

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия по
производству огнеупоров

Обучающийся

А.Г. Галочкин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Целью данной работы является проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Для решения поставленной задачи, в работе выполнен анализ исходных данных, на основании которого осуществлены необходимые обоснованные мероприятия по проектированию системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

На основе полученных результатов расчёта нагрузок потребителей, а также расчёта токов КЗ, в работе выбрана и обоснована схема электроснабжения объекта проектирования, осуществлён выбор проводников электрических сетей, а также проведён выбор электрических аппаратов в системе электроснабжения объекта проектирования.

Обоснование всех указанных мероприятий по проектированию системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров в работе подтверждено соответствующими техническими расчётами и проверками, в частности, выбором современных типов приведённого оборудования и сетей.

Проанализированы и разработаны основные мероприятия для безопасного выполнения работ с последующим их внедрением на объекте проектирования.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика объекта проектирования	7
1.1 Характеристика технологического процесса промышленного предприятия по производству огнеупоров.....	7
1.2 Характеристика потребителей промышленного предприятия по производству огнеупоров.....	11
2 Разработка проекта системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.....	19
2.1 Выбор схемы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.....	19
2.2 Расчёт электрических нагрузок	28
2.3 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов ГПП	32
2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов цеховых ТП.....	35
2.5 Построение картограммы электрических нагрузок	38
2.6 Выбор сечения проводников.....	41
2.7 Расчёт токов короткого замыкания	45
2.8 Выбор и проверка электрических аппаратов	54
2.9 Выбор устройств релейной защиты	58
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда	61
3.1 Мероприятия по охране труда и технике безопасности	61
3.2 Мероприятия по пожарной безопасности	66
3.3 Мероприятия по экологической безопасности	67
Заключение	70
Список используемых источников.....	72

Введение

В настоящей работе детально рассматривается проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, в основе производственной деятельности которой лежит непосредственное изготовление и реализация огнеупорных материалов различного рода, применяемых в строительной, тяжёлой и лёгкой промышленности, в металлургии, на электростанциях, а также в прочих сферах и отраслях промышленности страны.

Данный аспект формирует актуальность разработки системы электроснабжения объекта проектирования.

Известно, что системы электроснабжения современных участков и цехов промышленного предприятия по производству огнеупоров являются важным звеном энергетики регионов и страны в целом.

Они обеспечивают технологический процесс непосредственного производства и реализации огнеупорных материалов различного рода, а также выполняют непосредственное обслуживание, монтажные и ремонтные работы производственных оборудования и установок предприятия, обеспечивая таким образом технологический процесс на данном промышленном предприятии по производству огнеупорных материалов.

Применение современных типов схем и оборудования для процесса непосредственного производства и реализации огнеупорных материалов различного рода, а также использование их при непосредственном обслуживании, проведении монтажных и ремонтных работ любой сложности и трудоёмкости весьма выгодно, так как этот фактор обеспечивает мощностями технологический процесс всего предприятия в условиях, когда невозможно или очень проблематично применение классических схемных решений и устаревшего оборудования, что делает системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров практически незаменимым инструментом в технологическом процессе всего предприятия,

а также в совокупности – всей промышленности страны.

Одна из таких производственных систем электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров детально рассматривается и разрабатывается в данной работе.

Целью данной работы является проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов.

Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов.

Предметом исследования являются схема электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов, а также элементы системы электроснабжения объекта проектирования, а именно: электрические сети питающей и распределительной сети, силовые трансформаторы главной понизительной подстанции и трансформаторных подстанций предприятия, а также электрические аппараты всех рассматриваемых в работе номинальных классов напряжения.

Актуальность работы обусловлена требованиями нормативных документов к проектируемым, реконструируемым и модернизируемым системам электроснабжения объектов промышленных предприятий (в частности – предприятий перерабатывающей и строительной промышленности), а именно: обеспечение необходимого уровня надёжности, экономичности и электробезопасности объектов и систем промышленности, находящихся на стадии проектирования, необходимой реконструкции и модернизации [1,3,7].

Актуальность проводимых исследований в работе также обусловлена и подтверждается необходимостью качественных мероприятий по проектированию, модернизации и реконструкции систем электроснабжения предприятий отечественного промышленного и энергетического комплекса

всех типов согласно программе «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» [20].

Для качественной реализации указанной основной цели работы, в данной работе осуществляется решение следующих основных поставленных задач, в частности:

- анализ исходных данных по объекту исследования с рассмотрением основных теоретических положений, необходимых для решения основных задач. На основе полученных данных анализа, проводится обоснование необходимости внедрения соответствующих решений в схеме электрических соединений объекта проектирования;

- непосредственное проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов с конечным выбором целесообразной и оптимальной схемы электроснабжения, а также современных типов и марок электрических сетей и аппаратов. В связи с этим, в работе проводятся необходимые расчёты электрических нагрузок, расчет и выбор силовых трансформаторов на понизительных подстанциях, выбор компенсирующих устройств, выбор и проверка сечения проводников, расчет токов КЗ, выбор и проверка электрических аппаратов спроектированной системы электроснабжения объекта;

- разработка мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности при выполнении работ в системе электроснабжения объекта, в частности, электробезопасности, а также пожарной и экологической безопасности в системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов.

Все расчёты и проверки, а также выбор принятых решений, в работе проводятся, исходя из нормативно – технических источников с непосредственным использованием рекомендованной технической нормативной и учебной литературы.

Кроме того, при проектировании применяются сведения и знания, полученные из типовых рабочих проектов.

1 Характеристика объекта проектирования

1.1 Характеристика технологического процесса промышленного предприятия по производству огнеупоров

Рассматриваемая и проектируемая в работе система электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов, должна быть территориально расположена в промышленной зоне вне населённых пунктов и жилых кварталов.

Данные крупные промышленные объекты рекомендовано располагать вне населённых пунктов, что связано с многочисленными экологическими факторами, в частности [18]:

- прямым и косвенным загрязнением окружающей среды вредными выбросами и веществами;
- влияние на атмосферный воздух вредных выбросов промышленного производства;
- высокой опасностью прохождения по территории городской застройки воздушных линий электропередач высоких классов напряжений;
- влияние мощных шумов на здоровье и людей и экологическую систему в целом.

В связи с развитием высоких современных технологий в стране, в свете научно-технического прогресса, введения в эксплуатацию новых мощностей в условиях острого дефицита энергоресурсов, в современном обществе возникла острая необходимость в промышленных предприятиях, которые специализируются на производстве и реализации огнеупорных материалов различного типа, а также обслуживании, монтаже и ремонте промышленного оборудования и установок, обеспечивающих технологический процесс производства.

Полученная продукция производства промышленного предприятия по производству огнеупоров, применяемых в тяжёлой и лёгкой промышленности, в металлургии, в строительстве, на электростанциях, а также в прочих сферах и отраслях промышленности страны.

К таким типам огнеупорных материалов относятся [18]:

- строительные огнеупорные материалы;
- металлургические огнеупорные материалы;
- огнеупорные материалы смешанного типа;
- огнеупорных материалы для электростанций;
- огнеупорных материалы для специальных нужд.

Все перечисленные огнеупорные материалы, которые производит промышленное предприятие по производству огнеупоров, разделяются на множество ветвей и направлений по своему технологическому назначению, а также природе и способу их применения.

Проектирование промышленного предприятия огнеупорных материалов в современном мире в условиях жёсткой конкуренции, требует применения современных технологий производства.

Данный аспект обуславливает практическую ценность работы, так как проектирование и ввод в эксплуатацию данного предприятия с учётом инноваций в технологии производства и использованием современного энергосберегающего оборудования, способно частично решить вопросы с производством огнеупорных материалов различного типа в регионе и стране в целом.

Технология производства продукции на проектируемом промышленном предприятии огнеупорных материалов, соответствует основным современным требованиям и нормам [18]. Технологический процесс производства огнеупорных материалов промышленного предприятия по производству огнеупоров представлен схематически на рисунке 1.

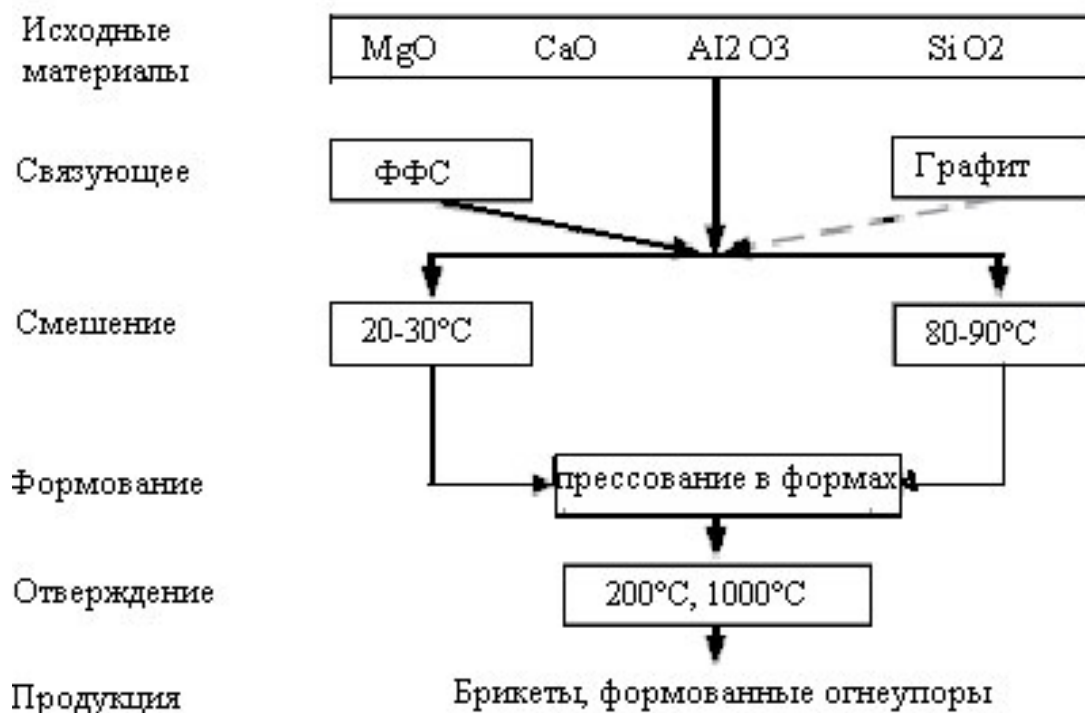


Рисунок 1 – Технологический процесс производства огнеупорных материалов промышленного предприятия по производству огнеупоров

Технология производства продукции на проектируемом в работе промышленном предприятии огнеупорных материалов, включает в себя следующие основные этапы, а именно [18]:

- приём продуктов для технологического процесса – обеспечивается складскими помещениями, из которых первичный материал поставляют в производственный комплекс промышленного предприятия;

- переработка (подготовка) первичного материала – нужна для приведения первичного материала, полученного со склада, в нужную форму. Данный этап включает в себя очистку (крупную и мелкую), обработку (физическую и химическую) первичного материала для подготовки производства на промышленном предприятии огнеупорных материалов;

- производство огнеупорных материалов – осуществляется после обработки первичного материала на специальных производственных

комплексах в соответствующих цехах и подразделениях промышленного предприятия. Включает в себя следующие основные этапы: смешение материалов и добавок, их формирование, отверждение и сушка. Весь указанный технологический процесс происходит при высоких температурах с постоянным контролем давления и строгой дозировкой компонентов;

– маркировка и упаковка – конечный полученный продукт требуется промаркировать и упаковать для транспортировки конечному получателю. Упаковка должна быть надёжной, механически прочной и полностью герметичной, без нарушений её целостности.

Также перед непосредственным процессом упаковки, как правило, проводится дефектация полученной продукции с проверкой качества готовой продукции, целостности, отсутствия механических повреждений, герметичности, маркировки и т.д.

Полученный продукт, который не прошёл процесс дефектации, отбраковывается.

После приведённого технологического процесса, полученные огнеупорные материалы направляются на складские помещения, где хранятся при строго отведённых условиях (особое значение при этом имеет допустимое значение влажности). Этот процесс должен контролироваться с помощью специальных датчиков влажности и быть полностью автоматизирован [18].

Реализация готовой продукции на промышленном предприятии по производству огнеупоров осуществляется непосредственно со складских комплексов оптовым и розничным покупателям согласно установленной финансово-экономической политике управляющей компании и сбора акционеров рассматриваемого в работе промышленного предприятия по производству огнеупоров. Также рассматриваемое в работе промышленное предприятие по производству огнеупоров выполняет функции ремонта, монтажа и эксплуатации, а также модернизации основного технологического, необходимого для производства огнеупорных материалов.

1.2 Характеристика потребителей промышленного предприятия по производству огнеупоров

На рассматриваемом в работе промышленном предприятии по производству огнеупоров имеются пять производственных цехов и участков, которые вносят основной вклад в процесс изготовления готовой технологической продукции (различных огнеупорных материалов, кратко описанных ранее).

На данном проектируемом промышленном предприятии по производству огнеупорных материалов, согласно технологии производства, к производственным и вспомогательным цехам и участкам относятся следующие цеха и участки промышленного предприятия [18]:

- цех переработки первичного материала;
- цех производства огнеупоров;
- цех сушки огнеупоров;
- цех дефектации и упаковки огнеупоров.

В современной экономике предприятий промышленного комплекса также крайне необходимо также использовать все возможности для получения прибыли, исходя из производимой продукции [12].

Поэтому помимо процесса изготовления продукции, на промышленном предприятии по производству огнеупорных материалов также необходимо предусмотреть участки, которые будут заниматься обслуживанием и ремонтов техники и промышленного оборудования промышленного предприятия.

Для данной цели на промышленном предприятии по производству огнеупоров применяется оборудование широкопрофильного цеха ремонта и обслуживания оборудования, в котором также выполняется модернизация технологического оборудования и технических установок по производству огнеупорных материалов.

Это значительно повысит спрос выпускаемой продукции промышленного предприятия в реалиях современной экономики, а также существенно удешевит выпускаемую продукцию путём снижения затрат на ремонт и эксплуатацию оборудования в целом.

Также для привлечения партнёров и покупателей с целью рекламирования производимой продукции, а также её реализации, на промышленном предприятии по производству огнеупорных материалов необходимо предусмотреть торгово-выставочный комплекс, который конструктивно входит в состав складского комплекса.

К вспомогательным цехам проектируемого в работе промышленного предприятия по производству огнеупоров относятся:

- цех ремонта и обслуживания оборудования;
- участок обслуживания производства;
- складской комплекс;
- заводоуправление.

Все перечисленные в работе вспомогательные цеха и участки оказывают непосредственное влияние на технологический процесс производства и реализации готовой продукции промышленного предприятия по производству огнеупоров. По этой причине они также должны быть включены в проектируемую систему электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Исходные технические данные приведённых производственных и вспомогательных цехов и участков рассматриваемого и проектируемого в работе промышленного предприятия по производству огнеупоров, приведены в таблице 1. В таблице 1 указана проектная мощность для каждого участка (цеха), исходя из совокупности оборудования, которое в них должно быть установлено согласно технологическому процессу производства готовой продукции.

Таблица 1 – Исходные технические данные цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров

№ цеха (участка) по плану	Наименование цеха (участка)	$P_{уст}$, кВт	Размеры АхВ, м		cosφ, о.е.
1	Цех переработки первичного материала:	2005	78	132	-
	- потребители 0,4 кВ	1375	-	-	0,89
	- потребители 10 кВ	630	-	-	0,8
2	Цех дефектации и упаковки огнеупоров	2000	150	132	0,91
3	Цех сушки огнеупоров	1520	90	198	0,88
4	Складской комплекс	200	90	198	0,89
5	Цех ремонта и обслуживания оборудования	1250	222	72	0,87
6	Участок обслуживания производства	1925	102	72	0,9
7	Цех производства огнеупоров	3125	222	102	0,89
8	Заводоуправление	600	222	102	0,88
Всего по предприятию		12625	-	-	-

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что все потребители цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров работают на переменном напряжении 380/220 В, за исключением высоковольтного трёхфазного двигателя мощностью 630 кВт цеха переработки первичных материалов, работающие на номинальном напряжении 10 кВ.

Этот факт необходимо учесть в работе при проведении соответствующих расчётов и проверок.

Также в таблице 1 показано, что суммарная установленная проектная мощность всех цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров составляет 12625 кВт.

Исходный план расположения приведённых в таблице 1 производственных и вспомогательных цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров в принятом масштабе, а также с учётом их взаимного расположения и указания направления и длины линии от источника питания, в данной работе представлен на рисунке 2.

После выполнения проектирования, данный план расположения оборудования переносится на графический лист 1, на который также

наносятся сети (питающие и распределительные), а также расположение всех понизительных подстанций, полученные в результате выполнения проектирования.

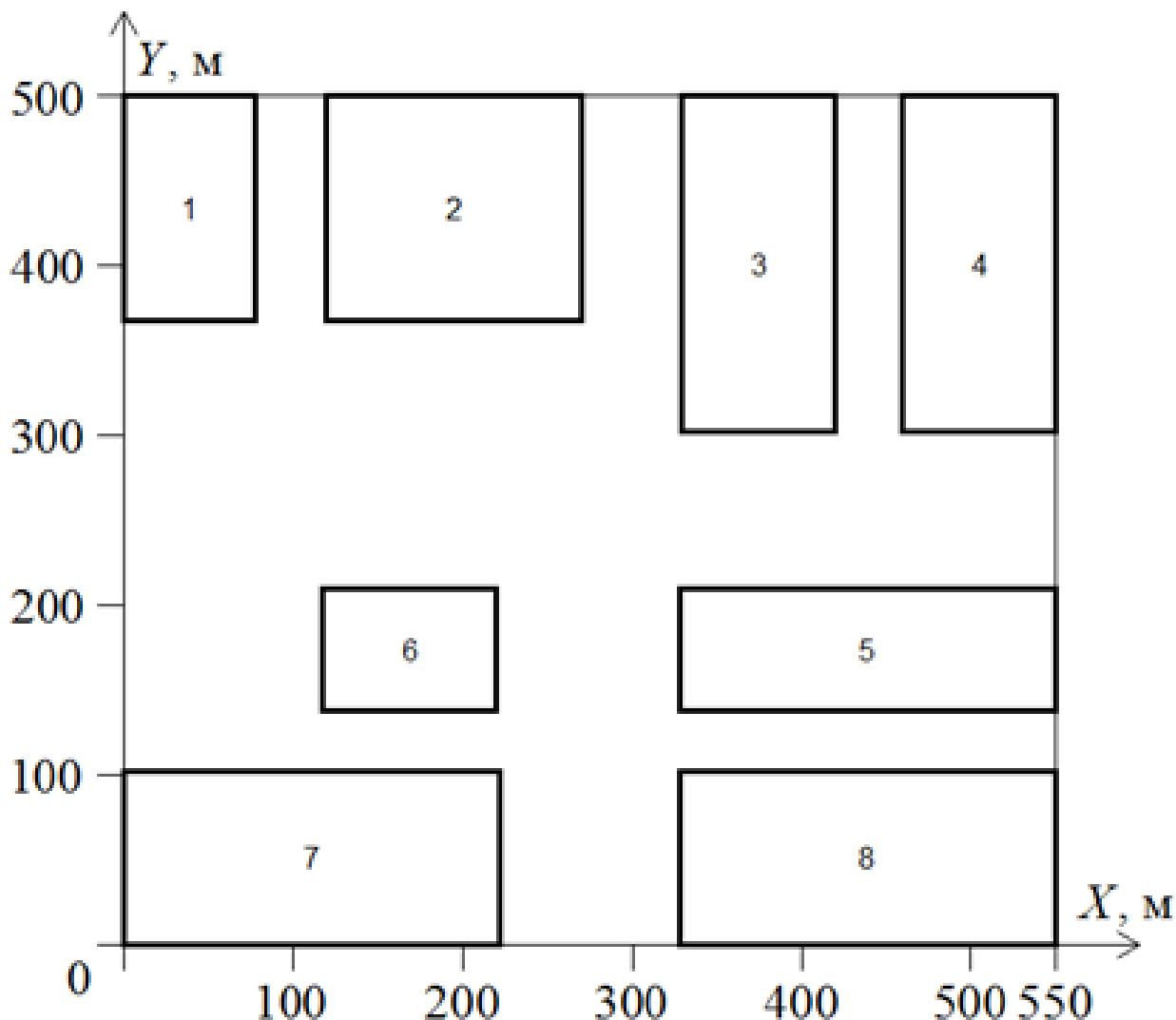


Рисунок 2 – План расположения цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров

На основании приведенных исходных данных производственных и вспомогательных цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров, а также исходного плана расположения цехов и участков объекта исследования, далее в работе проводится решение основных поставленных задач проектирования.

Для выполнения поставленных в работе задач, необходимо провести классификацию и систематизацию цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров по условиям надёжности, производственной среды и условий.

Известно, что надёжность электроснабжения потребителей должна соответствовать требованиям [10], согласно которым «электроприемники делятся на первую, первую особую, вторую и третью категории по надёжности электроснабжения» [10].

Согласно этому, проводится разделение цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров на категории надёжности.

При этом, согласно анализа исходных данных, приведённых в таблице 1, в проектируемой системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров среди цехов и участков выделяются следующие основные типы, которые можно также классифицировать по следующим категориям [10]:

- основные производственные цеха и участки – I категории по надёжности электроснабжения;
- основные вспомогательные цеха и участки – II категории по надёжности электроснабжения;
- неосновные вспомогательные цеха и участки – III категории по надёжности электроснабжения.

Исходя из этого, далее в работе по соответствующим категориям проводится классификация основных цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров.

К I категории по надёжности электроснабжения относятся основные производственные цеха и участки основного технологического производства промышленного предприятия по производству огнеупоров, а именно:

- цех переработки первичного материала;
- цех производства огнеупоров;
- цех сушки огнеупоров;
- цех дефектации и упаковки огнеупоров.

К потребителям II категории относятся основные вспомогательные цеха и участки промышленного предприятия по производству огнеупоров, которые обеспечивают и поддерживают основной технологический процесс производства, а именно:

- цех ремонта и обслуживания оборудования;
- участок обслуживания производства.

К потребителям III категории относятся неосновные вспомогательные цеха и участки, не принимающие непосредственного участия в основном технологическом процессе производства промышленного предприятия, а именно:

- складской комплекс;
- заводоуправление.

Результаты проведённого анализа и систематизация цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров по категориям надёжности их потребителей (в процентном отношении), в работе сведены в таблицу 2.

По процентному соотношению приёмников соответствующей категории можно сделать общий вывод о том, к какой категории относится весь рассматриваемый цех (участок) промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Приведённые данные учитываются в работе далее при выборе схемы электроснабжения объекта проектирования, а также выборе количества трансформаторов на цеховых ТП-10/0,4 кВ и кабельных линий с учётом резервирования питания.

Таблица 2 – Систематизация цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров по категориям надёжности

Наименование цеха (участка) промышленного предприятия по производству огнеупоров	Категория надёжности потребителей цеха (участка)
Цех переработки первичного материала	80% – I кат.; 10% – II кат.; 10% – III кат.
Цех дефектации и упаковки огнеупоров	60% – I кат.; 30% – II кат.; 10% – III кат.
Цех сушки огнеупоров	70% – I кат.; 10% – II кат.; 20% – III кат.
Складской комплекс	15% – II кат.; 85% – III кат.
Цех ремонта и обслуживания оборудования	10% – I кат.; 70% – II кат.; 20% – III кат.
Участок обслуживания производства	5% – I кат.; 65% – II кат.; 30% – III кат.
Цех производства огнеупоров	70% – I кат.; 20% – II кат.; 10% – III кат.
Заводоуправление	10% – II кат.; 90% – III кат.

Далее в работе необходимо охарактеризовать каждый цех (участок) промышленного предприятия по производству огнеупоров по производственной среде, исходя из технологии производства.

Характеристика производственной среды помещений цехов и участков проектируемого в работе промышленного предприятия по производству огнеупоров приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика производственной среды помещений цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров

Номер цеха (участка) по плану	Наименование цеха (участка) промышленного предприятия по производству огнеупоров	Характеристика производственной среды цеха (участка) промышленного предприятия
1	Цех переработки первичного материала	Пыльная, жаркая, сухая
2	Цех дефектации и упаковки огнеупоров	Пыльная, сухая
3	Цех сушки огнеупоров	Жаркая, сухая
4	Складской комплекс	Нормальная
5	Цех ремонта и обслуживания оборудования	Пыльная, сухая
6	Участок обслуживания производства	Пыльная, сухая
7	Цех производства огнеупоров	Пыльная, жаркая, сухая
8	Заводоуправление	Нормальная

На основании приведённых данных по характеристике производственной среды цехов и участков проектируемой системы

электроснабжения (далее – СЭС) промышленного предприятия по производству огнеупоров, можно сделать вывод, что подавляющее большинство цехов и участков (в частности, все производственные цеха проектируемой СЭС промышленного предприятия по производству огнеупоров) относятся к объектам с повышенной степенью опасности, что необходимо учесть при выборе марки кабелей и электрических аппаратов в работе далее.

На основании приведённых исходных данных, с учётом полученных результатов проведённого анализа, далее в работе непосредственно разрабатывается проект СЭС промышленного предприятия огнеупорных материалов с выбором питающих и распределительных электрических сетей, а также с последовательным выбором и проверкой силовых трансформаторов на всех уровнях и этапах промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Выводы по разделу 1. В результате выполнения раздела, приведён исходный анализ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, с детальным рассмотрением технологии и циклов производства на промышленном предприятии, технических характеристик его составляющих, а также потребителей участков и цехов объекта проектирования.

Детально рассмотрены и систематизированы по категории надёжности и производственной среде цеха и участки системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

На основании приведённых исходных данных, а также нормативных сведений и источников, в разделе обоснована необходимость и целесообразность разработки качественного проекта системы электроснабжения объекта проектирования.

Поставленные задачи решаются в работе далее.

2 Разработка проекта системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

2.1 Выбор схемы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

Выбор схемы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров основывается на положениях и требованиях, приведённых в [10].

На первом этапе выбора необходимо определить номинальные классы напряжения, а также количество источников на питающей понизительной подстанции.

При этом, согласно требованиям [10], центральный распределительный пункт (далее – ЦРП) в качестве источника питания для электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров применять крайне не рекомендуется, потому что на промышленном предприятии есть пять цехов (участков), относящихся к потребителям I категории, и, даже без учёта потребителей участков (цехов) II категории, можно сказать на предварительном этапе, что на промышленном предприятии будет минимум десять отходящих линий, так как питание потребителей I категории должно осуществляться по двум линиям [10].

Следовательно, в этом случае на ЦРП будет также минимум десять присоединений, а нормы [10] рекомендуют применять ЦРП в случае, когда число присоединений не превышает восьми. По этой причине в качестве источника питания для системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров ЦРП не подходит.

Поэтому для данной цели в работе необходимо применять главную понизительную подстанцию (далее – ГПП).

Так было указано ранее, подавляющее большинство потребителей промышленного предприятия по производству огнеупоров относится к I и II категориям надёжности, следовательно, согласно нормам и требованиям [10],

на ГПП промышленного предприятия необходимо предусмотреть два независимых источника питания. Поэтому на ГПП будут установлены два силовых трансформатора, а схему ГПП необходимо предусмотреть с резервированием питания [10].

На втором этапе выбирается высшее напряжение на ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров.

В работе принимается радиальная схема внешнего электроснабжения, т.к. на промышленном предприятии преобладают потребители I и II категории надёжности, требующие двух независимых источников питания. По этой же причине принимается двухтрансформаторная ГПП.

На генплане предприятия указываем число и расположение цеховых ТП, а также источник электроэнергии – ГПП – вблизи ЦЭН. Трансформаторные подстанции цехов типа КТП располагаем около стен цеха или на осевой линии.

В работе принятие номинального напряжения проектируемой сети включает в себя расчётное значение напряжения, которое может быть рационально применено для каждого участка проектируемой сети, а также для всей сети в целом.

Как правило, для всей сети выбирается одно значение высшего и низшего напряжений, которые входят в шкалу номинальных значений [6].

При выполнении расчетов целесообразно к системе внешнего электроснабжения отнести трансформаторы, установленные на подстанции энергосистемы, а также питающие линии вместе с коммутационно-защитной аппаратурой, установленной в начале линии.

Так как на проектируемом промышленном предприятии по производству огнеупорных материалов, среди потребителей производственных и вспомогательных цехов имеются электроприёмники первой и второй категорий надёжности, то предусматривается сооружение двух питающих линий.

По условию электроснабжение промышленного предприятия

осуществляется от районной подстанции переменного тока энергосистемы ПС-110/110/10 кВ воздушной линией длиной 6 км.

При этом можно запитать завод как от напряжения 110 кВ, так и от напряжения 110 кВ указанной районной ПС-110/110/10 кВ.

Выбор напряжений для питающих линий от районной ПС до ГПП предприятия выполняем следующим образом.

Расчет выполняем по формуле Стилла, кВ [12]:

$$U_{рац} = 4,34\sqrt{L + 16 \cdot P}, \quad (1)$$

где L – длина линии, км;

P – передаваемая мощность, кВт, принимается равной расчетной активной нагрузке проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, МВт.

По условию (1) для ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров

$$U_{рац} = 4,34\sqrt{6 + 16 \cdot 12,625} = 62,6 \text{ кВ.}$$

По шкале стандартных номинальных напряжений, приведённой в [14], принимается ближайшее стандартное значение номинального напряжения, равное 110 кВ.

Следовательно, в работе принимается для питающей ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров высшее напряжение 110 кВ.

При выборе низшего напряжения на ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров, из стандартного номинального ряда напряжений, принимается напряжение 10 кВ, которое гораздо более эффективнее и экономически целесообразнее напряжения 6 кВ.

Также на напряжении 10 кВ в сеть возможно передать больше мощности, поэтому выбор данного класса напряжения на ГПП промышленного предприятия полностью целесообразен [14].

При разработке схем электрических соединений проектируемой ГПП-110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров, необходимо учесть количество присоединений (число линий) [7].

По предварительным данным, потребители ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров, включают в себя не менее десяти отходящих линий, питающихся на напряжении 10 кВ от шин главной понизительной подстанции.

С учётом этого, составляется уточнённая структурная схема понижающей подстанции ГПП-110/10 кВ (рисунок 3).

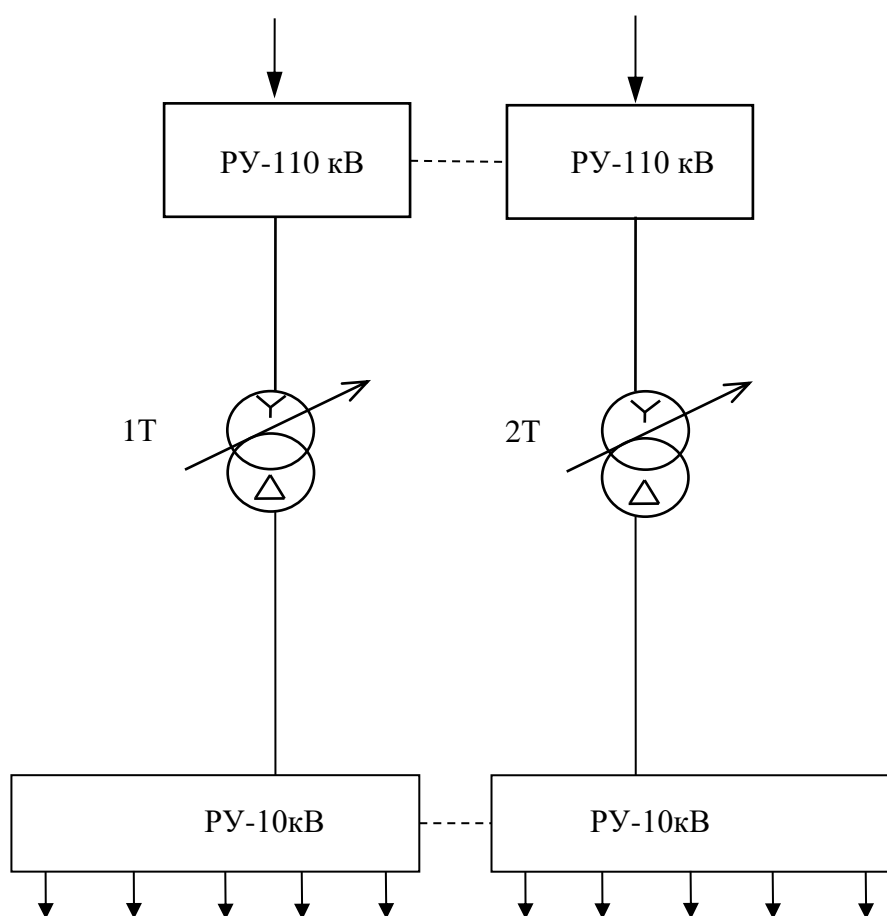


Рисунок 3 – Уточнённая структурная схема ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров

Далее в работе, на основании рассмотренной уточнённой структурной схемы и исходных данных потребителей главной понижающей подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров, проводится выбор и описание принципиальной схемы указанной подстанции с разработкой схем электрических соединений распределительных устройств напряжением 110 кВ и 10 кВ.

Так как большинство потребителей промышленного предприятия по производству огнеупоров относятся к I и II категориям надёжности, следовательно, они требуют двух независимых источников питания и соответствующего уровня резервирования [7,10].

Поэтому, в первую очередь, необходимо обеспечить в схеме данные условия.

Для ОРУ-110 кВ тупиковой главной понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров применяется схема электрических соединений «Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий» [7] с установленными двумя разъединителями в ремонтной перемычке (в нормальном режиме работы отключены), а также с применением двух блоков «выключатель – разъединитель» на линиях (графический лист 2).

В схеме ОРУ-110 кВ тупиковой главной понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров, рассматриваемой в работе, применяется отдельный режим работы линий, рекомендованный [7].

В работе для ОРУ-110 кВ тупиковой ГПП-110/10 кВ, необходимо предусмотреть и выбрать коммутационные и защитные аппараты (применяются блоки «выключатель-разъединитель», а также «линия-разъединитель»), предусмотреть защиту от грозových перенапряжений (ограничители перенапряжения), а также обеспечить бесперебойное питание вторичных цепей (измерительные трансформаторы тока).

Схема электрических соединений ОРУ-110 кВ тупиковой главной понизительной ГПП-110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров в работе представлена на графическом листе 2 и рисунке 4.

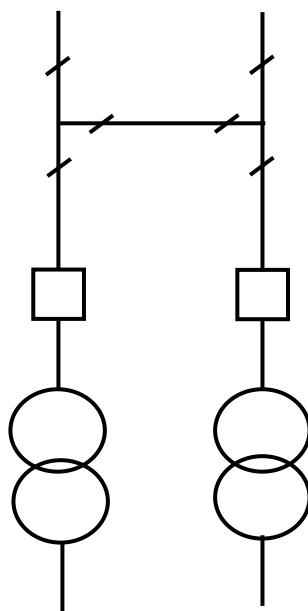


Рисунок 4 – Схема электрических соединений ОРУ-110 кВ тупиковой главной понизительной ГПП-110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров

РУ-10 кВ рассматриваемой главной понизительной подстанции 110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров выполнено с применением ячеек наружной установки двухстороннего обслуживания типа КРУН-К-59 (производитель – ЗАО «Завод высоковольтного оборудования» (ЗАО «ЗВО»)) с установленными в них выключателями с использованием втычных контактов вместо разъединителей [18].

Исходя из рекомендаций [7,11], а также исходных данных к выполнению работы, при количестве отходящих линий $n \geq 10$, которое имеется согласно исходных данных, для РУ-10 кВ ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров применяется схема «Одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин».

В схеме РУ-10 кВ тупиковой подстанции ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров, рассматриваемой в работе, применяется раздельный режим работы, рекомендованный [7].

Секционный выключатель 10 кВ в нормальном режиме работы отключён, включаясь под действием устройства автоматического включения резерва (АВР) при исчезновении напряжения по каким-то причинам на одной из секций сборных шин напряжением 10 кВ согласно положениям [10].

Для защиты и коммутации в РУ-10 кВ главной понизительной подстанции промышленного предприятия по производству огнеупоров применяются высоковольтные выключатели, по размещению в схеме выделяются вводные, секционный и линейные выключатели.

Принятая в работе схема электрических соединений РУ-10 кВ ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров представлена в работе на графическом листе 2 и на рисунке 5.

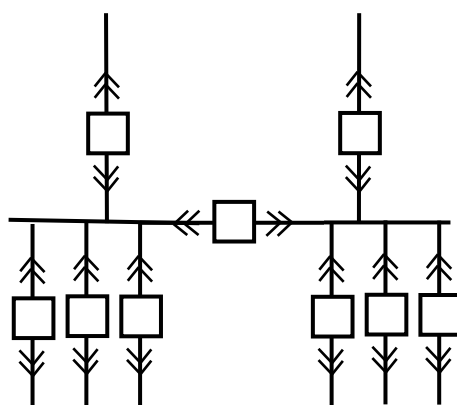


Рисунок 5 – Схема электрических соединений РУ-10 кВ тупиковой главной понизительной ГПП-110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров

В виду того, что инновационные разработки оборудования КРУ(Н) предусматривают применение ячеек с наличием втычных контактов, следовательно, разъединители в ячейках КРУН-10 кВ ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров, не устанавливаются [7].

Поэтому в РУ-10 кВ ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров, рассматриваемой в работе, применяются блоки «линия-выключатель» (без разъединителей) на питающей и отходящих линиях, а также на секционирующем соединении.

Количество данных блоков в принципиальной схеме РУ-10 кВ ГПП-110/10 кВ, рассматриваемой в работе, будет определено в работе далее при выборе количества цеховых трансформаторных подстанций ТП-10/0,4 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров [7].

Кроме того, в схеме должна быть предусмотрена защита от внутренних и внешних перенапряжений (ограничители перенапряжения), а также обеспечено бесперебойное питание вторичных цепей (измерительные трансформаторы тока и напряжения).

Разработанная схема электрических соединений проектируемой понизительной ГПП-110/10 кВ для промышленного предприятия по производству огнеупоров соответствуют основным требованиям нормативных документов [1-10] и может применяться для питания потребителей I и II категорий надёжности.

В работе схема электрических соединений ГПП-110/10 кВ представлена на графическом листе 2, где показаны все основные конструктивные элементы объекта исследования.

Далее от шин 10 кВ ГПП-110/10 кВ получают питание понизительные цеховые подстанции напряжением 10/0,4 кВ, которые питают соответствующие потребители цехов и участков системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Следовательно, в виду рассмотрения укрупнённых показателей, можно сказать, что основными потребителями заводской главной понизительной подстанции 110/10 кВ (ГПП) являются трансформаторные подстанции ТП-10/0,4 кВ, обеспечивающие питание конечных потребителей промышленного предприятия по производству огнеупоров на номинальном напряжении 0,38/0,22 кВ.

При этом согласно [10] в работе принято решение о проектировании всех цеховых ТП-10/0,4 кВ с использованием двух силовых трансформаторов с резервированием на шинах 0,38/0,22 кВ.

Питание всех цеховых ТП-10/0,4 кВ от шин 10 кВ ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия должно осуществляться по радиальной схеме (так как преобладают потребители I и II категорий надёжности).

Окончательное количество цеховых ТП-10/0,4 кВ принимается в работе далее на основе обоснования распределения потребителей системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Кроме того, в работе также предусматривается питание одного высоковольтного электродвигателя асинхронного типа от шин 10 кВ РУ-10 кВ ГПП промышленного предприятия по производству огнеупорных материалов без использования понизительных цеховых ТП-10/0,4 кВ (напрямую по радиальной схеме).

В результате проведённого в разделе описания объекта исследования и выбора схем электрических соединений ГПП-110/10 кВ можно сделать вывод, что заводская ГПП-110/10 кВ, которая выступает в роли источника питания, является современной и крайне необходимой для работы и снабжения электроэнергией системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Также на втором уровне электроснабжения предусматривается питание цеховых ТП-10/0,4 кВ от шин ГПП-110/10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров с необходимым уровнем резервирования, что соответствует нормативным положениям и требованиям [1,10-12].

На основании приведённых технических данных и выбранных схем электрических соединений, являющихся основой для рассматриваемой в работе системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, далее в работе проводится детальный выбор и проверка элементов системы электроснабжения объекта проектирования.

2.2 Расчёт электрических нагрузок

Согласно приведённым и обоснованным ранее мероприятиям по проектированию схемы электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, осуществляемую путём внедрения основных положений нормативных документов, в работе необходимо провести расчёт электрических нагрузок системы электроснабжения промышленного предприятия, на основании чего далее провести выбор и проверку электрических сетей, аппаратов и проводников.

Кроме того, в связи с применением выбранной схемы электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, необходимо также учитывать условия резервирования на стороне 10 кВ, которые осуществлены путём дополнительного подключения кабельных линий 10 кВ в схеме РУ-10 кВ ГПП в послеаварийном режиме.

Основой для расчёта электрических нагрузок системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров является проектная установленная номинальная нагрузка потребителей, которая принимается равной расчётной активной нагрузке.

В работе проводится расчёт нагрузок цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров, который включает непосредственное определение расчетных силовой, осветительной и суммарной нагрузок по методу коэффициента спроса.

Расчётная активная нагрузка силовых потребителей до 1 кВ цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров, кВт:

$$P_{p.} = K_c P_n, \quad (2)$$

где P_n – значение суммарной номинальной активной мощности цеха

(участка) проектируемой системы электроснабжения
промышленного предприятия по производству огнеупоров, кВт;
 K_c – справочное значение коэффициента спроса цеха (участка)
проектируемой системы электроснабжения
промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Расчетная реактивная нагрузка силовых электроприёмников до 1 кВ
цехов и участков промышленного предприятия по производству огнеупоров,
квар:

$$Q_{p.} = P_{p.} \cdot tg\varphi, \quad (3)$$

где $tg\varphi$ – значение коэффициента реактивной мощности, о.е.

Значение расчётных активной и реактивной нагрузки силовых
электроприёмников напряжением выше 1 кВ соответствующего цеха (участка)
проектируемой СЭС рассматриваемой в данной работе промышленного
предприятия по производству огнеупоров определяется по (1) и (2), а полная
мощность определяется так:

$$S_{p.} = \sqrt{P_{p.}^2 + Q_{p.}^2}. \quad (4)$$

Расчетная полная нагрузка промышленного предприятия по
производству огнеупоров, определяется по суммарным расчетным нагрузкам,
включающим расчётные силовые и осветительные нагрузки, с учётом
предварительных потерь мощности в цеховых трансформаторах и в
трансформаторах ГПП.

Предварительные потери активной и реактивной мощности в цеховых
трансформаторах ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения промышленного

предприятия по производству огнеупоров на этапе проектирования можно рассчитать таким образом [16]:

$$\Delta P_{ТП} = 0,02S_{p.n}, \text{кВт}; \quad (5)$$

$$\Delta Q_{ТП} = 0,1S_{p.n}, \text{квар}. \quad (6)$$

Предварительные потери активной мощности в силовых трансформаторах ГПП-110/10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров на этапе проектирования можно рассчитать таким образом [16]:

$$\Delta P_{Т.ГПП} = 0,02S_{p.\Sigma}, \text{кВт}; \quad (7)$$

$$\Delta Q_{Т.ГПП} = 0,1S_{p.\Sigma}, \text{квар}. \quad (8)$$

По приведённым выше условиям (2) – (8) проводится расчёт нагрузок цехов и участков проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Также проводится предварительный расчёт потерь активной мощности в силовых трансформаторах на питающей ГПП-110/10 кВ и цеховых ТП-10/0,4 кВ, и суммарной нагрузки всего промышленного предприятия по производству огнеупоров в целом по предприятию (на шинах 10 кВ ГПП-110/10 кВ).

Расчёт нагрузок проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров в работе проводится по каждому классу напряжения отдельно: 0,38/0,22 кВ и 10 кВ.

Результаты расчёта электрической нагрузки цехов и участков проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров в работе сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчёта суммарной электрических нагрузок потребителей системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

№ цеха, по плану	Цех (участок) предприятия	Результаты расчёта					
		P _н , кВт	cosφ/ tgφ	K _с , о.е.	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Потребители 0,38/0,22 кВ							
1	Цех переработки первичного материала (0,4 кВ)	1375	0,89/ 0,51	0,8	1100	563,6	1235,9
2	Цех дефектации и упаковки огнеупоров	2000	0,91/ 0,46	0,8	1600	728,9	1758,2
3	Цех сушки огнеупоров	1520	0,88/ 0,54	0,8	1900	1025,5	2159,1
4	Складской комплекс	200	0,89/ 0,51	0,5	100	51,2	112,4
5	Цех ремонта и обслуживания оборудования	1250	0,87/ 0,57	0,8	1000	566,7	1149,4
6	Участок обслуживания производства	1925	0,9/ 0,48	0,65	1250	605,4	1388,9
7	Цех производства огнеупоров	3125	0,89/ 0,51	0,8	2500	1280,8	2808,9
8	Заводоуправление	600	0,88/ 0,54	0,5	300	161,9	340,9
Итого по сети 0,38/0,22 кВ		11995	-	-	9750	4984,1	10953,9
Потребители выше 10 кВ							
1	Цех переработки первичного материала (10 кВ)	630	0,75/ 0,88	0,8	504	378	630
Итого по сети 10 кВ		630	-	-	504	378	630
Итого по предприятию		12625	-	-	10254	5362,1	11583,9
Потери в трансформаторах ГПП-110/10 кВ		-	-	-	205,1	536,2	574,1
Итого по предприятию с учётом потерь		12625	-	-	10459,1	5898,3	12007,6

Полученные в работе результаты расчёта электрических нагрузок потребителей системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров используются в работе далее при проверке силовых трансформаторов ГПП, цеховых ТП на допустимую загрузку, а также при выборе и проверке электрических аппаратов и проводников спроектированной системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров. Данные задачи решаются в работе далее.

2.3 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов ГПП

С учётом разработанной и обоснованной схемы электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, в результате которой в схеме электрических соединений каждый кабель 10 кВ на ГПП питает свои трансформаторы цеховых ТП-10/0,4 кВ на напряжении 10 кВ, необходимо провести выбор и проверку силовых трансформаторов ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия на допустимую загрузку активной мощностью как в нормальном, так и послеаварийном режиме работы системы.

При выборе силового трансформатора для установки на ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия должны выполняться условия выбора и проверки, с учётом того, что рекомендуемая загрузка трансформатора должна быть не более 70% в нормальном режиме работы

$$S_{ном} \geq \frac{S_P}{n \cdot K_3}, \quad (9)$$

где n – «количество трансформаторов» [11];

K_3 – «коэффициент загрузки трансформатора ГПП» [11].

По уравнению (9) для ГПП-110/10 кВ проводится выбор мощности силовых трансформаторов

$$S_{ном} \geq \frac{12007,6}{2 \cdot 0,7} = 8576,8 \text{ кВА.}$$

Выбирается для установки на ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров, два силовых трансформатора номинальной мощностью 10000 кВА каждый [14].

Поэтому в работе предварительно принимается для установки на ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров два силовых трансформатора марки ТДН-10000/110 с высшим напряжением 110 кВ и низшим напряжением 10 кВ [14].

Данный силовой трансформатор имеет две обмотки и выбран для умеренного климата.

Параметры выбранных трансформаторов для установки на ГПП промышленного предприятия приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры выбранных трансформаторов для установки на ГПП огнеупорных материалов промышленного предприятия

Тип трансформатора	P_x , кВт	P_k , кВт	U_k ; %	$I_{x.x}$; %	$S_{ном}$, кВА	$K_{зг}$
ТДН-10000/110	3,85	33,5	7,5	0,3	10000	0,87

«Фактический коэффициент загрузки силового трансформатора ГПП в нормальном режиме» [11] промышленного предприятия по производству огнеупоров определяется таким образом:

$$K_3 = \frac{S_P}{n \cdot S_{ном}} \leq 0,7. \quad (10)$$

Исходя из уравнения (10):

$$K_3 = \frac{12007,6}{2 \cdot 10000} = 0,6 \leq 0,7.$$

«Условия проверки по загрузке выбранного трансформатора в нормальном режиме выполняются» [11]. Осуществляется проверка этого же силового трансформатора в послеаварийном режиме работы, с учётом подключения дополнительной нагрузки сторонней секции сборных шин 10 кВ в случае выхода в аварийный режим второй питающей линии или

трансформатора по каким-либо причинам [11]. Проверка проводится при условии работы, когда один из силовых трансформаторов ГПП по какой-либо причине вышел из строя и требуется автоматическое переключение его нагрузки на другой трансформатор, оставшийся в работе. Проверяется выбранный трансформатор по перегрузочной способности при аварийном отключении второго трансформатора.

«Фактический коэффициент загрузки силового трансформатора ГПП в послеаварийном режиме» [11] промышленного предприятия по производству огнеупоров определяется таким образом (принимается максимальное значение коэффициента резервирования, равное 1,4, потому что выбираемый силовой трансформатор для установки на ГПП – новый):

$$1,4 \cdot S_{ном} \geq S_P. \quad (11)$$

Исходя из уравнения (11):

$$1,4 \cdot 10000 = 14000 \text{ кВА} \geq 12007,6 \text{ кВА}.$$

Условие проверки силового трансформатора ГПП-110/10 кВ в послеаварийном режиме работы, с учётом подключения дополнительной нагрузки сторонней секции сборных шин 10 кВ, в работе выполняется.

Следовательно, выбранные в работе силовые трансформаторы марки ТДН-10000/110, питающие нагрузку первой и второй секций сборных шин напряжением 10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, удовлетворяет условиям проверки на допустимую нагрузку в нормальном и послеаварийном режимах работы.

Поэтому данные трансформаторы выдержит указанную фактическую проектную нагрузку и могут быть окончательно приняты для установки на ГПП-110/10 кВ проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов цеховых ТП

«Проводится выбор числа и мощности силовых трансформаторов цеховых ТП-10/0,4 кВ» [16] промышленного предприятия по производству огнеупоров с учётом выбранной схемы электрических соединений объекта проектирования.

Мощность силовых трансформаторов для установки на цеховых ТП-10/0,4 кВ определяется по следующему условию [12]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\sum P_p}{N\beta_t}, \quad (12)$$

где $S_{\text{ном.т.р}}$ – «значение полной номинальной расчетной мощности силового трансформатора, кВА» [12];

$\sum P_p$ – «суммарное значение расчетной активной нагрузки цехов (участков), питающихся от данной цеховой ТП-10/0,4 кВ, кВт» [12];

N – «количество силовых трансформаторов данной цеховой ТП-10/0,4 кВ, шт.» [12];

β_t – «коэффициент загрузки силового трансформатора данной цеховой ТП-10/0,4 кВ» [4].

Согласно (12) для ТП-1

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{1235,9}{2 \cdot 0,7} = 882,8 \text{ кВА.}$$

Исходя из полученных расчётных значений, выбирается силовой трансформатор марки ТМ-1000/10.

На цеховой ТП-1 устанавливаются два силовых трансформатора марки ТМ-1000/10 [12].

На других цеховых ТП промышленного предприятия по производству огнеупоров, полученных в результате проведения проектирования, выбор и проверка силовых трансформаторов аналогичен.

Полученные результаты, а также исходные данные для выбора, сведены в таблицу 6.

Кроме того, в таблице 8 проведено распределение цехов и участков системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

При этом отдельные двухтрансформаторные подстанции ТП-10/0,4 кВ обязательно должны быть предусмотрены для питания потребителей I и II категорий надёжности.

Участки и цеха, которые питают потребители III категорий надёжности промышленного предприятия по производству огнеупоров, подключаются к шинам 0,4 кВ уже принятых цеховых ТП-10/0,4 кВ по возможности равномерно.

Как видно из таблицы 6, в работе предусмотрена установка шести цеховых ТП-10/0,4 кВ с разными типоминалами силовых трансформаторов.

Таблица 6 – Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

Номер цеховой ТП	S _{тр} , кВА	Результаты выбора	
		Количество (единиц) и тип силовых трансформаторов	K _з
ТП-1	1000	2хТМ-1000/10У1	0,618
ТП-2	2000	2хТМ-2000/10У1	0,440
ТП-3	2500	2хТМ-2500/10У1	0,454
ТП-4	1600	2хТМ-1600/10У1	0,466
ТП-5	1000	2хТМ-1000/10У1	0,694
ТП-6	2500	2хТМ-2500/10У1	0,468

Наибольшую величины реактивной мощности (далее – РМ), которую целесообразно передавать через трансформаторы в сеть НН без превышения предусмотренного $\beta_{норм.т}$, определяется по формуле, квар:

$$Q_{\max,m} = \sqrt{\left(N_{\text{опт}} \beta_{\text{норм.т}} S_{\text{ном}}\right)^2 - P_{\text{см}}^2}. \quad (13)$$

Суммарная мощность конденсаторных батарей напряжением 0,4 кВ составит, квар:

$$Q_{\text{НБК}} = Q_p - Q_{\max,m}. \quad (14)$$

Если $Q_{\text{НБК}} < 0$, то установка КУ на данной подстанции не требуется.

Расчётная мощность конденсаторных установок

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_{\text{НБК.см}} \quad (15)$$

После этого пересчитывается значение нагрузки ТП-10/0,4 кВ после проведения компенсации РМ.

Выбор компенсации реактивной мощности на цеховых трансформаторных подстанциях системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Выбор компенсации реактивной мощности на цеховых трансформаторных подстанциях системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

№ ТП	Марка КУ	Кол-во, шт	$Q_{\text{ку}}$, квар	Q_p , квар	$S_{\text{ном}}$, кВ·А	$k_{\text{з.ф.}}$, о.е.
ТП-1	УКМ58-0,4-90-10 У3	2	180	563,5	1000	0,58
ТП-2	УКМ58-0,4-87,5-12,5 У3	2	180	729,0	2000	0,42
ТП-3	УКМ58-0,4-190-10 У3	2	380	1076,7	2500	0,42
ТП-4	УКМ58-0,4-140-20 У3	2	280	728,649	1000	0,69
ТП-5	УКМ58-0,4-87,5-12,5 У3	2	175	605,4	1000	0,66
ТП-6	–	–	–	1280,79	–	-

Все выбранные трансформаторы цеховых ТП-10/0,4 кВ с учётом выбранных устройств компенсации реактивной мощности в работе показаны на графическом листе 2.

Все цеховые ТП-10/0,4 кВ на промышленном предприятии выполняются комплектными, что является современным технологическим решением и рекомендовано требованиями [1,10].

2.5 Построение картограммы электрических нагрузок

В работе для определения эффективного и рационального места установки ГПП-110/10 кВ промышленного предприятия по производству огнеупоров, необходимо провести расчёт и построить картограмму электрических нагрузок. Известно, что картограмма электрических нагрузок в общем случае представляет собой размещенные на генплане окружности, площади которых в выбранном масштабе равны расчетным мощностям цехов:

$$P_{p,i} = \pi R_i^2 m. \quad (16)$$

Из данного выражения определяется искомое значение радиуса окружности в принятом масштабе:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{p,i}}{\pi m}}, \quad (17)$$

где « $P_{p,i}$ – расчетная активная мощность i -го цеха, кВт» [15];

m – «масштаб мощности, принимается исходя из удобства геометрического построения, принимается в работе $m = 1$ кВт/мм²» [15].

Для каждого цеха проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров определяется и

наносится на генплан рассчитанная окружность. При этом каждая такая окружность имеет заштрихованный сектор, соответствующий по площади осветительной нагрузке [15].

Угол заштрихованного сектора, соответствующего площади, равной расчётной мощности осветительной нагрузке, рассчитывается так:

$$\varphi = 360 \frac{P_{p.o}}{P_p}. \quad (18)$$

Результаты расчетов картограммы нагрузки в работе оформляются в форме таблицы 8.

Таблица 8 – Результаты построения картограммы цехов и участков системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

№ цеха, по плану	Наименование цеха	S_p , кВ·А	r_i , м	X_i , м	Y_i , м	$S_p \cdot X_i$, кВ·А·м	$S_p \cdot Y_i$, кВ·А·м
Потребители 0,38/0,22 кВ							
1	Цех переработки первичного материала (0,4 кВ)	1235,96	34,355	39	434	48202,2	536404,5
2	Цех дефектации и упаковки огнеупоров	1758,24	40,976	195	434	342857,1	763076,9
3	Цех сушки огнеупоров	2159,09	45,407	375	401	809659,1	865795,5
4	Складской комплекс	112,4	10,358	505	401	56741,6	45056,2
5	Цех ремонта и обслуживания оборудования	1149,425	33,130	439	174	504597,7	200000,0
6	Участок обслуживания производства	1388,889	36,418	169	174	234722,2	241666,7
7	Цех производства огнеупоров	2808,99	51,792	111	51	311797,8	143258,4
8	Заводоуправление	340,91	18,043	439	51	149659,1	17386,4
Потребители 10 кВ							
1	Цех переработки первичного материала (10 кВ)	630	28,322	39	434	24570,0	273420,0
Итого по предприятию по производству огнеупоров		11583,9	-	-	-	2482806,8	3086064,5

Координаты центра электрических нагрузок (ЦЭН) для установки в них ГПП системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров:

$$X_0 = \frac{\sum P_{p,i} X_i}{\sum P_{p,i}}, \quad (19)$$

$$Y_0 = \frac{\sum P_{p,i} Y_i}{\sum P_{p,i}}, \quad (20)$$

где X_i, Y_i – координаты центров нагрузок отдельных цехов системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, м.

$$X_0 = \frac{248206,82}{11583,86} = 214,3 \text{ м.}$$

$$Y_0 = \frac{3086064,51}{11853,86} = 266,4 \text{ м.}$$

Картограмма нагрузок системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров приведена на графическом листе 1 работы.

Также на данном графическом листе отмечен ЦЭН с координатами (214,3; 266,4) м.

Примерно в районе ЦЭН (идеально – точно в ЦЭН, если позволяют условия) должна быть размещена главная понизительная подстанция (ГПП) промышленного предприятия, которая выбирается и проектируется в работе далее.

ГПП-110/10 кВ не должна загромождать проходов и проездов, поэтому она смещается немного выше от ЦЭН по оси Y на свободное место в сторону западной стороны к границе территории раздела промышленного предприятия по производству огнеупоров.

2.6 Выбор сечения проводников

Проводится выбор и проверка сечения проводников напряжением 110 кВ и 10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Выбору подлежат следующие проводники напряжением 110 кВ и 10 кВ согласно разработанной схеме электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров:

– питающая сеть 110 кВ – воздушная линия от энергосистемы до ОРУ-110 кВ ГПП промышленного предприятия напряжением 110 кВ;

– распределительная сеть 10 кВ – от секций сборных шин напряжением 10 кВ ГПП до потребительских цеховых ТП-10/0,4 кВ.

Известно, что выбор сечений кабельных и воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ осуществляется по экономической плотности тока по выражению

$$F_3 = \frac{I_n}{j_3}, \quad (21)$$

где I_{max} – «рабочий ток нормального режима кабельной линии электропередачи, А» [11];

j_3 – «экономически выгодная плотность тока, А/мм²» [11].

Рабочий ток нормального режима кабельной линии определяется, исходя из рассчитанной ранее в работе нагрузки

$$I_n = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}, \quad (22)$$

где S_p – «расчётная полная нагрузка линии, кВА» [11].

Значение расчётного максимального тока послеаварийного режима для линии с учётом резервирования

$$I_a = 1,4 \cdot I_n. \quad (23)$$

Выбранное сечение кабельной линии электропередачи необходимо проверить по условию нагрева рабочим током нормального режима работы [1]

$$I_{доп} \geq I_n, \quad (24)$$

где $I_{доп}$ – «значение длительно – допустимого тока выбранного проводника стандартного сечения, А» [4].

«Также выбранное сечение кабельной линии электропередачи необходимо проверить по условию нагрева максимальным током» [4]

$$I_{доп} \geq I_a. \quad (25)$$

«Известно, что потери напряжения в линиях питающей сети определяется так» [4]:

$$\Delta U = \frac{PR_l + QX_l}{U_n^2} \cdot 100, \%. \quad (26)$$

По допустимой потере напряжения воздушная линия 110 кВ не проверяется, что обусловлено экономическими критериями [11].

Поэтому в работе по данному критерию проверке подлежат только кабельные линии 10 кВ.

«Проводятся расчёты и выбор сечения провода питающей ВЛ-110 кВ» [4]:

$$I_p = \frac{12007,6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} \approx 31,5 \text{ А.}$$

$$I_{p.\max} = \frac{12007,6}{\sqrt{3} \cdot 110} = 63 \text{ А.}$$

«Сечение провода питающей ВЛ-110 кВ, выбранное по условию экономической плотности тока» [1]

$$F_э = \frac{31,5}{1,1} = 28,6 \text{ мм}^2.$$

«Исходя из результатов расчёта, в работе предварительно принимается ближайшее стандартное сечение провода $F_{ст} = 70 \text{ мм}^2$ марки АС-70/11 с допустимым током $I_{дон} = 265 \text{ А}$ » [10].

Данное сечение питающей ВЛ-110 кВ выбрано из условия минимального сечения проводов по механической прочности согласно климатическим условиям по ветру и гололёду [10].

«Проверка выбранного сечения провода питающей ВЛ-110 кВ по допустимому перегреву в нормальном режиме выполняется» [10]

$$265 \text{ А} \geq 31,5 \text{ А.}$$

«Проверка выбранного сечения провода питающей ВЛ-110 кВ по допустимому перегреву в послеаварийном режиме также выполняется» [4]

$$365 \text{ А} \geq 63 \text{ А.}$$

«Исходя из результатов проверок, в работе окончательно принимается провод на питающей ВЛ-110 кВ марки АС-70/11 с $I_{дон} = 265 \text{ А}$ » [11].

По аналогичной методике выбора и проверки, в работе проведён выбор кабельных линий распределительной сети напряжением 10 кВ, питающих двухтрансформаторные цеховые ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров с приведением результатов выбора в форме таблицы 9.

Для кабельных линий 10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, в работе при проведении расчётов принято значение экономической плотности тока кабельной линии $j_э = 1,6$ А/мм² [11].

Таблица 9 – Результаты выбора кабельных линий 10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

Линия	Длина кабельной линии, м	Результаты выбора и проверки кабельной линии			Марка кабельной линии	$I_{дл}$, А
		I_p норм, А	$F_э$, мм ²	$F_{ст.}$, мм ²		
ГПП-ТП-1	170	57,8	22,3	25	АПвБВнг(А)-LS 3x25	94
ГПП-ТП-2	250	115,6	54,0	50	АПвБВнг(А)-LS 3x50	145
ГПП-ТП-3	280	144,5	40,1	35	АПвБВнг(А)-LS 3x50	145
ГПП-ТП-4	220	57,8	16,8	25	АПвБВнг(А)-LS 3x25	94
ГПП-ТП-5	170	57,8	25,1	25	АПвБВнг(А)-LS 3x25	94
ГПП-ТП-6	230	144,5	54,1	50	АПвБВнг(А)-LS 3x50	145
ГПП-АД-10 кВ	310	36,4	30,1	35	АПвБВнг(А)-LS 3x25	94

Все выбранные в работе силовые кабели напряжением 10 кВ распределительной сети системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров удовлетворяют всем требуемым условиям выбора и проверки по допустимому нагреву в нормальном и послеаварийном режимах работы, а также по допустимой потере напряжения в выбранной кабельной линии. Все выбранные кабельные линии в работе показаны в предложенной разработанной схеме электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, полученной путём внедрения основных мероприятий по проектированию схемы электрических соединений (графический лист 2).

Узлы монтажа кабельных линий в работе показаны на графическом листе 4, а питающей воздушной линии – на графическом листе 5.

2.7 Расчёт токов короткого замыкания

Для расчёта токов короткого замыкания (далее – КЗ) в рассматриваемой системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, по принятой в работе схеме электроснабжения (графический лист 2) составляется расчётная схема сети (рисунок 6, а) и схема замещения для данного участка сети (рисунок 6, б), а также для всей схемы в целом по методике [12].

Так как в предложенной в работе схеме электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров каждый силовой трансформатор работает на свою секцию шин 10 кВ отдельно (применяется раздельный режим работы), с целью упрощения, для расчёта токов КЗ рассматривается один из участков «линия – трансформатор – шины 10 кВ – нагрузка», по которой составляется схема замещения (рисунок 6).

Для остальных участков схемы типичных участков сети «линия – трансформатор – шины 10 кВ – нагрузка», результаты полученных токов КЗ в системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, будут отличаться незначительно, находясь в допустимых пределах принятых погрешностей [12].

На другой ветви в общей схеме замещения сети системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, рассматриваемой в работе, показывается и учитывается подпитка от высоковольтного электродвигателя 10 кВ [12].

Этот аспект обязательно должен быть учтён при расчётах токов короткого замыкания, так как сверхпереходной ток КЗ подпитки от высоковольтного двигателя существенно влияет на результат расчёта.

Расчет КЗ производится с выключенным АВР и одним высоковольтным двигателем мощностью 630 кВт, запитанным от секции сборных шин РУ-10 кВ ГПП-110/10 кВ с помощью одного кабеля (рисунок 6).

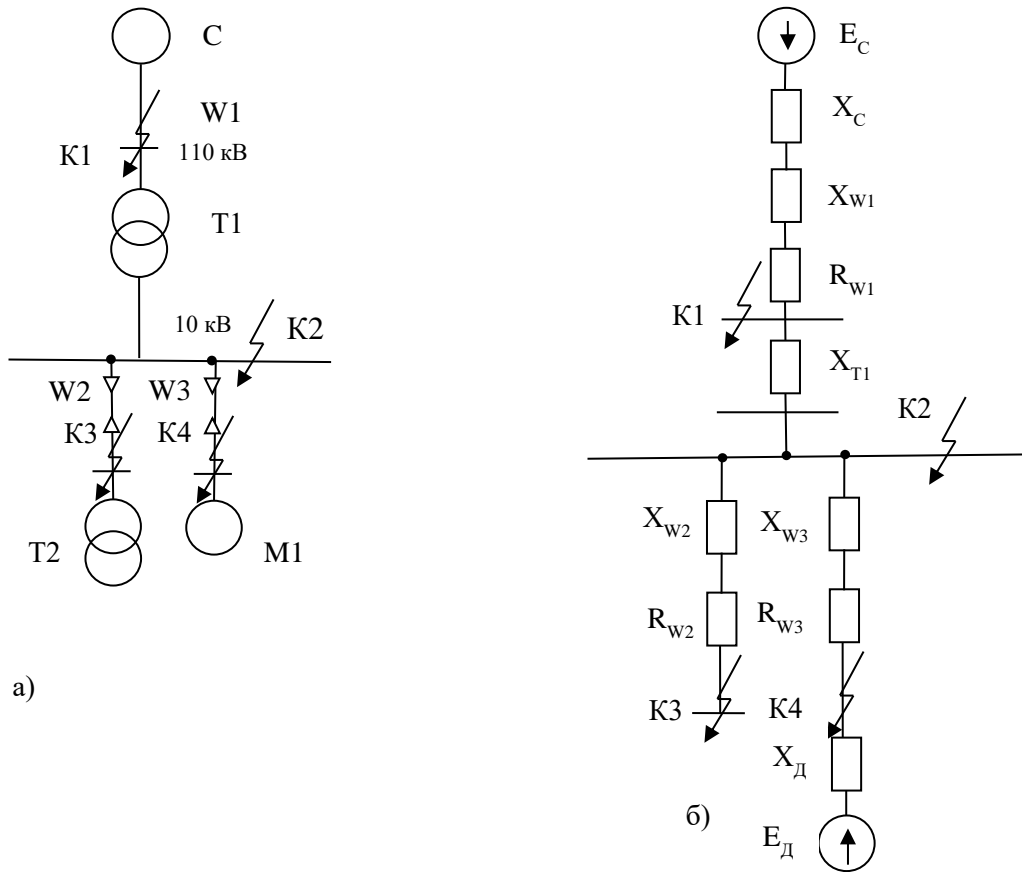


Рисунок 6 – Расчётная схема сети (а) и схема замещения (б) для расчёта токов КЗ в системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, составленная по схеме электроснабжения

Выбираются базисные условия.

Базисная мощность:

$$S_{\sigma} = 100 \text{ МВА.}$$

Базисное напряжение:

$$U_{\sigma.(i)} = 1,05 \cdot U_{ном}, \text{кВ.} \quad (27)$$

Для сторон ВН и НН ГПП-110/10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров:

$$U_{\delta.VH} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 110 = 115 \text{ кВ.}$$

$$U_{\delta.HH} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ.}$$

Базисный ток:

$$I_B = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_B}. \quad (28)$$

Для сторон ВН и НН ГПП-110/10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров:

$$I_{B.VH} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,51 \text{ кА.}$$

$$I_{B.HH} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА.}$$

Для параметров энергосистемы (соответственно – ЭДС и сопротивление), в работе приняты значения « $E_c = 1$ и $x_c = 0,05$ о.е.» [13].

«Индуктивное сопротивление воздушной линии W1» [13]:

$$X_{W1} = \frac{1}{n} \cdot X_{уд.W1} \cdot L_{W1} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_B^2}. \quad (29)$$

где X_{W1} – «удельное сопротивление воздушной линии, Ом/км» [13];

L – «длина линии, км» [13].

$$X_{W1} = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,02 \text{ о.е.}$$

«Активное сопротивление воздушной линии W1» [13]:

$$R_{W1} = \frac{1}{n} \cdot R_{уд.W1} \cdot L_{W1} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_B^2}. \quad (30)$$

где $R_{уд.W1}$ – «удельное активное сопротивление воздушной линии» [10].

$$R_{W1} = \frac{1}{2} \cdot 0,46 \cdot 6 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,02 \text{ о.е.}$$

«Находится индуктивное сопротивление трансформатора T1 ГПП» [13]

$$X_{T1} = \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{К.З.}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{H.T}}. \quad (31)$$

$$X_{T1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 0,59 \text{ о.е.}$$

«Индуктивное сопротивление кабельных линий W2-W3 с учётом их длины» [13]:

$$X_{W2} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,02 \text{ о.е.}$$

$$X_{W3} = 0,09 \cdot 0,15 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,01 \text{ о.е.}$$

«Активное сопротивление кабельных линий W2-W3 с учётом их длины» [13]:

$$R_{W2} = 0,62 \cdot 0,3 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,17 \text{ о.е.}$$

$$R_{W3} = 0,62 \cdot 0,15 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,08 \text{ o.e.}$$

«Находятся токи подпитки от высоковольтного асинхронного двигателя» [13].

Принимаются следующие исходные данные по АД-10 кВ согласно [13]

$$x_d'' = 0,2;$$

$$E_d = E'' = 0,9.$$

«Исходные данные для расчёта сопротивления двигателя» [13]:

$$P_H = 630 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,92; \eta = 85,0 \%$$

«Полная номинальная мощность АД-10 кВ» [13]

$$S_H = \frac{P_H}{\cos \varphi \cdot \eta}, \text{ кВА.} \quad (32)$$

$$S_H = \frac{630}{0,92 \cdot 0,85} = 711,5 \text{ кВА.}$$

«Сопротивление высоковольтного двигателя» [13]:

$$x_D = x_d'' \cdot \frac{S_B}{n \cdot S_H}, \text{ o.e.} \quad (33)$$

$$x_D = 0,2 \cdot \frac{100}{1 \cdot 711,5} = 0,196 \text{ o.e.}$$

«Проводится расчет токов КЗ в расчётной точке К1» [13].

«Полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К1» [13]

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(X_c + X_{w1})^2 + R_{w1}^2}. \quad (34)$$

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(0,05 + 0,02)^2 + 0,02^2} = 0,073 \text{ о.е.}$$

«Расчёт токов КЗ при трёхфазном коротком замыкании в расчётной точке К1 проводится по выражению» [13]

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{E_c}{Z_{\Sigma k}} \cdot I_{\sigma}. \quad (35)$$

«Для точки К1 без учёта подпитки от АД-10 кВ» [13]

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{1}{0,073} \cdot 0,51 = 6,98 \text{ кА.}$$

«Полное сопротивление и ток КЗ в расчётной точке К2 без учёта подпитки от АД-10 кВ» [13]

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_{T1})^2 + R_{w1}^2}. \quad (36)$$

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(0,05 + 0,02 + 0,59)^2 + 0,02^2} = 0,66 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 2БП}^{(3)} = \frac{1}{0,66} \cdot 5,5 = 8,33 \text{ кА.}$$

«Периодическая составляющая трехфазного тока подпитки при КЗ от АД-10 кВ в точке К2» [13]:

$$I_{Д}^{(3)} = \frac{E''}{Z'_{\Sigma k2}} \cdot I_{\sigma}. \quad (37)$$

$$Z'_{\Sigma k2} = \frac{1}{\sqrt{(X_{w5} + X_{Д})^2 + R_{w3}^2}}. \quad (38)$$

$$Z'_{\Sigma k2} = \frac{1}{\sqrt{(0,01+0,196)^2 + 0,08^2}} = 4,76 \text{ о.е.}$$

$$I_{\Delta}^{(3)} = \frac{0,9}{4,76} \cdot 5,5 = 1,04 \text{ кА.}$$

«Результирующий ток трёхфазного КЗ в точке К2 с учётом подпитки от АД-10 кВ» [13]:

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = I_{\kappa 2 \text{БП}}^{(3)} + I_{\Delta}^{(3)}, \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = 8,33 + 1,04 = 9,37 \text{ кА.}$$

«Для точки К3» [13]:

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w2})^2 + (R_{w1} + R_{w2})^2}. \quad (39)$$

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(0,05 + 0,02 + 0,59 + 0,02)^2 + (0,02 + 0,17)^2} = 0,71 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{1}{0,71} \cdot 5,5 = 7,75 \text{ кА.}$$

«Для точки К4 на выводах АД-10 кВ» [13]:

$$Z_{\Sigma k4} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w5} + X_{\Delta})^2 + (R_{w1} + R_{w3})^2}. \quad (40)$$

$$Z_{\Sigma k4} = \sqrt{(0,05 + 0,02 + 0,59 + 0,01 + 0,196)^2 + (0,02 + 0,08)^2} = 0,87 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 4 \text{БП}}^{(3)} = \frac{1}{0,87} \cdot 5,5 = 6,32 \text{ кА.}$$

$$I_{\Delta}^{(3)} = \frac{0,9}{4,76} \cdot 5,5 = 1,04 \text{ кА.}$$

«Результирующий ток трёхфазного КЗ в точке К4» [13]:

$$I_{\kappa 4}^{(3)} = I_{\kappa 4БП}^{(3)} + I_{Д}^{(3)}, \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 4}^{(3)} = 6,32 + 1,04 = 7,36 \text{ кА.}$$

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ» [13]:

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (41)$$

где $K_{\text{уд}}$ – «значение ударного коэффициента» [7].

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ в расчётной точке К1» [13]

$$I_{\text{уд.к1}} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 6,98 = 15,71 \text{ кА.}$$

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ в расчётной точке К2» [13]

$$I_{\text{уд.к2}} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 9,37 = 18,55 \text{ кА.}$$

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ в расчётной точке К3» [13]

$$I_{\text{уд.к3}} = \sqrt{2} \cdot 1,37 \cdot 7,75 = 15,02 \text{ кА.}$$

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ в расчётной точке К4» [13]

$$I_{\text{уд.к4}} = \sqrt{2} \cdot 1,37 \cdot 7,36 = 14,26 \text{ кА.}$$

«Расчет токов двухфазного короткого замыкания» [13]

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa}^{(3)}. \quad (42)$$

«Значение тока двухфазного КЗ в расчётных точках К1-К4» [13]

$$I_{\kappa 1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6,98 = 6,04 \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 9,37 = 8,11 \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7,75 = 6,71 \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 4}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7,36 = 6,37 \text{ кА.}$$

Полученные в работе результаты расчётов токов КЗ в расчётных точках схемы в проектируемой системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров приведены в работе в форме таблицы 10.

Таблица 10 – Полученные результаты расчётов токов КЗ и ударных токов в расчётных точках схемы в проектируемой системе электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

Точка КЗ/параметр	$k_{уд}, \text{кА.}$	$I_{\kappa 3}^{(3)}, \text{кА.}$	$I_{\kappa 3}^{(2)}, \text{кА.}$	$i_{уд}, \text{кА.}$	$T_A, \text{с.}$
К1	1,6	6,98	6,04	15,71	0,025
К2	1,4	9,37	8,11	18,55	0,03
К3	1,37	7,75	6,71	15,02	0,03
К4	1,37	7,36	6,37	14,26	0,03

На основе полученных результатов расчётов токов КЗ и ударных токов в расчётных точках схемы системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, далее в работе проводится выбор и

проверка электрических аппаратов напряжением 110 кВ и 10 кВ для их установки, соответственно, в РУ-110 кВ и РУ-10 кВ на ГПП объекта проектирования.

2.8 Выбор и проверка электрических аппаратов

В работе выбору и проверке подлежат электрические аппараты напряжением 110 кВ и 10 кВ, установленные в ОРУ-110 кВ и РУ-10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

В работе ОРУ-110 кВ ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров выполнено открытым, поэтому выбор электрических аппаратов для установки в ОРУ-110 кВ будет проводиться только для аппаратов наружной установки.

Распределительный пункт 10 кВ РУ-10 кВ ГПП, от которого получают питание потребительские ТП-10/0,4 кВ на напряжении 10 кВ, представляет собой комплектное распределительное устройство внутренней установки.

Конструктивно он выполнен с использованием ячеек КРУН, в которых непосредственно используется выкатной элемент в сборе с выключателями высокого напряжения и трансформаторами тока.

Ремонтное положение выкатного элемента обеспечивает видимый разрыв, поэтому в них не устанавливаются разъединители.

При этом выбранные высоковольтные ячейки поставляются с предприятия – изготовителя полностью собранными и укомплектованными, при монтаже необходимо их установить согласно проекту, сфазировать и подключить в работу [12].

«В работе выбор электрических аппаратов высокого напряжения в общем виде производится по номинальным значениям напряжения и тока по и формулам» [12]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (43)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (44)$$

«Кроме того, выбранные аппараты высокого напряжения подлежат следующим проверкам по условиям отключения токов КЗ и ударных токов, а также на термическую и динамическую стойкость по условиям», приведённым ниже [12].

Для «отключающих аппаратов проводится проверка на симметричный ток отключения» [12]:

$$I_{п.т} \leq I_{отк.ном}. \quad (45)$$

«В данном случае учитывается симметричный (трёхфазный) ток КЗ» [12].

«Для отключающих аппаратов в данной работе должна быть проведена проверка на отключение апериодической составляющей тока КЗ» [12]:

$$i_{а.т} \leq i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{отк.ном}, \quad (46)$$

где $\beta_{ном}$ – «номинальное значение относительного содержания апериодической составляющей в отключаемом токе короткого замыкания» [12];

$i_{а.ном}$ – «номинальное допускаемое значение апериодической составляющей в отключаемом токе короткого замыкания для времени срабатывания РЗиА» [12].

«Проверка электрических аппаратов на электродинамическую стойкость» [12]:

- «по условию номинального тока отключения» [12]

$$I'' \leq I_{отк.ном}; \quad (47)$$

- «по величине ударного тока» [6]:

$$i_y \leq i_{дин.}, \quad (48)$$

где $i_{дин.}$ – «номинальный ток электродинамической стойкости электрического аппарата».

«Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость» согласно [12]

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (49)$$

где I_T – «предельный ток термической стойкости аппарата по каталогу» по [12];

t_T – «длительность протекания тока термической стойкости аппарата, с» [12].

По приведённым условиям выбора и проверки электрических аппаратов, проводится их выбор с приведением результатов в форме таблиц.

В работе детально рассматривается выбор вводного высоковольтного выключателя на ОРУ-110 кВ для защиты и коммутации высоковольтной линии напряжением 110 кВ, питающей силовой трансформатор ГПП-110/10 кВ.

Таких линий в работе две (по числу трансформаторов ГПП с учётом принятого раздельного режима).

Максимальный рабочий ток питающей линии 110 кВ с учётом подключения дополнительной нагрузки соседней линии в ПАВ-режиме работы рассчитан в работе ранее при выборе и проверке питающей воздушной линии номинальным напряжением 110 кВ.

Результаты выбора аппаратов 110 кВ и 10 кВ для установки на ГПП-110/10 кВ проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров в работе представлены в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Результаты выбора аппаратов 110 кВ и 10 кВ для установки на ГПП-110/10 кВ проектируемой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров

Электрический аппарат	Условие	Данные каталога	Данные расчёта
1	2	3	4
Сторона 110 кВ (ОРУ-110 кВ ГПП)			
Выключатель высокого напряжения ВГБ-110 У1 (встроенные ТТ)	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ав}}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$	$I_{\text{р.ав}} = 59,501 \text{ А}$
	$I_{\text{откл.ном}} \geq I_{\text{п.о.}}^{(3)}$	$I_{\text{откл.ном}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{п.о.}}^{(3)} = 5,723 \text{ кА}$
	$i_{\text{а.ном}} \geq i_{\text{ат}}^{(3)}$	$i_{\text{а.ном}} = 22,6 \text{ кА}$	$i_{\text{ат}}^{(3)} = 4,225 \text{ кА}$
	$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = 15,377 \text{ кА}$
	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 8,351 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Разъединитель РНДЗ – 110/630 У1	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ав}}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$	$I_{\text{р.ав}} = 59,501 \text{ А}$
	$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = 15,377 \text{ кА}$
	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 8,351 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор тока ТРГ-110 У1	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ав}}$	$I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}$	$I_{\text{р.ав}} = 59,501 \text{ А}$
	$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = 15,377 \text{ кА}$
	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 8,351 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Заземлитель нейтрали ЗОН-110М- У1	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$
Ограничитель перенапряжения ОПН-110У1	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$
Сторона 10 кВ (РУ-10 кВ ГПП)			
Выключатель высокого напряжения ВРС-10-31,5/1000 У3	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ав}}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	$I_{\text{р.ав}} = 654,511 \text{ А}$
	$I_{\text{откл.ном}} \geq I_{\text{п.о.}}^{(3)}$	$I_{\text{откл.ном}} = 31,5 \text{ кА}$	$I_{\text{п.о.}}^{(3)} = 28,672 \text{ кА}$
	$i_{\text{а.ном}} \geq i_{\text{ат}}^{(3)}$	$i_{\text{а.ном}} = 31,5 \text{ кА}$	$i_{\text{ат}}^{(3)} = 29,054 \text{ кА}$
	$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = 75,014 \text{ кА}$
	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} = 31,5^2 \cdot 3 = 2976,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 1339,964 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
Трансформатор тока ТОЛ-10-800/5 УЗ	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ав}}$	$I_{\text{ном}} = 800 \text{ А}$	$I_{\text{р.ав}} = 654,511 \text{ А}$
	$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = 75,014 \text{ кА}$
	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} = 50^2 \cdot 1 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 1339,964 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Ограничитель перенапряжения ОПНп-10	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
Трансформатор напряжения ЗНОЛ.06-10	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$
Предохранитель для защиты марки ТН ПКН 001-10	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$

На стороне 110 кВ выбирать трансформаторы тока не требуется, так как они встроены в выключатели. Все выбранные аппараты показаны в графической части работы (листы 2 и 3). Все они в полной мере удовлетворяют условиям выбора и проверок в системе электроснабжения.

2.9 Выбор устройств релейной защиты

Известно, что релейная защита является важнейшим элементом современных систем электроснабжения.

Основная задача релейной защиты в любой сети – защитить оборудование или сети путём отключения повреждённого участка. Как правило, должен отключиться ближайший к месту повреждения высоковольтный выключатель [8].

В работе следует выбрать современные микропроцессорные комплекты релейной защиты 110 кВ и 10 кВ, установленные в ОРУ-110 кВ и РУ-10 кВ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Для данной цели в работе предложено использовать современные микропроцессорные устройства «Сириус» [4].

На данном типе устройства, в работе устанавливаются следующие виды релейных защит (показаны в работе на графическом листе 2):

- для силовых трансформаторов ГПП – газовая защита, дифференциальная токовая защита (основная), а также резервная защита, состоящая из двухступенчатой токовой защиты, в которую входят токовая отсечка и максимальная токовая защита с выдержкой времени срабатывания;

- для защит отходящих линий 10 кВ – двухступенчатая токовая защита, в которую входят токовая отсечка и максимальная токовая защита с выдержкой времени срабатывания, а также защита от перегрузки;

- для секционного выключателя 10 кВ – устройство автоматического ввода резерва и защита от перегрузки.

Схема релейной защиты силового трансформатора ГПП промышленного предприятия по производству огнеупоров представлена на графическом листе 6.

Выводы по разделу 2. В результате выполнения раздела, исходя из результатов анализа исходных технических данных, источников питания, потребителей и технологического процесса, в работе обоснованы и внедрены следующие практические мероприятия по проектированию системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, в результате чего приняты и проверены следующие технические решения:

- исходя из исходных технических данных, в работе предложена и обоснована схема электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, которая отличается надёжностью, экономичностью и безопасностью проведения работ;

- проведены выбор и проверка трансформаторов ГПП-110/10 кВ (ТДН-10000/110) и цеховых ТП-10/0,4 кВ (ТМ различного типономинала) на потребляемую мощность, а также на допустимую загрузку активной мощностью в нормальном и послеаварийном режимах;

- осуществлён выбор и проверка проводников, в результате чего

выбраны современные кабели напряжением 10 кВ марки АПвБВнг(А)-LS, а также провод питающей воздушной линии напряжением 110 кВ АС-70/11;

– выбраны и проверены современные типы и марки электрических аппаратов напряжением 110 кВ и 10 кВ для установки их в соответствующих РУ на ГПП-110/10 кВ объекта проектирования.

Выбор всего оборудования для проектирования системы электроснабжения производства в работе проведён на основании результатов расчёта электрических нагрузок и токов короткого замыкания.

Выполнен выбор требуемых видов релейной защиты для трансформатора ГПП, газовая защита, дифференциальная токовая защита (основная), а также резервная защита, состоящая из двухступенчатой токовой защиты, в которую входят токовая отсечка и максимальная токовая защита с выдержкой времени срабатывания.

Для реализации функций дифференциальная токовая защиты, двухступенчатой токовой защиты с токовой отсечкой и максимальная токовая защитой с выдержкой времени выбран микропроцессорный блок защиты марки Сириус.

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Мероприятия по охране труда и технике безопасности

Известно, что обеспечение безопасности работающего персонала и соблюдение трудовой производственной дисциплины лежит в основе любого производственного процесса [16].

При этом на первое место выходит забота о жизни и здоровье людей, которые работают на данном производстве.

В силу различных обстоятельств и производственных факторов, существуют следующие виды опасностей:

- производственные опасности, которые заключаются в нарушении режима и технологии производства, а также установленных правил по технике безопасности. Такие виды опасности приводят к различным видам производственных травм вплоть до летального исхода;

- опасность поражения электрическим током – заключается в соблюдении профилактических, организационных и технических мероприятий, позволяющих обезопасить обслуживающий персонал от поражения электрическим током в электроустановках;

- пожарная опасность – заключается в соблюдении профилактических, организационных и технических мероприятий по недопущению возгорания материалов, зданий и сооружений;

- экологическая опасность – состоит в недопущении или устранении вредного и опасного воздействия на окружающую среду.

Мероприятия по всем видам опасностей, перечисленных выше, имеют цель не допустить появление этих опасностей, а в случае их возникновения – быстро ликвидировать их очаг (очаги).

На любом предприятии для безопасного проведения работ есть человек, ответственный за соблюдение норм охраны труда (как правило, это – руководитель предприятия и инженер по охране труда).

Кроме того, имеются отделы по охране труда, работниками которых проводится разъяснительная и предупредительная работа среди рабочего персонала предприятия: разработка документации, проведения инструктажей, а также дней охраны труда и соответствующих мероприятий по охране труда в зависимости от направлений (электробезопасность, пожарная безопасность и т.д.).

Кроме того, непосредственную ответственность за соблюдение охраны труда в подразделениях несут и руководители этих подразделений: начальники служб, смен, участков, мастера и прочие ответственные работники, которые назначаются приказами по предприятию.

Особое место занимают инструктажи по технике безопасности и охране труда. В зависимости от назначения и инструктируемых работников, они могут быть следующих видов: первичные инструктажи, инструктажи на рабочем месте, повторные инструктажи.

Из числа первичных инструктажей выделяется вводный инструктаж, который имеет целью осветить общий принцип и порядок работы на предприятии.

Любой инструктаж должен быть доведён под подпись того, кому он предназначен.

Также должна стоять подпись ответственного лица, проводившего данный инструктаж.

Без проведения всех необходимых инструктажей и отсутствия соответствующих подписей в установленных журналах, инструктируемое лицо к работам не допускается [16].

Производственные опасности заключаются в нарушении режима и технологии производства, а также установленных правил по технике безопасности.

Такие виды опасности приводят к различным видам производственных травм вплоть до летального исхода.

Для каждого предприятия в зависимости от специфики и характера работы производственные опасности имеют различный характер.

На объекте исследования производственные опасности заключаются в получении травм различной степени тяжести при выполнении работ по монтажу, ремонту и обслуживанию оборудования, получение ожогов частей тела и слизистых оболочек, падение с высоты при выполнении работ, травмы, обусловленные попаданием частей тела под различные трущиеся и вращающиеся поверхности и т.п.

Профилактическими мероприятиями при производственных видах опасностей являются их недопущение применением организационных и технических мероприятий.

К таким мероприятиям относятся проведение инструктажей, ограждение рабочих и опасных мест, контроль выполнения работы несколькими членами бригады и т.п.

Следующий вид опасности – это опасность поражения электрическим током.

Для объекта исследования в работе в виду его специфики он представляется наиболее важным и вероятным, поэтому данному виду опасности следует уделить особое внимание.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности в электроустановках многогранны и, как правило, носят следующий характер:

- профилактический;
- организационный;
- технический.

Профилактические мероприятия по недопущению и предупреждению поражения электрическим током заключаются в проведении разъяснительной работы среди персонала, установки защитных средств, изоляции опасных участков электрической сети.

Также к профилактическим мероприятиям относятся установка световой и звуковой сигнализации, а также релейной защиты и автоматики на объектах энергетики.

Организационные мероприятия по недопущению поражения электрическим током заключаются в организации выполнения работ строго по инструкции и нормам охраны труда, назначение ответственных лиц для контроля выполнения работ и норм безопасности, выдачу нарядов и распоряжений для выполнения работ, допуск персонала к работе, организацию работ на рабочем месте, премирование исполнительных работников и наказание злостных нарушителей.

Технические мероприятия по недопущению поражения электрическим током заключаются во внедрении технических мер при строгом соблюдении всех нормативов.

К таким мероприятиям относятся, например, установка запрещающих, предписывающих и информационных плакатов на месте работы, ограждение рабочего места, проведение оперативных переключений, заземление оборудования и т.д.

Особое внимание следует уделить средствам защиты от поражения электрическим током при работе в электроустановках.

К таким средствам относятся перчатки, диэлектрические коврики и подставки, инструменты, защитные маски и очки. Все они должны быть проверены непосредственно перед началом работ. Кроме того, срок их эксплуатации должен быть в норме.

Просроченный рабочий и защитный инструмент ни в коем случае использовать нельзя, так как это является прямой угрозой жизни и здоровью людей.

Кроме того, для уменьшения поражения электрическим током людей, в электроустановках необходимо заземлять и занулять (только в сетях до 1 кВ) оборудование.

Применение переносных заземляющих устройств для безопасного проведения работ целесообразно только после проведения оперативных переключений коммутационных аппаратов и проверки отсутствия напряжения на шинах электроустановок.

Далее следует привести краткий алгоритм порядка выполнения работ в электроустановках при неукоснительном соблюдении мероприятий по охране труда.

Перед началом любых работ в электроустановках персонал обязан пройти инструктаж на рабочем месте, в котором указываются как его обязанности, так и обязанности других членов бригады, а также характер и расположение опасностей.

Далее старший (руководитель работ) даёт команду на подготовку рабочего места.

Рабочее место подготавливают, как правило, опытные работники с соответствующими группами по электробезопасности (в электроустановках до 1 кВ – не ниже третьей, а в электроустановках выше 1 кВ – не ниже четвёртой группы).

После этого проводятся оперативные переключения и отключения, которые согласовываются с диспетчером сетей.

Затем указателями напряжения соответствующих классов проверяют отсутствие напряжения на токоведущих частях оборудования, где будут проводиться работы.

После этого накладывается переносное заземление на токоведущие части либо включаются заземляющие ножи оборудования (если таковые предусмотрены конструкцией).

Затем ограждается рабочее место и вывешиваются плакаты по технике безопасности.

Только после всех перечисленных мероприятий бригада может приступить к выполнению работ.

В процессе выполнения работ при необходимости можно организовать перерыв, для чего бригада полностью выводится с места работ, а двери электроустановок закрываются на ключ.

Допуск посторонних лиц на объект работ при этом категорически запрещён.

3.2 Мероприятия по пожарной безопасности

«Возникновения пожара на объектах возможно при следующих обстоятельствах» [16]:

- «при коротких замыканиях» [16];
- «при прямых попаданиях молнии» [16];
- «при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгорания» [16];
- «при перегреве масла в трансформаторе» [16];
- «при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе» [16].

Пожарная безопасность объекта исследования в работе обеспечивается применением и использованием следующих мероприятий:

- применением негорючих материалов в электроустановках и несгораемых конструкций оборудования, зданий и сооружений;
- наличием средств пожаротушения на объекте (пожарный щит, огнетушители, гидранты и т.п.);
- профилактическими проверками и инспекциями, выявляющих общее состояние пожарной безопасности оборудования;
- работой пожарной дружины на объекте, а также постоянным источником связи с пожарной инспекцией.

С точки зрения пожаробезопасности, наибольшую опасность представляет на объекте силовой трансформатор и прочее маслonaполненное оборудование, в котором существует высокая вероятность пожара и взрыва.

Поэтому данные объекты необходимо контролировать самым тщательным образом как во время обходов (плановых и внеплановых), так и во время проверок.

Как показывают статистические исследования [19], также для обеспечения пожарной безопасности очень важное значение играет поддержание территории объекта в чистоте.

Для этого необходимо скашивать сухую траву, утилизировать ветошь, поддерживать чистоту на объекте.

Указанные мероприятия позволят не допустить самовозгорание на объекте в сухую жаркую погоду, а также не допустить распространение пожара на объекте и быстро его локализовать.

3.3 Мероприятия по экологической безопасности

При выполнении работ на ГПП системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, необходимо строго соблюдать мероприятия по нормам экологической безопасности.

Среди опасностей также следует упомянуть и экологическую опасность, актуальность которой всё больше приобретает смысл в последние годы.

Загрязнение окружающей среды в свете изменения климата стало злободневной темой.

На объекте наибольшую опасность с экологической точки зрения представляют следующие возможные факторы:

- утечка масла в грунт из маслonaполненного оборудования;
- загрязнение септиками и химикатами окружающей среды;
- загрязнение и запылённость воздуха;
- опасность для флоры и фауны;
- влияние шумов на живые организмы;
- влияние высоких напряжений на биосферу.

Экологический риск от перечисленных факторов должен быть сведён к минимуму путём внедрения качественных мероприятий, к которым относятся такие мероприятия, как-то:

- проведения организационных мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности;
- техническое обеспечение экологической безопасности;
- профилактические меры по обеспечению экологической безопасности;
- законодательное обеспечение экологической безопасности.

Все указанные мероприятия обязательны к применению и внедрению в систему электроснабжения производства.

Экологическая безопасность на ГПП и цеховых ТП системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров при нормальных стандартных условиях находится под контролем руководства согласно [17].

Законодательная база регламентирует как административную, так и уголовную ответственность за нарушение закона.

Однако при условии наступления серьезных повреждений вследствие выхода ситуации из-под контроля (сильное землетрясение, авария, террористический акт, военные действия) энергетические объекты наносят значительный ущерб как окружающей среде, так и здоровью людей.

Такое развитие ситуации необходимо предусмотреть и бороться с её возникновением и возможными последствиями на законодательном уровне.

Возможный экологический риск от негативного влияния ГПП и цеховых ТП системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров на элементы окружающей среды, жизни и здоровья людей, заключается в возможном загрязнении атмосферного воздуха химическими веществами и физическими факторами, загрязнении водных и земельных объектов химическими веществами и отходами.

Указанные мероприятия по охране окружающей среды должны быть приняты к сведению и внедрены в систему системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Выводы по разделу 3. В результате выполнения данного раздела работы, осуществлена разработка мероприятий по технике безопасности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ на электрооборудовании и в электрических сетях системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Путём проведения выборочного анализа, в работе установлены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на безопасность проведения работ, а также на факторы пожарной и экологической безопасности.

Особое внимание уделено обязанностям обслуживающего персонала системы электроснабжения производства, обеспечивающие электробезопасность и сводящие травматизм к минимальным показателям.

На основании проведённого анализа, разработан комплекс мероприятий, позволяющих качественно повысить критерии безопасности жизнедеятельности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ в электроустановках и сетях системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Указанные мероприятия по технике безопасности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ на электрооборудовании и в электрических сетях, должны быть приняты и внедрены в разработанную систему системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Заключение

В результате выполнения работы разработан проект системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров при соблюдении заданных требований к надежности схемы электроснабжения и качеству электроэнергии, передаваемой потребителям.

Для реализации основной цели работы, в работе осуществлено последовательное решение следующих основных поставленных задач по проектированию системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров:

- проведён исходный анализ системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, с детальным рассмотрением технологии и циклов производства на данном промышленном предприятии, технических характеристик его составляющих, а также потребителей участков и цехов объекта проектирования;

- детально рассмотрены и систематизированы по категории надёжности и производственной среде цеха и участки системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров. На основании приведённых исходных данных, а также нормативных сведений и источников, обоснована необходимость и целесообразность разработки качественного проекта системы электроснабжения объекта;

- исходя из исходных технических данных, в работе предложена и обоснована схема электрических соединений системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров, которая отличается надёжностью, экономичностью и безопасностью проведения работ;

- проведены выбор и проверка трансформаторов ГПП-110/10 кВ марки ТДН-10000/110 и цеховых ТП-10/0,4 кВ марки ТМ различных типоминалов, на потребляемую мощность, а также на допустимую загрузку активной мощностью в нормальном и послеаварийном режимах;

– осуществлён выбор и проверка сечения проводников, в результате чего выбраны современные кабели напряжением 10 кВ марки АПВБВнг(А)-LS, а также провод питающей воздушной линии напряжением 110 кВ марки АС-95/16;

– выбраны и проверены современные типы и марки электрических аппаратов напряжением 110 кВ и 10 кВ для установки их в соответствующих РУ на ГПП-110/10 кВ объекта проектирования. Выбор всего оборудования для проектирования системы электроснабжения производства в работе проведён на основании результатов расчёта электрических нагрузок и токов короткого замыкания;

– путём проведения проверочного анализа, в работе установлены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на безопасность проведения работ, а также на факторы пожарной и экологической безопасности. Особое внимание уделено обязанностям обслуживающего персонала системы электроснабжения производства объекта проектирования, обеспечивающие электробезопасность и сводящие травматизм к минимальным показателям;

– на основании проведённого анализа, разработан комплекс мероприятий, позволяющих качественно повысить критерии безопасности жизнедеятельности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ в электроустановках и сетях системы электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров.

Разработанная система электроснабжения промышленного предприятия по производству огнеупоров отличается надёжностью схемы электрических соединений ГПП-110/10 кВ и цеховых ТП-10/0,4 кВ, электробезопасностью, минимумом затрат на обслуживание и ремонт, что позволяет свести межремонтный и эксплуатационный период до минимума, а также значительно повысить показатели энергоэффективности объекта проектирования, его потребителей и всей системы электроснабжения предприятия в целом.

Список используемых источников

1. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2018. 416 с.
2. Будзко И.А., Зуль Н. М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 2018. 496 с.
3. Водяников В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК. – М.: Колос, 2008. 263с.
4. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 343 с.
5. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2016. 184 с.
6. Маньков В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения. Справочное пособие. – СПб: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2017. 664 с.
7. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. 224 с.
8. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 2016. 356 с.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник. Учеб. пособ. – ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. 282 с.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / под общ. ред. В.В. Дрозд. - 7-е изд-е. - М.: Альвис, 2018. 252 с.
11. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики: учебное пособие для ВУЗов / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова. М.: «МЭИ», 2018. 288 с.
12. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений профессионального образования / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. - М.: 2016. 448 с.

13. Самарин О. Д. Энергосбережение. Энергоэффективность. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 296 с.
14. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
15. Системы электроснабжения: Н. П. Гужов, В. Я. Ольховский, Д. А. Павлюченко. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. 257 с. ил.
16. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. 328 с.
17. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др.- М.: Энергоатомиздат, 2016. 576 с.
18. Сырье и связывающие материалы для производства огнеупоров / Под ред. Н. Я. Баумана. – М.: Энергия, 2018. 342 с.
19. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - М.: Лань, 2015. 480 с.
20. Шкрабак В.С., Луковников А.В., Тургиев А.К. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – М.: Колос, 2019. 360 с.