

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Тойбек Мақсат Абайұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

5B071800 - «Электроэнергетика»
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО «Kagazy Recycling»»

Выполнено:

- а) графическая часть на _____ листах
б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В дипломной работе рассмотрены вопросы электроснабжения цеха по производству гофрокартона. Осуществлен расчет электрических нагрузок, выбор трансформатора, электрического оборудования, высоковольтной аппаратуры, а также обоснована рациональность выбранной схемы внешнего электроснабжения.

Работа посвящена электроснабжению сложного технологического процесса производства гофрокартона. В технологической части представлено оборудование и технологический цикл цеха.

Дипломная работа предполагает использование для обеспечения энергией цеха по производству гофрокартона современных средств и оборудования, позволяющих значительно повысить надёжность и живучесть системы электроснабжения.

Студент Тойбек Мақсат выполнил работу согласно полученного задания качественно и квалифицированно. Показал хорошие знания в области проектирования систем электроснабжения. Грамотно и обоснованно осуществил выбор системы электроснабжения, электрических аппаратов и электрических машин.

В специальной части Тойбек М.А. рассмотрел вопросы применения высоковольтных электродвигателей. Произвела анализ компенсации расчета компенсации реактивной мощности.

Расчеты и выбор электрической аппаратуры выполнены грамотно. К недостаткам работы можно отнести некоторые стилистические ошибки в тексте, которые впоследствии были устранены после замечаний.

Оценка работы

В целом, работа представлена завершённой и данную дипломную работу оцениваю на 85%, а при успешной защите студент Тойбек Мақсат Абайұлы достоин присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Рецензент

доцент, канд.техн.наук
(должность, уч. степень, звание)

Юсупова С.А.
Юсупова С.А.

(подпись)

« 25 » 05



Қолтаңбаны растаймын	
Подпись заверяю	
Қызметі	аты-жөні
« 25 » 05	2023 ж.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Тойбек Мақсата Абайұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

5B071800 - «Электроэнергетика»
(шифр и наименование специальности)

Тема:

«Электроснабжение цеха по производству гофрокартона ТОО
“Kagazy Recycling”»

Дипломная работа Тойбек Мақсата посвящена вопросам электроснабжения цеха по производству гофрокартона. В процессе дипломного проектирования Тойбек М. ознакомился с технологическим циклом производству гофрокартона ТОО “Kagazy Recycling”, произвел расчет электрических нагрузок, выбор трансформатора, электрического оборудования, высоковольтной аппаратуры, а также на основе расчетов обосновал рациональность выбранной схемы внешнего электроснабжения.

В технологическом разделе Тойбек М. рассмотрел процесс производства гофрокартона. Привел состав оборудования, их технические характеристики.

В основной части опираясь на данные, полученные в технологическом разделе, произведен расчет электрических нагрузок по цеху. Произведены необходимые электрические расчеты для выбора основного силового и вспомогательного электрооборудования. Рассмотрены два варианта схем внешнего электроснабжения и выбран оптимальный вариант.

Дипломное проектирование осуществлял в тесном сотрудничестве с техническим департаментом ТОО «Kagazy Recycling». В процессе дипломного проектирования Тойбек М. проявил свои знания и навыки в проектировании сетей электроснабжения.

В процессе проектирования было указано на некоторые недостатки в специальной части. Она была дополнена и актуализирована расчетом компенсации реактивной мощности.

Дипломную работу оцениваю на 87%. Студента Тойбек Мақсата Абайұлы предлагаю признать достойным присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Научный руководитель

сениор-лектор

(должность, уч. степень, звание)

 Баямбаев К.А.

(подпись)

«24» мая 2022 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тойбек Мақсат Абайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Электроснабжение гофротарного производства ТОО Kagazy Recycling

Научный руководитель: Кайрат Баянбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 39

Интервалы: 10

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Допущен к защите

Дата

25.05.2022

Заведующий кафедрой *Сарсаббаев Е.А.*



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тойбек Мақсат Абайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Электроснабжение гофротарного производства ТОО Kagazy Recycling

Научный руководитель: Кайрат Баянбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 39

Интервалы: 10

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование: *Проведенный анализ на оригинальность текста дипломной работы не выявил неправомерных заимствований.*

Дата 25.05.2022

К.А. Баянбаев
проверяющий эксперт



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

Тойбек Мақсат Абайұлы

На тему: «Электроснабжение цеха по производству гофрокартона ТОО “Kagazy Recycling”»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В071800– "Электроэнергетика"

Алматы 2022

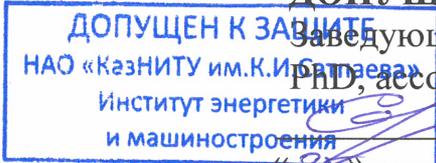
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
ГрД, асоц профессор
Е.А.Сарсенбаев
«25» 05 2022г.



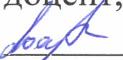
ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

«Электроснабжение гофротарного производства ТОО “Kagazy Recycling”»

Специальность 5В071800 - «Электроэнергетика»

Выполнил:

Тойбек М.А.

Рецензент
доцент, канд.техн.наук
 С.А.Юсупова

«25» 05 2022г.

Научный руководитель
сениор-лектор
 К.А.Баянбаев

«25» 05 2022г.



Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

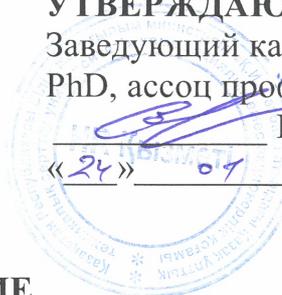
Специальность 5В071800 - «Электроэнергетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,
PhD, ассоц профессор

Е.А.Сарсенбаев

«24» 07 2022г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Тойбек Максату Абайұлы

Тема: Электроснабжение гофротарного производства ТОО "Kagazy Recycling"

Утверждена приказом ректора № 332-Б от 22.08.2022

Срок сдачи законченной работы

Исходные данные к работе: Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлен трансформатор мощностью 1 МВА, напряжением 110/10 кВ. Реактивное сопротивление системы 0,02. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 0,72 км

Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы: Расчет двух методов для расчета электрических:

А) метода технологического графика

Б) метода упорядоченных диаграмм

Перечень графического материала: Графический материал подготовлен в виде презентации

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Основная часть.	06.05.2022 г.	нет
Специальная часть.	13.05.2022 г.	нет.

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель и консультанты	Дата подписания	Подпись
Основной раздел	Баянбаев К.А. сениор-лектор	25.05.2022	
Специальный раздел	Баянбаев К.А. сениор-лектор	25.05.2022	
Нормоконтроль	Бердибеков А.О., сениор-лектор	24.05.2022	

Научный руководитель _____  К.А.Баянбаев
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся _____  М.А.Тойбек
(подпись)

Дата 24.05.2022

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста гофр картон шығаратын цехтың электрмен жабдықтауын есептедім. Дипломдық жұмыс бөлімдер мен бөлімшелерден тұрады, олардың атаулары гофр картон өндіру цехын электрмен жабдықтау жүйесін жобалаудың маңызды аспектілерін көрсетеді. Бөлімдердің тақырыптары: электр жүктемелерін есептеу, электр жабдықтарын таңдау, сонымен қатар таңдалған сыртқы электрмен жабдықтау схемасының ұтымдылығын негіздеу.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе я произвел расчет электроснабжения цеха по производству гофрокартона. Дипломная работа состоит из разделов и подразделов наименования которых отображают значимые аспекты проектирования системы электроснабжения цеха по производству гофрокартона. Названия разделов: расчет электрических нагрузок, выбор электрического оборудования, а также обоснование рациональности выбранной схемы внешнего электроснабжения.

ANNOTATION

In this thesis, I calculated the power supply of the corrugated cardboard production shop. The dissertation consists of sections and subsections, the titles of which reflect important aspects of the design of the power supply system of a corrugated cardboard plant. Topics of sections: calculation of electrical loads, choice of electrical equipment, as well as rationale for the rationality of the selected scheme of external power supply.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Общая часть	8
1.1	Архитектурно строительные сведения	8
1.2	Технология приизводства гофрокартона	9
2	Электроснабжение цеха по производству гофрокартона	10
2.1	Исходные данные	10
2.2	Расчет электрических нагрузок по цеху	12
2.3	Определение потерь мощности в КТП	16
2.4	Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной	16
2.5	Расчёт компенсации реактивной мощности на шинах 6 кВ РП	21
3	Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	22
3.1	Расчёт внешнего электроснабжения 1 варианта	22
3.1.1	Капитальные затраты 1 варианта	25
3.1.2	Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов кз 1 варианта	26
3.2	Расчет схемы внешнего электроснабжения для 2 варианта	28
3.2.1	Капитальные затраты 2 варианта	33
4	Специальная часть. Компенсирующие устройства	38
4.1	Синхронныедвигатели	38
4.2	Синхронные компенсаторы	38
4.3	Конденсаторные установки	39
4.4	Потребители реактивной мощности и меры по ее уменьшению	40
	Заключение	42
	Список использованной литературы	43

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной дипломной работы является изучение методики и овладение навыками проектирования систем электроснабжения цеха с решением всех соответствующих вопросов

Задачами дипломной работы являются:

- 1) Выбор и расчет принципиальной схемы электроснабжения цеха
- 2) Определение электрических нагрузок
- 3) Определение электрического освещения цеха
- 4) Выбор основного электрооборудования (ЭО) и силовых трансформаторов
- 5) Сравнение вариантов внешнего электроснабжения
- 6) Расчет капитальных затрат.

Ускорение научно-технического прогресса диктует необходимость совершенствования промышленной энергетики, создания экономичных, надежных систем электроснабжения промышленных предприятий внедрение и рациональную эксплуатацию высоковольтного электрооборудования, снижения непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении, широкое внедрение устройств управления, распределения и потребления электроэнергии на базе современной вычислительной техники. Все это поднимает проблему подготовки высококвалифицированных специалистов.

Предприятие не имеет мощных потребителей работающих продолжительно и так как потребителей довольно много то нагрузку предприятие можно условно предсказать путем расчетов.

Электроснабжение гофротарного завода производится от подстанции системы от которой будет прокравдываться ЛЭП, на наиболее экономически выгодном напряжении.

В ходе выполнения дипломного проекта развиваются навыки самостоятельного решения задач и практического применения теоретических знаний. Дипломный проект имеет цель правильного решения и выбора уровня напряжения питающей сети воздушных и кабельных линий, электрооборудования.

1 Общая часть

1.1 Архитектурно строительные сведения

В соответствии с заданием на проектирование, мощность фабрики составляет 120 млн.м² в год гофрированного картона.

На площадке строительства гофрофабрики располагаются следующие здания и сооружения:

- 1) Административно-бытовой корпус;
- 2) Трансформаторная подстанция, воздушная компрессорная и котельная, расположены в пристройке к производственному корпусу;
- 3) Административно-бытовой корпус;
- 4) Очистные сооружения ливневых стоков;
- 5) Резервуары для дизельного топлива (выполняется третьей стороной)
- 6) Резервуары хозяйственно-питьевого и противопожарного запаса воды;
- 7) Насосная станция;
- 8) Внутриплощадные сети электроснабжения, газоснабжения, водоснабжения, пожаротушения, производственной и ливневой канализации;
- 9) Контрольно-пропускной пункт
- 10) Навес для хранения палет

Архитектурно-строительные решения производственного корпуса.

Производственный корпус плане 85,0 х 161,0 м с высотой до низа выступающих строительных - прямоугольное здание размером в конструкции 7,5 м. и 8,7 м. Каркас здания выполнен из металлических конструкций с пролетами 2 х 24,0 м и 2 х 18,0 м с шагом колонн 5,0 м. Ограждающие конструкции стен выполнены из панелей типа «сэндвич».

Трансформаторная подстанция, воздушная компрессорная и котельная – одно пролетное прямоугольное здание, размером в плане 18м х 40м с шагом колонны 5м и высотой до низа строительных конструкций 8м. Строительные конструкции аналогичные производственному корпусу.

Инженерное обеспечение

Инженерное обеспечение производственного корпуса осуществляется следующим образом:

- 1) Электроснабжение – от внутриплощадных сетей бумажного комбината, согласно техническим условиям;
- 2) Теплоснабжение – от собственной проектируемой котельной работающей на газе (и резервном питании дизтопливе);
- 3) Газоснабжение котельной от газопровода среднего давления, согласно техническим условиям;
- 4) Водоснабжение и канализация сточных вод от внутриплощадных сетей бумажного комбината согласно техническим условиям

1.2 Технология производства гофрокартона

Картон и бумага для гофрирования подается электропогрузчиком к гофрирующему агрегату BHS и устанавливается на раскаты.

Разматываемое из рулона полотно бумаги через подогреватель – увлажнитель подается к нагреваемым паром рифленым валам гофрирующей машины.

Пройдя в зазор между валами, полотно бумаги под воздействием высокой температуры и приложенного давления выходит гофрированным (волнообразным) и на вершины гофров клеподающим валом наносится крахмальный клей. К этому месту с размоточного стенда, через барабан подогреватель поступает полотно картона, предназначенного для плоского слоя.

Соединившись, гофрированный слой бумаги и картон для плоских слоев пропускаются между нижним гофрирующим валом и также нагретым прижимным валом.

Под действием высокой температуры и приложенного давления в месте соединения нижнего гофрирующего вала и прижимного вала происходит коагуляция крахмального клея. Таким образом, бумага и картон образуют полотно двухслойного гофрированного картона.

Под воздействием высокой температуры приложенного давления вместе соединения нижней лагов играющего вала и прижимного вала. Далее наклонным транспортёром двухслойный гофрированный картон подаётся на мост накопитель и укладывается в фестоны.

Мост накопитель позволяет создать необходимый запас двухслойного гофрированного картона для безостановочной перезаправки закончившегося рулона бумаги или картона на размотчиках.

Для более быстрой и качественной перезагрузки бумаги и картона на линии bhs применены автоматические заправщики, которые позволяют производить перезаправку без потери скорости работы машины и качества вырабатываемого картона. С моста накопителя двухслойный картон через один из двойных подогревателей подаётся к клеенаносящей машине, где на вершины гофров свободной стороны гофрированного слоя наносится крахмальный клей.

Через Нижний подогреватель с размотчика к месту входа в сушильную группу подаётся картон для плоских слоёв.

Соединившись с двухслойным гофрированным картоном, картон для плоских слоёв образуют трёхслойный гофрированный картон.

Под транспортировочными сукном и режимными валиками этот картон он проходит по сушильным плитам, я нагреваемых паром, далее между двумя сукнами по охлаждающей части агрегата и подаётся на машину продольной резки и рилевки. На этой машине Полотно гофрированного картона нарезается по заданному формату подлежащих изготовлению ящиков или требуемых размеров листового картона, а также происходит зачистка краёв полотна гофрированного картона.

2 Электроснабжение цеха по производству гофрокартона

2.1 Исходные данные

- 1) Схема генерального плана завода (Рисунок 1).
- 2) Сведения об электрических нагрузках по цехам завода (Таблица 1).
- 3) Питание может быть осуществлено от подстанции РЭС Алматинская область, Карасайкий район, с. Абай, энергосистемы, на которой установлен трансформатор мощностью 1 МВА, напряжением 110/10 кВ. Реактивное сопротивление системы 0,02.
- 4) Расстояние от подстанции энергосистемы до цеха 0,72 км.
- 5) Завод работает в 2 смены

Таблица 1 – Электрические нагрузки по фабрике

Наименование	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность	
		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
Цех по производству гофрокартона (ЦПГ)	20	0.52 – 200	1374

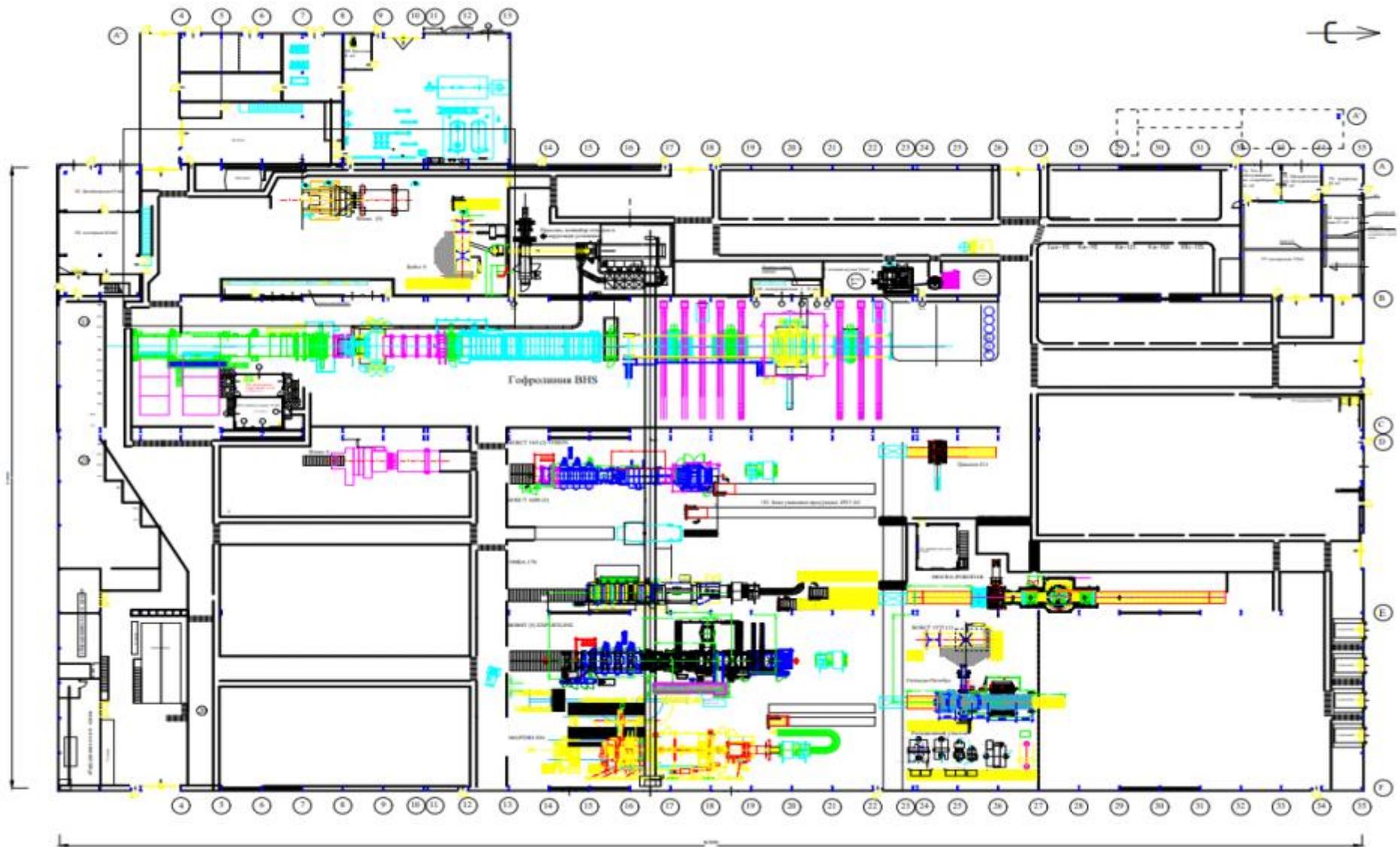


Рисунок 1 – Генеральный план цеха по производству гофрокартона

2.2 Расчет электрических нагрузок по цеху

Расчет электрических нагрузок для складов предприятия напряжением до 1 кВ также проводится по методу упрощенных схем. Результаты расчета мощностных и световых нагрузок в цехах сведены в таблицу - расчет электрических нагрузок в цехах 0,4 кВ.

Расчет нагрузочной способности шин 0,4 кВ необходим с учетом следующих факторов: выбора количества и мощности силовых трансформаторов, категории надежности электроснабжения, мощности и расположения компенсирующих устройств (КУ) путем выбора токопроводящих элементов, позволяющих и защитить допустимое напряжение нагрева. Создадим метод расчета – по методу упорядоченных графиков. Результаты расчета силовых нагрузок для цеха сведены в таблицу. Порядок расчета проведем на примере Гофротарного цеха:

- 1) В 1 графе номера цеха;
- 2) В 2 графе наименование цеха;
- 3) В 3 графе количество электроприёмников;
- 4) В 4 графе указываю номинальную наименьшего и наибольшего по мощности из электроприемников;
- 5) В 5 графе суммарная установленная мощность электроприемников;
- 6) В 6 графе число m , определяется по формуле:

$$m = \frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}}, \quad (1)$$

$$m = 200/0,52 = 384 > 3 - \text{для Гофротары,}$$

где $P_{н.макс}$, $P_{н.мин}$ – активные мощности наибольшего и наименьшего электроприёмников.

7) В 7 графе записываем значение коэффициента использования, которое подбирается по справочнику.

Для КТП коэффициент использования равен: $K_{и} = 0.7$;

8) В 8 графе в числителе подставим значение коэффициента мощности которая также можно определить по справочникам, а в знаменателе значение реактивного коэффициента мощности.

Значения для КТП:

$$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi = 0,85/0,7;$$

9) В 9 графе введём расчет среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену по формуле ниже:

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P_{н}, \text{ кВт} \quad (2)$$

$$P_{\text{см}} = 0,7 \cdot 1374 = 961,8 \text{ кВт};$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования, значения из справочника;

$\sum P_{\text{н}}$ – номинальная активная нагрузка

10) В 10-й графе введём расчет среднюю реактивную нагрузку за наиболее загруженную смену по формуле:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ квар} \quad (3)$$

$$Q_{\text{см}} = 961,8 \cdot 0,7 = 673,26 \text{ квар};$$

где $P_{\text{см}}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;
 $\text{tg} \varphi$ – реактивный коэффициент мощности.

11) В 11-й графе введём расчет эффективного числа электроприемников, что определяется по формуле только в том случае если m будет больше 3:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{н}}}{P_{\text{н.макс}}}, \quad (4)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 1374}{200} = 13,74.$$

12) В 12-й графе коэффициент максимума $K_{\text{м}}$ определяется по графику в зависимости от $n_{\text{э}}$ и $K_{\text{и}}$, для гофротары коэффициент максимума равен: $K_{\text{м}} = 1,11$;

13) В 13-й графе введём расчет максимальной активной нагрузки от силовых электроприемников:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}, \text{ кВт} \quad (5)$$

$$P_{\text{р}} = 1,11 \cdot 861,53 = 956,3 \text{ кВт};$$

где $K_{\text{м}}$ – коэффициент максимума;

$P_{\text{см}}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену.

14) В 14-й графе введём расчет максимальной реактивной нагрузки от силовых электроприемников:

–при $n_{\text{э}} \leq 10$,

$$Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \quad (6)$$

–при $n_{\text{э}} > 10$,

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{см}} \quad (7)$$

Для КТП так как $n_3 > 10$:

$$Q_p = Q_{см} = 673,26 \text{ квар.}$$

15) В 15-й графе записываем полную максимальную нагрузку по формуле ниже:

$$S_p = \sqrt{Q_{p0,4}^2 + P_{p0,4}^2}, \text{ кВА} \quad (8)$$

$$S_p = \sqrt{673,26^2 + 956,3^2} = 1169,5 \text{ кВА.}$$

где $Q_{p0,4}$ – реактивная нагрузка на шинах 0,4 кВ;

$P_{p0,4}$ – активная нагрузка на шинах 0,4 кВ.

16) В 16-й графе записываем расчетный максимальный ток по формуле ниже:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ кА} \quad (9)$$

$$I_p = \frac{1169,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1694 \text{ А.}$$

Расчет осветительной принимаем равной 10% от расчетной силовой нагрузки в цеху.

Таблица 2 – Расчет силовых нагрузок цеха.

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность		m	$K_{и}$	$\cos\varphi/tq\varphi$	Средние нагрузки		$n_{э}$	$K_{м}$	Расчетные нагрузки			I_p, A
			$P_{min} - P_{max}$	$\Sigma P_{н}$				$P_{см},$ кВт	$Q_{см},$ квар			$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	ЦПГ А) силовая	20	0,52 ÷ 200	1374	>3	0,7	0,85/0,7	961,8	673,26	13,7	1,11	956,3	673,26	1169,5	1694
	Б) осветительная											95,6	67,3	116,95	169,4
	Итого по цеху											1052	740,56	1286,45	1863,4
	Освещение цеха											105,2	74,05	128,64	186,3
	Всего с учетом освещения											1221	814,6	1415,1	2050
	$\Delta P_T, \Delta Q_T$											7,755	70,7		
	Нагрузка 0,4 кВ приведенная к шинам 10 кВ											1228,75	885,3		
	Всего по цеху											1225,17	885,3	1503,24	86,79

2.3 Определение потерь мощности в КТП

Фактические потери активной и реактивной мощности в силовых трансформаторах равны:

$$\Delta P_T = (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) \cdot N, \quad (10)$$

$$\Delta Q_T = \left(\frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{HT} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{HT} \cdot K_3^2 \right) \cdot N. \quad (11)$$

где ΔP_{xx} – активные потери холостого хода;

$\Delta P_{кз}$ – активные потери короткого замыкания;

I_{xx} – ток холостого хода трансформатора, %;

$U_{кз}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

N – количество трансформаторов

Таблица 3 – Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, Вт		Напряжение кз, %	Ток хх, %
	ВН	НН	хх	Кз		
ТЗСЛ-1000	6-10	0,4	2,1	8,7	6,0	1

Обмотки низкого напряжения изготавливают из алюминиевой фольги с изоляцией. Обмотки высшего напряжения заливают эпоксидной смолой в вакуумзаливочной машине.

ТП 1:

$K_3=0,7$; $N=2$.

$$\Delta P_{тр1,2} = (2,1 + 8,7 \cdot 0,65^2) \cdot 2 = 7,755 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр1,2} = 0,01 \cdot (1 + 6 \cdot 0,65^2) \cdot 2 \cdot 1000 = 70,7 \text{ квар.}$$

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

Верно определить количество и мощность цеховых трансформаторов можно только на основе технико-экономических расчетов с учетом этих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; Компенсация пассивных нагрузок до 1 кВ; перегрузка трансформаторов в нормальном и

аварийном режиме; стандартный силовой каскад; экономичные режимы работы трансформатора в зависимости от графика нагрузки.

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 1157,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 814,6 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 1415,1 \text{ кВА}.$$

$S_{н.тр}$ — принятая номинальная мощность трансформатора, выбирается по удельной плотности нагрузок:

$$\rho_{уд} = \frac{S_{p0,4}, \text{ кВА}}{F_{цеха}, \text{ м}^2} \quad (12)$$

при $\rho_{уд} < 0,2$ применяются трансформаторы 630–1000 кВА, при $\rho_{уд} = 0,2-0,3$ применяются трансформаторы 1600 кВА, при $\rho_{уд} > 0,3$ применяются трансформаторы 2500 кВА.

$$\rho_{уд} = \frac{1415,1}{13685} = 0,1$$

Предприятие относится ко 2 категории потребителей, предприятие работает в две смены следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 1000$ кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов схожей мощности минимальное их число, нужное для питания максимальной расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$N_{т \text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \cdot S_{нт}} + \Delta N, \quad (13)$$

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

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

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

N – добавка до ближайшего целого числа.

$$N_{т \text{ min}} = \frac{1157,2}{0,7 \cdot 1000} + \Delta N = 2$$

Экономически выгодное число трансформаторов определяем по формуле:

$$N_{т.э} = N_{т \text{ min}} + m, \quad (14)$$

где m – дополнительное число трансформаторов,

$$N_{т.э} = 2 + 0 = 2 \text{ штуки.}$$

К установке выбираю 2 трансформатора типа КТПН-1000 кВА 10/0,4 кВ.
(Таблица 4)

Таблица 4 – Характеристики трансформатора КТПН-1000-10/0,4

$U_{вн}, \text{кВ}$	$U_{нн}, \text{кВ}$	$P_{хх}, \text{кВт}$	$P_{кз}, \text{кВт}$	$I_{хх}, \%$	$U_{кз}, \%$
10	0,4	3,1	11,4	0,4	5

По числу трансформаторов нахожу максимальную реактивную мощность Q_1 , которую будет лучше передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, находится по формуле:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{т.э} \cdot S_{нт} \cdot K_3)^2 - P_{p0,4}^2}, \quad (15)$$

$$Q_1 = \sqrt{(2 \cdot 1000 \cdot 0,65)^2 - 1221^2} = 446 \text{ кВар.}$$

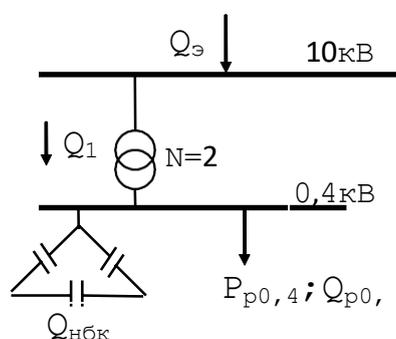


Рисунок 2 – Баланс реактивной мощности

Из условия баланса реактивной мощности (Рисунок 2) на шинах 0,4 кВ нахожу величину $Q_{нбк1}$:

$$Q_{нбк1} = Q_{p0,4} - Q_1, \quad (16)$$

$$Q_{нбк1} = 814,6 - 446 = 368,6 \text{ кВар.}$$

Находим мощность батареи конденсатора, приходящую на трансформатор:

$$Q_{нбк\text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{т.э}}; \quad (17)$$

$$Q_{\text{нбк тп}} = \frac{360}{2} = 180$$

Выбираю тип НБК: УКМФ1(2,3)-0,4-300-25.

На основе расчетов, что я получил в данном пункте составляю таблицу 5 – Распределение нагрузок цеха по ТП, в которой я показал распределение низковольтной нагрузки по цеху.

Другие названия: батарея статических конденсаторов «БСК», устройство компенсации реактивной мощности «УКРМ»

В качестве дополнительного источника реактивной мощности, служащего для обеспечения потребителя реактивной мощностью сверх того количества, которое возможно и целесообразно получить от энергосистемы и от синхронных двигателей, имеющих на предприятии, устанавливаются конденсаторные батареи (КБ). Электроустановка, предназначенная для компенсации реактивной мощности. Конструктивно представляет собой конденсаторы (разг. «банки»), обычно соединенные по схеме «треугольник» и разделенные на несколько ступеней с разной емкостью, и устройство управления ими. Устройство управления чаще всего способно автоматически поддерживать заданный коэффициент мощности на нужном уровне переключением числа включенных в сеть «банок»

Таблица 5 –Распределение низковольтной нагрузки цеха по ТП

№ ТП	Кол-во ЭП	$P_{min} - P_{max}$	ΣP_n	$K_{и}$	$P_{см}, \text{кВт}$	$Q_{см}, \text{квар}$	$n_{э}$	K_M	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВт}$	K_3
ТП-1 2*1000 кВА Силовая	20	0,5÷200	1374	0,7	961,8	673,26	13,74	1,12	956,3	673,26	1169,5	
Осветительная									95,63	67,32	116,95	
$Q_{нбк}$										-300		
Итого									1051,93	440,58	1140	0,57

2.5 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 6 кВ РП

Составляя уравнение баланса реактивной мощности для шин 6 кВ ГПП:

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{ист}} \quad (18)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{р0,4}} + \Delta Q_{\text{тр}\Sigma} + Q_{\text{рез}} \pm Q_{\text{рСД}} - Q_{\text{Э}} - Q_{\text{НБК}} \quad (19)$$

где $Q_{\text{рез}}$ – величина резерва реактивной мощности на предприятии, определяется по формуле

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot (Q_{\text{р0,4}} + \Delta Q_{\text{тр}\Sigma}) \quad (20)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \cdot (70,7 + 814,6) = 88,53 \text{ квар.}$$

$Q_{\text{Э}}$ – входная реактивная мощность задается энергосистемой как экономически выгодная реактивная мощность, которая передается предприятию в период высокой нагрузки энергосистемы и находится по формуле:

$$Q_{\text{Э}} = 0,25 \cdot (P_{\text{р0,4}} + \Delta P_{\text{тр}\Sigma} + P_{\text{рСД}}) \quad (21)$$

$$Q_{\text{Э}} = 0,25 \cdot (1221 + 7,755) = 307,18 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{НБК}} = Q_{\text{НБКном}} \cdot N = 250 \cdot 4 = 1000 \text{ квар} \quad (22)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 307,18 + 180 - 88,53 - 1221 = - 822,35 \text{ квар.}$$

Установка высоковольтных батарей конденсаторов не потребуется.

3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

При решении данной задачи оптимизации промышленного электроснабжения нужно сравнить большое количество вариантов.

Многовариантность задач промышленной энергетики обуславливает проведение технико-экономического расчета, целью этого является определение наилучшего варианта схемы, параметров электросети и ее элементов.

Для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения цеха, я рассмотрел два варианта:

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

3.1 Расчет схемы внешнего электроснабжения для 1 варианта

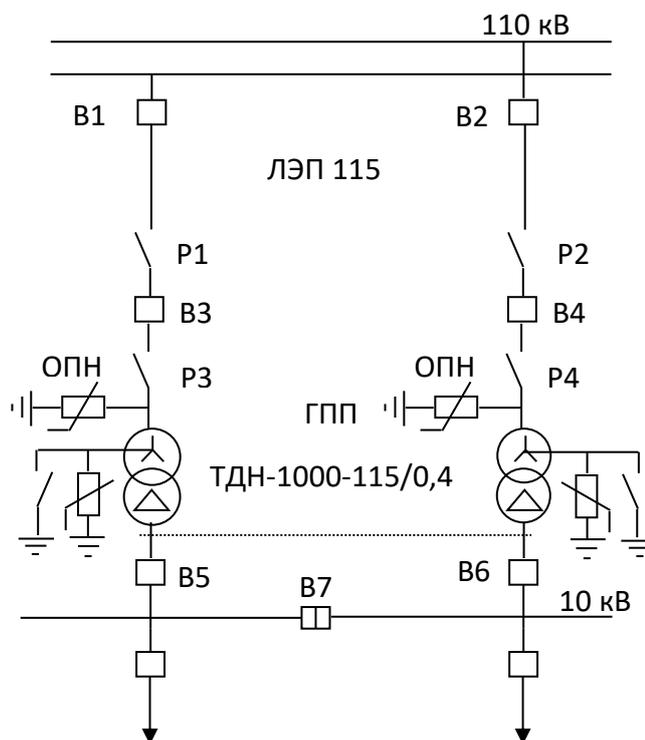


Рисунок 3 – Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираю электрооборудование по I варианту.
Выбираю трансформаторы КТП:

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} \quad (23)$$

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{1052^2 + 307,18^2} = 1\,095,9 \text{ кВА}$$

Рассмотрю трансформатор мощностью 2500 кВА:

$$K_3 = \frac{S_{\text{КТП}}}{2 \cdot S_{\text{НОМ.ТР}}} \quad (24)$$

$$K_3 = \frac{1095,6}{2500} = 0,43 \leq 0,65.$$

Таблица 6 – Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение кз, %	Ток хх, %
	ВН	НН	хх	кз		
ТМН-2500/110	115	11	5,5	22	10,5	1,5

Трансформатор является силовым, трехфазным, двухобмоточным, с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха, с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН), с диапазоном регулирования $\pm 8,9 \times 1,75\%$ со стороны ВН. Автоуправление осуществляется от автоматического контроллера, который идет вместе трансформатором. Применение такого трансформатора позволяет обеспечить потребителю надежное электроснабжение в течение всего срока эксплуатации.

Структура условного обозначения ТМН 2500/110

Далее определяю потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{\text{тр.КТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) \quad (25)$$

$$\Delta P_{\text{тр.КТП}} = 2 \cdot (5,5 + 22 \cdot 0,43^2) = 19,13 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{Т}} = 2 \cdot (I_{\text{хх}} \cdot S_{\text{НТ}} + U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{НТ}} \cdot K_3^2) \quad (26)$$

$$\Delta Q_{\text{Т}} = 0,02 \cdot (1,5 \cdot 2500 + 10,5 \cdot 2500 \cdot 0,43^2) = 172,07 \text{ квар.}$$

Определяю потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{\text{Т.ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \tau \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) \quad (27)$$

где $T_{\text{вкл}}$ – число часов включения, для трехфазной работы $T_{\text{вкл}} = 4000 \text{ ч}$

τ - число часов использования максимума потерь и зависит от числа часов использования максимума нагрузки:

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \times 8760, \text{ч.} \quad (28)$$

где $T_M = 4000$ ч – число часов использования максимума

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

$$\Delta W_{\text{Т.КТП}} = 2 \cdot (5,5 \cdot 4000 + 2405,29 \cdot 22 \cdot 0,43^2) = 31784,23 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Выбираю сечение проводов ЛЭП 115 кВ

Определяю мощность, которая проходит по ЛЭП

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + Q_3^2}. \quad (29)$$

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(1052 + 7,775)^2 + 307,18^2} = 1103,3 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{\sqrt{3} \times U} \quad (30)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{1103,3}{1,73 \cdot 110} = 5,79 \text{ А}$$

$$I_p = \frac{I_{\text{ав}}}{2} \quad (31)$$

$$I_p = \frac{5,79}{2} = 2,89 \text{ А.}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ($j_э$)

$$F_э = \frac{I_p}{j_э} \quad (32)$$

$$F_э = \frac{2,89}{1,1} = 2,63 \text{ мм}^2.$$

где $j_э$ плотность тока для воздушных линий.

Принимаем стандартное ближайшее сечение $F_э=69\text{мм}^2$, $I_{\text{доп}}=255\text{А}$

б) по условию потерь на «корону»

После выполненных мною расчетов принимаю кабель марки АСБ-10 кВ – (3x240) мм² расположив в траншее: $I_{\text{доп}} = 314 \text{ А}$, $x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0,129 \text{ Ом/км}$.

в) на нагрев рабочим током

$$I_{\text{доп. пров.}} > I_p, (942\text{A} > 5,79\text{A})$$

г) по аварийному режиму

$$1,3 \times I_{\text{доп. пров.}} > I_{\text{ав.}}, (1224,6 > 2,895\text{A})$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{кВтч} \quad (33)$$

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = 1 \cdot 3 \cdot 5,79^2 \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} \cdot 2405,29 = 11,28 \text{ кВтч}$$

Данный кабель подходит по всем параметрам.

Выбор оборудования на $U=115\text{ кВ}$.

Перед выбором аппаратов составляю схему замещения (рисунок) и рассчитываю ток короткого замыкания.

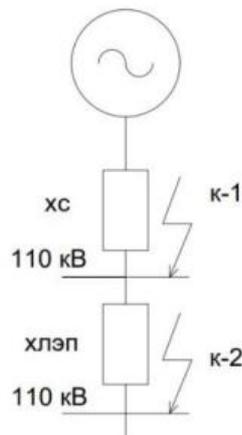


Рисунок 4 – Схема замещения

3.1.1 Капитальные затраты 1 варианта.

Определим капитальные затраты на оборудование 1 варианта:

Затраты на трансформаторы КТП:

$$K_{\text{тр КТП}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{млн. тг.}, \quad (34)$$

$$K_{\text{тр КТП}} = 1 \cdot 28 = 28 \text{ млн. тг}$$

Затраты на КЛ 10 кВ:

$$K_{\text{КЛ10}} = L \cdot N_{\text{СТ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (35)$$

$$K_{\text{КЛ10}} = 0,077 \cdot 0,9 = 0,07 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на выключатели:

$$K_{\text{ВЫКЛ}} = n_{\text{КЛ}} \cdot N_{\text{СТ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (36)$$

$$K_{\text{ВЫКЛ}} = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на предохранители:

$$K_{\text{ОД}} = n_{\text{КЛ}} \cdot N_{\text{СТ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (37)$$

$$K_{\text{ОД}} = 1 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на заземлитель:

$$K_{\text{КЗ}} = n_{\text{КЛ}} \cdot N_{\text{СТ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (38)$$

$$K_{\text{КЗ}} = 1 \cdot 0,85 = 0,85 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на разъединители:

$$K_{\text{РЗ}} = n_{\text{КЛ}} \cdot N_{\text{СТ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (39)$$

$$K_{\text{РЗ}} = 2 \cdot 1,1 = 2,2 \text{ млн. тг.}$$

Суммарные затраты:

$$K_1 = K_{\text{ТР}} + K_{\text{КЛ}} + K_{\text{ВЫКЛ}} + K_{\text{П}} + K_{\text{З}} + K_{\text{РЗ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (40)$$

$$K_1 = 28 + 0,07 + 0,5 + 0,9 + 0,85 + 2,2 = 32,52 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления $I_{\text{а.об}}$ на оборудование, рассчитываются по формуле:

$$I_{\text{а.об.}} = E_{\text{а.об.}} \cdot K_{\text{об}} = E_{\text{а.об.}} \cdot (K_{\text{ТР}} + K_{\text{ВЫКЛ}} + K_{\text{П}} + K_{\text{КЗ}} + K_{\text{РЗ}}), \text{ млн. тг.}, \quad (41)$$

$$I_{\text{а}} = 0,063 \cdot (8 + 0,5 + 0,9 + 0,85 + 2,2) = 2,04 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления на КЛ:

$$I_{a.кЛ} = E_{a.кЛ} \cdot K_{кЛ}, \text{ млн. тг.}, \quad (42)$$

$$I_{a.кЛ} = 0,02 \cdot 0,07 = 0,0014 \text{ млн. тг.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{эксп.обор.}} = E_{\text{эксп.обор.}} \cdot K_{\text{обор.}}, \text{ млн. тг.}, \quad (43)$$

$$I_{\text{эксп.обор.}} = 0,1 \cdot 26,45 = 2,64 \text{ млн. тг.}$$

Издержки на эксплуатацию КЛ:

$$I_{\text{эксп.кЛ.}} = E_{\text{эксп.кЛ.}} \cdot K_{кЛ}, \text{ млн. тг.}, \quad (44)$$

$$I_{\text{эксп.кЛ.}} = 0,02 \cdot 0,07 = 0,0014 \text{ млн. тг.}$$

При средней стоимости электроэнергии $C_0 = 14 \text{ тг/кВтч}$, определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.кТП}} + \Delta W_{\text{кЛ10}}), \text{ млн. тг.} \quad (45)$$

$$I_{\text{пот}} = 20 \cdot (31784,23 + 11,28) = 0,635 \text{ млн. тг.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\sum I_1 = I_{\text{эксп.кЛ.}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{эксп.обор.}} + I_{a.кЛ} + I_{a.об}, \text{ млн, тг} \quad (46)$$

$$\sum I_1 = 0,0014 + 0,635 + 2,64 + 0,01 + 0,0014 = 3,2911 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$Z_1 = E \cdot K_1 + I_1, \text{ млн. тг}, \quad (47)$$

где $E = 0,12$ -нормальный коэффициент капиталовложений

$$Z_1 = 0,12 \cdot 32,52 + 3,2911 = 7,1935 \text{ млн. тг.}$$

3.1.2 Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов короткого замыкания I варианта.

Выбор высоковольтной защитной аппаратуры производится по тем же условиям что и в первом варианте:

Таблица 7 – Данные выключателя ВРС110-2500 УХЛ1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$	115 кВ	115 кВ
$I_n \geq I_{ав}$	2500 А	2,895 А
$I_{отк} \geq I_{к1}$	231,5 кА	137,5 кА
$I_{дин} \geq i_{уд1}$	81 кА	6,23 кА

Таблица 8 – Данные разъединителя РНД(З)-110/630Т1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$, кВ	115	115
$I_n \geq I_{ав}$, А	630	2,63
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	100 кА	6,23
$I_{терм} \geq I_{к2}$, А	100 кА	2,45

Таблица 9 – Данные ОПН-110/88- 10/650(П)

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$	115 В	115 В
$I_{пропуск} \geq i_{уд1}$	650 А	348,9 А

Таблица 10 – Данные заземлитель ЗОН-110М(У)(Т)-1(11)У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$	115	115
$I_n \geq I_{ав}$, А	400	2,63
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	16	6,23
$I_{тем.ст} \geq I_{к2}$, А	6,3	2,45

Капитальные затраты II варианта производим по примеру первого варианта и вносим в таблицу.

3.2 Расчет схемы внешнего электроснабжения для 2 варианта

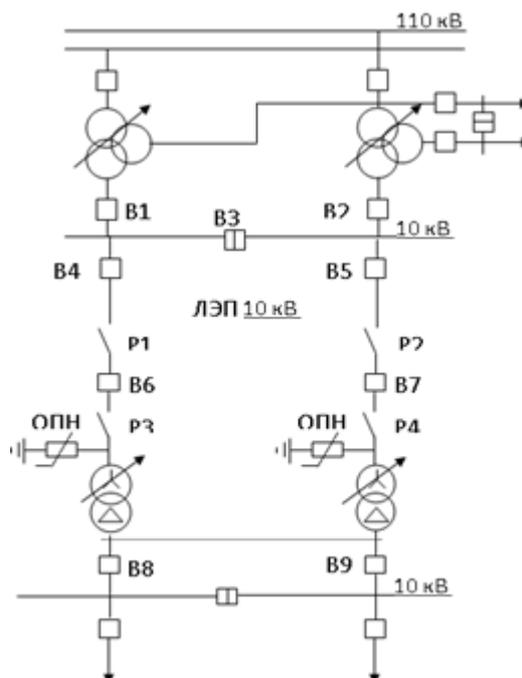


Рисунок 5 – Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираю электрооборудование по II варианту.

Выбираю трансформаторы КТП:

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_s^2} \quad (48)$$

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{1052^2 + 307,18^2} = 1\,095,9 \text{ кВА}$$

Рассмотрю 2 трансформатор мощностью 1000 кВА:

$$K_3 = \frac{S_{\text{КТП}}}{2 \cdot S_{\text{ном.тр}}} \quad (49)$$

$$K_3 = \frac{1095,6}{2000} = 0,54 \leq 0,65.$$

Таблица 12 – Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение кз, %	Ток хх, %
	ВН	НН	хх	кз		
ТСЗЛ 1000/10	10,5	0,4	2,1	8,7	6	1

Структура условного обозначения ТЗСЛ 1000/10

Далее определяю потери мощности в трансформаторах КТП:

$$\Delta P_{\text{тр.КТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) \quad (50)$$

$$\Delta P_{\text{тр.КТП}} = 2 \cdot (2,1 + 8,7 \cdot 0,54^2) = 9,27 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = 2 \cdot (I_{\text{хх}} \cdot S_{\text{нт}} + U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{нт}} \cdot K_3^2) \quad (51)$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = 0,02 \cdot (1 \cdot 1000 + 6 \cdot 1000 \cdot 0,54^2) = 55 \text{ квар.}$$

Определяю потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{\text{Т.ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \tau \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) \quad (52)$$

где $T_{\text{вкл}}$ – число часов включения, для трехфазной работы $T_{\text{вкл}} = 4000 \text{ ч}$

τ – число часов использования максимума потерь и зависит от числа часов использования максимума нагрузки:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4})^2 \times 8760, \text{ч.} \quad (53)$$

где $T_{\text{м}} = 4000 \text{ ч}$ – число часов использования максимума

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

$$\Delta W_{\text{Т.КТП}} = 2 \cdot (2,1 \cdot 4000 + 2405,29 \cdot 8,7 \cdot 0,54^2) = 29\,004 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Выбираю сечение проводов ЛЭП 110 кВ

Определяю мощность, которая проходит по ЛЭП

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{тр.КТП}})^2 + Q_{\text{э}}^2} \quad (54)$$

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(1052 + 7,775)^2 + 307,18^2} = 1\,103,3 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{\sqrt{3} \times U} \quad (55)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{1103,3}{1,73 \cdot 10} = 63,77 \text{ А}$$

$$I_{\text{р}} = \frac{I_{\text{ав}}}{2} \quad (56)$$

$$I_p = \frac{63,77}{2} = 31,88 \text{ A.}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ($j_э$)

$$F_э = \frac{I_p}{j_э} = \frac{31,88}{1,1} = 28,98 \text{ мм}^2.$$

где $j_э$ плотность тока для воздушных линий.

Принимаем стандартное ближайшее сечение $F_э=69\text{мм}^2$, $I_{доп}= 255\text{А}$

б) по условию потерь на «корону»

После выполненных мною расчетов принимаю кабель марки АСБ-10 кВ – (3x150) мм² расположив в траншее: $I_{доп} = 275 \text{ А}$, $x_0 = 0,079 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0,206 \text{ Ом/км}$.

в) на нагрев рабочим током

$$I_{доп} \text{ . пров.} > I_p, (825\text{А} > 31,88 \text{ А})$$

г) по аварийному режиму

$$1,3 \times I_{доп} \text{ . пров.} > I_{ав.}, (1072,5 > 28,98\text{А})$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{КЛ}10} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{ кВтч} \quad (57)$$

$$\Delta W_{\text{КЛ}10} = 2 \cdot 3 \cdot 31,88^2 \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} \cdot 2405,29 = 3 \text{ 960,21 кВтч}$$

Данный кабель подходит по всем параметрам.

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рисунок 3.4) и рассчитаем ток короткого замыкания

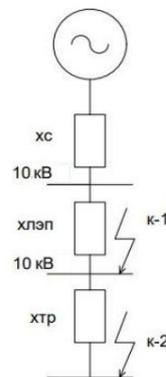


Рисунок 6 – Схема замещения

Находим значение тока к.з:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (58)$$

$$I_6 = \frac{10}{1,73 \cdot 10,5} = 0,55 \text{ кА}$$

$$x_{л} = x_0 l \frac{S_6}{U_{cp}^2}, \quad (59)$$

$$x_{л} = 0,079 \cdot 0,54 \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,004 \text{ о. е.}$$

$$x_{т} = \frac{u_{к\%} \cdot S_6}{100 \cdot S_H}, \quad (60)$$

$$x_{т} = \frac{4 \cdot 10}{100 \cdot 1 \cdot 2} = 0,2$$

Действующее значение тока к.з. в точках К1, К2:

$$I_{K-1} = \frac{I_6}{x_{л}}, \quad (61)$$

$$I_{K-1} = \frac{0,55}{0,004} = 137,5 \text{ А}$$

$$I_{K2} = \frac{I_6}{x_c + x_{т} + x_{л}}, \quad (62)$$

$$I_{K2} = \frac{0,55}{0,02 + 0,2 + 0,004} = 2,45 \text{ А}$$

Ударный ток КЗ в точках 1 и 2:

$$i_{уд1} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1}, \quad (63)$$

$$i_{уд1} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 137,5 = 348,9 \text{ А}$$

$$i_{уд2} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2}, \quad (64)$$

$$i_{уд2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 2,45 = 6,23 \text{ А.}$$

Рассчитывается мощность в точках К1 и К2:

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K1}, \quad (65)$$

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,137 = 2,48 \text{ МВА,}$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K2}, \quad (66)$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,00245 = 0,036 \text{ МВА.}$$

Выбираем электрооборудование по II варианту.

Выбираем трансформаторы КТП

Принимаем 2 трансформатора 2x1000кВА, Кз=0,65 типа ТЗСЛ 1000/10

Выбор высоковольтной защитной аппаратуры производится по тем же условиям что и в первом варианте:

Таблица 13 – Данные выключателя ВРС110-2500 УХЛ1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	110 кВ	10 кВ
$I_H \geq I_{ав}$	2500 А	2,895 А
$I_{отк} \geq I_{K1}$	231,5 кА	137,5 кА
$I_{дин} \geq i_{уд1}$	81 кА	6,23 кА

Таблица 14 – Данные разъединителя РНД(З)-110/630Т1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p, \text{ кВ}$	110	10
$I_H \geq I_{ав}, \text{ А}$	630	2,63
$I_{скв} \geq i_{уд2}, \text{ А}$	100 кА	6,23
$I_{терм} \geq I_{K2}, \text{ А}$	100 кА	2,45

Таблица 15 – Данные ОПН-110/88- 10/650(II)

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	110 В	10 В
$I_{пропуск} \geq i_{уд1}$	650 А	348,9 А

Таблица 16 – Данные заземлитель ЗОН-110М(У)(Т)-1(11)У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	110	10
$I_H \geq I_{ав}, A$	400	2,63
$I_{СКВ} \geq i_{уд2}, A$	16	6,23
$I_{тем ст} \geq I_{к2}, A$	6,3	2,45

3.2.1 Капитальные затраты 2 варианта.

Определим капитальные затраты на оборудование 1 варианта:

Затраты на трансформаторы КТП:

$$K_{тр КТП} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (67)$$

$$K_{тр КТП} = 2 \cdot 18 = 36 \text{ млн. тг}$$

Затраты на КЛ 10 кВ:

$$K_{КЛ10} = L \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (68)$$

$$K_{КЛ10} = 0,077 \cdot 0,9 = 0,07 \text{ млн. тг}$$

Затраты на выключатели:

$$K_{выкл} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (69)$$

$$K_{выкл} = 2 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на предохранители:

$$K_{од} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (70)$$

$$K_{од} = 2 \cdot 0,9 = 1,8 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на заземлитель:

$$K_{кз} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (80)$$

$$K_{кз} = 1 \cdot 0,85 = 1,7 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на разъединители:

$$K_{pz} = n_{kl} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (81)$$

$$K_{pz} = 4 \cdot 1,1 = 4,4 \text{ млн. тг.}$$

Суммарные затраты:

$$K_1 = K_{тр} + K_{кл} + K_{выкл} + K_{п} + K_3 + K_{pz}, \text{ млн. тг.}, \quad (82)$$

$$K_1 = 36 + 0,07 + 1 + 1,8 + 1,7 + 4,4 = 44,97 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления $I_{a.об}$ на оборудование, рассчитываются по формуле:

$$I_{a.об.} = E_{a.об.} \cdot K_{об} = E_{a.об.} \cdot (K_{тр} + K_{выкл} + K_{п} + K_{кз} + K_{pz}), \text{ млн. тг.}, \quad (83)$$

$$I_a = 0,063 \cdot (36 + 1 + 1,8 + 1,7 + 4,4) = 2,82 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления на КЛ:

$$I_{a.кл} = E_{a.кл} \cdot K_{кл}, \text{ млн. тг.}, \quad (84)$$

$$I_{a.кл} = 0,02 \cdot 0,07 = 0,0014 \text{ млн. тг.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{эксп.обор.}} = E_{\text{эксп.обор.}} \cdot K_{\text{обор.}}, \text{ млн. тг.}, \quad (85)$$

$$I_{\text{эксп.обор.}} = 0,1 \cdot 26,45 = 2,64 \text{ млн. тг.}$$

Издержки на эксплуатацию КЛ:

$$I_{\text{эксп.кл.}} = E_{\text{эксп.кл.}} \cdot K_{кл}, \text{ млн. тг.}, \quad (86)$$

$$I_{\text{эксп.кл.}} = 0,02 \cdot 0,07 = 0,0014 \text{ млн. тг.}$$

При средней стоимости электроэнергии $C_0 = 14 \text{ тг/кВтч.}$, определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.кТП}} + \Delta W_{\text{кл10}}), \text{ млн. тг.} \quad (87)$$

$$I_{\text{пот}} = 20 \cdot (29004 + 3\,960,21) = 0,659 \text{ млн. тг.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\sum I_1 = I_{\text{экс.КЛ}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{экс.обор.}} + I_{\text{а.КЛ}} + I_{\text{а.об.}}, \text{ млн, тг} \quad (88)$$

$$\sum I_1 = 0,0014 + 0,659 + 2,64 + 0,01 + 0,0014 = 3,311 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$Z_1 = E \cdot K_1 + I_1, \text{ млн. тг,} \quad (89)$$

где: $E = 0,12$ -нормальный коэффициент капиталовложений

$$Z_1 = 0,12 \cdot 44,97 + 3,311 = 8,7 \text{ млн. тг.}$$

Таблица 17 – Сравнение двух методов

Варианты	Un, кВ	K_{Σ} , млн. тг.	I_{Σ} , млн. тг.	Z_{Σ} , млн. тг.
I	110	32,51	3,291	7,19
II	10	44,97	3,311	8,7

Вывод: Проведя расчет финансовых расходов, и по минимальным годовым потерям в трансформаторе и ЛЭП, мне будет выгодно выбрать I вариант.

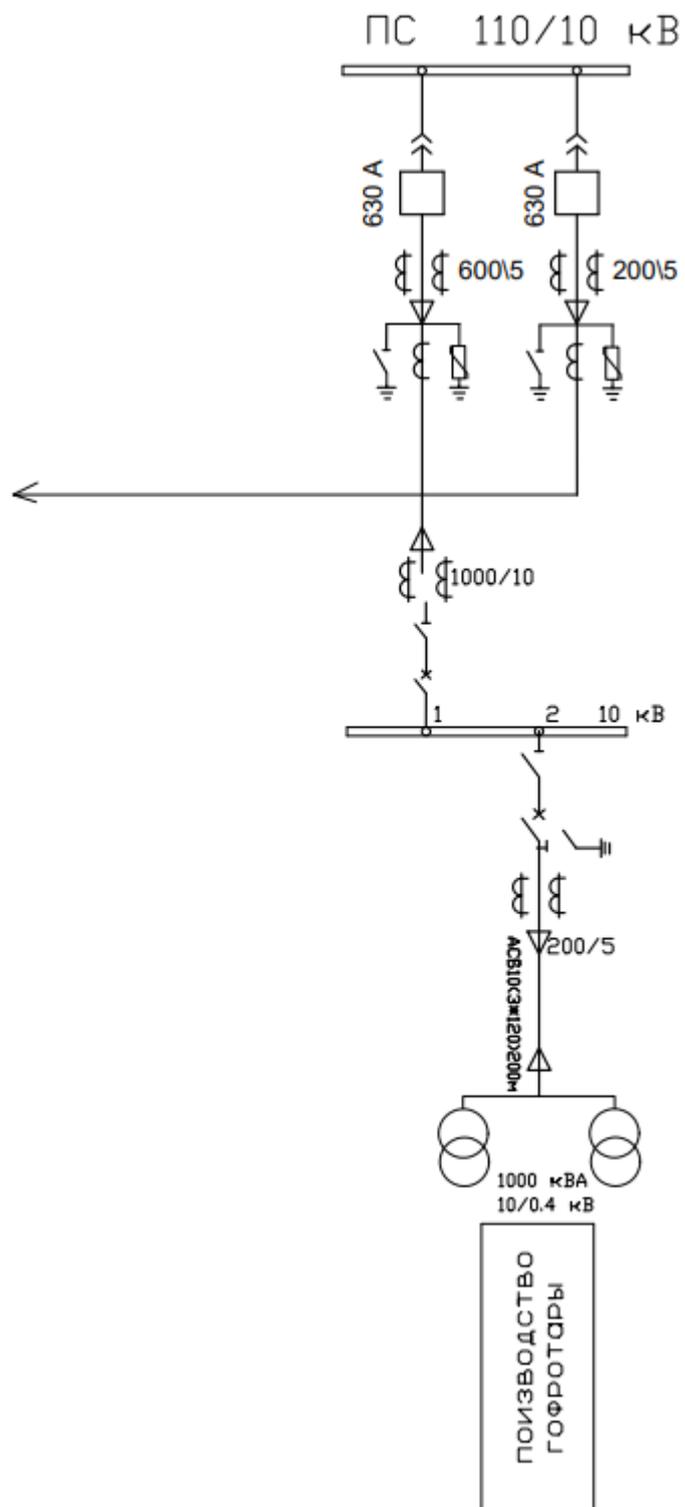


Рисунок 7 – Однолинейная схема

4 Специальная часть. Компенсирующие устройства

Компенсирующие устройства — установки, предназначенные для компенсации ёмкостной или индуктивной составляющей переменного тока. Элемент электрической сети.

Условно их разделяют на устройства:

1) для компенсации реактивной мощности, потребляемой нагрузками и в элементах сети (поперечно включаемые батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы, синхронные двигатели и тому подобные устройства);

2) для компенсации реактивных параметров линий (продольно включаемые батареи конденсаторов, поперечно включаемые реакторы и т. д.)

4.1 Синхронные двигатели

Являются элементами «пассивной» компенсации реактивной мощности, иными словами, при использовании некоторого количества синхронных двигателей вместо асинхронных потребляемая из сети реактивная мощность уменьшается, что уменьшает и расходы на компенсацию, но с другой стороны, увеличивает расходы на содержание и обслуживание синхронных электродвигателей.

4.2 Синхронные компенсаторы

Синхронный компенсатор (СК) представляет собой синхронный двигатель облегчённой конструкции, предназначенный для работы на холостом ходу. При работе в режиме перевозбуждения СК является генератором реактивной мощности. Наибольшая мощность СК в режиме перевозбуждения называется его номинальной мощностью. При работе в режиме недозабуждения СК является потребителем реактивной мощности. По конструктивным условиям СК обычно не может потреблять из сети такую же реактивную мощность, которую он может генерировать. Изменение тока возбуждения СК обычно автоматизируется. При работе СК из сети потребляется активная мощность порядка 2—4 % от номинальной реактивной мощности.

4.3 Конденсаторные установки

Другие названия: батарея статических конденсаторов «БСК», устройство компенсации реактивной мощности «УКРМ»

В качестве дополнительного источника реактивной мощности, служащего для обеспечения потребителя реактивной мощностью сверх того количества, которое возможно и целесообразно получить от энергосистемы и от синхронных двигателей, имеющих на предприятии, устанавливаются конденсаторные батареи (КБ). Электроустановка, предназначенная для компенсации реактивной мощности. Конструктивно представляет собой конденсаторы (разг. «банки»), обычно соединенные по схеме «треугольник» и разделенные на несколько ступеней с разной емкостью, и устройство управления ими. Устройство управления чаще всего способно автоматически поддерживать заданный коэффициент мощности на нужном уровне переключением числа включенных в сеть «банок».

Дополнительно конденсаторная установка может содержать в себе фильтры высших гармоник.

Для безопасного обслуживания каждый конденсатор установки снабжается разрядным контуром для снятия остаточного заряда при отключении от сети.

Преимуществами конденсаторов в качестве компенсаторов реактивной мощности являются низкие потери активной мощности (порядка 0,3—0,4 % Вт/вар), отсутствие движущихся частей и неприхотливость в обслуживании. К их недостаткам можно отнести невозможность плавной регулировки реактивного сопротивления, поскольку коммутация даёт только ступенчатое изменение суммарной ёмкости.

Для предотвращения возникновения резонансных режимов необходимо использовать установки представляющие собой последовательный резонансный контур, образованный дросселем, включенным последовательно с конденсаторами. Такие установки называются рассогласованными фильтрами высших гармоник.

Целью такого подключения является снижение резонансной частоты сети до значения ниже наименьшей высшей гармоники. Мощность дросселя выражается в процентах от мощности конденсатора. Чаще всего используют 5.67%, 7% и 14% дроссели. Каждому значению мощности дросселя соответствует своя резонансная частота. Например, для 7%-го рассогласования резонансная частота составляет 189 Гц. Это значит, что для всех гармоник, частота которых лежит выше 189 Гц, сеть представляет собой индуктивное сопротивление и для них возникновение резонансного режима маловероятно. Тем самым решается проблема ремонта дорогостоящего оборудования, вышедшего из строя в результате воздействия токов высших гармоник.

Установки конденсаторные типа УКМФ предназначены для автоматической компенсации реактивной мощности нагрузок потребителей в

сетях общего назначения напряжением 0,4 кВ частоты 50 Гц, при использовании электрической нагрузки с нелинейной вольтамперной характеристикой.

Я выбрал для своего цеха установку УКМФ1(2,3)-0,4-300-25 УЗ, у которого габариты: длина – 800мм, ширина – 1600мм, высота – 1700мм, номинальный ток – 433А, масса 435кг

4.4 Потребители реактивной мощности и меры по её уменьшению

При подключении к электрической сети активно-индуктивной нагрузки ток I_n отстаёт от напряжения U на угол сдвига φ . Косинус этого угла называется коэффициентом мощности.

Электроприёмники с такой нагрузкой потребляют как активную P , так и реактивную Q мощность. Реактивная мощность.

$$Q = P \tan \varphi$$

Активная энергия, потребляемая электроприёмниками, преобразуется в другие виды энергии: механическую, тепловую, энергию сжатого воздуха и газа и т.п. Определённый процент активной энергии расходуется на потери. Реактивная мощность Q не связана с полезной работой ЭП и расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, линиях.

Реактивная мощность может иметь индуктивный или ёмкостной характер. Условимся считать реактивную индуктивную мощность Q_I нагрузочной или потребляемой, а реактивную ёмкостную мощность Q_C генерируемой.

Прохождение в электрических сетях реактивных токов обуславливает добавочные потери активной мощности в линиях, трансформаторах, генераторах электростанций, дополнительные потери напряжения, требуют увеличения номинальной мощности или числа трансформаторов, снижает пропускную способность всей СЭС.

Полная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (88)$$

потери активной мощности

$$\Delta P = \frac{(P^2 + Q^2)R}{U_{\text{НОМ}}^2} \quad (89)$$

коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (90)$$

потери напряжения

$$\Delta U = \frac{(PR + QX)}{U_{\text{ном}}} \quad (91)$$

где P , Q , S -соответственно активная, реактивная и полная мощности;
 R и X –соответственно активное и реактивное сопротивления элементов электрической сети;
 $U_{\text{ном}}$ -номинальное напряжение сети.

Основным потребителем реактивной мощности индуктивного характера на промышленных предприятиях являются асинхронные двигатели АД (60-65 % общего её потребления), трансформаторы, включая сварочные (20-25%), вентильные преобразователи, реакторы и прочие ЭП.

Реактивной мощностью дополнительно нагружаются питающие и распределительные сети предприятия, соответственно увеличивается общее потребление электроэнергии. Меры по снижению потребления реактивной мощности: естественная компенсация (естественный $\cos \varphi$) без применения специальных компенсирующих устройств (КУ); искусственная компенсация, называемая чаще просто компенсацией.

Естественная компенсация реактивной мощности не требует больших материальных затрат и должна проводиться на предприятиях в первую очередь. К естественной компенсации относятся:

Упорядочение и автоматизация технологического процесса, ведущие к выравниванию графика нагрузки и улучшению энергетического режима оборудования (равномерное размещение нагрузок по фазам, смещение времени обеденных перерывов отдельных цехов и участков, перевод энергоёмких крупных ЭП на работу вне часов максимума энергосистемы и, наоборот, вывод в ремонт мощных ЭП в часы максимума в энергосистемы и т.п.);

Создание рациональной схемы электроснабжения за счёт уменьшения количества ступеней трансформации;

Замена трансформаторов и другого электрооборудования старых конструкций на новые, более совершенные с меньшими потерями на перемагничивание;

Замена малозагруженных трансформаторов и двигателей трансформаторами и двигателями меньшей мощности и их полная загрузка;

Применение СД вместо АД, когда это допустимо по условиям технологического процесса;

Ограничение продолжительности ХХ двигателя и сварочных трансформаторов, сокращение длительности и рассредоточение во время пуска крупных ЭП;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе я спроектировал Электроснабжение цеха по производству гофрокартона. На прошлом семестре мне доводилось рассчитывать электроснабжение завода по переработке нефти. Следовательно, у меня были некоторые навыки проектирования. После чего я изучал свою тему из данных из интернета. Далее нам выпала возможность своими глазами взглянуть на цех по производству гофрокартона и переработке бумаги из макулатуры ТОО “Kagazy Resyclung”. Там нам с любезностью предоставили кураторов, дали данные цеха.

Во втором разделе я рассчитал электрические нагрузки для цеха по методу коэффициентов использования и максимума.

В третьем разделе я провел технико-экономический расчет вариантов электроснабжения ГПЦ. Так как отклонение приведенных суммарных затрат между двумя вариантами электроснабжения не превышало 12% то я выбрал I вариант с $U=110\text{kV}$, взамен другим схемам по условию дешевизны и надежности.

В спец части я описал низковольтное компенсирующее устройство УКМФ1(2,3)-0,4-300-25

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.-М.: Интермет Инжиниринг, 2005.

2 Барыбин Ю.Г., Федоров Л.Е. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 465с.

3 Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.

4 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ ИНФРА-м, 2006.

5 Технический каталог Alageum electric , Кентауский трансформаторный завод/2012.