

1.1 Особенности процесса агломерации

В технологический процесс металлургического завода входит процесс агломерации, то есть подготовка добытой руды к дальнейшей переработке.

Агломерационные фабрики обычно входят в состав завода или находятся от него на небольшой удаленности. Это обусловлено снижением затрат на транспортировку готового агломерата на завод, для дальнейшей его переработки и получения готового сырья. С учетом больших запасов горнорудного материала в подземном пространстве и увеличением промышленных мощностей, а также использование усовершенствованных методов добычи руды, строительство агломерационных фабрик является достаточно перспективным направлением развитием производства конечных продуктов потребления.

Агломерационное производство является одним из начальных этапов металлургического цикла. Результатом этого производства является спекаемый агломерат, который представляет собой шихту, в состав которой входят: железная руда, коксовая мелочь (крупность не более 3 мм), антрацитовый штыб (до 3 мм), тощий уголь (до 3 мм), известняк (до 3 мм), известь и возврат (бракованный мелкий агломерат размерами до 5 мм, возвращаемый в шихту для повторного спекания).[10]

В соответствии с требованиями доменного производства агломерат должен обладать следующими металлургическими свойствами: высокой механической прочностью при низких и высоких температурах, низкой истираемостью, минимальным содержанием мелочи 0-5мм, высокой восстановимостью, высокой температурой начала размягчения, узким температурным интервалом размягчения, максимальным содержанием железа, основностью, обеспечивающей вывод сырого известняка из доменной шихты, стабильностью химического состава.

Требования к качеству агломерата излагаются в нормативно-технических документах – стандартам предприятия, технических условиях и технических требованиях на продукцию, действующих на данный период, характеризуются показателями, зависящими от условий работы предприятия.

Все шихтовые материалы, поступающие на фабрику, должны соответствовать техническим условиям и иметь паспорт (сертификат) с указанием качества и массы в каждом вагоне или партии вагонов.

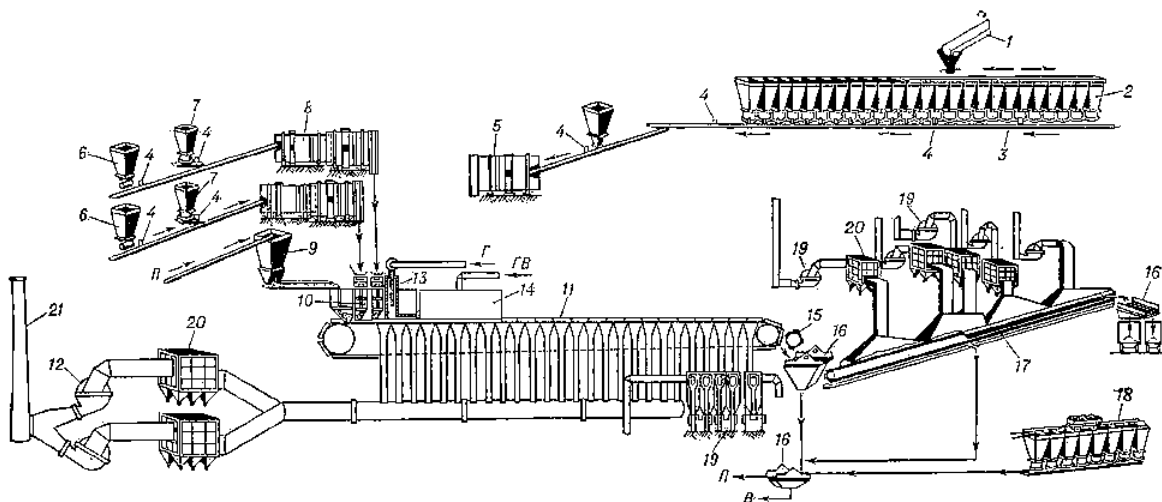
С целью проверки соответствия качества сырья паспортным данным все поступающие материалы и топливо проверяются представителями аглофабрики, как путем визуального просмотра (замусоренность посторонними предметами, кусковатость для флюсов, наличие отстоявшейся воды в концентрате), так и путем отбора представительных проб для

определения влажности и химического состава – не менее 10% каждого вида сырья ежемесячно.

Спекание агломерата осуществляется в специальных агломашинах, которые выдают агломерат в виде пирога. Очевидно, что дальнейшее использование агломерата в таком виде невозможно. С этой целью, непосредственно за агломашинами, устанавливают дробильное оборудование, которое измельчает пирог агломерата до необходимых размеров.

Процесс спекания агломерата ведется в соответствии с технологической картой. Скорость движения агломашин регулируется в зависимости от вертикальной скорости спекания с таким расчетом, чтобы процесс спекания закончился на последней вакуум-камере зоны спекания, с последующим охлаждением агломерата на 15-ти вакуум-камерах. Для получения максимальной производительности агломашин необходимо использовать полную мощность эксгаустера.

Технологическая схема агломерационной фабрики представлена на рисунке 1.1.



- 1 - конвейер для подачи шихтовых материалов со склада или из приёмных бункеров;
- 2 - бункера шихтового отделения; 3 - конвейер; 4 - весы; 5 - смесительный барабан;
- 6 - бункера шихты спекательного отделения; 7 - бункера топлива;
- 8 - смеситель-окомкователь; 9 - бункер постели; 10 - распределитель-укладчик шихты;
- 11 - агломерационная машина; 12 - эксгаустер; 13 - горн; 14 - камера горячего воздуха;
- 15 - дробилка; 16 - грохот; 17 - охладитель; 18 - приёмные бункера возврата;
- 19 - дымососы; 20 - мультициклоны; 21 - дымовая труба; Г - газ; ГВ - горячий воздух;
- П - материал для защиты колосников от действия высокой температуры (постель);
- В - возврат.

Рисунок 1.1 - Технологическая схема агломерационной фабрики

Агломерационные фабрики, как и все промышленные объекты, являются весьма крупными потребителями электрической энергии.

Агломерационная фабрика относится к потребителям второй категории с некоторыми электроприемниками первой категории. В Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) указано, что для потребителей первой категории

перерыв в электроснабжении недопустим из-за значительного ущерба выпускаемой продукции, повреждения оборудования, нарушение технологического процесса. На агломерационной фабрике, к потребителям первой категории можно отнести цех агломерации и цех эксгаустеров. Перерыв в электроснабжении данных цехов не должен превышать времени срабатывания системы автоматического ввода резерва (АВР). Помимо двух независимых источников питания, которые присоединены к энергосистеме, для потребителей первой категории должен быть предусмотрен дизельный генератор, так же с системой автоматического запуска.[2]

Все остальные цеха относятся к потребителям второй категории, в ПУЭ регламентируется время отключения на период отыскания неисправности или выполнения переключения на резервный ввод оперативным персоналом.

1.2 Исходные данные

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 115/37/10 кВ. Мощность короткого замыкания на стороне 115 кВ равна 900 МВА. Трансформаторы работают отдельно. Расстояние от подстанции энергосистемы до фабрики 5,5 км. Фабрика работает в три смены.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки по фабрике

Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность	
		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1 Цех агломерации	220	1-45	4100
2 Механический цех	39	4-50	350
3 Шихтовые бункера	32	10-80	700
4 Насосная	8	80-130	700
5 Тракт возврата	22	1-45	160
6 Цех первичного смешивания	33	1-42	400
7 Цех эксгаустеров:			
А) 0,4кВ	35	10-30	600
Б) СД 10кВ	4	1000	4000
8 Приемные бункера топлива	25	10-50	420
9 Материальный склад	32	10-40	230
10 Административный корпус	30	10-20	260
11 Цех измельчения топлива и чугунной стружки			
А) 0,4кВ	45	1-40	700
Б)СД 10кВ	4	800	3200
12 Гараж	25	1-15	90
13 Котельная	42	1-50	500
14 Цех дробления	46	10-100	1000

2 Расчет электрических нагрузок по агломерационной фабрике

2.1 Расчет осветительной нагрузки

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия производим упрощенным методом по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса.[3]

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 приложение А, таблицу А.1 - Расчет осветительной нагрузки по агломерационной фабрике.

2.2 Расчет электрических нагрузок по фабрике

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 представлены в приложении А таблица А.2 - Расчет силовой нагрузки напряжением 0,4кВ по агломерационной фабрике.

Для построения картограммы нагрузок предприятия используются формулы:[3]

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{m \cdot \pi}} \quad \alpha = \frac{P_{p0}}{P_p} \cdot 360^\circ \quad (2.4)$$

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:[3]

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

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.[4]

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 6236,15 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 4403,3 \text{ кВАр};$$

$$S_{p0,4} = 7576,3 \text{ кВА}.$$

Агломерационная фабрика относится ко 2 категории потребителей, фабрика работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 630$ кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:[3]

$$N_{т \min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{6236,15}{0,8 \times 630} = 12,4 + 0,6 = 13,$$

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.

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:[3]

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

где m – дополнительное число трансформаторов.

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

$$Z_{п/ст}^* = 0,5; k_3 = 0,8; N_{min} = 13; \Delta N = 0,6.$$

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 , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле:[3]

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{HT} \times K_3^2) - P_{p0,4}^2} = \sqrt{(13 \times 630 \times 0,8)^2 - 6236,15^2} = 2009,8 \text{ кВар.}$$

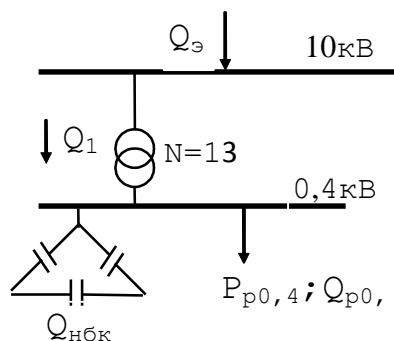


Рисунок 2.1 – Схема замещения

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{нбк1}$:[3]

$$Q_{нбк1} + Q_1 = Q_{p0,4}, \quad (2.7)$$

Отсюда

$$Q_{\text{нбк } 1} = Q_{\text{p } 0,4} - Q_1 = 4403,3 - 2009,8 = 2393,5 \text{ кВАр.}$$

Дополнительная мощность $Q_{\text{нбк}2}$ НБК для данной группы трансформаторов определяется по формуле:[3]

$$Q_{\text{нбк } 2} = Q_{\text{p } 0,4} - Q_{\text{нбк } 1} - \gamma \times N_{\text{Тэ}} \times S_{\text{HT}} \quad (2.8)$$

Принимаем для простоты $Q_{\text{нбк}2} = 0$,

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{\text{нбк тп}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{Тз}}} = \frac{2393,5}{13} \approx 185 \text{ кВАр.}$$

Принимаем батарею конденсаторов типа: УКЛН-0,38-200-150УЗ

На основании расчетов, полученных в данном пункте составляется таблица 2.1 - Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 2.1 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ ТП	№ цехов	Pr 0,4	Qp 0,4	Sp 0,4	Kз
ТП1 (2x630) S _H =2x630=1260кВА Q _{нбк} =2x200=400кВАр итого	2,6,10,13	973,86	672,29		
			-400		
		973,86	272,29	1011,2	0,8
ТП2-4 (5x630) ΣS _H =5x630=3150кВА Q _{нбк} =5x200=1000кВАр итого	1,5,8	2417,8	1774,82		
			-1000		
		2417,8	774,82	2538,9	0,8
ТП5 (2x630) ΣS _H =2x630=1260кВА Q _{нбк} =2x200=400кВАр итого	7,14	943,81	643,4		
			-400		
		943,81	243,4	974,7	0,79
ТП6 (2x630) ΣS _H =2x630=1260кВА Q _{нбк} =2x200=400кВАр итого	3,4	955,49	734,23		
			-400		
		955,49	343,23	1012,3	0,8
ТП6 (2x630) ΣS _H =2x630=1260кВА Q _{нбк} =2x200=400кВАр итого	9,11,12	942,14	578,46		
	Освещ.		-400		
		942,14	178,46	958,9	0,76

2.4. Уточненный расчет электрических нагрузок по фабрике

Определение потерь мощности в ТП

Выбираем трансформаторы ТСЗ-630-10/0,4. Паспортные данные трансформатора: $U_B=10\text{кВ}$, $U_H=0,4\text{кВ}$, $\square P_{xx}=1,31\text{кВт}$, $\square P_{кз}=8,5\text{кВт}$, $\square_{xx}=2\%$, $U_{кз}=5,5\%$

Произведем расчет потерь в ТП по формулам:[3]

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

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (I_{xx} + U_{кз} \cdot K_3^2) \cdot n \cdot S_{номтр} \quad (2.10)$$

По исходным данным и по формулам (2.9-2.10) произведем расчеты:

ТП-1: $K_3=0,8$, $N=2$;

$$\Delta P_m = (1,31 + 8,5 \cdot 0,8^2) \cdot 2 = 12,2\text{кВт};$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (0,02 \cdot 630 + 0,055 \cdot 630 \cdot 0,8^2) \cdot 2 = 64,2\text{кВАр}.$$

ТП-2-4: $K_3=0,8$, $N=5$;

$$\Delta P_m = (1,31 + 8,5 \cdot 0,8^2) \cdot 5 = 33,75\text{кВт};$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (0,02 \cdot 630 + 0,055 \cdot 630 \cdot 0,8^2) \cdot 5 = 173,88\text{кВАр}.$$

ТП-5: $K_3=0,79$, $N=2$;

$$\Delta P_m = (1,31 + 8,5 \cdot 0,79^2) \cdot 2 = 12,14\text{кВт};$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (0,02 \cdot 630 + 0,055 \cdot 630 \cdot 0,79^2) \cdot 2 = 63,8\text{кВАр}.$$

ТП-6: $K_3=0,8$, $N=2$;

$$\Delta P_m = (1,31 + 8,5 \cdot 0,8^2) \cdot 2 = 12,2\text{кВт};$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (0,02 \cdot 630 + 0,055 \cdot 630 \cdot 0,8^2) \cdot 2 = 64,2\text{кВАр}.$$

ТП-7: $K_3=0,76$, $N=2$;

$$\Delta P_m = (1,31 + 8,5 \cdot 0,76^2) \cdot 2 = 11,93\text{кВт};$$

$$\Delta Q_m = 0.01 \cdot (0,02 \cdot 630 + 0,055 \cdot 630 \cdot 0,76^2) \cdot 2 = 63,15\text{кВАр}.$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{1-13} = 12,2 + 33,75 + 12,14 + 12,2 + 11,93 = 82,32 \text{ кВт};$$

$$\Sigma Q_{1-13} = 64,2 + 173,88 + 63,8 + 64,2 + 63,15 = 429,23 \text{ кВАр}.$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей.

Расчет параметров СД 7-го цеха.[4]

$$P_{н\text{СД}} = 1000 \text{ кВт}; N_{\text{СД}} = 4; \kappa_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД, тип СДН-10-1000:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times \kappa_3 = 1000 \times 4 \times 0,85 = 3400 \text{ кВт}.$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 3400 \times 0,9 = 3060 \text{ кВАр}.$$

Для компенсации реактивной мощности на стороне ВН используем СД 11-го цеха. $P_{н\text{СД}} = 800 \text{ кВт}; N_{\text{СД}} = 4; \kappa_3 = \beta = 0,85.$

Определим расчетные мощности для СД, тип СДН-10-800:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times \kappa_3 = 800 \times 4 \times 0,85 = 2720 \text{ кВт}.$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 2720 \times 0,9 = 2448 \text{ кВАр}.$$

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

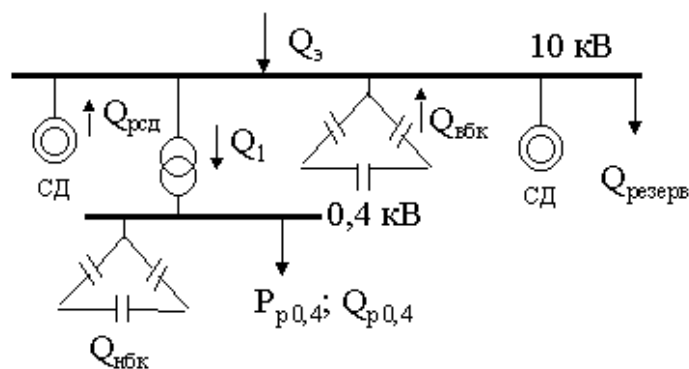


Рисунок 2.2 – Схема замещения

Резервная мощность:

$$Q_{рез} = 0,1 \times \Sigma Q_{расч} = 0,1 \times (Q_{р0,4} + \Delta Q_T) = 0,1 \times (4403,3 + 428,16) = 483,15 \text{ кВАр}.$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_3 = 0,23 \times \Sigma P_p = 0,23 \times (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{сд}) = 0,23 \times (6173,7 + 3400 + 2720) = 2827,55 \text{ кВАр.}$$

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{\text{рез}} - Q_3 - Q_{сд} - Q_{\text{НБК}} = \\ = 4403,3 + 483,15 - 2850 - 2827,55 + 3060 - 2448 = -179,1 \text{ кВАр.}$$

Установка ВБК не требуется.

Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу приведен в приложении А таблица А.4 - Уточненный расчет нагрузок по фабрике.

2.5 Выбор схемы внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлено два трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность короткого замыкания на стороне 115 кВ равна 900 МВА. Расстояние от подстанции до фабрики 5,5 км. Завод работает в три смены. Стоимость электроэнергии 20 тг/кВтч. Завод работает в три смены.

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

1. I вариант – ЛЭП 110 кВ;
2. II вариант – ЛЭП 35 кВ.
3. III вариант – ЛЭП 10 кВ.

2.5.1 Первый вариант схемы снабжения

Первый вариант схемы внешнего электроснабжения агломерационной фабрики представлен на рисунке 2.3.

Выбираем электрооборудование по первому варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{12293^2 + 2827,55^2} = 12614,7 \text{ кВА.}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 10000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_{\text{н}}} = \frac{12614,7}{2 \cdot 10000} = 0,63.$$

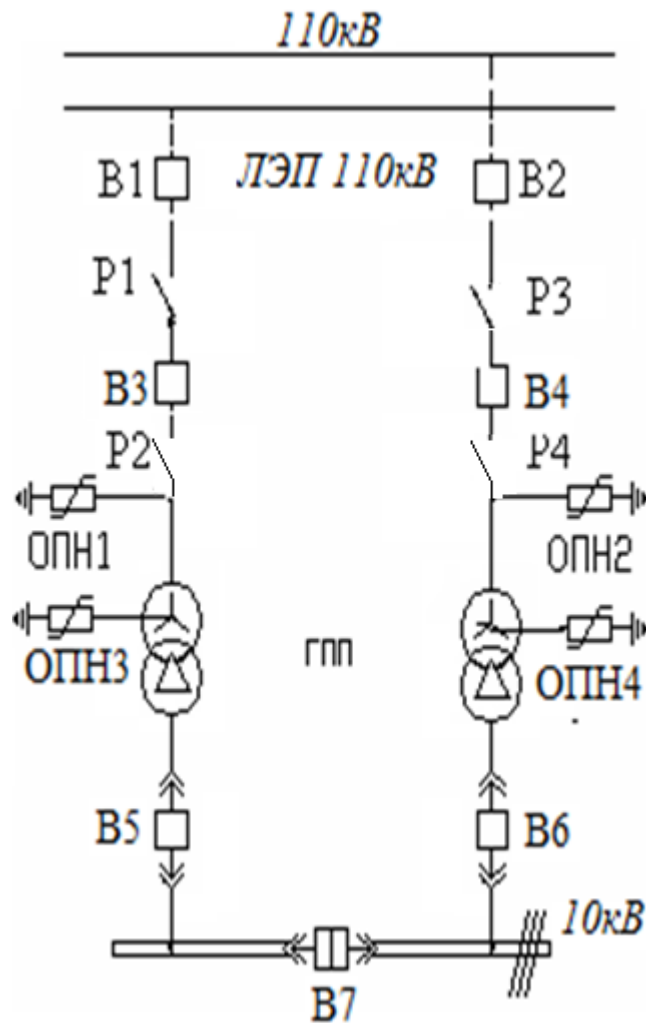


Рисунок 2.3 - Первый вариант схемы электроснабжения

Паспортные данные трансформатора:[5]

Тип трансформатора ТДН –10000/115/10,5;

$S_H=10000$ кВА, $U_{BH}=115$ кВ, $U_{HH}=10,5$ кВ, $\Delta P_{XX}=10$ кВт, $\Delta P_{K3}=58$ кВт, $U_{K3}=10,5\%$, $I_{XX}=0,9\%$.

Потери мощности в трансформаторах:[3]

активной:

$$\Delta P_{mznn} = 2 \cdot (P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (10 + 58 \cdot 0,63^2) = 66,15 \text{ кВт.}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{mznn} = 2 \cdot (I_{XX} \cdot S_H + U_{K3} \cdot S_H \cdot K_3^2) = 2 \cdot \left(\frac{0,9}{100} \cdot 10000 + \frac{10,5}{100} \cdot 10000 \cdot 0,63^2 \right) = 1013,5 \text{ кВар.}$$

Потери энергии в трансформаторах.

При трехсменном режиме работы $T_{BKЛ}=6000$ ч. $T_{MAKC}=6000$ ч.

Тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4592 \text{ ч.}$$

Потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta W = 2(\Delta P_{\text{xx}} \times T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \times \tau \times K_3^2) = 2(10 \times 6000 + 58 \times 4592 \times 0,63^2) = 331417,517 \text{ кВтч.}$$

Линия электропередачи – 110 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:[4]

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{\text{мгн}}\right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(12293,7 + 66,15)^2 + 2827,55^2} = 12679,15 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{12679,15}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 31,8 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:[3]

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 31,8 = 63,6 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{31,8}{1,1} = 28,96 \text{ мм}^2,$$

где $j=1,1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_M=6000 \text{ ч}$ и алюминиевых проводах.

Принимаем по условию коронирования провод АС–70/11 с $I_{\text{доп}}=265 \text{ А}$. [6]

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}} = 265 \text{ А} > I_p = 31,8 \text{ А.}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times I_{\text{доп}} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 63,6 \text{ А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 31,8^2 \cdot 0,42 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4592 = 64360,5 \text{ кВтч},$$

где $r_0=0,42$ Ом/км - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 70 мм^2 , $l=5,5$ км - длина линии.

Выбор выключателей и разъединителей на $U=110$ кВ.

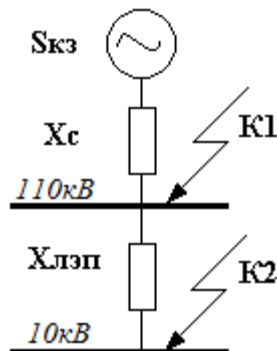


Рисунок 2.4 – Схема замещения

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

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

$$x_c = S_6 / S_{кз} = 1000/900 = 1,1 \text{ о.е.},$$

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

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,444 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,184 \text{ о.е.}$$

$$Ik1 = \frac{I_6}{X_c} = \frac{5,02}{1,1} = 4,6 \text{ кА};$$

$$iy1 = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik1 = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 4,6 = 11,03 \text{ кА};$$

$$Ik = \frac{I_6}{X_c + X_L} = \frac{5,02}{1,1 + 0,184} = 3,9 \text{ кА};$$

$$iy = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik2 = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 3,9 = 9,35 \text{ кА}.$$

Выбираем выключатели В1 и В2
Выключатель АВВ LTB 145D1/В:[7]

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

$$I_{ном}=2000A > I_{ав}=63,2A;$$

$$I_{откл}=40кА > I_{к1}=4,6кА;$$

$$I_{пред}= 40кА > i_y=11,03кА.$$

Выбираем разъединители Р1-4
Разъединитель АВВ SGF-123E:[7]

$$U_p=110кВ= U_n=110кВ;$$

$$I_{ном}=1600A > I_{ав}=63,2A;$$

$$I_{терм}=40кА > I_{к1}=3,9кА;$$

$$I_{дин}=80кА > i_y=9,35кА.$$

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

$$U_p=110кВ= U_n=110кВ;$$

$$I_{ном}=2000A > I_{ав}=63,2A;$$

$$I_{откл}=40кА > I_{к1}=3,9кА;$$

$$I_{пред}= 40кА > i_y=9,35кА.$$

Выбираем ограничители перенапряжений АВВ PEXLIM-R.[7]

Расчет затрат на первый вариант.

Затраты на выключатели В1-4:

$$K_{В1-4}=4 \times 6,475 \text{млн. тенге} = 25,9 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-4}=4 \times 3,33 \text{млн. тенге} = 13,32 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-4:

$$K_{ОПН1-4}=4 \times 1,48 \text{млн. тенге} = 5,92 \text{ млн. тенге}$$

Затраты на трансформаторы ГПП:

$$K_{тр ГПП}=2 \times 74 \text{млн.тенге} = 148 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{об} = K_{В1-4} + K_{Р1-4} + K_{ОПН1-4} + K_{тр ГПП} = 25,9 + 13,32 + 5,92 + 148 = 193,14 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд}=4,44 \text{ млн.тенге/км.}$$

$$K_{ЛЭП}=L \times K_{уд}=5,5 \times 4,44=24,42 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные затраты на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1}=K_{об}+K_{ЛЭП}=193,14+24,42=217,56 \text{ млн.тенге}$$

Определим издержки

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП}=0,025 \times K_{ЛЭП}=0,025 \times 24,42=0,61 \text{ млн. тенге}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{а ЛЭП}=0,02 \times K_{ЛЭП}=0,02 \times 24,42=0,48 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс об}=0,03 \times K_{об}=0,03 \times 193,14=5,79 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{а об}=0,063 \times K_{об}=0,063 \times 193,14=12,16 \text{ млн. тенге.}$$

Стоимость потерь:

$$\text{Ипот.}=C_0 \times (W_{трпп}+W_{ЛЭП})=20 \times (331417,517+64360,5)=7,9 \text{ млн.тенге}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1}=I_{а}+I_{пот}+I_{э}=0,61+0,48+5,79+12,16+7,9=26,9 \text{ млн.тенге.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_1=0,15 \times K_{\Sigma 1}+ I_{\Sigma 1}=0,15 \times 217,56+26,9.=59,6 \text{ млн.тенге.}$$

2.5.2 Второй вариант схемы снабжения

Схема второго варианта электроснабжения фабрики представлена на рисунке 2.5.

Выбираем электрооборудование по второму варианту.

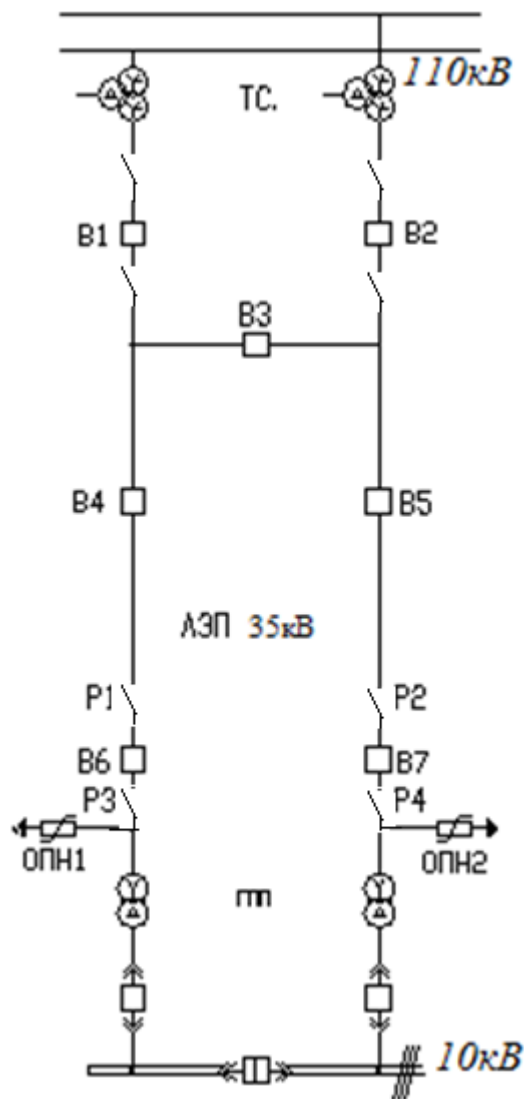


Рисунок 2.5 - Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{12293^2 + 2827,55^2} = 12614,7 \text{ кВА.}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 10000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{12614,7}{2 \cdot 10000} = 0,63$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип трансформатора ТДНС-10000/35;[5]

$S_H = 10000$ кВА, $U_{BH} = 35$ кВ, $U_{HH} = 10,5$ кВ, $\Delta P_{XX} = 12,5$ кВт, $\Delta P_{K3} = 60$ кВт,
 $U_{K3} = 8\%$, $I_{XX} = 0,9\%$.

Потери мощности в трансформаторах:
активной:

$$\Delta P_{\text{ТГШ}} = 2 \cdot (12,5 + 60 \cdot 0,63^2) = 72,6 \text{ кВт.}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{\text{тгшн}} = 2 \cdot \left(\frac{0,8}{100} \cdot 10000 + \frac{8}{100} \cdot 10000 \cdot 0,63^2 \right) = 795,04 \text{ кВАр.}$$

Потери энергии в трансформаторах.

$$\Delta W = 2(12,5 \times 6000 + 60 \times 4592 \times 0,63^2) = 368707,8 \text{ кВтч.}$$

Линия электропередачи -35 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(12293,7 + 72,6)^2 + 2827,55^2} = 12685,7 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{12685,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 37} = 99,1 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 99,1 = 198,2 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{99,1}{1,1} = 90,1 \text{ мм}^2,$$

где $j=1,1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_m=6000 \text{ ч}$ и алюминиевых проводах.

Принимаем провод АС -95/29 с $I_{\text{доп}}=330 \text{ А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}}=330 \text{ А} > I_p=99,1 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 330 = 429 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 198,2 \text{ А}.$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot 99,1^2 \cdot 0,162 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4592 = 241089,4 \text{ кВтч},$$

где $r_0 = 0,162$ Ом/км - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 95 мм^2 , $l = 5,5 \text{ км}$ - длина линии.

Паспортные данные трансформаторов энергосистемы.

Тип ТДТН -40000/115:

$S_{\text{н}} = 40000$ кВА, $U_{\text{вн}} = 115 \text{ кВ}$, $U_{\text{сн}} = 37 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}} = 10,5 \text{ кВ}$, $U_{\text{квс}} = 11\%$, $U_{\text{квн}} = 22\%$, $U_{\text{кcn}} = 10,5\%$, $I_{\text{хх}} = 0,9\%$, $P_{\text{хх}} = 34 \text{ кВт}$, $P_{\text{кз}} = 170 \text{ кВт}$.

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2 \cdot S_{\text{н}}} = \frac{12562,9}{2 \cdot 40000} = 0,16.$$

Потери энергии в трансформаторах.

$$\Delta W = 2(34 \times 6000 + 170 \times 4592 \times 0,16^2) = 223984,384 \text{ кВтч}.$$

Выбор выключателей и разъединителей на $U = 35 \text{ кВ}$. Перед выбором аппаратов составим схему замещения рисунок 2.6 и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

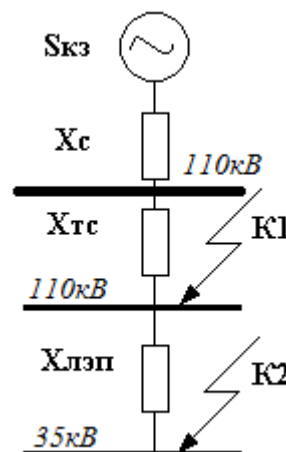


Рисунок 2.6 – Схема замещения

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

$$x_c = 1,1 \text{ о.е.},$$

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

$$X_{л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{ср}^2} = 0,414 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000}{37^2} = 1,66 \text{ о.е.};$$

$$X_{mm} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,63 \text{ о.е.}$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c + X_{mc}} = \frac{15,6}{1,1 + 2,63} = 4,2 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 4,2 = 10,07 \text{ кА};$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_{mc} + X_{л}} = \frac{15,6}{1,1 + 2,63 + 1,66} = 2,9 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 2,9 = 6,95 \text{ кА}.$$

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 $2 \times 20 = 40$ МВА.

$$I_{AB} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2 \cdot 20}{\sqrt{3} \cdot 37} = 624,2 \text{ А}.$$

Выключатель АВВ ОНВ-36:[7]

$$U_p = 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 1250 \text{ А} > I_{ав} = 624,2 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 4,2 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 40 \text{ кА} > i_y = 10,07 \text{ кА};$$

$$I_{терм} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 4,2 \text{ кА};$$

$$\gamma_2 = \frac{I_a}{I_H} = \frac{127,5}{1000} = 0,13.$$

Выключатель секционный В3 АВВ ОНВ-36:[7]

$$U_p = 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 1250 \text{ А} > I_{ав} = 312,1 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 4,2 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 40 \text{ кА} > i_y = 10,07 \text{ кА};$$

$$I_{терм} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 4,2 \text{ кА};$$

$$\gamma_2 = \frac{I_a}{I_H} = \frac{63,75}{1000} = 0,063.$$

Выключатель В4-7 АВВ ОНВ-36:[7]

$$U_p = 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 1250 \text{ А} > I_{ав} = 127,5 \text{ А};$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 4,2 \text{ кА};$$

$$I_{пред} = 40 \text{ кА} > i_y = 6,95 \text{ кА};$$

$$I_{терм} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 2,9 \text{ кА};$$

Разъединитель Р1-4 NPS:[7]

$$U_p = 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_p = 127,5 \text{ А};$$

$$I_{дин} = 10 \text{ кА} > i_y = 6,95 \text{ кА};$$

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

ОПН1-2: Ограничители перенапряжений АВВ MWK.[7]

Расчет затрат на второй вариант.
Затраты на выключатели В1 и В2:

$$K_{В1-2} = 2 \times \gamma_2 \times K_B = 2 \times 0,13 \times 11,1 = 2,886 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-4} = 4 \times K_P = 4 \times 3,7 = 14,8 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на выключатель В3:

$$K_{В3} = \gamma_3 \times K_B = 0,063 \times 11,1 = 0,69 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на выключатели В4-7:

$$K_{В4-7} = 4 \times K_B = 4 \times 11,1 = 44,4 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{ОПН1-2} = 2 \times K_{опн} = 2 \times 1,29 = 2,58 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на трансформаторы ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}}=2 \times K_{\text{Т}}=2 \times 55,5=111 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на трансформаторы энергосистемы:

$$K_{\text{трЭС}}=2 \times \gamma_1 \times K_{\text{трЭС}}=2 \times 0,16 \times 166,5=53,28 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{\text{об}}=K_{\text{В1-2}}+K_{\text{Р1-4}}+K_{\text{В3}}+K_{\text{В4}}+K_{\text{ОПН1-2}}+K_{\text{трЭС}}+K_{\text{Т ГПП}}=2,886+14,8+0,69+44,4+2,58+111+53,28=229,636 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}}=4,625 \text{ млн. тенге/км.}$$
$$K_{\text{ЛЭП}}=1 \times L \times K_{\text{уд}}=5,5 \times 4,625=25,43 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные затраты на оборудование второго варианта:

$$K_{\Sigma 2}=K_{\text{об}}+K_{\text{ЛЭП}}=229,636+25,43=255,06 \text{ млн. тенге.}$$

Определим издержки:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}}=0,028 \times K_{\text{ЛЭП}}=0,028 \times 25,43=0,71 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}}=0,024 \times K_{\text{ЛЭП}}=0,024 \times 25,43=0,61 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}}=0,02 \times K_{\text{об}}=0,02 \times 229,636=4,6 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{\text{а об}}=0,043 \times K_{\text{об}}=0,043 \times 229,636=9,87 \text{ млн. тенге.}$$

Стоимость потерь:

$$\text{Ипот.}=\text{Со} \times (\text{W}_{\text{тр ГПП}}+\text{W}_{\text{ЛЭП}}+\text{W}_{\text{трЭС}})=20 \times (368707,8+241089,4+223984,384)=16,7 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2} = 0,71 + 0,61 + 4,6 + 9,87 + 16,7 = 32,49 \text{ млн. тенге.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_{\Pi} = 0,15 \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2} = 0,15 \times 255,06 + 32,49 = 70,75 \text{ млн. тенге.}$$

2.5.3 Третий вариант электроснабжения

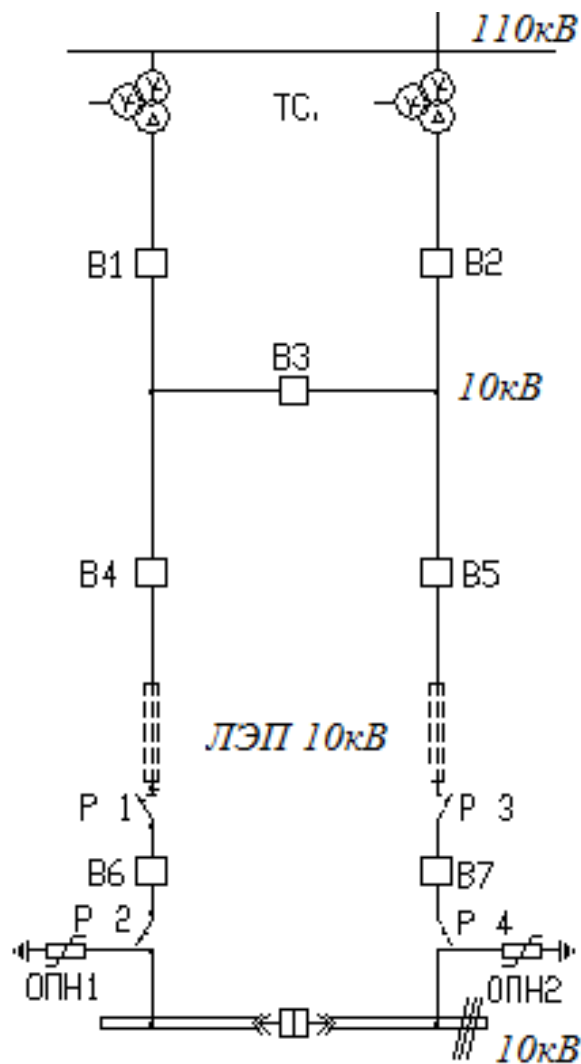


Рисунок 2.7 - Третий вариант схемы электроснабжения

Линия электропередачи – 10кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S = \sqrt{12293^2 + 2827,55^2} = 12614,7 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{12614,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 345,8 \text{ A.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times 345,8 = 691,6 \text{ A.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{345,8}{1,1} = 314,35 \text{ мм}^2$$

Для выполнения данной передачи электроэнергии необходимо использовать 3хАС 120/12, что конструктивно невозможно, следовательно данный вариант электроснабжения невозможен.[2]

Составим сводную таблицу по всем вариантам.

Таблица 2.2 - Результаты ТЭР

Вариант	U _{ном} , кВ	K _Σ млн.тг.	I _Σ млн.тг.	З млн.тг.
I	110	217,56	26,9	59,6
II	35	253,6	32,4	70,44

Выбираем I вариант, так как по всем показателям он оказался более ВЫГОДНЫМ.

2.6 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП

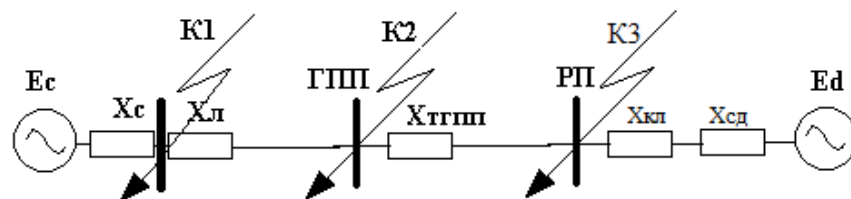


Рисунок 2.8 – Схема замещения

Для цеха эксгаустеров СД (4х1000=4000кВт), СДН-10-1000:

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; x_c = 1,1 \text{ о.е.}; U_6 = 10,5 \text{ кВ.}$$

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

$$X_{Л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_б}{U_{ср}^2} = 0,444 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,184 \text{ о.е.}$$

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

Ток короткого замыкания от системы на шинах ГПП:[3]

$$I_{К-3} = \frac{I_б}{X_c + X_{ГПП} + X_{Л}} = \frac{55}{1,1 + 10,5 + 0,184} = 4,66 \text{ кА.}$$

Мощность СД равна 1111,1кВА.

$$X_d = X_d^{II} \cdot \frac{S_б}{N \cdot S_n} = 0,2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{2 \cdot 1111,1} = 90 \text{ о.е.}$$

$$I_{нсд} = \frac{S_{нсд} \cdot K_з}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1111,1 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 51,9 \text{ А}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.[6]

$$F' = \frac{I_{нсд}}{j_э} = \frac{51,9}{1,4} = 37,07 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_n} = 12 \cdot 4,66 \cdot \sqrt{0,4} = 37,36 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АСБ-10-(3x50) с $I_{доп}=147 \text{ А}$, $X_{уд}=0,09 \text{ Ом/км}$.

$$X_{к1} = L \cdot X_{уд} \cdot \frac{S_б}{N \cdot U_{ср}^2} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot \frac{1000}{2 \cdot 10,5^2} = 0,12 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от СД:

$$I_{кСД} = \frac{E_{сд} \cdot I_б}{X_{кЛ} + X_{сд}} = \frac{1,1 \cdot 55}{0,12 + 90} = 0,67 \text{ кА.}$$

Для цеха измельчения топлива СД (4x800=3200кВт), СДН-10-800:

Мощность СД равна 888,89 кВА.

$$X_d = 0,2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{2 \cdot 888,89} = 112,4 \text{ o.e.}$$

$$I_{нсд} = \frac{888,89 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 41,6 \text{ A.}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$F_{\text{э}} = \frac{41,6}{1,4} = 29,7 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 4,66 \cdot \sqrt{0,4} = 37,36 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АВВГ-10-(3x50) с $I_{\text{доп}}=121 \text{ A}$, $X_{\text{уд}}=0,09 \text{ Ом/км}$.

$$X_{к1} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot \frac{1000}{2 \cdot 10,5^2} = 0,12 \text{ o.e.}$$

Ток короткого замыкания от СД:

$$I_{кСД} = \frac{1,1 \cdot 55}{0,12 + 112,4} = 0,54 \text{ кA.}$$

Суммарный ток КЗ в точке К-3:

$$I_{\text{к}\Sigma} = I_{\text{кСС1-2}} + I_{\text{кСС3-4}} + I_{\text{к-3}} = 0,67 + 0,54 + 4,66 = 5,87 \text{ кA.}$$

Суммарный ударный ток в точке К-3:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к}\Sigma} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,87 = 14,9 \text{ кA.}$$

2.7 Выбор выключателей 10кВ

Вводные выключатели:

Расчетный ток:

$$I_{\text{P}} = \frac{S_{\text{p}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}} = \frac{12685,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 349,18 \text{ A.}$$

Аварийный ток:

$$I_{\text{ав}} = 2 \times I_{\text{p}} = 2 \times 349,18 = 698,36 \text{ A.}$$

Принимаем выключатель ABB ADVAC-10:[7]

Таблица 2.3 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =1200А	I _{ав} =698,36А
I _{откл} =25 кА	I _{кз} =5,87кА
I _{терм} =25 кА	I _у =14,9кА
I _{дин} =25 кА	I _у =14,9кА
Электромагнитный привод	

Секционный выключатель: через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, аварийный ток, проходящий через выключатель: I_{ав}=349,18А.

Принимаем выключатель ABB ADVAC-10:

Таблица 2.4 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =349,18 А
I _{откл} =25 кА	I _{кз} =5,87кА
I _{терм} =25 кА	I _у =14,9кА
I _{дин} =25 кА	I _у =14,9кА
Электромагнитный привод	

Линия ГПП-ТП-1:

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} = \sqrt{(895,37 + 12,2)^2 + (302,33 + 64,2)^2} = 978,8 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{978,8}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 26,94 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times 26,94 = 53,88 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель ABB ADVAC-10, проверка выключателя приведена в таблице 2.5.

Линия ГПП-ТП-2-4:

$$S_p = \sqrt{(2467,21 + 33,75)^2 + (524,82 + 173,88)^2} = 2596,72 \text{ кВА.}$$

Таблица 2.5 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
$U_n=10 \text{ кВ}$ $I_{ном}=630 \text{ А}$ $I_{откл}=25 \text{ кА}$ $I_{терм}=25 \text{ кА}$ $I_{откл}^2 \cdot t_{срв}=250 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U=10 \text{ кВ}$ $I_{ав}=53,88 \text{ А}$ $I_{кз}=5,87 \text{ кА}$ $i_y=14,9 \text{ кА}$ $I_{кз}^2 \cdot t_{срз}=13,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Электромагнитный привод	

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{2596,72}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 71,47 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times 71,47 = 142,95 \text{ А}$$

Принимаем выключатель ABB ADVAC-10:

Таблица 2.6 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
$U_n=10 \text{ кВ}$ $I_{ном}=630 \text{ А}$ $I_{откл}=25 \text{ кА}$ $I_{терм}=25 \text{ кА}$ $I_{откл}^2 \cdot t_{срв}=250 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U=10 \text{ кВ}$ $I_{ав}=142,95 \text{ А}$ $I_{кз}=5,87 \text{ кА}$ $i_y=14,9 \text{ кА}$ $I_{кз}^2 \cdot t_{срз}=13,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Электромагнитный привод	

Линия ГПП-ТП-5:

$$S_p = \sqrt{(926,2 + 12,44)^2 + (243,4 + 65,23)^2} = 988,08 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{988,08}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,19 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times 27,19 = 54,38 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель АBB ADVAC-10, , проверка выключателя приведена в таблице 2.7.

Линия ГПП-ТП-6:

$$S_p = \sqrt{(915,6 + 11,68)^2 + (297,43 + 62,13)^2} = 994,55 \text{кВА.}$$

Таблица 2.7 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =54,38А
I _{откл} =25 кА	I _{кз} =5,87кА
I _{терм} =25 кА	i _y =14,9кА
I _{откл} ² ·t _{срв} =250кА ² ·с	I _{кз} ² ·t _{срз} =13,8кА ² ·с
Электромагнитный привод	

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{994,55}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,37 \text{А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times 27,37 = 54,74 \text{А.}$$

Принимаем выключатель АBB ADVAC-10:

Таблица 2.8 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =54,74А
I _{откл} =25 кА	I _{кз} =5,87кА
I _{терм} =25 кА	i _y =14,9кА
I _{откл} ² ·t _{срв} =250кА ² ·с	I _{кз} ² ·t _{срз} =13,8кА ² ·с
Электромагнитный привод	

Линия ГПП-ТП-7:

$$S_p = \sqrt{(887,3 + 11,93)^2 + (178,5 + 63,15)^2} = 931,13 \text{кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{931,13}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 25,62 \text{А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times 25,62 = 51,26 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель АВВ ADVAC-10:

Таблица 2.9 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные	Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ I _{ном} =630А I _{откл} =25 кА	U=10 кВ I _{ав} =51,26А I _{кз} =5,87кА	I _{терм} =25 кА I _{откл} ² ·t _{срв} =250кА ² ·с	i _у =14,9кА I _{кз} ² ·t _{срз} =13,8кА ² ·с
Электромагнитный привод			

Линия ГПП-СД1 (цех эксгаустеров):

$$S_{нсд} = \frac{P_{нсд}}{\cos \varphi} = \frac{1000}{0,9} = 1111,1 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_{нсд} = \frac{S_{нсд} \cdot K_z}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1111,1 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 51,9 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель АВВ ADVAC-10:

Таблица 2.10 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ I _{ном} =630А I _{откл} =25 кА I _{терм} =25 кА I _{откл} ² ·t _{срв} =250кА ² ·с	U=10 кВ I _р =51,9А I _{кз} =5,87кА i _у =14,9кА I _{кз} ² ·t _{срз} =13,8кА ² ·с
Электромагнитный привод	

Линия ГПП-СД2 (цех измельчения топлива):

$$S_{нсд} = \frac{P_{нсд}}{\cos \varphi} = \frac{800}{0,9} = 888,89 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток:

$$I_{нсд} = \frac{S_{нсд} \cdot K_z}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{888,89 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 41,6 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель АВВ ADVAC-10, проверка данного выключателя приведена в таблице 2.11.

Таблица 2.11 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _р =41,6А
I _{откл} =25 кА	I _{кз} =5,87кА
I _{терм} =25 кА	i _у =14,9кА
I _{откл} ² ·t _{срв} =250кА ² ·с	I _{кз} ² ·t _{срз} =13,8кА ² ·с
Электромагнитный привод	

2.8 Выбор кабелей отходящих линий.

Условия выбора кабелей:[3]

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

ГПП-ТП-1:

$$S_{\text{р}}=978,8\text{кВА}; I_{\text{ав}}=53,88\text{А}; I_{\text{р}}=26,94\text{А}.$$

$$F_{\text{эк}} = \frac{26,94}{1,4} = 19,24\text{мм}^2;$$

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 5,87 \cdot \sqrt{0,6} = 54,56\text{мм}^2.$$

Выбираем кабель АСБ-10-(3х70) с $I_{\text{доп}}=178\text{А}$.^[6]

$$I_{\text{доп}}=178 \times 0,75=133,5\text{А} > I_{\text{р}}=26,94\text{А}.$$

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

$$1,3 \times I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ав}}. ; 1,3 \times 133,5\text{А}=173,55\text{А} \geq 53,88\text{А}.$$

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

$$\Delta U = \frac{895,37 \cdot 0,42 \cdot 0,21 + 302,33 \cdot 0,086 \cdot 0,21}{10} = 8,44\text{В} = 0,00844\text{кВ};$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%;$$

$$\Delta U \% = \frac{0,00844}{10} \cdot 100\% = 0,0844\%.$$

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

$$5\% \geq 0,0844\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3х70).

ГПП-ТП-2-4:

$$S_p = 2596,72 \text{ кВА}; I_{\text{ав}} = 142,95 \text{ А}; I_p = 71,47 \text{ А}/$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3х70) с $I_{\text{доп}} = 178 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}} = 178 \times 0,75 = 133,5 \text{ А} > I_p = 71,47 \text{ А}.$$

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

$$1,3 \times I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ав}}. ; 1,3 \times 133,5 \text{ А} = 173,55 \text{ А} \geq 142,95 \text{ А}.$$

$$\Delta U = \frac{2467,21 \cdot 0,42 \cdot 0,26 + 524,82 \cdot 0,086 \cdot 0,26}{10} = 28,1 \text{ В} = 0,028 \text{ кВ};$$

$$\Delta U \% = \frac{0,028}{10} \cdot 100\% = 0,28\%.$$

$$5\% \geq 0,28\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3х70).

ТП-2-ТП-3:

$$S_p = 995,4 \text{ кВА}; I_{\text{ав}} = 115 \text{ А}; I_p = 57,5 \text{ А}.$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3х70) с $I_{\text{доп}} = 178 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}} = 178 \times 0,9 = 160,2 \text{ А} > I_p = 57,5 \text{ А}.$$

где $K_p = 0,9$ – поправочный коэффициент при числе кабелей в траншее
N=2.

$$1,3 \times I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ав}}. ; 1,3 \times 160,2 \text{ А} = 208,26 \text{ А} \geq 115 \text{ А}.$$

$$\Delta U = \frac{965,5 \cdot 0,42 \cdot 0,042 + 202,76 \cdot 0,086 \cdot 0,042}{10} = 1,8B = 0,0018kB;$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0018}{10} \cdot 100\% = 0,018\%.$$

$$5\% \geq 0,018\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3x70).

ТП-3-ТП-4:

$$S_p=497,7кВА; I_{ав}=57,4А; I_p=28,7А.$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3x70) с $I_{доп}=178А$.

$$I_{доп}=178 \times 1 = 178А > I_p=28,7А.$$

где $K_p=1$ – поправочный коэффициент при числе кабелей в траншее $N=1$.

$$1,3 \times I_{доп} \geq I_{ав} ; 1,3 \times 178А = 231,4А \geq 57,4А/$$

$$\Delta U = \frac{452,9 \cdot 0,42 \cdot 0,042 + 95,1 \cdot 0,086 \cdot 0,042}{10} = 0,8B = 0,0008kB;$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0008}{10} \cdot 100\% = 0,008\%.$$

$$5\% \geq 0,008\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3x70).

ГПП-ТП-5:

$$S_p=988,08кВА; I_{ав}=54,38А; I_p=27,19А.$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3x70) с $I_{доп}=178А$.

$$I_{доп}=178 \times 0,75 = 133,5А > I_p=27,19А.$$

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

$$1,3 \times I_{доп} \geq I_{ав} ; 1,3 \times 133,5А = 173,55А \geq 54,38А.$$

$$\Delta U = \frac{926,2 \cdot 0,42 \cdot 0,28 + 243,4 \cdot 0,086 \cdot 0,28}{10} = 11,5B = 0,0115кВ;$$

$$\Delta U\% = \frac{0,0115}{10} \cdot 100\% = 0,115\%.$$

$$5\% \geq 0,115\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3х70).

ГПП-ТП-6:

$$S_p=994,55кВА; I_{ав}=54,74А; I_p=27,37А.$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3х70) с $I_{доп}=178А$.

$$I_{доп}=178 \times 0,75=133,5А > I_p=27,37А.$$

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

$$1,3 \times I_{доп} \geq I_{ав} ; 1,3 \times 133,5А=173,55А \geq 54,74А.$$

$$\Delta U = \frac{915,6 \cdot 0,42 \cdot 0,12 + 297,48 \cdot 0,086 \cdot 0,12}{10} = 5B = 0,005кВ;$$

$$\Delta U\% = \frac{0,005}{10} \cdot 100\% = 0,05\%.$$

$$5\% \geq 0,05\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ -10-(3х70).

ГПП-ТП-7:

$$S_p=931,13кВА; I_{ав}=51,26А; I_p=25,62А.$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3х70) с $I_{доп}=178А$.

$$I_{доп}=178 \times 0,75=133,5А > I_p=25,62А.$$

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

$$1,3 \times I_{доп} \geq I_{ав} ; 1,3 \times 133,5А=173,55А \geq 51,26А.$$

$$\Delta U = \frac{887,3 \cdot 0,42 \cdot 0,24 + 178,5 \cdot 0,086 \cdot 0,24}{10} = 9,31B = 0,00931кВ;$$

$$\Delta U \% = \frac{0,00931}{10} \cdot 100\% = 0,0931\%.$$

$$5\% \geq 0,0931\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3х70).
ГПП-СД1(цех эксгаустеров):

$$S_p = 1111,1 \text{ кВА}; I_p = 51,9 \text{ А}.$$

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{51,9}{1,4} = 37,07 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{min}} = 12 \cdot 5,87 \cdot \sqrt{0,6} = 54,56 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АСБ -10-(3х70) с $I_{\text{доп}} = 178 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}} = 178 \times 0,75 = 133,5 \text{ А} > I_p = 51,9 \text{ А}.$$

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

$$\Delta U = \frac{850 \cdot 0,42 \cdot 0,27 + 765 \cdot 0,086 \cdot 0,27}{10} = 11,42 \text{ В} = 0,01142 \text{ кВ};$$

$$\Delta U \% = \frac{0,0115}{10} \cdot 100\% = 0,1142\%.$$

$$5\% \geq 0,1142\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3х70).

ГПП-СД2(цех измельчения топлива): $S_p = 888,89 \text{ кВА}; I_p = 41,6 \text{ А}$.
Выбираем кабель АСБ -(3х70) с $I_{\text{доп}} = 178 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}} = 178 \times 0,75 = 133,5 \text{ А} > I_p = 41,6 \text{ А}.$$

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

$$\Delta U = \frac{680 \cdot 0,42 \cdot 0,27 + 612 \cdot 0,086 \cdot 0,27}{10} = 9,13 \text{ В} = 0,00913 \text{ кВ};$$

$$\Delta U \% = \frac{0,00913}{10} \cdot 100\% = 0,0913\%.$$

$$5\% \geq 0,0913\%.$$

Условия выполняются, окончательно принимаем кабель АСБ-10-(3x70)
Результаты выбора занесем в таблицу 2.12.

Таблица 2.12 – Кабельный журнал

Наименование участка	S _p , кВА	N	Кп	Нагрузка		По экон. пл. тока, мм ²		По току КЗ, мм ²		Выбранный кабель	I _{доп} , А	ΔU, %
				I _p , А	I _{ав} , А	j _э	F _{э,2} , мм ²	I _к , кА	F _{к,2} , мм ²			
ГПП-ТП-1	978,8	6	0,75	26,94	53,88	1,4	19,24	5,87	54,56	2xАСБ(3x70)	178	0,084
ГПП-ТП-2-4	2596,72	6	0,75	71,47	142,95	1,4	51,05	5,87	54,56	2xАСБ(3x70)	178	0,28
ТП-2-ТП-3	995,4	2	0,9	57,5	115	1,4	41,07	5,87	54,56	2xАСБ(3x70)	178	0,018
ТП-3-ТП-4	497,7	1	1	28,7	57,4	1,4	20,5	5,87	54,56	АСБ(3x70)	178	0,008
ГПП-ТП-5	988,08	6	0,75	27,19	54,38	1,4	19,42	5,87	54,56	2xАСБ(3x70)	178	0,115
ГПП-ТП-6	994,55	6	0,75	27,39	54,74	1,4	19,55	5,87	54,56	2xАСБ(3x70)	178	0,05
ГПП-ТП-7	931,13	6	0,75	25,62	51,26	1,4	18,3	5,87	54,56	2xАСБ(3x70)	178	0,091
ГПП-СД1	1111,1	6	0,75	51,9	51,9	1,4	37,07	5,87	54,56	4xАСБ(3x70)	178	0,115
ГПП-СД2	888,89	6	0,75	41,6	41,6	1,4	29,7	5,87	54,56	4xАСБ(3x70)	178	0,091

2.9 Выбор выключателей нагрузок на ТП.

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 35 \text{ А.}$$

Таблица 2.13– Данные ВН NALF-400[7]

Паспортные данные	Расчетные данные
U _H =10кВ	U _H =10кВ
I _H =400А	I _p =35А
I _{скв} =40кА	I _{уд} =14,9кА
I _T ² ·t _T =10 ² ·1=100кА ² ·с	Вк=(5,87) ² ·0,12=4,13кА ² ·с

Устанавливаем предохранители для ТП типа СЕФ-63А.

2.10 Выбор автоматических выключателей на ТП.

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 910,4 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель АВВ Т_{max} с I_{доп}=1000А.

2.11 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

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

1. Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 2.14– Нагрузка ТТ

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:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} \quad (2.11)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

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

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

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

Допустимое сопротивление проводов:

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

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

принимается провод АПВ; $F=1,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

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

Примем трансформатор тока ТОЛ[7]

Таблица 2.15– Проверка трансформаторов тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_n=10 \text{ кВ}$	$U_n=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=691,6 \text{ А}$	$I_n=750 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=14,9 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}}=9,25 \text{ ВА}$	$S_{2n}=10 \text{ ВА}$

2. Трансформатор тока на линии ГПП-ТП1:

Таблица 2.16– Нагрузка ТТ

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

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление приборов определяется по формуле:

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

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

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = 0,8 - 0,22 - 0,1 = 0,4 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,4} = 0,035 \text{ мм}^2;$$

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

$$R_{\text{пров}} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,22 + 0,0093 + 0,1 = 0,33 \text{ Ом}$$

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

Примем трансформатор тока ТРУ [7]

Таблица 2.17– Проверка трансформаторов тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 53,88 \text{ А}$	$I_H = 100 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 14,9 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 8,25 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

3. Трансформатор тока на линии ГПП-ТП2-4

Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 2.18– Проверка трансформаторов тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 142,95 \text{ А}$	$I_H = 200 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 14,9 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 8,25 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

4. Трансформатор тока на линии ГПП-ТП5-7:

Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 2.19 – Проверка трансформаторов тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 51,26-54,74 \text{ А}$	$I_H = 100 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 14,9 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 8,25 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

5. Трансформатор тока на линии ГПП-СД1:

Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 2.20 – Проверка трансформаторов тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=51,9$ А	$I_H=100$ А
$i_{уд}=14,9$ кА	$I_{дин}= 25$ кА
$S_{2расч}=8,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

6. Трансформатор тока на линии ГПП-СД1:

Примем трансформатор тока ТРУ

Таблица 2.21 – Проверка трансформаторов тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=46,2$ А	$I_H=100$ А
$i_{уд}=14,9$ кА	$I_{дин}= 25$ кА
$S_{2расч}=8,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

2.12 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям: [3]

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

На шины ГПП

Таблица 2.22 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	Q_{Σ} , вар
V	Э-335	3	1	1	0	1	3	-
W	Д-335	2,5	2	0,4	0,93	1	2	4,65
Var	И-335	2,5	2	0,4	0,93	1	2	4,65
Wh	СА3- И681	2	2	0,4	0,93	10	16	37
Varh	СР4-И689	2	2	0,4	0,93	10	16	37
Итого							39	83,3

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{39^2 + 83,3^2} = 91,3 \text{ ВА.}$$

Принимаем трансформатор напряжения типа ТДС [7]

Таблица 2.23 – Проверка трансформаторов напряжения

По каталогу	Расчетные величины
$U_{HT}=10$ кВ	$U_{HT}=10$ кВ
$S_{H2}=100$ ВА	$S_{p2}=92$ ВА
Схема соединения обмоток $Y_0/Y_0/\Delta$	

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.[3]

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АД31Т 6х50мм; $I_{доп}=740$ А (одна полоса на фазу), $I_{ав}=698,38$ А; $i_{уд}=14,9$ кА.[11]

а) проверка по аварийному току:

$$I_{доп}=740\text{А} \geq I_{ав}=698,38\text{А};$$

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

$$i_{дин}=25\text{кА} \geq i_{уд}=14,9\text{кА};$$

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

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega}; \quad (2.12)$$

$$\omega = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot 6^2}{6} = 300\text{мм}^3;$$

$$F_p = \frac{1,76 \cdot 10^{-7} \cdot i_{уд}^2 \cdot L}{a} = \frac{1,76 \cdot 10^{-7} \cdot 14,9^2 \cdot 10^6 \cdot 0,16}{0,25} = 250\text{кгс};$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t} = 12 \cdot 5,87 \cdot \sqrt{0,8} = 63\text{мм}^2 \leq 300\text{мм}^2 (50 \times 6);$$

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega} = \frac{250 \cdot 0,16}{10 \cdot 300} = 13,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2};$$

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

где $a=0,25$ м-расстояние между изоляторами;

$L=0,16$ м-высота изолятора;

$b=30$ мм - ширина одной полосы;

$h=4$ мм - высота шины.

Из условий получаем, что шины динамически устойчивы.

2.14 Выбор изоляторов ГПП

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:[3]

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

б) по допустимой нагрузке:

$$F_{доп} \geq F_{расч}. \quad (2.13)$$

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

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

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

$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot i^2 \cdot L}{a}, \text{ кгс}. \quad (2.14)$$

$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot 14,9^2 \cdot 1}{0,25} = 1536,3 \text{ кгс}.$$

Выбираем изолятор типа ИО-10-3,75 УЗ с $F_{разр} = 3750$ кгс.[11]

$$F_{доп} = 0,6F_{разруш} = 2250 \text{ кгс}. (> 1536,3 \text{ кгс})$$

Условие выполняется.

Выбор трансформаторов собственных нужд

Нагрузка собственных нужд ГПП составляет 8-10% от общей нагрузки на шинах ГПП:

$$S_{с.н.} = S_{р.ГПП} \cdot 0,1 = 12562,9 \cdot 0,1 = 1256,3 \text{ кВА}.$$

Мощность трансформаторов собственных нужд выбирается с учетом 100% резерва мощности, то есть возможности покрытия всей мощности одним трансформатором в аварийных режимах.

К установке принимаются два трансформатора ТМ 1000/10/0,4.

Коэффициент загрузки при работе двух трансформаторов составит:

$$k_з = \frac{S_{с.н.}}{2 \cdot S_{н.тр.}} = \frac{1256,3}{2 \cdot 1000} = 0,63.$$

При выходе из строя одного из трансформаторов, коэффициент загрузки оставшегося в работе трансформатора составит 1,25, что является допустимым, так как допускается перегрузка масляных трансформаторов на 40%.

3 Монтаж электрооборудования цеха дробления

3.1 Особенности процесса дробления

Дроблением называется процесс разрушения кусков (зерен) полезных ископаемых на более мелкие зерна путем действия внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления между частицами. Условно считают, что при дроблении получаются зерна крупностью более 5 мм. Машины, с помощью которых осуществляется дробление, называются дробилками.

Полезные ископаемые в зависимости от их минерального состава, метода обогащения и характера использования подвергаются дроблению до различной крупности. При обогащении полезных ископаемых дробление применяется для разъединения сростков рудных (полезных) и нерудных минералов, содержащихся в исходном материале; доведения исходного материала до необходимой крупности или гранулометрического состава. К дроблению относятся механические процессы, посредством которых добытая в руднике порода разбивается до размеров, подходящих для дальнейшего измельчения посредством размалывания. Устройства, которые разбивают добытое в руднике сырье, относятся к первичным дробилкам, дробилки конусного типа среди них являются основными.[8]

Например, в горнодобывающей промышленности первичная горная порода крупных размеров получается путем буровзрывных работ. При выполнении закладки взрывчатого вещества определяется будущая крупность кусков породы после взрыва. Этой крупности должна соответствовать максимальная крупность питания дробилки. Куски материала превышающие требуемую максимальную крупность требуют дробления гидромолотом или пневмомолотом. Дробление разделяют на крупное (сотни миллиметров), среднее (десятки миллиметров) и мелкое (единицы миллиметров). Соответственно при переработке породы до мелких фракций требуется использовать три стадии дробления.[8]

Дробилки, как и большинство машин и механизмов, предназначенных для обработки руды, производят множество пыли и вибрации, что неблагоприятно сказывается на эксплуатации электрооборудования. Повышенная вибрация, приводит к износу изоляции проводников, что в свою очередь становится скрытой угрозой для рабочего персонала. Одновременно с этим, мероприятия по снижению запыленности воздуха внутри цеха увеличивают влажность и сырость помещения.

Следовательно, сталкиваясь с монтажом электропроводки внутри цеха, необходимо руководствоваться специальными правилами, указанными в ПУЭ:[2]

- В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках изоляции проводов и изолирующие опоры, а также опорные и несущие конструкции, трубы, короба и лотки должны быть влагостойкими;

- В пыльных помещениях не рекомендуется применять способы прокладки, при которых на элементах электропроводки может скапливаться пыль, а удаление ее затруднительно.

Исходными данными для расчета является установленная активная мощность оборудования в цеху, а так же план его расположения. Исходные данные представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Ведомость электроприемников цеха дробления

№ по плану	Наименование оборудования	Установл. мощность, кВт	Коэффициенты	
			Ки	Cosφ
1,2	Транспортер	15	0,15	0,55
3,4	Щековая дробилка	20	0,15	0,55
6,7	Роторная дробилка	25	0,18	0,65
5,8,9	Аппарат смешивания	30	0,18	0,65
10,11,13,16	Насосы	16	0,15	0,55
19,20	Пресс	21	0,15	0,55
17,22	Кран ПВ-25%	42	0,1	0,5
21,25	Роторная дробилка	25	0,3	0,7
23,24,27,28	Грохот	40	0,18	0,65
30	Мельница	41	0,15	0,55
18,33	Вибротранспортер	45	0,6	0,8
31	Вибростенд ПВ-25%	102	0,3	0,55
32	Установка высокой частоты	80	0,35	0,7
26,29	Конвейер	40	0,17	0,6
12,14,15	Вентилятор-калорифер	30	0,6	0,8

3.2 Расчет нагрузок цеха дробления

Расчет электрических нагрузок производится в таблице 3.2 «Расчет нагрузок по цеху дробления». Эта таблица является сводной как для подсчета силовых нагрузок по отдельным узлам питания, так и для шин ТП.

В рассматриваемом цехе имеются кран с ПВ-25%, вибростенд с ПВ-25%. Необходимо привести установленные мощности крана и станков к ПВ=100% и кВА в кВт:[4]

1. Для электроприемников, установленная мощность которых выражена в киловаттах с ПВ ≠ 100%:

$$P_H = P_{уст} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (3.1)$$

Для крана с ПВ-25%:

$$P_H = P_{уст} \cdot \sqrt{ПВ} = 42 \cdot \sqrt{0,25} = 21 \text{ кВт};$$

Для вибростенда с ПВ-25%:

$$P_H = P_{уст} \cdot \sqrt{ПВ} = 1000 \cdot \sqrt{0,25} = 30 \text{ кВт}.$$

2. Для электроприемников, установленная мощность которых выражена в киловольтамперах с ПВ -100%:

$$P_H = S_{уст} \cdot \cos\varphi_H, \quad (3.2)$$

3.3 Расчет осветительной нагрузки

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

По этому методу расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формуле:[4]

$$P_{po} = K_{co} \cdot P_{yo}, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

$$Q_{po} = \operatorname{tg}\varphi_o \cdot P_{po}, \text{ кВАр}, \quad (3.4)$$

где $K_{co}=0,85$ – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки.

$\operatorname{tg}\varphi_o = 0,5$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по $\cos\varphi$,
 $\cos\varphi_o = 0,9$.

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

$$P_{yo} = \rho_o \cdot F, \quad (3.5)$$

$$P_{yo} = 0,015 \cdot 880 = 13,2 \text{ кВт};$$

где $F = (44 \times 20) \text{ м}^2 = 880 \text{ м}^2$ – площадь производственного помещения;
 $\rho_o = 0,015 \text{ кВт/ м}^2$ – удельная расчетная мощность.

$$P_{po} = 0,85 \cdot 13,2 = 11,22 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0} = 0,5 \cdot 11,22 = 5,61 \text{ кВАр}$$

Определим суммарную нагрузку цеха

$$P_{p\Sigma} = P_{p0} + P_p = 11,22 + 470,82 = 482,04 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_{p0} + Q_p = 5,61 + 679,31 = 684,92 \text{ кВАр};$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{482,04^2 + 684,92^2} = 837,55 \text{ кВА}.$$

Данный цех запитан к подстанции №5(2х630кВА), совместно с цехом №7(цех эксгаустеров), которые в сумме потребляют мощность, с учетом компенсации реактивной мощности, 974,7 кВА:

$$K_3 = \frac{S_{p\Sigma}}{S_n} = \frac{947,7}{1260} = 0,77.$$

Выбранный трансформатор типа ТСЗ-630-10/0,4.

Пример расчета нагрузок рассмотрим для ЩР-3:

1. Определили установленные мощности всех электроприемников, подключенных к ЩР-3.

2. Затем, зная $\cos\phi$, рассчитываем коэффициент мощности $\tan\phi$, в нашем случае(для ЭП№1,2): $\cos\phi=0,55$, следовательно $\tan\phi=1,52$.

Аналогично рассчитываем для остальных ЭП.

3. Подсчитываем среднюю активную нагрузку за наиболее нагруженную смену:

$$P_{cm} = k_u \cdot \sum P_n = 0,17 \cdot 261 = 43,2 \text{ кВт}.$$

4. Подсчитываем среднюю реактивную нагрузку за наиболее нагруженную смену для каждого ЭП:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \tan\phi. \quad (3.6)$$

Для ЭП№1,2:

$$Q_{cm} = 4,5 \cdot 1,52 = 6,84 \text{ кВАр}.$$

5. Определяем средневзвешенное значение коэффициента использования:

$$k_u = \frac{\sum P_{cm}}{\sum P_n} = \frac{37,8}{216,09} = 0,16.$$

6. Далее необходимо посчитать эффективное число ЭП, в нашем случае, когда $m > 3$, а $k_u < 0,2$, рассчитываем:

- Выявляем наибольший по мощности ЭП данного узла питания (ЭП№5-30кВт);
- n_1 – число ЭП, подключенных к данному узлу, номинальная мощность каждого из которых не менее мощности половины наибольшего ЭП ($n_1=7$);
- Определяем суммарную мощность P_{n1} этих n_1 электроприемников ($P_{n1}=141$ кВт);
- Рассчитываем значение

$$P^* = P_{n1} / \sum P_n, (P^*=0,13).$$

- Рассчитываем значение

$$n_3 = n_3^* \cdot n, (n_3=10).$$

7. Определяем из таблицы коэффициент максимума ($k_m=2,1$);

8. Определяем максимальную активную получасовую нагрузку от силовых ЭП узла:

$$P_m = k_m \cdot \sum P_{cm} = 2,1 \cdot 37,8 = 79,38 \text{ кВт}.$$

9. Определяем максимальную реактивную получасовую нагрузку от силовых ЭП узла при $n \leq 10$:

$$Q_m = 1,1 \cdot \sum Q_{cm} = 1,1 \cdot 216,09 = 237,7 \text{ кВАр}.$$

10. Определяем максимальную полную нагрузку расчетного узла питания:

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{79,38^2 + 237,7^2} = 250,6 \text{ кВА}.$$

11. Определяем расчетный максимальный ток по формуле для трехфазного тока:

$$I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3}U_n} = \frac{250,6}{0,4\sqrt{3}} = 362,14 \text{ А}.$$

Данные для остальных ЭП и узлов питания рассчитываются аналогично и сводятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет нагрузок по цеху дробления

№п/п	Наименование узлов питания и групп ЭП	n	Установленная мощность, кВт		m	Ки	cosφ/tgφ	Средние мощности		Определение n, при Ки<0,2; m>3					nэ	Км	Максимальная расчетная нагрузка			Im,А	
			Одного ЭП	Сумм				Pсм, кВт	Qсм,кВар	n1	Pn1	P*	n*	nэ*			Pm, кВт	Qm, квар	Sm, кВА		
																					4
1	ЩР-1																				
27,28	Грохот	2	40	80		0,18	0,65/1,17	14,4	93,60						2						
30	Мельница	1	41	41		0,15	0,55/1,52	6,15	9,35						1						
33	Вибротранспортер	1	45	45		0,6	0,8/0,75	27	20,25						1						
31	Вибростенд с ПВ-25%	1	51	51		0,3	0,55/1,52	15,3	23,26						1						
26,29	Конвейер	2	40	80		0,17	0,6/1,33	13,6	18,09						2						
	Итого ЩР-1	7		297	>3	0,26		76,45	164,54						7	1,41	107,79	164,54	196,71	284,26	
2	ЩР-2																				
18	Вибротранспортер	1	45	45		0,6	0,8/0,75	27	20,25						1						
19,20	Пресс	2	21	42		0,15	0,55/1,52	6,3	9,58						2						
22	Кран с ПВ-25%	1	21	21		0,1	0,5/1,73	2,1	36,33						1						
21,25	Роторные дробилки	2	25	50		0,3	0,7/1,01	15	15,15						2						
23,24	Грохот	2	40	80		0,18	0,65/1,17	14,4	93,60						2						
	Итого ЩР-2	8		238	>3	0,27		64,8	174,91						8	1,41	91,37	174,91	197,33	285,16	
3	ЩР-3																				
1,2	Транспортер	2	15	30		0,15	0,55/1,52	4,5	6,84												
3,4	Щековая дробилка	2	20	40		0,15	0,55/1,52	6	9,12												
5,8,9	Аппараты смешивания	3	30	90		0,18	0,65/1,17	16,2	105,30												
6,7	Роторные дробилки	2	25	50		0,18	0,65/1,17	9	58,50												
17	Кран с ПВ-25%	1	21	21		0,1	0,5/1,73	2,1	36,33												
	Итого ЩР-3	10		231	>3	0,16		37,8	216,09	2	30	0,13	0,2	0,95	10	2,1	79,38	237,70	250,60	362,14	
4	ЩР-4																				
10,11,13,16	Насосы	4	16	64		0,15	0,55/1,52	9,6	14,59						4						
12,14,15	Вентилятор калорифер	3	30	90		0,6	0,8/0,75	54	40,50						1						
	Итого ЩР-4	7		154	<3	0,41		63,6	55,092						7	2,1	133,56	60,60	146,67	211,94	
5	ТП																				
32	Установка высокой частоты	1	80	80		0,35	0,7/1,01	28	28,28						1						
	Итого ТП	1		80	<3	0,35		28	28,28						1	2,14	59,92	31,11	67,51	97,56	
	Итого силовая	33		1000,00		0,21		205,85	464,00								380,65	493,95			
	Осветительная нагрузка																11,22	5,61		12,54	18,13
	Итого по цеху																391,87	499,56	634,92	917,52	

3.4 Выбор оборудования

Технические данные электроприемников распределенных по узлам нагрузок.

Таблица 3.3 – Технические данные ЭП цеха дробления

№ ЭП	Наименование	Рн, кВт	Ip, А	Кпуск	Ипуск, А	Реж работы	α	Ипуск/α	Вид защ.
ЩР-1									
27,28	Грохот	40	105,1	4	420,39	Тяж.	1,8	233,55	Авт
30	Мельница	41	107,72	4	430,90	Тяж.	1,8	239,39	Авт
33	Вибротранспортер	45	118,23	4	472,94	Тяж.	1,8	262,74	Авт
31	Вибростенд с ПВ-25%	51	134	4	536	Тяж.	1,8	297,78	Авт
26,29	Конвейер	40	105,1	4	420,39	Тяж.	1,8	233,55	Авт
ЩР-2									
18	Вибротранспортер	45	118,23	4	472,94	Тяж.	1,8	262,74	Авт
19,20	Пресс	21	55,18	5	275,88	Норм	2	137,94	Авт
22	Кран с ПВ-25%	21	55,18	5	275,88	Норм	2	137,94	Авт
21,25	Роторные дробилки	25	65,69	4	262,74	Тяж.	1,8	145,97	Авт
23,24	Грохот	40	105,1	4	420,39	Тяж.	1,8	233,55	Авт
ЩР-3									
1,2	Транспортер	15	39,41	5	197,06	Норм	2	98,53	Авт
3,4	Щековая дробилка	20	52,55	5	262,74	Норм	2	131,37	Авт
5,8,9	Аппараты смешивания	30	78,82	4	315,29	Тяж.	1,8	175,16	Авт
6,7	Роторные дробилки	25	65,69	4	262,74	Тяж.	1,8	145,97	Авт
17	Кран с ПВ-25%	21	55,18	5	275,88	Норм	2	137,94	Авт
ЩР-4									
10,11,13,16	Насосы	16	42,04	5	210,19	Норм	2	105,1	Авт
12,14,15	Вентилятор калорифер	30	78,82	4	315,29	Тяж.	1,8	175,16	Авт
ТП									
32	Установка высокой частоты	80	165,15	4	660,61	Тяж.	1,8	367,01	Авт

Выбираются аппараты защиты и провода отходящих линий к электроприемникам и узлам питания, с учетом того, что цех дробления является помещением с повышенной влажностью и запыленностью, степень защиты IP 55.[2] Все расчеты сведем в таблицу 3.4.

- Выбираем автомат, кабельную линию к ЩР-1.

$$S_{p \text{ ЩР-1}} = 196,71 \text{ кВА}; I_{p \text{ ЩР-1}} = 284,26 \text{ А};$$

$$I_{\text{крат}} = I_{\text{пуск.наиб}} + (\sum I_{\text{ном}} - I_{\text{раб.}}) = 536 + (284,26 - 134) = 686,26 \text{ А}.$$

Выбираем кабель к ЩР-1: АВВГ(3х120)+(1х70):[6]

$$\begin{aligned} 1) I_{\text{доп}} &= 295 \text{ A} > I_{\text{н}} = 284,26 \text{ A.} \\ 2) I_{\text{доп}} &\geq K_3 \times I_3; 295 \text{ A} \geq 1 \times 284,26 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем автомат марки Easy Pact EZC400 производства группы компании Schnieder Electric:[10]

$$\begin{aligned} 1) I_{\text{ном ав}} &= 400 \text{ A} > I_{\text{р}} = 295 \text{ A}; \\ 2) I_{\text{ном расц}} &= 400 \text{ A} > I_{\text{р}} = 295 \text{ A}; \end{aligned}$$

Выбираем автомат с характеристикой срабатывания D(5...7In):

$$\begin{aligned} 3) I_{\text{ср.ном}} &> 1,25 \times I_{\text{кр}} = 1,25 \times 686,26 = 857,8 \text{ A}; \\ &5 \times 400 \text{ A} \dots 7 \times 400 \text{ A} > 857,8 \text{ A}; \\ &\text{условия выполняются.} \end{aligned}$$

Следовательно, автомат выдержит пусковой ток и не отключится.

- *Выбираем автомат, кабельную линию к ЩР-2.*

$$\begin{aligned} S_{\text{р ЩР-2}} &= 197,33 \text{ кВА}; I_{\text{р ЩР-2}} = 285,16 \text{ A}; \\ I_{\text{крат}} &= I_{\text{пускнаиб}} + (\sum I_{\text{ном}} - I_{\text{раб}}) = 472,94 + (285,16 - 118,23) = 639,87 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем кабель к ЩР-2: АВВГ(3х120)+(1х70):

$$\begin{aligned} 1) I_{\text{доп}} &= 295 \text{ A} > I_{\text{н}} = 285,16 \text{ A.} \\ 2) I_{\text{доп}} &\geq K_3 \times I_3; 295 \text{ A} \geq 1 \times 285,16 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем автомат марки Easy Pact EZC400 производства группы компании Schnieder Electric:

$$\begin{aligned} 1) I_{\text{ном ав}} &= 400 \text{ A} > I_{\text{р}} = 295 \text{ A}; \\ 2) I_{\text{ном расц}} &= 400 \text{ A} > I_{\text{р}} = 295 \text{ A}; \end{aligned}$$

Выбираем автомат с характеристикой срабатывания D(5...7In):

$$\begin{aligned} 3) I_{\text{ср.ном}} &> 1,25 \times I_{\text{кр}} = 1,25 \times 639,87 = 799,8 \text{ A}; \\ &5 \times 400 \text{ A} \dots 7 \times 400 \text{ A} > 799,8 \text{ A}; \\ &\text{условия выполняются.} \end{aligned}$$

Следовательно, автомат выдержит пусковой ток и не отключится.

- *Выбираем автомат, кабельную линию к ЩР-3.*

$$\begin{aligned} S_{\text{р ЩР-3}} &= 250,6 \text{ кВА}; I_{\text{р ЩР-3}} = 362,14 \text{ A}; \\ I_{\text{крат}} &= I_{\text{пускнаиб}} + (\sum I_{\text{ном}} - I_{\text{раб}}) = 315,29 + (362,14 - 78,82) = 598,61 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем кабель к ЩР-3: АВВГ(3x150)+(1x70):[6]

$$\begin{aligned} 1. I_{\text{доп}} &= 370 \text{ A} > I_{\text{н}} = 362,14 \text{ A.} \\ 2. I_{\text{доп}} &\geq K_3 \times I_3; 370 \text{ A} \geq 1 \times 362,14 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем автомат марки Easy Pact EZC400 производства группы компании Schnieder Electric:

$$\begin{aligned} 1) I_{\text{ном ав}} &= 400 \text{ A} > I_{\text{р}} = 370 \text{ A;} \\ 2) I_{\text{ном расц}} &= 400 \text{ A} > I_{\text{р}} = 370 \text{ A;} \end{aligned}$$

Выбираем автомат с характеристикой срабатывания D(5...7In):

$$\begin{aligned} 3) I_{\text{ср.ном}} &> 1,25 \times I_{\text{кр}} = 1,25 \times 598,61 = 748,3 \text{ A;} \\ &5 \times 400 \text{ A} \dots 5 \times 400 \text{ A} > 748,3 \text{ A;} \\ &\text{условия выполняются.} \end{aligned}$$

Следовательно, автомат выдержит пусковой ток и не отключится.

- *Выбираем автомат, кабельную линию к ЩР-4.*

$$\begin{aligned} S_{\text{р ЩР-4}} &= 146,67 \text{ кВА}; I_{\text{р ЩР-4}} = 211,94 \text{ A;} \\ I_{\text{крат}} &= I_{\text{пускнаиб}} + (\Sigma I_{\text{ном}} - I_{\text{раб}}) = 315,29 + (211,94 - 78,82) = 448,41 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем кабель к ЩР-4: АВВГ(3x95)+(1x50):[6]

$$\begin{aligned} 1. I_{\text{доп}} &= 237 \text{ A} > I_{\text{н}} = 211,94 \text{ A.} \\ 2. I_{\text{доп}} &\geq K_3 \times I_3; 237 \text{ A} \geq 1 \times 211,94 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем автомат марки Easy Pact EZC250 производства группы компании Schnieder Electric:[10]

$$\begin{aligned} 1) I_{\text{ном ав}} &= 250 \text{ A} > I_{\text{р}} = 237 \text{ A;} \\ 2) I_{\text{ном расц}} &= 250 \text{ A} > I_{\text{р}} = 237 \text{ A;} \end{aligned}$$

Выбираем автомат с характеристикой срабатывания C(5...7In):

$$\begin{aligned} 3) I_{\text{ср.ном}} &> 1,25 \times I_{\text{кр}} = 1,25 \times 448,41 = 560,5 \text{ A;} \\ &5 \times 250 \text{ A} \dots 7 \times 250 \text{ A} > 560,5 \text{ A;} \\ &\text{условия выполняются.} \end{aligned}$$

Следовательно, автомат выдержит пусковой ток и не отключится.

- *Выбираем автомат, кабельную линию к ЩО.*

Выбираем кабель к ЩО: АВВГ(4x2,5):[6]

$$\begin{aligned} 1. I_{\text{доп}} &= 21 \text{ A} > I_{\text{н}} = 18,3 \text{ A.} \\ 2. I_{\text{доп}} &\geq K_3 \times I_3; 21 \text{ A} \geq 1 \times 18,3 \text{ A.} \end{aligned}$$

Выбираем автомат марки NG125N производства группы компании Schnieder Electric:[10]

$$1) I_{н.а} = 25 \text{ A} > I_n = 21 \text{ A};$$

$$2) I_{н.расц} = 25 \text{ A} > I_n = 21 \text{ A};$$

Выбираем автомат с характеристикой срабатывания A(1...3I_n):

$$3) I_{сраб.эл.расц} > 1,25 \times I_{крит} = 1,25 \times 18,13 = 37,5 \text{ A}; \quad 25 \text{ A} \dots 75 \text{ A} > 22,7 \text{ A}.$$

-Выбираем вводный автомат:

Всего по цеху:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{634,92}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 917,52 \text{ A};$$

Найдём кратковременный ток :

$$I_{кр} = 660,61 + (917,52 - 165,15) = 1412,98 \text{ A}.$$

Выбираем автомат Easy Pact EZC1250 производства группы компании Schnieder Electric:[10]

$$1) I_{ном.ав} = 1250 \text{ A} > I_p = 917,52 \text{ A};$$

$$2) I_{ном.расц} = 1250 \text{ A} > I_p = 917,52 \text{ A};$$

Выбираем автомат с характеристикой срабатывания C(5...7I_n):

$$3) I_{ср.ном} > 1,25 \times I_{кр} = 1,25 \times 1412,98 = 1766,23 \text{ A};$$

$$5 \times 1250 \text{ A} \dots 7 \times 1250 \text{ A} > 1766,23 \text{ A}$$

условия выполняются.

Следовательно, автомат выдержит пусковой ток и не отключится.

Выбор автоматического выключателя рассмотрим на примере ЭП-5:

Т.к. мощность ЭП превышает 20кВт (30кВт), следовательно он работает с тяжелым режимом запуском и пусковой коэффициент для них равен 4 и коэффициент снижения пускового тока $\alpha = 1,8$.

$$I_p = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,65} = 78,82 \text{ A};$$

$$I_{пуск} = K_z \cdot I_p = 4 \cdot 78,82 = 315,29 \text{ A};$$

$$I_{расчл.вст.} = \frac{I_{пуск}}{\alpha} = \frac{315,29}{1,8} = 175,16 \text{ A}.$$

Таким образом, расчетный ток плавкой вставкой больше 100А, поэтому целесообразно данный ЭП защитить с помощью автоматического выключателя. Выбираем автомат марки NG125N производства группы компании Schneider Electric (D (5...7In)-характеристика срабатывания), с номинальным током расцепителя 80А и номинальным током срабатывания расцепителя, от 400А до 560А.

$$1. I_{ном.авт} \geq I_{расч.};$$

$$80A \geq 78,82A;$$

$$2. I_{ном.расц.} \geq I_{расч.};$$

$$80A \geq 78,82A;$$

$$3. I_{сраб.эл.расц.} \geq 1,25 \cdot I_{пуск.};$$

$$400...560A \geq 1,25 \cdot 315,29A;$$

$$400...560A \geq 394,11A.$$

Условия выполняются, следовательно автоматический выключатель выбран верно.

В цехе дробления установлено два крана с ПВ-25%, мощностью 42 кВт, для которых требуется троллейный шинопровод, который выбирается по рабочему и пусковому току и по потере напряжения.^[4]

$$I_p = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} \frac{21}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,55} = 55,18A.$$

Выбираем ближайший по номинальному току троллейный шинопровод ШТМ-76 (шинопровод монотроллейный), $I_{доп.}=100A$. Выбранный шинопровод проверяем по допустимой потере напряжения в пусковом режиме.[11]

$$I_{пуск} = K_z \cdot I_p = 5 \cdot 55,18 = 275,88A.$$

Определяем потери напряжения в шинопроводе ΔU , %. Удельная потеря напряжения $m=0,085$, [%/м], а длина шинопровода составляет $l=44m$.

$$\Delta U = m \cdot l = 0,085 \cdot 44 = 3,74\%;$$

$$\Delta U = 3,74\% < \Delta U_{доп.} = 15\%.$$

Выбранные троллеи удовлетворяют обоим условиям.

3.5 Расчет токов короткого замыкания

Для расчета токов короткого замыкания составим схему питания наиболее удаленного электроприемника цеха дробления рисунок 3.1 (а) для проверки его аппарата защиты на отключающую способность и схему замещения рисунок 3.1(б).

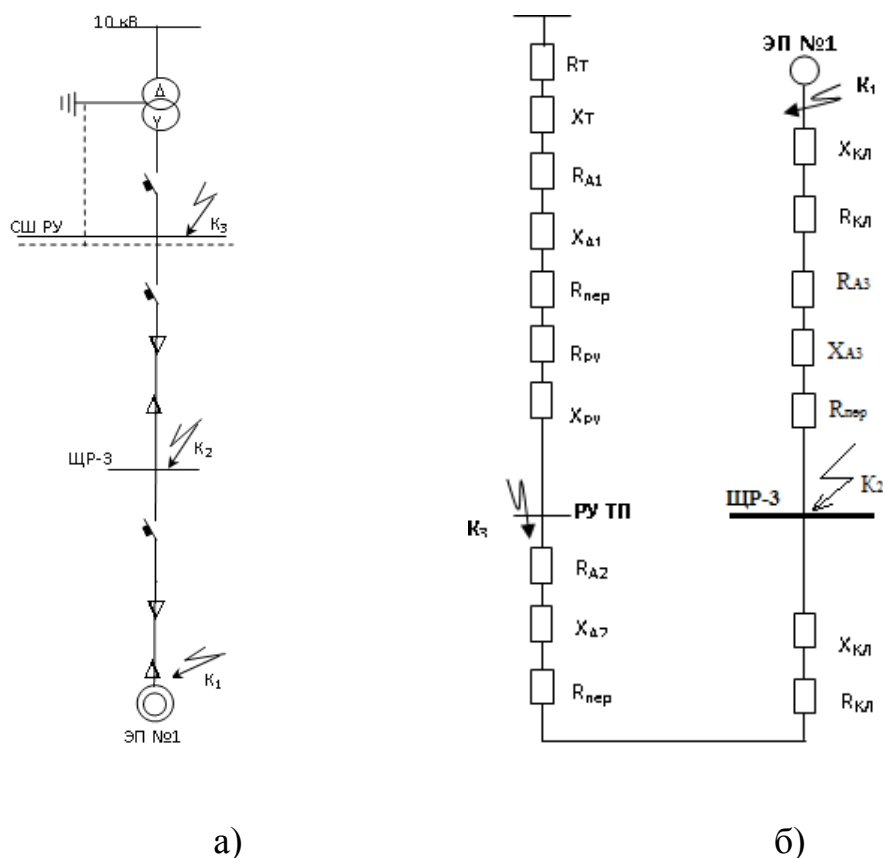


Рисунок 3.1

- R_T, X_T – активное и реактивное сопротивление трансформатора;
- $R_A, X_A, R_{конт}$ – активное и реактивное сопротивление катушек и контактов автоматических выключателей;
- $R_{пер}$ – переходное сопротивление контактных соединений (шинопровод – кабель, кабель – кабель и т.д.);
- $R_{ш}, X_{ш}$ – активное и реактивное сопротивление шинопровода;
- $R_{каб}, X_{каб}$ – активное и реактивное сопротивление кабеля;
- $R_{пров}, X_{пров}$ – активное и реактивное сопротивление проводов.

Таблица 3.4 - Расчет защитных аппаратов и проводов к ЭП

№ ЭП	Наименование	Расчетный ток, А		Автоматический выключатель					Тип аппарата защиты	Кз	Токовая нагрузка провода		Марка и сечение провода
		Iдл(Iном)	Iкр(Iпуск)	Iном.а в.,А	Ток расцепителя,А		Уставка мгновенного срабатывания, А				Кз*Iз	Iдоп.про в, А	
					Iрасц. расч	Iрасц.н ом	Iср.расч	Iср.ном					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ЩР-1													
27,28	Грохот	105,10	420,39	125	105,10	125	525,49	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
30	Мельница	107,72	430,90	125	107,72	125	538,62	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
33	Вибротранспортер	118,23	472,94	125	118,23	125	591,17	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
31	Вибростенд с ПВ-25%	134,00	536,00	125	134,00	125	669,99	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
26,29	Конвейер	105,10	420,39	125	105,10	125	525,49	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
ЩР-2													
18	Вибротранспортер	118,23	472,94	125	118,23	125	591,17	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
19,20	Пресс	55,18	275,88	63	55,18	63	344,85	441	NG125N 3P (D)	1	31,5	34	ABBГ(4x6)
22	Кран с ПВ-25%	55,18	275,88	63	55,18	63	344,85	441	NG125N 3P (D)	1	31,5	34	ABBГ(4x6)
21,25	Роторные дробилки	65,69	262,74	80	65,69	80	328,43	560	NG125N 3P (D)	1	40	46	ABBГ(4x10)
23,24	Грохот	105,10	420,39	125	105,10	125	525,49	875	NG125N 3P (D)	1	62,5	82	ABBГ(4x25)
ЩР-3													
1,2	Транспортер	39,41	197,06	40	39,41	40	246,32	280	NG125N 3P (D)	1	20	27	ABBГ(4x4)
3,4	Щековая дробилка	52,55	262,74	63	52,55	63	328,43	441	NG125N 3P (D)	1	31,5	34	ABBГ(4x6)
5,8,9	Аппараты смешивания	78,82	315,29	80	78,82	80	394,11	560	NG125N 3P (D)	1	40	46	ABBГ(4x10)
6,7	Роторные дробилки	65,69	262,74	80	65,69	80	328,43	560	NG125N 3P (D)	1	40	46	ABBГ(4x10)
17	Кран с ПВ-25%	55,18	275,88	63	55,18	63	344,85	441	NG125N 3P (D)	1	31,5	34	ABBГ(4x6)
ЩР-4													
10,11,13,16	Насосы	42,04	210,19	63	42,04	63	262,74	441	NG125N 3P (D)	1	31,5	34	ABBГ(4x6)
12,14,15	Вентилятор калорифер	78,82	315,29	80	78,82	80	394,11	560	NG125N 3P (D)	1	40	46	ABBГ(4x10)
ТП													
32	Установка высокой частоты	165,15	660,61	250	165,15	250	825,76	1750	ESZ-250 (D)	1	125	155	ABBГ(4x70)

Схема соединений $\Delta/Y-11$

$$1. R_T = 2 \text{ мОм};$$

$$X_T = 8,5 \text{ мОм}.$$

$$2. R_{A1} + R_{nep} = 0,14 + 0,05 = 0,19 \text{ мОм};$$

$$X_{A1} = 0,08 \text{ мОм}.$$

$$3. R_{A2} + R_{nep} = 0,65 + 0,4 = 1,05 \text{ мОм};$$

$$X_{A2} = 0,17 \text{ мОм}.$$

$$4. R_{PV} = \rho_0 \cdot \ell = 0,014 \cdot 7 = 0,098 \text{ мОм};$$

$$X_{PV} = x_0 \cdot \ell = 0,017 \cdot 7 = 0,119 \text{ мОм}.$$

$$5. R_{KL} = \rho_0 \cdot \ell = 0,18 \cdot 14 = 2,52 \text{ мОм};$$

$$X_{каб} = x_0 \cdot \ell = 0,2 \cdot 14 = 2,8 \text{ мОм}.$$

$$6. R_{KL-2} = \rho_0 \cdot \ell = 7,85 \cdot 48 = 376,8 \text{ мОм};$$

$$X_{KL-2} = x_0 \cdot \ell = 4,5 \cdot 48 = 216 \text{ мОм}.$$

$$7. R_{A3} + R_{nep} = 0,85 + 0,8 = 1,65 \text{ мОм};$$

$$X_{A3} = 0,26 \text{ мОм}.$$

Трех- и двухфазное к.з. в точке К-3:

$$R_3 = R_T + R_{A1} + R_{PV} = 2 + 0,19 + 0,098 = 2,3 \text{ мОм};$$

$$X_3 = X_T + X_{A1} + X_{PV} = 8,5 + 0,08 + 0,119 = 8,7 \text{ мОм};$$

$$I_{кз}^3 = \frac{U_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_3^2 + X_3^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2,3^2 + 8,7^2}} = 25,7 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{кз}^3 \cdot K_{y0} = \sqrt{2} \cdot 25,7 \cdot 1,7 = 61,6 \text{ кА};$$

$$I_{\text{кз}}^2 = I_{\text{кз}}^3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 25,7 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 22,36 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{кз}}^2 \cdot K_{y0} = \sqrt{2} \cdot 22,36 \cdot 1,7 = 53,6 \text{ кА}.$$

Трех- и двухфазное к.з. в точке К-2:

$$R_2 = R_3 + R_{A2} + R_{\text{КЛ}} = 2,3 + 1,05 + 2,52 = 5,87 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_3 + X_{A2} + X_{\text{КЛ}} = 8,7 + 0,17 + 2,8 = 11,67 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{U_{\text{н}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{5,87^2 + 11,67^2}} = 17,8 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{кз}}^3 \cdot K_{y0} = \sqrt{2} \cdot 17,8 \cdot 1,7 = 42,6 \text{ кА};$$

$$I_{\text{кз}}^2 = I_{\text{кз}}^3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 17,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 15,4 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{кз}}^2 \cdot K_{y0} = \sqrt{2} \cdot 15,4 \cdot 1,7 = 36,9 \text{ кА}.$$

Трех- и двухфазное к.з. в точке К-1:

$$R_1 = R_2 + R_{A3} + R_{\text{пер}} + R_{\text{КЛ}} = 5,87 + 1,67 + 376,8 = 384,34 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_2 + X_{\text{КЛ}} = 11,67 + 216 = 227,67 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{кз}}^3 = \frac{U_{\text{н}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_1^2 + X_1^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{384,34^2 + 227,67^2}} = 0,52 \text{ кА};$$

$$I_{\text{кз}}^2 = I_{\text{кз}}^3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,52 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,45 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{кз}}^2 \cdot K_{y0} = \sqrt{2} \cdot 0,45 \cdot 1,7 = 1,08 \text{ кА}.$$

Расчёт однофазного короткого замыкания:

Вместо $R_T, X_T, R_{\text{ш}}, X_{\text{ш}}, R_{\text{каб}}, X_{\text{каб}}, R_{\text{пров}}, X_{\text{пров}}$ – принимаем полное сопротивление цепи фаза – нуль; $Z_{\text{н.ф-0.к.}}$ – полное сопротивление цепи фаза –

нуль кабельной линии; $Z_{n.\phi-0.n}$ – полное сопротивление цепи фаза-нуль провода; $\frac{1}{3}Z_{n.Tp}^1$ – полное сопротивление фазы трансформатора.

$$Z_{n.\phi-0.KЛ} = 0,94 \cdot 14 = 13,16 \text{ мОм};$$

$$Z_{n.\phi-0.KЛЭн} = 29,5 \cdot 6 = 177 \text{ мОм};$$

$$\frac{1}{3}Z_{n.Tp}^1 = 27 \text{ мОм (при соединении обмоток трансформатора Y/Y}^0\text{-12)};$$

$$\frac{1}{3}Z_{n.Tp}^1 = 9 \text{ мОм (при соединении обмоток трансформатора } \Delta/Y\text{- 11)}.$$

При однофазном к.з. в точке К3 и соединении обмоток трансформатора Y/Y⁰-12:

$$Z_3 = \frac{1}{3}Z_{n.Tp}^1 + \sqrt{R_{A1}^2 + X_{A1}^2} = 27 + \sqrt{0,19^2 + 0,08^2} = 27,2 \text{ мОм};$$

$$I_{кз}^1 = \frac{U_n \cdot 10^3}{Z_3} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{27,2} = 8,45 \text{ кА}.$$

При однофазном к.з. в точке К2 и соединении обмоток трансформатора Y/Y⁰-12

$$Z_2 = Z_3 + Z_{n.\phi-0.KЛ} + \sqrt{R_{A2}^2 + X_{A2}^2} = 27,2 + 13,16 + \sqrt{1,05^2 + 0,17^2} = 41,42 \text{ мОм};$$

$$I_{кз}^1 = \frac{U_n \cdot 10^3}{Z_2} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{41,42} = 5,55 \text{ кА}.$$

При однофазном к.з. в точке К1 и соединении обмоток трансформатора Y/Y⁰-12

$$I_{кз}^1 = \frac{U_n \cdot 10^3}{(Z_2 + Z_{n.\phi-0.KЛ} + R_{авт} + Z_{n.\phi-0.KЛЭн})} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{41,42 + 7,68 + 1,65 + 177} = 1,01 \text{ кА}.$$

При однофазном к.з. в точке К3 и соединении обмоток трансформатора Δ/Y^0 -11

$$Z_3 = \frac{1}{3}Z_{n.Tp}^1 + \sqrt{R_{A1}^2 + X_{A1}^2} = 9 + \sqrt{0,19^2 + 0,08^2} = 9,2 \text{ мОм};$$

$$I_{K3}^1 = \frac{U_n \cdot 10^3}{Z_3} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{9,2} = 25 \text{ кА.}$$

При однофазном к.з. в точке К2 и соединении обмоток трансформатора $\Delta/Y^\circ-11$

$$Z_2 = Z_3 + Z_{n,\phi-0,КЛ} + \sqrt{R_{A2}^2 + X_{A2}^2} = 9,2 + 13,16 + \sqrt{1,05^2 + 0,17^2} = 23,42 \text{ МОм,}$$

$$I_{K3}^1 = \frac{U_n \cdot 10^3}{Z_2} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{23,42} = 9,82 \text{ кА.}$$

При однофазном к.з. в точке К1 и соединении обмоток трансформатора $\Delta/Y^\circ-11$

$$I_{K3}^1 = \frac{U_n \cdot 10^3}{(Z_2 + Z_{n,\phi-0,КЛ} + R_{автЭП} + Z_{n,\phi-0,КЛэн})} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{23,42 + 7,68 + 1,65 + 177} = 1,09 \text{ кА.}$$

Таблица 3.5 – трех-, двух- и однофазные токи короткого замыкания в намеченных точках К1, К2 и К3

	К3	К2	К1
Трёхфазное КЗ	$I_{K3}^3 = 25,7 \text{ кА}$	$I_{K3}^3 = 17,8 \text{ кА}$	$I_{K3}^3 = 0,52 \text{ кА}$
Двухфазное КЗ	$I_{K3}^2 = 22,36 \text{ кА}$	$I_{K3}^2 = 15,4 \text{ кА}$	$I_{K3}^2 = 0,45 \text{ кА}$
Однофазное КЗ ($Y/Y^\circ-12$)	$I_{K3}^1 = 8,45 \text{ кА}$	$I_{K3}^1 = 5,55 \text{ кА}$	$I_{K3}^1 = 1,01 \text{ кА}$
Однофазное КЗ ($\Delta/Y^\circ-11$)	$I_{K3}^1 = 25 \text{ кА}$	$I_{K3}^1 = 9,82 \text{ кА}$	$I_{K3}^1 = 1,09 \text{ кА}$

3.6 Проверка оборудования по отключающей способности:

В точке К3: Предельно отключающий ток автоматического выключателя ESZ1250 с расцепителем на $I_{ср.ном}=1250\text{А}$ ($6250\text{А} < 25,7\text{кА}$).

В точке К2: Предельный отключающий ток автомата ESZ250 с расцепителем на $I_{ср.ном}=250\text{А}$ ($1250\text{А} < 17,8\text{кА}$).

В точке К1: Предельный отключающий ток автомата NG125N с расцепителем на $I_{ср.ном}=40\text{А}$ ($200\text{А} < 0,45\text{кА}$).

Электродинамическая стойкость ударному току КЗ распределительного щита ЩР-3 марки Prisma Pkus IP55:

$$20 \text{ кА} > 17,8 \text{ кА};$$

условие выполняется.

Выбранные автоматы по отключающей способности соответствует требованиям, т.е. при возникновении КЗ коммутационные аппараты отключат участок КЗ, а ЩР выдержит действие тока КЗ.

3.7 Проектирование распределительных щитов с помощью программы Rapsodie

Для осуществления электромонтажа цеха дробления выбрано электрическое оборудование фирмы Schneider Electric. Данная компания предлагает программу для компоновки распределительных щитов - Rapsodie.

Rapsodie предназначена для компоновки низковольтных распределительных шкафов серий Prisma Plus, Pragma и Kaedra. Использование данной программы существенно ускоряет процесс компоновки шкафа.[12]

В результате работы с программой пользователь может получить: внешний вид шкафа и полную сборочную спецификацию, а также подробный расчет стоимости проекта.

База данных программы содержит устройства Schneider Electric, пользователь может автоматически подобрать к ним дополнительные аксессуары. Также есть возможность создавать персональный каталог из устройств, которых нет в базе данных программы.

Rapsodie также позволяет подобрать отобразить топологию однолинейной схемы для корректного подбора распределительных устройств и монтажных аксессуаров.

Программа Rapsodie ориентирована на специалистов щитовых и монтажных организаций.

Далее хочу описать процесс работы в данной программе. Для выбора шкафа и коммутационного оборудования необходимо провести расчет всех нагрузок, который я выполнил в пункте данной дипломной работы 3.4.

Известно, что монтаж осуществляется в помещении с повышенной запыленностью, влажностью и вибрацией, что обусловлено технологическим процессом. Значит степень защиты щитов должна быть наибольшей, в программе Rapsodie максимальная степень защиты равна IP 55.

Задаемся основными параметрами для выбора щита:

1. Номинальный ток щита (А).
2. Отключающая способность (кА).
3. Напряжение (В).
4. Требуемая степень защиты.
5. Материал, из которого будет выполнен щит.
6. Точка ввода питания.
7. Вывод кабелей нагрузки и т.д.

Для ввода выше перечисленных данных, в программе Rapsodie появляется интерфейс ввода данных, представленный на рисунке 3.2. Данная

вкладка в программе называется «Модель проекта», то есть на основании введенных на начальном этапе данных, производится выбор подходящего варианта в Rapsodie.

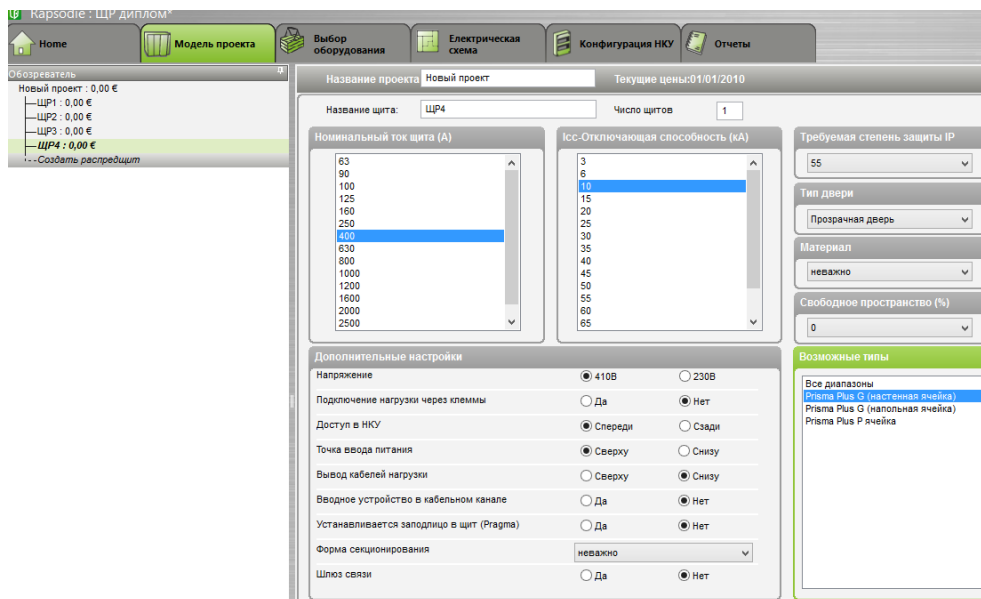


Рисунок 3.2 – Ввод данных для выбора щита в программе Rapsodie

После выбора щита, производим выбор оборудования. Для этого переходим в меню выбора оборудования, в котором есть библиотека с различными коммутационными аппаратами производства компании Schneider Electric.[12]

На рисунке 3.3 представлен фрагмент вкладки «Выбор оборудования», из которого видно, что в библиотеке данной программы содержится огромное количество наименований различного коммутационного оборудования.

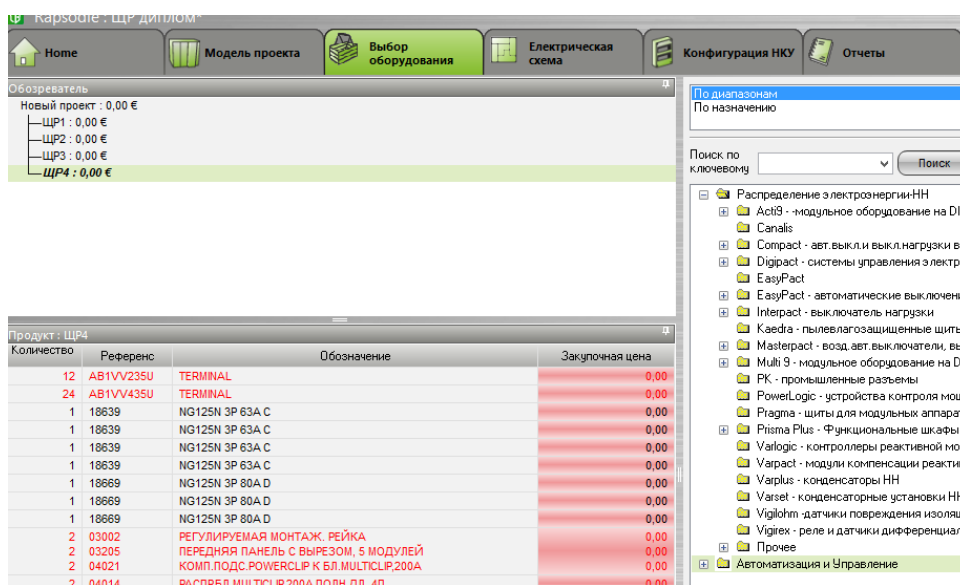


Рисунок 3.3 – Выбор оборудования в программе Rapsodie

Последовательно выбирая необходимую аппаратуру, пользователь виртуально заполняет распределительный щит.

После выбора всех коммутационных аппаратов осуществляется переход в меню конфигурации низковольтного распределительного щита. Здесь есть возможность автоматически подобрать варианты щита и выбрать наиболее подходящий. Автоматический выбор возможного варианта распределительного щита осуществляется на основе данных, введенных ранее (коммутационное оборудование и параметры распределительного щита).[12]

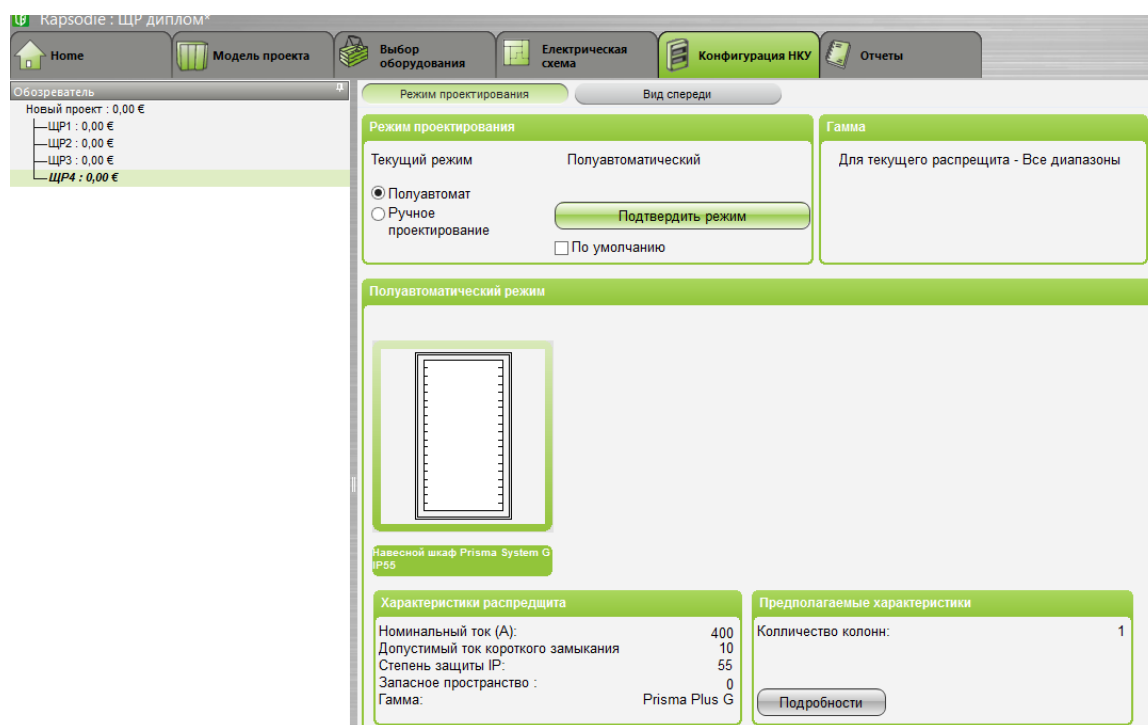


Рисунок 3.4 – Меню конфигурации распределительного щита

Для заданных параметров распределительного щита и выбранного коммутационного оборудования был предложен вариант ЩР. В графическом материале представлены виды распределительного щита, которые используются при составлении проектно-монтажной документации.

Программа Rapsodie оснащена возможностью формирования однолинейных схем, заданного распределительного щита. Для этого необходимо перейти во вкладку «Электрическая схема» и Rapsodie автоматически предоставит готовую однолинейную схему ЩР. Пример однолинейной схемы, сформированной в данной программе, представлен на рисунке 3.5.

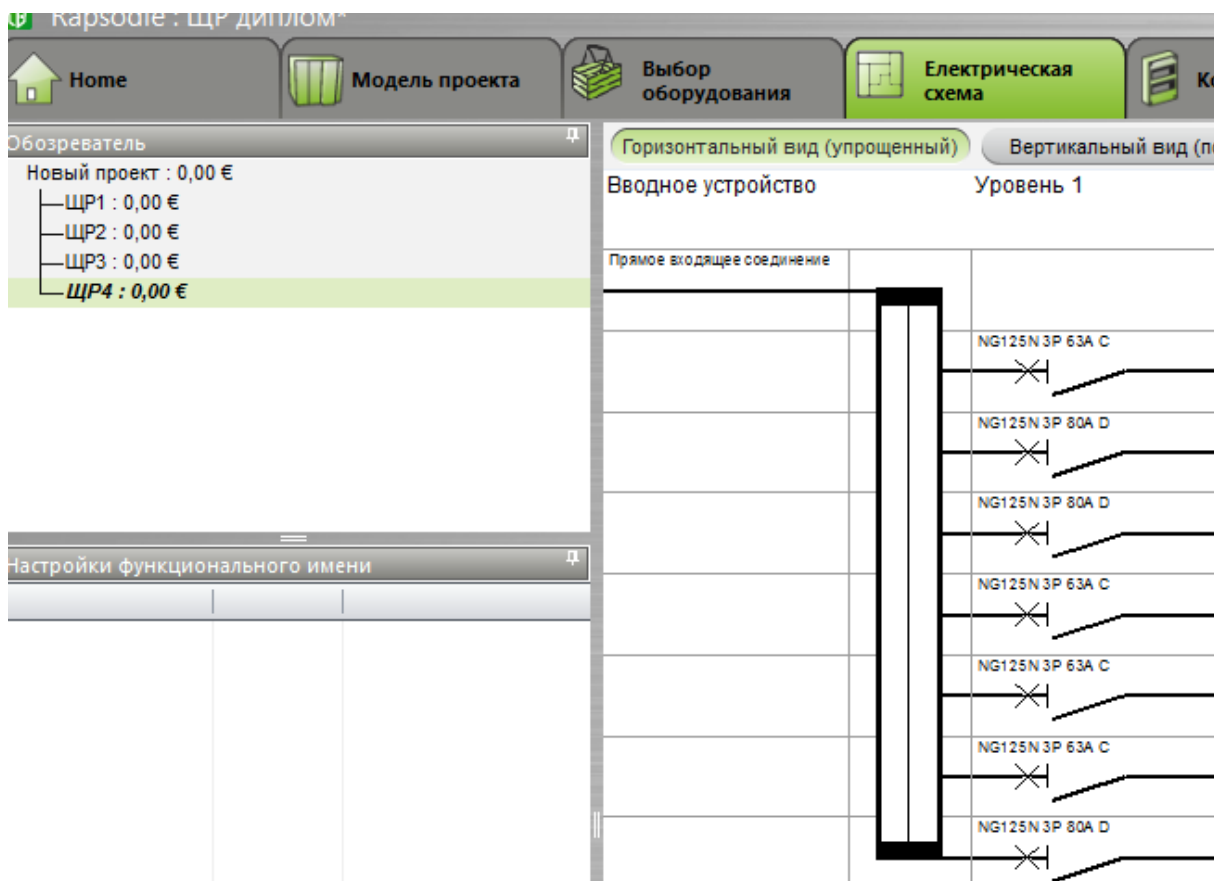


Рисунок 3.5 – Однолинейная схема в программе Rapsodie

Программа Rapsodie существенно облегчает процесс проектирования распределительных щитов. Для успешной работы в данной программе необходимы базовые знания в проектировании ЩР. Использование Rapsodie, дает возможность более наглядного представления проектируемых щитов и незаменима при формировании проектно-монтажной документации.

3.8 Технология монтажа электрооборудования цеха дробления

На каждый строительный объект разрабатывают проектно-сметную документацию, в соответствии с которой выполняют строительные работы по возведению зданий и сооружений, монтажу технологического, электротехнического оборудования, автоматики, связи и др.

Рабочие чертежи при строительстве промышленных предприятий состоят из комплектов архитектурно-строительных, санитарно-технических, электротехнических и технологических чертежей.[9]

Комплект электротехнических рабочих чертежей содержит документацию, необходимую для монтажа внешних и внутренних электрических сетей, подстанций и других устройств электроснабжения,

силового и осветительного электрооборудования. При приемке рабочей документации к производству работ обязательно проверяется учет в ней требований индустриализации монтажа электротехнических устройств, а также механизации работ по прокладке кабелей, такелажу узлов и блоков электрооборудования и их установке.

Непосредственно на месте установки оборудования и прокладки электросетей в цехах, зданиях (в монтажной зоне) монтажные работы должны сводиться к установке крупных блоков электротехнических устройств, сборке их узлов и прокладке сетей.

В соответствии с этим рабочие чертежи комплектуют по их назначению: для заготовительных работ, то есть для заказа блоков и узлов на предприятиях или на сборочно-комплектующих предприятиях, монтажных организациях и в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ), и для монтажа электротехнических устройств в монтажной зоне.

В проектах предусматривается максимальное исключение дыропробивных работ на месте монтажа.[9]

Для монтажа силового электрооборудования разрабатывают поэтажные планы зданий и цехов с указанием и координацией на них трасс прокладки питающих и распределительных силовых сетей и размещения шинопроводов, силовых питающих пунктов и шкафов, электроприемников и пускорегулирующих аппаратов. Для монтажа электрического освещения выполняют поэтажные планы зданий и цехов с указанием и координацией на них питающих и групповых сетей освещения, светильников, пунктов и щитов.

Разрабатывают принципиальные и расчетные схемы силового и осветительного оборудования.

Заказчик передает монтажной организации, также поступающие от предприятия-изготовителя с оборудованием установочные и сборочные чертежи, схемы и инструкции по монтажу.[9]

Исходя из того, что цех дробления относится к влажным помещениям, к установке принимаются щиты распределительные Prisma Plus G (настенная ячейка) IP55[10], с запирающим замком, так как в процессе дробления присутствует большая вибрация и во время технологического процесса щит может открыться.

Щиты выбираются с двумя входами, для обеспечения удобства монтажа канализации электроэнергии. Целесообразно располагать распределительные щиты вблизи выхода, и на небольшой удаленности от электроприемников.

Распределительные щиты будем крепить к стене, как можно ближе к пожарному щиту и выходу, так как такое расположение не будет препятствовать технологическому процессу и более удобно с точки зрения эксплуатации и ремонта электропроводки и коммутационных аппаратов.

Все отходящие от распределительных щитов линии будут выполнены гибким кабелем и проложены в трубах из ПВХ. Прокладка в трубах не будет позволять влаге скапливаться вдоль проводников, так как концы труб будут герметично заделаны. В местах присоединения к коммутационным аппаратам

концы токоведущих жил будут запрессованы в алюминиевые наконечники и заизолированы термоусадочной изоляцией.

Линии ТП – ЦР будут выполнены в траншеях, а в местах выхода на поверхность (непосредственно при подключении к ЦР), будут проложены в трубе, для недопущения скапливания влаги в местах электропроводки.

Силовые кабели, обеспечивающие питание цеховой подстанции (АСБ-10-(3x70)) проложены в траншее, в местах пересечения с другими коммуникациями (дороги, водопровод, теплотрасса и т.д), кабель защищается с помощью асбоцементной трубы, диаметром 100мм. В местах присоединения к коммутационным устройствам на кабель с бумажной изоляцией устанавливаются концевые муфты, которые обеспечивают надежную изоляцию.

По территории цеха канализация электрической энергии будет выполнена в кабельных каналах, для этого будут использованы железобетонные лотки, проложенные в земле и закрытые металлическими крышками, для обеспечения безопасности рабочего персонала и удобства эксплуатации данных кабелей.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда цеха дробления

В тесной связи с технологией производства находится трудовой процесс, требующий определённого нервно-психологического напряжения отдельных органов систем, положение тела при работе и т.д. К санитарно-гигиеническим условиям труда относятся: воздействие на организм человека метеорологического фактора (температуры, влажности, скорость движения воздуха); загрязнения воздуха парами, газами, пылью; воздействие шума, вибрации, электромагнитных излучений, ионизирующей радиации и т.д.

Производственные условия в ряде случаев могут характеризоваться наличием опасных и вредных факторов. Работники цеха сталкиваются с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, как:

- недостаточная освещённость рабочей зоны;
- неблагоприятные метеорологические условия среды;
- повышенный уровень шума, источниками которого являются технические средства, устройства кондиционирования воздуха, компрессоры, насосы, преобразователи напряжения и другое оборудование, а так же шум проникающий извне;
- опасность поражения электрическим током и статическое электричество;

Дробление - это разделение материала на мелкие части. Дробление можно считать частью процесса измельчения, если речь идет о необходимости уменьшить размер с крупности 2 метра и менее до крупности единиц, десятков и сотен миллиметров.

К дроблению относятся механические процессы, посредством которых добытая в руднике порода разбивается до размеров, подходящих для дальнейшего измельчения посредством размалывания. Устройства, которые разбивают добытое в руднике сырьё, относятся к первичным дробилкам; дробилки щекового и конусного типов среди них являются основными. Вторичное дробление осуществляется в один, два, реже в три этапа.

Например, в горнодобывающей промышленности первичная горная порода крупных размеров получается путем буровзрывных работ. При выполнении закладки взрывчатого вещества определяется будущая крупность кусков породы после взрыва. Этой крупности должна соответствовать максимальная крупность питания дробилки. Куски материала превышающие требуемую максимальную крупность требуют дробления гидромолотом или пневмомолотом. Дробление разделяют на крупное (сотни миллиметров), среднее (десятки миллиметров) и мелкое (единицы миллиметров). Соответственно при переработке породы до мелких фракций требуется использовать три стадии дробления.

Во время технологического процесса в дробильном цеху, работники сталкиваются с различными факторами, ухудшающими условия труда. В цеху установлены различные дробилки, транспортно-погрузочные машины, которые в процессе выполнения рабочего процесса подвергают работников к риску получения производственных травм. Дробилки, как и большинство машин и механизмов, предназначенных для обработки руды, производят множество пыли, шума и вибрации, что неблагоприятно сказывается на условиях труда.

Наиболее важным является вопрос электробезопасности рабочего персонала цеха, т.к. нарушение изоляционных свойств, как следствие вибрации и износа оборудования, является очень актуальной проблемой. Нарушение изоляции и нахождение корпусов машин и механизмов под напряжением является скрытой опасностью для рабочих цеха.

4.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда

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

При длительном воздействии шума и вибрации на организм происходят нежелательные явления: снижение остроты зрения, слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Сильные, продолжительные воздействия шума и вибрации могут быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем. Основными источниками шума и вибрации в цехе являются шумы и вибрации, возникающие при технологическом процессе: их источниками являются возвратно-поступательные движущиеся механизмы, неуравновешенные, вращающиеся массы, удары деталей, шумы электромагнитного происхождения, оборудование вентиляции цеха.[13]

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

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

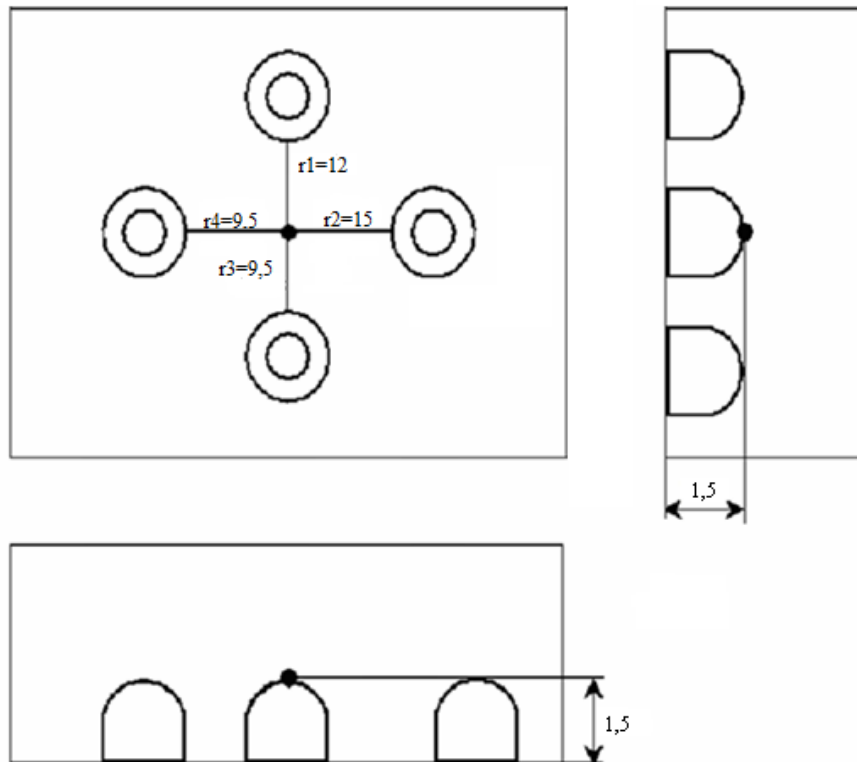


Рисунок 4.1 - Схема расположения расчетной точки и источников шума в помещении

Октавные уровни звукового давления L в дБ в расчетных точках помещений, в которых несколько источников шума в зоне прямого и отраженного звука, следует определять по формуле:[13]

$$L_{ож} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right) \quad (4.1)$$

где $\Delta_i = 10^{0,1L_{pi}}$;

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

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

n – общее количество источников шума в помещении;

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

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

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

l_{max} – наибольший габаритный размер источников шума.

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

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

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

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

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

Ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по опытным данным (при $V/S_{озр} = 0,2$; $\Psi = 0,85$);

B – постоянная помещения.

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (4.2)$$

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

μ – частотный множитель, определяемый по таблице.

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

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

Приведем значения частотного множителя μ в таблице 4.1 для объема помещения $V = 720 \text{ м}^3$ [13]

Таблица 4.1 – Значения частотного множителя

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
μ	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2

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

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

$$\Delta L_{TP} = L_{общ} - L_{дон}, \text{ дБ}, \quad (4.3)$$

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

$L_{доп}$ – указаны в таблице 4.3.

Таблица 4.2 – Уровни звукового давления, создаваемые дробилкой.

Среднегеометр. частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	115	109	102	98	94	92	89	92

Таблица 4.3 – Допустимые уровни звукового давления.

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

Все последовательные расчеты сведем в таблице 4.4. Расчеты производились в Microsoft Excel.

Пример расчета частоты 125 Гц.

Выбираем данные для дробилки. Для частоты 125 Гц, $L_{p1} = 109$ дБ.

Затем по формуле $\Delta_i = 10^{0,1L_{p_i}}$ рассчитываю все частоты, то есть $\Delta_1 = 10^{0,1 \cdot 109} = 10^{10,9}$

После этого считаем площадь по формуле

$$S_i = 2 \cdot \pi \cdot r_i^2 \quad (4.4)$$

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

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

$$S_3 = S_4 = 2 \cdot 3,14 \cdot 9,5^2 = 566,77 \text{ м}^2.$$

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

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{10,9}}{904,32} + \frac{10^{10,9}}{1413} + 2 \cdot \frac{10^{10,9}}{566,77} = 16,9 \cdot 10^8;$$

Далее произведем расчет по формуле:

$$B_{125} = B_{1000} \cdot \mu_{125}; \quad (4.5)$$

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

Таблица 4.4 – Результаты расчета

№	Величина	Ед. из м	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{p_i}	дБ	115	109	102	98	94	92	89	92
2	$\Delta_{i=10}^{0,1} L_{p_i}$	-	$3,16 \cdot 10^{11}$	$7,94 \cdot 10^1$	$1,58 \cdot 10^1$	$6,31 \cdot 10^9$	$2,51 \cdot 10^9$	$1,59 \cdot 10^9$	$7,9 \cdot 10^8$	$1,58 \cdot 10^9$
3	$S_3 = S_4 = 2 \cdot \pi \cdot r_3^2$	м ²	567,06	567,06	567,06	567,06	567,06	567,06	$567,0_6$	567,06
4	$S_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2^2$	м ²	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413
5	$S_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1^2$	м ²	904,32	904,32	904,32	904,32	904,32	904,32	$904,3_2$	904,32
6	$\Delta i / S_3 = \Delta i / S_4$		$5,5 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^8$	$2,8 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10_6$	$2,8 \cdot 10^6$
7	$\Delta i / S_2$		$2,2 \cdot 10^8$	$5,6 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$5,6 \cdot 10_5$	$1,1 \cdot 10^6$
8	$\Delta i / S_1$		$3,5 \cdot 10^8$	$8,78 \cdot 10^7$	$1,75 \cdot 10^7$	$6,9 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$8,8 \cdot 10_5$	$1,7 \cdot 10^6$
9	$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i}$		$1,69 \cdot 10^9$	$4,24 \cdot 10^8$	$8,5 \cdot 10^7$	$3,4 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^7$	$8,5 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10_6$	$8,5 \cdot 10^6$
10	B1000(V=720м ³)		36	36	36	36	36	36	36	36
11	μ	-	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
12	$B_i = B_{1000} \cdot \mu$	-	23,4	22,32	23,04	27	36	54	86,4	151,2
13	$\frac{4\psi}{B_i}$		0,14	0,15	0,147	0,125	0,094	0,062	0,039	0,022
14	$\sum_{i=1}^4 \Delta_i$		$1,26 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^{11}$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	10^{10}	$6,3 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10_9$	$6,3 \cdot 10^9$
15	$\frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i$		$1,84 \cdot 10^{11}$	$4,84 \cdot 10^1$	$9,36 \cdot 10^9$	$3,18 \cdot 10^8$	$9,49 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10_8$	$1,43 \cdot 10_8$
16	$\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i$		$1,85 \cdot 10^{11}$	$4,88 \cdot 10^1$	$9,44 \cdot 10^9$	$3,21 \cdot 10^9$	$9,62 \cdot 10^8$	$4,08 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10_8$	$1,51 \cdot 10_8$
17	$L_{ОЖ} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right)$	дБ		107	99,7	95,1	89,8	86,1	81,1	81,8
18	$L_{ДОП}$	дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
19	$\Delta L_{ТРЕБ} = L_{ОЖ} - L_{ДОП}$	дБ	13,7	15	13,7	12,1	9,83	8,1	5,12	7,79

Тогда значение

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

Далее считаем следующее:

$$\frac{4\psi}{B_{125}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,85}{22,32} \cdot 31,8 \cdot 10^{10} = 4,84 \cdot 10^{10}.$$

Затем просуммируем значения:

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 4,24 \cdot 10^8 + 4,84 \cdot 10^{10} = 4,88 \cdot 10^{10}.$$

Теперь можно найти $L_{OЖ} = 10Lg(4,88 \cdot 10^{10}) \approx 107$ дБ

После этого выбираем допустимый уровень звукового давления для частоты 125 Гц значение $L_{доп} = 92$ дБ.

Окончательным расчетом является определение значения

$$\Delta L_{mp} = L_{OЖ} - L_{доп} = 107 - 92 \approx 15 \text{ дБ}$$

Расчет мероприятий для снижения шума

Запроектировать стену (с окном и дверью) и перекрытием кабины наблюдения цеха дробления, имеющего размеры 16x8x4 м. Площадь глухой стены S_1 и перекрытия кабины наблюдения S_2 , граничащих с помещением, в котором расположены дробилки соответственно равны 64 и 128 м², площадь двери $S_3=4$ м², окна $S_4=3$ м². Суммарный уровень звуковой мощности $L_{рсум}$, излучаемой всеми дробилками, приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Суммарный уровень звуковой мощности, излучаемой всеми дробилками

Среднегеометр. частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{ш}$	93	90	91	108	117	116	115	117

Требуемую звукоизолирующую способность каждого элемента наблюдательной кабины рассчитаем по формуле:^[13]

$$R_{mp} = L_{ш} - 10lg B_{II} + 10lg S_i - L_{доп} + 10lg n, \quad (4.6)$$

где $L_{ш}$ – октавный уровень звукового давления вне защищаемого от шума помещения;

B_u – постоянная защищаемого от шума помещения, м²,

$$B_{II} = B_{II1000} \cdot \mu.$$

Для наблюдательной кабины с объемом $V=16 \times 8 \times 4$:

$$B_{u1000} = V/10 = 512/10 = 51,2 \text{ м}^2$$

Используя таблицу 4.1 частотного множителя, найдем значение B_u . Все расчеты приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты акустического расчет

№	Величина	Ед. изм.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	$V_{и1000}(V=750\text{м}^3)$	м^2	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2
2	μ		0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
3	$V_{и}=V_{и1000}*\mu$		33,28	31,7 4	32,77	38,4	51,2	76,8	122,88	215,04
4	$L_{ш}$	дБ	93	90	91	108	117	116	115	117
5	$L_{доп}$	дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
6	$10\lg(n) (n=4)$		6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	0,60
7	$10\lg(V_{и})$		15,22	15,0 2	15,15	15,84	17,09	18,85	20,89	23,33
8	$10\lg(S1) (S1=75\text{м}^2)$		18,06	18,0 6	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06
9	$10\lg(S2) (S2=150\text{м}^2)$		21,07	21,0 7	21,07	21,07	21,07	21,07	21,07	21,07
10	$10\lg(S3) (S3=6\text{ м}^2)$		6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02
11	$10\lg(S4) (S4=5\text{ м}^2)$		4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77
12	$R_{стена}$		2,86	4,85	11,71	31,02	41,77	41,01	39,97	41,54
13	$R_{перекр}$		5,87	7,86	14,72	34,03	44,78	44,02	42,98	44,55
14	$R_{дверь}$		-9,18	-5,94	0,92	20,23	30,98	30,22	29,18	30,75
15	$R_{окно}$		-10,43	-6,91	-0,05	19,26	30,01	29,25	28,21	29,78

Исходя из результатов акустического расчета, кабину наблюдателя следует выполнить из следующих материалов:

Стена - кирпичная кладка толщиной в 1 кирпич оштукатуренная с двух сторон. Звукоизолирующая способность (36, 41, 44, 51, 58, 64, 65, 65 дБ).

Перекрытие – железобетонная панель толщиной 160 мм с круглыми пустотами. Звукоизолирующая способность (37, 38, 38, 47, 53, 57, 57, 58 дБ).

Дверь - глухая щитовая дверь толщиной 40мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4мм с уплотняющими прокладками. Звукоизолирующая способность (12, 27, 27, 32, 35, 34, 35, 35 дБ).

Окно - оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм, с уплотняющими прокладками из резины. Звукоизолирующая способность (27, 33, 33, 36, 38, 38, 38 38 дБ).^[13]

4.3 Разработка сети зануления цеха дробления

Цех дробления получает электроэнергию от трансформаторной подстанции, в которой установлен трансформатор мощностью 630 кВА. Самый удаленный электроприемник – транспортер (мощность 15 кВт). Его питание осуществляется от ЩР-3, с использованием кабеля АВВГ-(4х4) (длина $L_1=48\text{м}$). Распределительный щит ЩР-3 запитан от шин подстанции с помощью кабеля АВВГ-(3х150)+(1х70) (длина $L_2=9\text{м}$).

Питание электроприборов внутри помещения осуществляется от трехфазной сети напряжением 380 В и частотой 50 Гц с использованием автоматов токовой защиты.

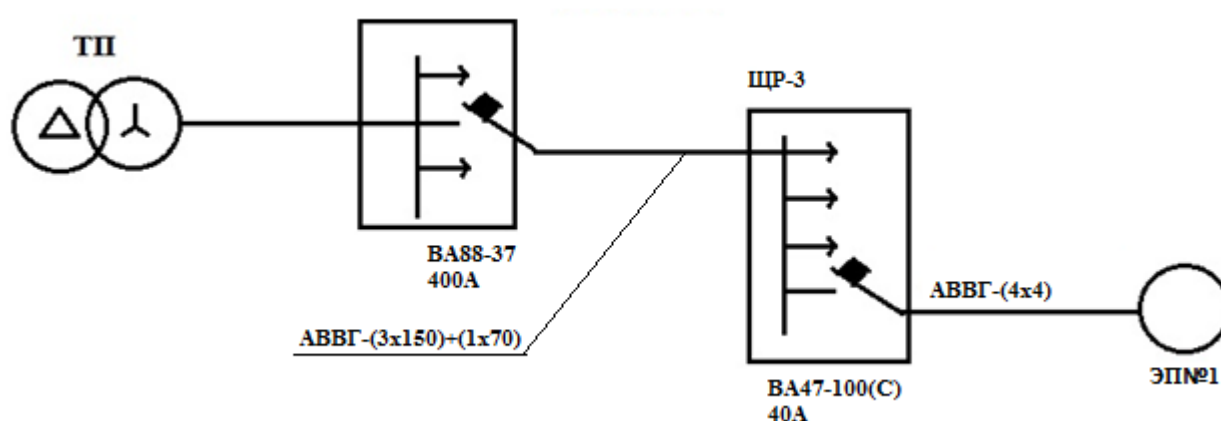


Рисунок 4.2 - Схема замещения

Определим токи нагрузки и выбор аппаратов защиты:[14]

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}; \quad (4.7)$$

$$I_p = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 27,1 \text{ А.}$$

$$I_{\text{пуск}} = K_p \cdot I_p; \quad (4.8)$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 27,1 = 135,5 \text{ А.}$$

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 ЩР-3 до ЭП-1 (АВВГ(4х4) L₁=48м):^[6]

$$Z_{\text{пФ-0}} = 18,4 \text{ Ом/км.}$$

$$Z_{\text{КЛ-1}} = Z_{\text{пФ-0}} \cdot L_1 = 18,4 \cdot 0,048 = 0,88 \text{ Ом.}$$

в) сопротивление кабельной линии от ТП до ЩР-3 (АВВГ(3х150)+(1х70) L₂=9м):

$$Z_{\text{пФ-0}} = 0,986 \text{ Ом/км.}$$

$$Z_{\text{КЛ-2}} = Z_{\text{пФ-0}} \cdot L_2 = 0,986 \cdot 0,009 = 0,009 \text{ Ом.}$$

Определим токи КЗ:^[14]

$$I_{k1} = \frac{U_{\phi}}{Z_m/3 + Z_{\text{КЛ-1}} + Z_{\text{КЛ-2}}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,009 + 0,88} = 2,07 \text{ кА};$$

$$I_{k2} = \frac{U_{\phi}}{Z_m \cdot /3 + Z_{\text{КЛ-2}}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,009} = 12,2 \text{ кА.}$$

Определим кратность тока:

$$\frac{I_{k1}}{I_{\text{нАВТ}}} = \frac{2,07 \text{ кА}}{40} = 51,7;$$

$$\frac{I_{k2}}{I_{\text{нАВТ}}} = \frac{12,2 \text{ кА}}{40} = 305.$$

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

$$2,07 \text{ кА} > 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ А};$$

$$12,2 \text{ кА} > 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ А.}$$

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:[14]

$$U_{k1} = I_{k1} \cdot R_{\text{КЛ-1}} = 2,07 \cdot 0,033 = 69 \text{ В,}$$

$$R_{\text{КЛ-1}} = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,028 \cdot 48}{4} = 0,033 \text{ Ом},$$

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.

$$U_{\text{К2}} = I_{\text{К2}} \cdot R_{\text{КЛ-2}} = 12,2 \cdot 0,0036 = 43,9 \text{ В};$$

$$R_{\text{КЛ-2}} = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,028 \cdot 9}{70} = 0,0036 \text{ Ом}.$$

Ток, проходящий через тело человека, равен

$$I_{h1} = \frac{U_{k1}}{R_h} = \frac{69}{1000} = 69 \text{ мА};$$

$$I_{h2} = \frac{U_{k2}}{R_h} = \frac{43,9}{1000} = 43,9 \text{ мА}.$$

Такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия 0,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя не превышает допустимых величин.[14]

5 Экономическая часть.

5.1 Цель разработки проекта

Агломерационная фабрика – это промышленное предприятие, которое непосредственно участвует в переработке агломерата и передаче его в дальнейшую переработку.

Фабрика данного проекта может получить питание от подстанции энергосистемы, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 115/37/10 кВ. Мощность энергосистемы 900 МВА. Трансформаторы работают отдельно. Расстояние от подстанции энергосистемы до фабрики 5,5 км. Фабрика работает в три смены.

Необходимость строительства заключается в полном отсутствии электропитания данной фабрики на сегодняшний момент.

Исходя из того, что в энергосистеме установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 115/37/10 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.

5.2 Выбор вариантов снабжения

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.

Расчет капитальных вложений на I вариант.

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

$$K_{V_{1-2}}=4 \times K_{\text{выкл}}=4 \times 6,475 \text{млн.тг}=25,9 \text{ млн. тенге.}$$

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

$$K_{P_{1-4}}=4 \times K_{\text{разъед}}=K_{P_{1-4}}=4 \times 3,33 \text{млн.тг.}=13,32 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ограничители перенапряжений ОПН₁₋₄ (4 шт.):

$$K_{\text{ОПН}_{1-4}}=4 \times K_{\text{опн}}=4 \times 1,48 \text{млн.тг.}= 5,92 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформаторы ГПП (2 шт.):

$$K_{\text{ТрГПП}}=2 \times K_{\text{Тр}}=2 \times 74 \text{млн.тг.}=148 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на оборудование:

$$K_{\text{об}}=K_{\text{В1-4}}+K_{\text{Р1-4}}+K_{\text{ОПН1-4}}+K_{\text{Тр ГПП}}=25,9+13,32+5,92+148=193,14 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}}=4,44 \text{млн.тг/км.}$$

$$K_{\text{ЛЭП}}=L \times K_{\text{уд}}=5,5 \times 4,44=24,42 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные капитальные вложения на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1}=K_{\text{об}}+K_{\text{ЛЭП}}=193,14+24,42=217,56 \text{млн. тенге.}$$

Расчет издержек по I варианту:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}}=k_{\text{эЛЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}}; \quad (5.1)$$

где $k_{\text{эЛЭП}}$ -коэффициент эксплуатационных издержек ЛЭП ($k_{\text{эЛЭП}}=0,025$);

$$I_{\text{экс ЛЭП}}=0,025 \times 24,42=0,61 \text{ млн. тенге}$$

Амортизационные издержки ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}}=k_{\text{алЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}}; \quad (5.2)$$

где $k_{\text{алЭП}}$ -коэффициент амортизационных издержек ЛЭП (принимаем $k_{\text{алЭП}}=0,2$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{\text{а ЛЭП}}=0,2 \times 24,42=4,884 \text{ млн. тенге}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}}=k_{\text{эОБ}} \times K_{\text{об}}; \quad (5.3)$$

где $k_{\text{эОБ}}$ -коэффициент эксплуатационных издержек оборудования ($k_{\text{эОБ}}=0,03$);

$$I_{\text{экс об}} = 0,03 \times 193,14 = 5,8 \text{ млн. тенге}$$

Амортизационные издержки на оборудование:

$$I_{\text{а об}} = k_{\text{аОб}} \times K_{\text{об}}; \quad (5.4)$$

где $k_{\text{аОб}}$ -коэффициент амортизационных издержек оборудования (принимаем $k_{\text{аОб}} = 0,25$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{\text{а об}} = 0,25 \times 193,14 = 48,285 \text{ млн. тенге}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times (W_{\text{трГПП}} + W_{\text{лЭП}}); \quad (5.5)$$

где C_0 - стоимость электроэнергии (20тг./кВтч);
 $W_{\text{трГПП}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе ГПП;
 $W_{\text{лЭП}}$ - потери электроэнергии в ЛЭП.

$$I_{\text{пот.}} = 20 \times (331417,517 + 64360,5) = 7,9 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1} = I_{\text{а}} + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}} = 0,61 + 4,884 + 5,8 + 48,285 + 7,9 = 67,48 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат по первому варианту:

$$Z_1 = E_c \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1}; \quad (5.6)$$

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

$$Z_1 = 0,15 \times 217,56 + 67,48 = 100,114 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет капитальных вложений на II вариант.

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

$$K_{B_{1-2}} = 2 \times \gamma_2 \times K_B; \quad (5.7)$$

где γ_2 - коэффициент долевого участия завода в мощности выключателей B_1 и B_2 ($\gamma_2 = 0,13$);

$$K_{B_{1-2}} = 2 \times 0,13 \times 11,1 = 2,89 \text{ млн. тенге.}$$

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

$$K_{P1-4}=4 \times k_{\text{разъед}}=4 \times 3,7=14,8 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на выключатель В₃ (1 шт.):

$$K_{B3}=\gamma_3 \times K_B; \quad (5.8)$$

где γ_3 - коэффициент долевого участия завода в мощности выключателей В₃ ($\gamma_3=0,063$);

$$K_{B3}=0,063 \times 11,1=0,7 \text{ млн. тенге.}$$

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

$$K_{B4-7}=4 \times K_B=4 \times 11,1=44,4 \text{ млн. тенге.}$$

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

$$K_{\text{ОПН1-2}}=2 \times K_{\text{опн}}=2 \times 1,295=2,59 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформатор ГПП (2 шт.):

$$K_{\text{тр ГПП}}=2 \times K_{\text{трГПП}}=2 \times 55,5=111 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформатор энергосистемы (2 шт.):

$$K_{\text{трЭС}}=2 \times \gamma_1 \times K_{\text{трЭС}}; \quad (5.9)$$

где γ_1 - коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы ($\gamma_1=0,16$);

$$K_{\text{трЭС}}=2 \times 0,16 \times 166,5=53,28 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на оборудование:

$$\begin{aligned} K_{\text{об}} &= K_{B1-2} + K_{P1-4} + K_{B3} + K_{B4-7} + K_{\text{ОПН1-2}} + K_{\text{трЭС}} + K_{\text{тр ГПП}} = \\ &= 2,89 + 14,8 + 0,7 + 44,4 + 2,59 + 111 + 53,28 = 229,66 \text{ млн. тенге.} \end{aligned}$$

Капитальные вложения на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}}=4,625 \text{ млн. тенге/км.}$$

$$K_{\text{ЛЭП}}=L \times K_{\text{уд}}=5,5 \times 4,625=25,44 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные капитальные вложения на оборудование второго варианта:

$$K_{\Sigma 2} = K_{об} + K_{ЛЭП} = 229,66 + 25,44 = 255,1 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет издержек по II варианту:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП} = 0,028 \times 25,44 = 0,71 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки ЛЭП:

$$I_{а ЛЭП} = 0,2 \times 25,44 = 5,088 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экс об} = 0,02 \times 229,66 = 4,6 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки на оборудование:

$$I_{а об} = 0,25 \times 229,66 = 57,415 \text{ млн. тенге.}$$

Стоимость потерь:

$$I_{пот.} = 20 \times (368707,8 + 241089,4 + 223984,384) = 16,7 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2} = I_{а} + I_{пот.} + I_{э} = 0,71 + 5,088 + 4,6 + 57,415 + 16,7 = 84,513 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат по второму варианту:

$$Z_{II} = 0,15 \times 255,1 + 84,513 = 122,788 \text{ млн. тенге.}$$

Составим сводную таблицу по всем вариантам.

Таблица 5.1 – Результаты технико-экономического сравнения

Вариант	U _{ном} , кВ	K _Σ млн.тенге	I _Σ млн.тенге	Z млн.тенге
I	110	217,56	67,48	100,114
II	35	255,1	84,513	122,788

Выбираем I вариант, так как по всем показателям он оказался более выгодным.

5.3 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.[15]

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

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

Рассчитаем чистую приведенную стоимость (NPV):[15]

$$NPV = \sum_k \frac{CF}{(1+r)^k} - IC \quad (5.10)$$

где CF –денежный поток;

r - банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);

n - количество лет;

IC – инвестиции.

$$CF = A + P, \quad (5.11)$$

где A – амортизация оборудования;

P – прибыль от производства.

Так как для данной фабрики посчитать прибыль от производства невозможно, ввиду отсутствия данных, то денежный поток будет равен амортизационным издержкам.

$$CF = A. \quad (5.12)$$

$$CF = 53,17 \text{ млн.тенге.}$$

Рассчитаем накопленную величину дисконтированных доходов (PV).[15]

$$PV = \sum_k \frac{CF}{(1+r)^k}, \quad (5.13)$$

где CF –денежный поток;

r - банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);

n - количество лет.

Расчёты, приведенные в таблице 5.2, показывают, что накопленная величина дисконтированных доходов составляет 245,8 млн. тенге.

Расчитаем индекс рентабельности инвестиций (PI):[15]

$$PI = \sum_k \frac{CF}{(1+r)^k} / IC, \quad (5.14)$$

где CF – денежный поток;

r - банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);

n - количество лет;

IC – инвестиции.

$$PI = \frac{245,8}{217,56} = 1,13.$$

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 1,13 тенге дохода.

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

Внутренняя норма доходности равна 12,17%, что превышает ставку дисконтирования в 8%, следовательно, проект можно принять. Расчет приведен в таблице 5.2.

Расчитаем срок окупаемости инвестиций (PP):

По таблице 5.2 видно, что срок окупаемости с учетом дисконтирования — 6 лет.

Таблица 5.2 – Расчет показателей финансовой эффективности

Ставка дисконтирования 8%			
Год	Денежный поток (млн. тенге)	Инвестиции (млн. тенге)	Нарастающий дисконтированный денежный поток (млн. тенге)
0	0	217,56	-217,56
1	49,23	0	-168,33
2	45,58	0	-122,74
3	42,21	0	-80,54
4	39,08	0	-41,45
5	36,19	0	-5,27
6	33,51	0	28,24
7	31,02	0	59,26
Чистая приведенная стоимость 28,24 млн. тенге			
Внутренняя норма доходности 12,17%			
Накопленная величина дисконтированных доходов 245,8 млн. тенге.			

Заключение

В данной дипломной работе произведен выбор системы внешнего электроснабжения агломерационной фабрики. Расчет проведен на основании генерального плана и установленных нагрузок по цехам фабрики.

Методом упорядоченных диаграмм был проведен расчет низковольтной нагрузки. Произведен расчет количества цеховых трансформаторов и распределение полученного числа трансформаторов (13 трансформаторов ТСЗ-630-10/0,4) в трансформаторные подстанции (7 подстанций). Так как агломерационная фабрика питается от подстанции энергосистемы, в которой установлено два трехобмоточных трансформатора с напряжениями 110/35/10 кВ, возможными являются три варианта схемы снабжения. По данным технического расчета, вариант снабжения с напряжением 10 кВ конструктивно невозможен.

Для каждого варианта было выбрано высоковольтное коммутационное оборудование, ограничители перенапряжений и воздушные линии электропередачи 110 и 35 кВ. В ходе технико-экономического сравнения, наиболее выгодным выбран вариант со строительством линии электропередачи 110 кВ.

Для выбранного варианта произведен выбор силовых трансформаторов ГПП (ТДН –10000/110/10), кабельных линий, питающих цеховые подстанции, трансформаторов тока и напряжения на ГПП, выключателей нагрузки в цеховых подстанциях, автоматических выключателей, шин и изоляторов ГПП.

Произведен расчет нагрузок 0,4 кВ по цеху дробления, выбрано коммутационное оборудование. Для выбора распределительных щитов и автоматических выключателей применялась программа Rapsodie. Данная программа работает с библиотекой продукции Schneider Electric – одним из мировых лидеров в производстве коммутационного и комплектного оборудования. Рассмотрена технология монтажа электрооборудования цеха дробления.

В экономической части произведен расчет эффективности инвестиционного проекта электроснабжения агломерационной фабрики. Для оценки были рассчитаны финансово экономические показатели эффективности инвестиционных проектов, которые показали, что наиболее выгодным вариантом схемы снабжения фабрики является вариант со строительством ЛЭП – 110кВ.

В разделе безопасность жизнедеятельности выполнен анализ условий труда цеха дробления, приведены меры по уменьшению звукового давления и улучшению условий труда. Рассчитаны параметры кабины наблюдателя и указаны материалы, из которых необходимо ее выполнить. Произвел расчет защитного зануления, в результате которого установлено, что коммутационный аппарат сработает и отключит поврежденный участок линии, следовательно система зануления рассчитана верно.

Перечень сокращений и обозначений

АВВГ - силовой кабель с алюминиевыми жилами, с фазной изоляцией из ПВХ пластиката, оболочка кабеля из ПВХ пластиката, без наружного покрова поверх брони

АД - асинхронный двигатель

АСБ - силовой кабель с алюминиевыми жилами, свинцовой оболочкой, с броней из двух стальных лент

ВБК - высоковольтные батареи конденсаторов

ВН - высокое напряжение

ДРЛ - дуговые разрядные лампы

ГПП - главная понизительная подстанция

ИС - источник света

КЗ - короткое замыкание

КРУ - комплектное распределительное устройство

ЛЛ - люминесцентная лампа

ЛН - лампы накаливания

ЛЭП - линия электропередач

НБК - низковольтные батареи конденсаторов

НН - низкое напряжение

ОУ - осветительная установка

ПВ - продолжительность включения

РУ - распределительное устройство

СД - синхронный двигатель

СН - среднее напряжение

ТДН - трансформатор трехфазный, масляный с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха, с регулированием напряжения под нагрузкой

ТОЛ - трансформатор тока, однофазный линейный

ТП - трансформаторная подстанция

ТСЗ - трансформатор трехфазный, сухой, без расширителя, герметичный, с азотной подушкой

ТЭР - технико-экономический расчет

УКН - установка конденсаторная с регулированием по напряжению

ШТМ - шинопровод моноотрелейный

ЩАО - щит аварийного освещения

ЩО - щит освещения

ЩР - щит распределительный

ЭП - электроприемник

Список литературы

1. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. М. 2012.
2. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан 2012.
3. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения. – М.: «Академия», 2011.
4. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник для проф. Учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2006.
5. <http://forca.ru/spravka/transformatory.html>
6. <http://electrotechnika.kz/spravochnik>
7. <http://www.abb.ru/ProductGuide/>
8. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия - 6-изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.
9. Технология электромонтажных работ. Нестеренко В.М., Мысьянов А.М. М.: Академия 2004.
10. <http://www.schneider-electric.com/products/ru/ru/>
11. <http://www.szempkc.ru/produkcija/201/catalog5-de7.html>
12. Rapsodie v.1.4 Руководство пользователя. Schneider Electric, 2011.
13. Безопасность жизнедеятельности. Ред. С.В. Белов. Учебник для техникумов и вузов. - М.: Высшая школа, 2004.
14. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О. Н. - 12 издание, пер. и доп. – СПб.: Лань, 2008.
15. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: учебник/ Виленский П.Л., В.Н. Лившиц. Дело, 2009.
16. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.
17. Балаков Ю.Н. Проектирование схем электроустановок. – М.: «МЭИ», 2006.
18. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: «Форум-Инфра-М», 2010.
19. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. – М.: «Форум», 2010.
20. Маньков В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения. – СПб.: «Электросервис», 2010.

Приложение А
Расчетные таблицы

Таблица А.1 - Расчет осветительной нагрузки по агломерационной фабрике

Наименование производственного помещения	Размеры помещения	Площадь помещен. м2	Уд. осв. нагрузка ро кВт/м2	Коэффициент спроса Кс	Уст. мощн. осв. Р _{уо} кВт	Расчетная осветительная нагрузка		Cosf/ tgf	Тип ИС
						Р _{ро} ,кВт	Q _{ро} ,кВт		
1.Цех агломерации	96,2x62,4	6002,8	0,015	0,8	90,04	72,03	34,57	0,9/0,5	ДРЛ
2.Механический цех	40x24	960	0,015	0,8	14,4	11,52	5,53	0,9/0,5	ДРЛ
3.Шихтовые бункера	78x20,8	1622,4	0,01	0,6	16,22	9,73	0	1/0	ЛН
4.Насосная	26x21	546	0,013	0,7	7,09	4,96	2,38	0,9/0,5	ДРЛ
5.Тракт возврата	31,2x15,6	486,72	0,015	0,8	7,3	5,84	0	1/0	ЛН
6.Цех перв. смешивания	57,2x44,2	2528,24	0,015	0,8	37,9	30,34	14,56	0,9/0,5	ДРЛ
7.Цех эксгаустеров	72,8x41,6	3028,48	0,01	0,8	12,5	10	5	0,9/0,5	ДРЛ
8.Приемные бункера топлива	57,2x20,8	1189,76	0,01	0,6	11,89	7,14	0	1/0	ЛН
9.Материальный склад	72,8x36,4	2649,92	0,01	0,6	26,5	15,9	0	1/0	ЛН
10.Административный корпус	85,8x33,8	2900,04	0,02	0,9	58	52,2	25,056	0,9/0,5	ЛЛ
11.Цех измельчения топлива	49,4x39	1926,6	0,015	0,8	28,9	23,12	11,09	0,9/0,5	ДРЛ
12.Гараж	36,4x20,8	757,12	0,01	0,6	7,57	4,54	2,18	0,9/0,5	ДРЛ
13.Котельная	54,6x41,6	2271,36	0,013	0,7	29,52	20,67	9,92	0,9/0,5	ДРЛ
14.Цех дробления	44,2x20,8	919,36	0,015	0,6	13,79	8,27	3,96	0,9/0,5	ДРЛ
Территория	390x273	78651,2	0,0005	1	393,4	393,4	188,83	0,9/0,5	ДРЛ

Таблица А.2 - Расчет электрических нагрузок по цехам агломерационной фабрики, 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 _р , кВт	Q _р , квар	
			P _{н min} – P _{н max}	∑P _н				P _{см,кВт}	Q _{см,квар}					
1	Цех агломерации	а) силовая	220	1-45	4100	>3	0,5	0,8/0,75	2050	1537,5	182	1,05	2050	1537,5
		б) осветительная											72,03	34,57
		Итого											2122,03	1572,07
2	Механический цех	а) силовая	39	4-50	350	>3	0,3	0,7/1,01	105	106,05	14	1,45	152,25	106,05
		б) осветительная											11,52	5,53
		Итого											163,77	111,58
3	Шихтовые бункера	а) силовая	32	10-80	700	>3	0,4	0,65/1,17	280	327,6	18	1,26	352,8	327,6
		б) осветительная											9,73	0
		Итого											362,53	327,6
4	Насосная	а) силовая	8	80-130	700	<3	0,7	0,8/0,75	490	367,5	8	1,2	588	404,25
		б) осветительная											4,96	2,38
		Итого											592,96	406,63
5	Тракт возврата	а) силовая	22	1-45	160	>3	0,45	0,7/1,01	72	72,72	7	1,58	113,76	79,9
		б) осветительная											5,84	0
		Итого											119,6	79,9
6	Цех первичного смешивания	а) силовая	33	1-42	400	>3	0,5	0,7/1,01	200	202	19	1,21	242	202
		б) осветительная											30,34	14,56
		Итого											272,34	216,56
7	Цех эксгаустеров	а) силовая	35	10-30	600	=3	0,6	0,8/0,75	270	35	1,12	403,2	270	270
		б) осветительная											36,34	17,44
		Итого											439,54	287,44
8	Приемный пункт топлива	а) силовая	25	10-50	420	>3	0,25	0,65/1,17	105	122,85	17	1,61	169,05	122,85
		б) осветительная											7,14	0
		Итого											176,19	122,85

Продолжение таблицы А.2

9	Материальный склад	а) силовая	32	10-40	230	>3	0,25	0,6/1,33	57,5	76,47	12	1,75	100,63	76,47	
		б)осветительная												15,9	0
		Итого												116,53	76,47
10	Административный корпус	а) силовая	30	1-20	260	>3	0,45	0,75/0,88	117	102,96	26	1,2	140,4	102,96	
		б)осветительная												52,2	25,06
		Итого												192,16	128,02
11	Цех измельчения топлива	а) силовая	45	1-40	700	>3	0,45	0,75/0,88	315	277,2	35	1,17	368,55	277,2	
		б)осветительная												23,12	11,09
		Итого												391,67	288,29
12	Гараж	а) силовая	25	1-15	90	>3	0,25	0,7/1,01	22,5	22,725	12	1,6	36	22,73	
		б)осветительная												4,54	2,18
		Итого												40,54	24,9
13	Котельная	а) силовая	42	1-50	500	>3	0,55	0,8/0,75	275	206,25	20	1,18	324,5	206,25	
		б)осветительная												20,67	9,92
		Итого												345,17	216,17
14	Цех дробления	а) силовая	33	1-100	1000	>3	0,4	0,75/0,88	400	352	20	1,24	385,13	495,6	
		б)осветительная												8,27	3,96
		Итого												391,87	499,56
15	Территория	осв. территории											393,4	188,83	
Итого на шинах 0,4 кВ													6236,15	4403,3	

Таблица А.3 - Электрические нагрузки по цехам предприятия

№	Наименование	R, см	α , °	№	Наименование	R, см	α , °
1	Цех агломерации	5	12,65	8	Приемные бункера топлива	1,44	15,2
2	Механический цех	1,4	27,24	9	Материальный склад	1,17	56,88
3	Шихтовые бункера	2,06	9,93	10	Административный корпус	1,5	133,85
4	Насосная	2,64	3,03	11	Цех измельчения топлива	2,14	22,58
5	Тракт возврата	1,4	18,5	12	Гараж	0,7	45,4
6	Цех первичного смешивания	1,8	45,25	13	Котельная	2	23
7	Цех эксгаустеров	2,27	32,45	14	Цех дробления	2,43	6

Таблица А.4 - Уточненный расчет электрических нагрузок по фабрике

№ ТП	№ цехов	Количество ЭП п	Установленная мощность		Ки	Средняя нагрузка за макс.загр.см.		пэ	Км	Расчетная мощность			Кз	
			Pmin/Pmax кВт	Общая $\sum P_n$ кВт		Pсм кВт	Qсм квар			Pp	Qp	Sp		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ТП1 2х630кВА силовая осветительная Qнбк Итого	2	39	4-50	350		105	106,05							
	6	33	1-42	400		200	202							
	10	30	1-20	260		117	102,96							
	13	42	1-50	500		275	206,25							
		144	1-50	1510	0,46	697	617,26	61	1,12	780,64	614,26			
											114,73	55,07		
											-400			
										895,37	302,33	945,03	0,75	
ТП2-4 5х630кВА силовая осветительная Qнбк Итого	1	220	1-45	4100		2050	1537,5							
	5	22	1-45	160		113,76	79,9							
	8	25	10-50	420		105	122,85							
		267	1-50	4680	0,48	2268	1740,25	187	1,05	2382,2	1740,25			
											85,01	34,57		
												-1250		
										2467,21	524,82	2522,4	0,79	
ТП5 2х630кВА силовая осветительная Qнбк Итого	7	35	10-30	600		360	270							
	14	46	10-100	1000		400	352							
		81	10-100	1600	0,5	760	622	32	1,16	881,6	622			
											44,61	21,4		
												-400		
										926,2	243,4	957,66	0,76	

Продолжение таблицы А.4

ТП6 2х630кВА силовая осветительная Qнбк Итого	3	32	10-80	700		280	327,6						
	4	8	80-130	700		490	367,5						
		40	10-130	1400	0,55	770	695,1	22	1,17	900,9	695,1		
										14,69	3,28		
											-400		
										915,6	297,48	962,7	0,77
ТП7 2х630кВА силовая осветительная освещ.терр. Qнбк Итого	9	32	10-40	230		57,5	76,47						
	11	45	1-40	700		315	277,2						
	12	25	1-15	90		22,5	22,725						
		102	1-40	1020	0,38	395	376,4	51	1,14	450,3	376,4		
										43,56	13,27		
										393,406	188,895		
										-400			
									887,3	178,5	905,1	0,72	
Итого на шинах 0,4кВ										6091,7	1546,53		
Потери в трансф.-х										82	428,6		
Итого нагр. 0,4кВ привед										6173,7	1975,13		
Цех эксгаустеров СД	7	4	1000	4000						3400	3060		
Цех изм. Топлива СД	11	4	800	3200						2720	-2448		
ВБК(не требуется)											-		
Итого										12293,7	2587,13	12562,9	