

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Р.Д. асс. профессор
Е.А. Сарсенбаев
«25» 05 2022г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: “Электроснабжения цеха бумагоделательно производства ТОО
«Kagazy Recycling»”

5B071800-«Электроэнергетика»

Выполнил:

Мұхамеджанов Т.Е.

Рецензент
Доцент, канд.техн.наук


«25» 05 2022г. С.А. Юсупова

Научный руководитель
сениор лектор


«25» 05 2022г. К.А. Баянбаев

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроение
Кафедра «Энергетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
PhD, ассоц. профессор



Е.А. Сарсенбаев
2022г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Мухамеджанов Тимур

Тема Электроснабжение цеха бумагоделательного производства ТОО «Kagazy Recycling»

Утверждена приказом проректора университета №332 - Б от «22» февраля 2022г.

Срок сдачи законченной работы: «30» мая 2022 г

Исходные данные к выполнению дипломной работы: Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлен трехобмоточных трансформатор мощностью 1,6 МВА, напряжением 110/10 кВ. Реактивное сопротивление системы на стороне 10 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,02. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 0,56 км.

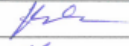
Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы:

- а) Расчет электрических нагрузок цеха;
- б) Сравнение вариантов внешнего электроснабжения цеха переработки макулатуры;
- в) Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания;

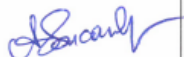
Перечень графического материала: Графический материал подготовить в виде презентации

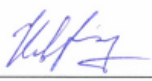
Рекомендуемая литература: 10 наименований.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общая часть	06.05.2022 г.	
Практическая часть	13.05.2022 г.	

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

Наименования разделов	Научный руководитель и консультанты	Дата подписания	Подпись
Общая часть	Баянбаев К. А., сениор-лектор	25.05.2022	
Практическая часть	Баянбаев К. А., сениор-лектор	25.05.2022	
Нормоконтроль	Бердибеков А.О., сениор-лектор	25.05.2022	

Научный руководитель  / К. А.Баянбаев
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся  / Т.Е Мухамеджанов
(подпись)

Дата «24» 01 2022г.

АНДАТПА

Диссертация бөлімдер мен бөлімшелерден тұрады, олардың құрамына қағаз өндірісінің электрмен жабдықтау жүйесін жобалаудың маңызды аспектілері көрсетілген. Жобаны есептеу «Нұсқаулықтарға» сәйкес электр жүктемесін анықтаудан басталады және максималды әдіс бойынша. Болашақта біз трансформаторлық қосалқы станциялардың саны мен сыйымдылығын және техникалық есептеулердің нәтижелері бойынша семинардың электрмен жабдықтау схемаларын тандауды бастаймыз. Өнеркәсіптік кәсіпорынның есебімен жүргізілген заманауи электрмен жабдықтау жүйесі бірқатар талаптарға, тиімділік пен сенімділік, қауіп-қатер, қауіпті және пайдалану ыңғайлылығы.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе мною был произведён расчет электроснабжения цеха переработки макулатуры. Дипломная работа состоит из разделов и подразделов наименования которых отображают значимые аспекты проектирования системы электроснабжения цеха бумагоделательного производства. Расчет проекта начинается с определения электрических нагрузок согласно "Руководящим указаниям" методом коэффициентом использования и максимума. В дальнейшем начинаем выбор числа и мощности трансформаторных подстанций и схемы электроснабжения цеха по результатам технических расчетов. Рационально выполненная современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований, как экономичность и надежность, безопасность и удобства использования, возможность расширения производства с минимальными изменениями схемы электроснабжения.

ANNOTATION

In the thesis, I made a calculation of the power supply of the workshop work shop. The thesis consists of sections and subdivisions of which are displayed by significant aspects of designing the power supply system of a workshop of paper production. The calculation of the project begins with the determination of electrical loads in accordance with the "guidelines" by the method of use and the maximum. In the future, we begin the choice of the number and capacity of transformer substations and the power supply schemes for the workshop according to the results of technical calculations.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Общая часть	8
1.1	Постоянная часть бумагоделательной машины	8
1.2	Бумагоделательная машина № 2	8
1.3	Грубая регулировка профиля	8
1.4	Сеточная часть	9
1.5	Прессовая часть	9
1.6	Сушильная часть	10
1.7	Накат	10
1.8	Паро-конденсатная система	11
1.9	Исходные данные к проекту	12
1.10	Таблица – 1 Электрические нагрузки по цеху	12
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	13
2.1	Расчет силовых нагрузок цеха	13
2.2	Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	17
2.3	Уточненный расчет электрических нагрузок по цеху	21
2.4	Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ	22
3	Сравнение схем внешнего электроснабжения	24
3.1	Расчет схемы внешнего электроснабжения для 1 варианта	24
3.1.1	Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов короткого замыкания для 1 варианта	26
3.1.2	Капитальные затраты 1 варианта	28
3.2	Расчет схемы внешнего электроснабжения для 2 варианта	32
3.2.1	Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов короткого замыкания для 2 варианта	34
3.2.2	Капитальные затраты 2 варианта	35
4	Специальная часть, Энергосберегающие технологии на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности	40
4.1	Термодинамический анализ сушильной бумагоделательной машины	40
4.2	Тепловой расчет сушильной части бумагоделательной машины	43
4.3	Эксергический баланс сушильной части бумагоделательной машины	44
4.4	Энергосбережение в сушильной части бумагоделательной машины	46
	Заключение	51
	Список использованной литературы	52

ВВЕДЕНИЕ

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

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

- Рациональное построение систем ЭПП;
- Компенсации реактивной мощности в системах ЭПП;
- Применение переменного тока, оперативного, для РЗА;
- Корректное нахождение ожидаемых электрических нагрузок;
- Вопросы конструирования универсальных удобных в использования цеховых электрических сетей;
- Комплектное исполнение цеховых и общезаводских систем питания и конструкции подстанций.

Тема дипломного проекта «Электроснабжение цеха бумагоделательного производства».

Цель проекта: выбор приемлемой в экономическом и технологическом плане схемы электроснабжения цеха бумагоделательного производства.

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

1 Общая часть

1.1 Постоянная часть бумагоделательной машины

Постоянная часть бумагоделательной машины №2 производит отделку суспензии волокнистой массы, поставляемой из цеха подготовки массы и обработку сгущенных гауч–отходов сортирования.

В постоянной части происходит окончательное сортирование и эгализация массы перед напуском в сеточную часть.

Постоянная часть бумагоделательной машины №2 разделена на две самостоятельные линии

- 1) для отделки массы нижнего слоя
- 2) для отделки массы верхнего слоя

Целлюлозная и макулатурная массы подаются в дозах в приемный бассейн при помощи установленного уровня и запорных пневматических шаберов–здвижек. Для нижнего слоя в этих целях установлена емкость 50 кубометров, для верхнего слоя одна 30 кубометров. Подключение пневматических здвижек и уровней позволяет производить напуск только в один бассейн, только одно основное сырье.

1.2 Бумагоделательная машина №2

Напорные устройства (НАПОРНЫЙ ЯЩИК) -важнейший узел машины, от которого зависит однородность качества вырабатываемой продукции. Основная задача напорного устройства состоит в напуске бумажной массы непосредственно на движущуюся сетку машины. При этом оно должно обеспечивать: равномерную скорость истечения массы по всей ширине машины, однородность массы по концентрации, отсутствие завихрений и турбулентных движений в потоке, а также минимальную флокуляцию волокон. На верхнем сеточном столе установлен закрытый напорный ящик с воздушной подушкой, создаваемой компрессором.

1.3 Грубая регулировка профиля

Грубое изменение профиля бумаги можно отрегулировать локальным изгибанием линейки верхней губы при помощи высокоточных микрометрических домкратов. Они оснащены ручными колёсиками и индикаторами часового типа на верхних концах шпинделей привода линейки верхней губы.

Верхняя губа прикреплена таким образом, что прижимается к передней поверхности передней части при помощи резьбовых шпилек, гаек и блоков через тарельчатые пружины, установленные во втулке.

Блоки, находящиеся на нижнем конце регулировочных штанг, вставлены в паз верхней губы и могут её при вертикальном движении изогнуть.

1.4 Сеточная часть

Первое напускное устройство - гидравлический напорный ящик и на выходе из него образует на сетке бумажную ленту.

С помощью второго напускного устройства на предварительно обезвоженный волокнистый слой наносится еще один слой придания конечному продукту специальных свойств. Второй слой наносится с небольшой массой 1 м^2 (15-30 % от массы нижнего слоя), так как за сравнительно короткий период на участке между третьим отсасывающим ящиком и отсасывающим гауч-валом должна быть удалена вода как из этого слоя, так из предварительно обезвоженного полотна.

Сеточная часть состоит из нижней продольной сетки и сравнительно короткой верхней сетки. Такое расположение сеток создает эффективную зону формирования картона, изготовляющих двухслойный картон.

1.5 Прессовая часть

Двухслойное бумажное полотно с сеточной части сухостью 20-22 % для дальнейшего обезвоживания подается в прессовую часть, где происходит сближение волокон между собой, обеспечивающее установление между ними связей, определяющих основные свойства бумажного листа (повышается объемный вес, снижается пористость, воздухопроницаемость, увеличивается механическая прочность по сопротивлениям: разрыву, излому и продавливанию).

Комбинированный пресс состоит из центрального двухкамерного отсасывающего вала и двух прижимных валов. Центральный вал диаметром 850 мм имеет регулируемую ширину отсасывания в диапазоне 2100-2400 мм. Отсасывание из камер выведено через трубы на вакуумный насос. К центральному валу прижимается прессовый вал под углом 10° от вертикальной оси и составляет первую зону прессования. Вал имеет диаметр 600 мм и резиновое покрытие.

1.6 Сушильная часть

После прессовой части бумажное полотно поступает в сушильную часть бумагоделательной машины, где удаляется оставшаяся влага.

Сушильная часть двухъярусная и состоит из 30 сушильных цилиндров и 1 холодильного цилиндра.

Сушильная часть подразделяется на сушильные группы по приводу:

1-я сушильная группа – с 1 по 6 сушильные цилиндры:

2-я сушильная группа – с 8 по 15 сушильные цилиндры;

Янки-цилиндр

3-я сушильная группа – с 16 по 20 сушильные цилиндры;

4-я сушильная группа – 21 по 22 сушильные цилиндры;

5-я сушильная группа – с 23 по 31 сушильные цилиндры.

Бумажное полотно при прохождении по бумаг-сушильным цилиндрам плотно прижимается к ним сушильными сетками, в процессе чего улучшаются такие свойства как механическая прочность, гладкость, объёмный вес, впитывающая способность, влаг прочность, степень проклейки, окраска бумаги. Сушильные сетки изготавливаются с использованием 100 % гидролиз стойких полиэфирных моно-нитей.

Основными факторами процесса сушки бумаги являются:

- скорость бумажной машины;
- свойства окружающего воздуха и система вентиляции;
- чистота стенок сушильного цилиндра снаружи и изнутри
- наличие в цилиндре воздуха и конденсата;
- натяжение сушильных сеток и их состояние;
- композиция бумаги и степень помола бумажной массы;
- сухость бумажного полотна после прессов;

1.7 Накат

Далее бумажное полотно поступает на гидравлический накат, предназначенный для наматывания бумажной ленты на выходе из бумагоделательной машины, где наматывается на тамбурные валы. Накат состоит из чугунного цилиндра диаметром 740 мм к которому прикреплены стальные крышки с запрессованными в них цапфами, приемных и направляющих рычагов, и системы прижима.

Приемные рычаги во время намотки переводят в начальное верхнее или нижнее положение. В них укладывается свободный тамбурный вал, на который будет наматываться следующий тамбур картона. К приемным рычагам крепятся гидроцилиндры, прижимающие тамбурный вал к цилиндру. Поворот приемных рычагов механизирован. Тамбурный вал диаметром 400 мм изготовлен из

стальной трубы впрессованными в нее чугунными патронами и стальными цапфами. После того как диаметр тамбура достигнет 730 мм, тамбур из приемных рычагов переключается

В направляющие, по которым тамбурный вал перекачивается в процессе дальнейшей намотки.

1.8 Паро-конденсатная система

Паро-конденсатная система предназначена для подачи необходимого количества пара на БДМ, четкого контроля над давлением пара, а также для непрерывного удаления конденсата и неконденсирующихся газов из сушильных цилиндров.

Выпуск качественной бумажной продукции во многом зависит от правильного управления паро-конденсатной системой.

Таблица 1.1 - Техническая характеристика паро-конденсатной системы

Наименование параметра	Единицы измерения	Значение
Расчетное давление пара	bar	5
Расчетная температура пара	°C	180
Максимальный расход пара	т/час	12
Номинальный расход пара	т/час	8
Стационарные сифоны в сушильных цилиндрах, по одному в каждом	30	30
Количество сушильных цилиндров	шт.	30
Количество холодильных цилиндров	шт	1
Количество сборников конденсата	шт.	8
Конденсатные насосы	шт.	2
Теплообменник сушильной части	шт.	1

Пар из котельной поступает в БДЦ по подземному тоннелю со стороны наката на коллектор, который, находится в помещении тепло рекуперации БДМ-2, оттуда пар подается на БДМ-2.

1.9 Исходные данные к проекту:

- 1) Сведения об электрических нагрузках по цехам завода
- 2) Питание может быть осуществлено от подстанции РЭС Алматинская область, Карарасайкий район, с. Абай, энергосистемы, на которой установлен трансформатор мощностью 1,6 МВА, напряжением 110/10 кВ. Реактивное сопротивление системы 0,02.
- 3) Расстояние от подстанции энергосистемы до цеха 0,56 км.
- 4) Завод работает в 2 смены.

1.10 Таблица 1.2 – Электрические нагрузки по цеху

Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность	
		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1.Бумажная машина №2	143	0,37–200	4050

2 Расчет электрических нагрузок по цеху

2.1 Расчет силовых нагрузок цеха

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1.

Число m находим по формуле:

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

$$m = 200/0,37 = 540 > 3 - \text{для БДМ,}$$

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

Коэффициент использования, подбирается по справочнику.

Для БДМ коэффициент использования равен: $K_{\text{и}} = 0.7$;

Коэффициент мощности, подбирается по справочнику, так же в знаменателе значение реактивной коэффициента мощности.

Значения для БДМ:

$$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi = 0,8/0,75;$$

Расчет средней активной нагрузки за наиболее загруженную смену:

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

$$P_{\text{см}} = 0,7 \cdot 4050 = 2835 \text{ кВт};$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования, значения из справочника;
 $\sum P_{\text{н}}$ – номинальная активная нагрузка

Расчет средней реактивной нагрузки за наиболее загруженную смену:

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

$$Q_{\text{см}} = 2835 \cdot 0,75 = 2126,25 \text{ квар};$$

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

$\operatorname{tg}\varphi$ – реактивный коэффициент мощности.

Расчет эффективного числа электроприемников, в случае $m > 3$

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

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 4050}{200} \approx 40,5.$$

а если число m меньше 3, то число электроприемников возьмем равным фактическому $n_{\text{эф}} = n$.

Коэффициент максимума определяется по графику в зависимости от $n_{\text{э}}$ и $K_{\text{и}}$, для БДМ коэффициент максимума равен: $K_{\text{м}} = 1,12$;

Расчет максимальной активной нагрузки от силовых электроприемников:

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

$$P_{\text{р}} = 1,12 \cdot 2835 = 3175,2 \text{ кВт};$$

где

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

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

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 БДМ так как $n_{\text{э}} > 10$:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{см}} = 2126,25 \text{ квар.}$$

Полная максимальная нагрузка:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{Q_{\text{р}0,4}^2 + P_{\text{р}0,4}^2}, \text{ кВА} \quad (8)$$

$$S_p = \sqrt{2126,25^2 + 3175,2^2} = 3821,36 \text{ кВА.}$$

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

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

Расчетный максимальный ток:

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

$$I_p = \frac{3821,36}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 5522,2 \text{ А.}$$

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

Таблица 2.1 – Расчет силовых нагрузок цеха

Наименование цехов	Кол -во ЭП, п	Установленная мощность		m	$K_{\text{и}}$	$\cos\varphi / \tan\varphi$	Средние нагрузки		$n_{\text{э}}$	$K_{\text{м}}$	Расчетные нагрузки			I_p, A
		$P_{\min} - P_{\max}$	$\Sigma P_{\text{н}}$				$P_{\text{см}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{см}}, \text{квар}$			$P_{\text{р}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р}}, \text{квар}$	$S_{\text{р}}, \text{кВА}$	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
БДМ А) силовая	143	0,37 ÷ 200	4050	>3	0,7	0,8/0,75	2835	2126,2 5	40,5	1,12	3175,2	2126,25	3821,23	5522,2
Б) осветительная											317,52	212,62	382,12	552,22
Итого по цеху											3492,72	2338,87	4203,35	6074,42
Освещение цеха											349,27	233,88	420,33	191,83
Всего с учетом освещения											3810	2572,76	4623,68	6681,86
$\Delta P_{\text{т}}, \Delta Q_{\text{т}}$											36,1	227,16		
Нагрузка 0,4 кВ приведенная к шинам 10 кВ											3877,1	2799,92		
Всего по цеху											3877,1	2799,92	4623,68	6681,86

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

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

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 3810 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 2572,76 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 4623,28 \text{ кВА}.$$

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

$$S_{уд} = \frac{S_{p0,4}}{F_{цеха}}, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2} \quad (10)$$

при $S_{уд} < 0,2$ применяются трансформаторы 630–1000 кВА,

при $S_{уд} = 0,2-0,3$ применяются трансформаторы 1600 кВА,

при, $S_{уд} > 0,3$ применяются трансформаторы 2500 кВА.

$$S_{уд} = \frac{4623,28}{15942} = 0,29$$

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

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

$$N_{T \min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \cdot S_{HT}} + \Delta N, \quad (11)$$

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

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

S_{HT} – принятая номинальная мощность трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

$$N_{T \min} = \frac{3810}{0,8 \cdot 1600} + \Delta N = 3$$

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{T.э} = N_{T \min} + m, \quad (12)$$

где m – дополнительное число трансформаторов,

$$N_{T.э} = 3 + 0 = 3 \text{ штуки.}$$

К установке выбираю трансформатор типа ТСЗЛ 1600 кВА 10/0,4 кВ.

Таблица 2.2 – Характеристики трансформатора ТСЗЛ-1600-10/0,4

$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	$P_{ХХ}$, кВт	$P_{КЗ}$, кВт	$I_{ХХ}$, %	$U_{КЗ}$, %
10	0,4	2,05	16	1,3	5,5

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{T.э} \cdot S_{HT} \cdot K_3)^2 - P_{p0,4}^2}, \quad (13)$$

$$Q_1 = \sqrt{(3 \cdot 1600 \cdot 0,8)^2 - 3810^2} = 479,06 \text{ кВар.}$$

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ найдем величину $Q_{НБК1}$:

$$Q_{НБК1} = Q_{p0,4} - Q_1, \quad (14)$$

Отсюда

$$Q_{\text{НБК1}} = 2572,76 - 479,06 = 2093,69 \text{ кВар.}$$

Найдем мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на трансформатор:

$$Q_{\text{НБК ТП}} = \frac{Q_{\text{НБК}}}{N_{\text{ТЗ}}}; \quad (15)$$

$$Q_{\text{НБК ТП}} = \frac{2093,69}{3} = 697,89 \text{ квар}$$

Принимаем тип НБК: УК-0,4-750-УЗ.

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

Таблица 2.3 –Распределение низковольтной нагрузки цеха по ТП

№ ТП	№ ЭП	Кол- воЭП	P_{min} – P_{max}	ΣP_H	$K_{и}$	$P_{см}, кВт$	$Q_{см}, квар$	$n_э$	K_M	$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВт$	K_3
ТП-4,6 3х1600 кВА	1	143	0,37 ÷ 200	4050	0,7	2835	2126,25	40,5					
Силовая						2835	2126,25	40,5	1,12	3175,2	2126,25	3821,23	
Осветительная										317,52	212,62	382,12	
ИТОГО										3492,72	2338,87	4203,35	0,79

2.3 Уточненный расчет электрических нагрузок по цеху

Нахождение потерь мощности в ТП

Выберем трансформаторы ТСЗЛ-1600:

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

ТП4-6

$K_3=0,79$

$N=3$

$$\Delta P_m = (2,05 + 16 \cdot 0,79^2) \cdot 3 = 36,1\text{ кВт} \quad (16)$$

$$\Delta Q_m = 0,01 \cdot (1,3 + 5,5 \cdot 0,79^2) \cdot 3 \cdot 1600 = 227,16\text{ кВар} \quad (17)$$

Потери в трансформаторах:

$$\sum P_{4-6} = 36,1\text{ кВт}$$

$$\sum Q_{4-6} = 227,16\text{ кВар}$$

Таблица 2.4 - Результирующие электрические нагрузки цеховых трансформаторных подстанций

Наименование	Коэффициент реактивной мощности $\cos \varphi$	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформаторов Шт x кВА
		P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	
КТП 4					
Нагрузки на стороне 0,4 кВ	0,36	548,15	1429,51	1531,0	1x1600
Потери в трансформаторах		7,8	43		
Итого нагрузки на стороне 0,4 кВ		555,95	1472,51		

Продолжение таблицы 2.4					
Наименование	Коэффициент реактивной мощности $\cos \varphi$	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформаторов Шт x кВА
		P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	
КТП 5					
Нагрузки на стороне 0,4 кВ	0,62	526,45	668,06	850,56	1x1600
Потери в трансформаторах		10,26	56,4		
Итого нагрузки на стороне 0,4 кВ		536,71	722,46		
КТП 6					
Нагрузки на стороне 0,4 кВ	0,69	615,89	647,83	893,87	1x1600
Потери в трансформаторах		11,87	64,8		
Итого нагрузки на стороне 0,4 кВ		627,76	712,63		

Итого нагрузки на стороне 0,4 кВ РП-20 (КТП-4,5,6):

$$\sum P_p = P_p \cdot K_o = (555,95 + 536,71 + 627,76) \cdot 0,85 = 1462,35 \text{ кВт} \quad (18)$$

Итого потребная мощность электроэнергии по цеху БМД-2 составляет

$$\sum P_p = 1462,35 \text{ кВт.}$$

2.4 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ КТП
Составим схему замещения, показанную на рисунке 2

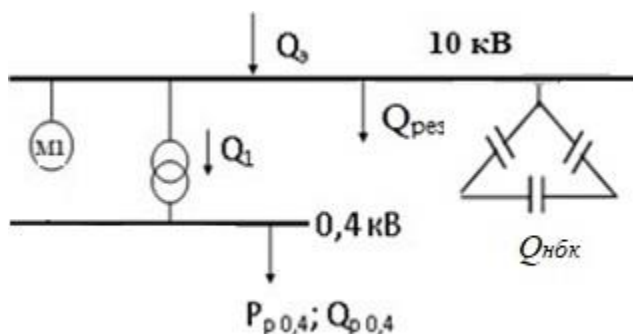


Рисунок 1 - Схема замещения

Мощность ВБК найдем из условия баланса реактивной мощности

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_3 + Q_{\text{НБК1}} - Q_{\text{рез}} - Q_{\text{р0,4}}, \quad (19)$$

Мощность, поступающая от энергосистемы

$$Q_3 = (0,23 \div 0,25) \Sigma P_p = (0,23 \div 0,25) \cdot (P_{\text{р0,4}} + \Delta P_{\text{тр}}), \quad (20)$$

$$Q_3 = 0,24 \cdot (3810 + 36,1) = 923 \text{ кВт}$$

Резервная мощность

$$Q_{\text{рез}} = (0,1 \div 0,15) \Sigma Q_p = (0,1 \div 0,15) \cdot (Q_{\text{р0,4}} + \Delta Q_{\text{тр}}), \quad (21)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,13 \cdot (2572,76 + 189,76) = 359,12 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 923 + 697,89 - 359,12 - 2572,76 = -1310,9 \text{ квар.}$$

Установка высоковольтных батарей конденсаторов не требуется.

3 Сравнение схем внешнего электроснабжения

Для оптимизации промышленного электроснабжения возникает необходимость сравнения множество вариантов, и поэтому для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения цеха рассмотрим два варианта:

- 1 вариант – КЛ 10 кВ,
- 2 вариант - КЛ 110 кВ.

3.1 Расчет схемы внешнего электроснабжения для I варианта (10 кВ)

Для данного варианта электрическая схема внешнего питания представлена на рисунке 2.1.

Выберем электрооборудование по I варианту.

Выберем трансформаторы КТП:

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2}, \quad (22)$$

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{3492,2^2 + 923^2} = 3611,92 \text{ кВА}.$$

Выберем три трансформатора мощностью 1600 кВА

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_{\text{КТП}}}{S_H}, \quad (23)$$
$$K_3 = \frac{3611,92}{3 \cdot 1600} = 0,752$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип т-ра ТСЗЛ-1600/10;

$S_H = 1600 \text{ кВА}$; $\Delta P_{xx} = 2,8 \text{ кВт}$; $\Delta P_{кз} = 15 \text{ кВт}$; $U_{кз} = 5,5\%$; $I_{xx} = 0,7\%$;

Потери мощности в трансформаторах:

Активной:

$$\Delta P_{\text{ТКТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \text{ кВт} \quad (24)$$
$$\Delta P_{\text{ТКТП}} = 2 \cdot (2,8 + 15 \cdot 0,752^2) = 22,475 \text{ кВт}$$

Реактивной:

$$\Delta Q_{\text{ТКТП}} = 0,02 \cdot (I_{xx} \cdot S_H + U_{кз} \cdot S_H \cdot K_3^2), \text{ квар} \quad (25)$$
$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0,02 \cdot (0,7 \cdot 1600 + 5,5 \cdot 1600 \cdot 0,752^2) = 12,4$$

Выбираем КЛ-10

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{ТКТП}})^2 + Q_3^2}, \quad (26)$$

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(3492,2 + 36,1)^2 + 923^2} = 3647,03 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{КЛ10}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ А} \quad (27)$$

$$I_p = \frac{3647,03}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 105,2 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_{\text{ав}} = \frac{I_p}{2}, \text{ А} \quad (28)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{105,2}{2} = 52,64 \text{ А}.$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j}, \text{ мм}^2 \quad (29)$$

$$F = \frac{52,64}{1,4} = 37,6 \text{ мм}^2.$$

где $j = 1,4 \text{ А/мм}^2$ — экономическая плотность тока согласно ПУЭ таб. 1.3.36 для кабельных линий.

После выполненных мной расчетов принимаю кабель марки АСБ-10 кВ – (3х150) мм² расположив в траншее: $I_{\text{доп}} = 275 \text{ А}$, $x_0 = 0,079 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0,206 \text{ Ом/км}$.

Далее производим расчет проверки выбранного мною провода по 2 условиям:

Проверим выбранные провода по допустимому току.

1) При расчетном токе:

$$3 \cdot I_{\text{доп}} > I_p, \quad (30)$$

$$3 \cdot 275 = 825 > 52,64 \text{ A};$$

2) При аварийном режиме:

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{ав}}, \quad (31)$$

$$1,3 \cdot 825 = 1072,5 > 37,6 \text{ A}.$$

Данный провод подходит по всем параметрам.

3.1.1 Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов короткого замыкания для I варианта

Расчет токов короткого замыкания будем производить в относительных единицах по схеме замещения 1 варианта:

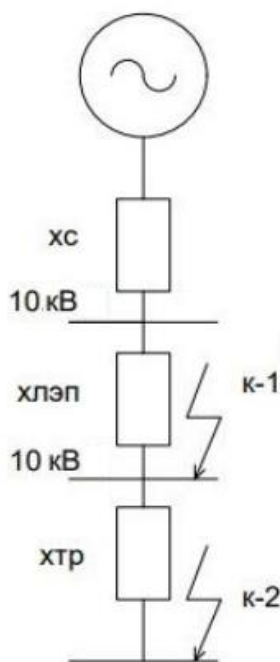


Рисунок 2 – Схема замещения 1 варианта

$$S_6 = 10 \text{ МВА}, U_6 = 10,5 \text{ кВ},$$

Находим значение тока короткого замыкания:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (32)$$

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

$$x_L = x_0 l \frac{S_6}{U_{cp}^2}, \quad (33)$$

$$x_L = 0,079 \cdot 0,56 \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,004 \text{ о. е.}$$

$$x_T = \frac{u_{K\%} \cdot S_6}{100 \cdot S_H}, \quad (34)$$

$$x_T = \frac{6 \cdot 10}{100 \cdot 1,6 \cdot 3} = 0,125$$

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

$$I_{K-1} = \frac{I_6}{x_L}, \quad (35)$$

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

$$I_{K2} = \frac{I_6}{x_C + x_T + x_L}, \quad (36)$$

$$I_{K2} = \frac{0,55}{0,02 + 0,125 + 0,004} = 3,69 \text{ А}$$

Ударный ток КЗ в точках 1 и 2:

$$i_{уд1} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1}, \quad (37)$$

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

$$i_{уд2} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2}, \quad (38)$$

$$i_{уд2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 3,69 = 9,36 \text{ А.}$$

Рассчитывается мощность в точках К1 и К2:

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K1}, \quad (39)$$

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

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{K2}, \quad (40)$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,0037 = 0,07 \text{ МВА}.$$

Выбор защитной аппаратуры осуществляется по следующим условиям:

Таблица 3.1 - Данные выключателя ВНР-10/400

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$, кВ	10	10
$I_n \geq I_{ав}$, А	400	37,6
$I_{отк} \geq I_{K1}$, А	800	137,5
$I_{дин} \geq i_{уд2}$, А	25	9,36

Таблица 3.2 – Данные разъединителя РЛК – 1а-II(IV) -10/400- УХЛ1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$, кВ	10	10
$I_n \geq I_{ав}$, А	400	37,6
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	41 кА	9,36
$I_{дин} \geq I_{K2}$, А	51 кА	3,69

Таблица 3.3 – Данные предохранителя ПВР00-160/3–20 УХЛ3

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$, кВ	10	10
$I_{отк} \geq I_{K2}$, А	25	3,69
$I_{пв} \geq i_{уд2}$, А	400	348,9

Таблица 3.4 – Данные заземлитель ЗР-10 УЗ

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$	10	10
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	16	9,36
$I_{тем ст} \geq I_{K2}$, А	90	3,69

3.1.2 Капитальные затраты 1 варианта.

Определим капитальные затраты на оборудование 1 варианта:

Затраты на трансформаторы КТП:

$$K_{\text{тр КТП}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (41)$$

$$K_{\text{тр КТП}} = 3 \cdot 21 = 63 \text{ млн. тг}$$

Затраты на КЛ 10 кВ

$$K_{\text{КЛ10}} = L \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (42)$$

$$K_{\text{КЛ10}} = (0,035 + 0,02 + 0,03) \cdot 0,9 = 0,07 \text{ млн. тг}$$

Затраты на выключатели

$$K_{\text{выкл}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (43)$$

$$K_{\text{выкл}} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на предохранители

$$K_{\text{од}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (44)$$

$$K_{\text{од}} = 3 \cdot 0,9 = 2,7 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на заземлитель

$$K_{\text{кз}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (45)$$

$$K_{\text{кз}} = 3 \cdot 0,85 = 2,55 \text{ млн. тг.}$$

Затраты на разъединители

$$K_{\text{рз}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (46)$$

$$K_{\text{рз}} = 6 \cdot 1,1 = 6,6 \text{ млн. тг.}$$

Суммарные затраты

$$K_1 = K_{\text{тр}} + K_{\text{КЛ}} + K_{\text{выкл}} + K_{\text{п}} + K_{\text{з}} + K_{\text{рз}}, \text{ млн. тг.}, \quad (47)$$

$$K_1 = 63 + 0,07 + 1,5 + 2,7 + 2,55 + 6,6 = 76,42 \text{ млн. тг.}$$

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

$$I_{a.об.} = E_{a.об.} \cdot K_{об} = E_{a.об.} \cdot (K_{тр} + K_{выкл} + K_{п} + K_{кз} + K_{рз}), \text{ млн. тг.,} \quad (48)$$

$$I_a = 0,063 \cdot (63 + 1,5 + 2,7 + 2,55 + 6,6) = 4,81 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления на КЛ

$$I_{a.КЛ} = E_{a.КЛ} \cdot K_{КЛ}, \text{ млн. тг.,} \quad (49)$$

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

Издержки на эксплуатацию оборудования

$$I_{\text{эксп.обор.}} = E_{\text{эксп.обор.}} \cdot K_{\text{обор.}}, \text{ млн. тг.,} \quad (50)$$

$$I_{\text{эксп.обор.}} = 0,3 \cdot 26,45 = 7,93 \text{ млн. тг.}$$

Издержки на эксплуатацию КЛ

$$I_{\text{эксп.КЛ.}} = E_{\text{эксп.КЛ.}} \cdot K_{КЛ}, \text{ млн. тг.,} \quad (51)$$

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

Потери энергии при двусменном режиме работы будут $T_{\text{вкл}} = 4000 \text{ ч.}$ $T_{\text{макс}} = 4000 \text{ ч.}$ Значит время максимальных потерь рассчитываем по формуле

$$\tau = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \quad (52)$$

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

Потери активной энергии в трансформаторе рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\text{тр.кТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \tau \cdot K_3^2), \text{ кВтч} \quad (53)$$

$$\Delta W_{\text{тр.кТП}} = 2 \cdot (2,8 \cdot 4000 + 15 \cdot 2405,29 \cdot 0,75^2) = 62989,26 \text{ кВтч}$$

Потери электрической энергии в КЛ 10 кВ:

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{ кВтч} \quad (54)$$

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = 3 \cdot 3 \cdot 105,2^2 \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} \cdot 2405,29 = 64685 \text{ кВтч}$$

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

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.кТП}} + \Delta W_{\text{КЛ10}}), \text{ млн. тг.} \quad (55)$$

$$I_{\text{пот}} = 14 \cdot (62989,26 + 64685) = 1,787 \text{ млн. тг.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\sum I_1 = I_{\text{экс.КЛ}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{экс.обор.}} + I_{\text{а.КЛ}} + I_{\text{а.об}}, \text{ млн, тг} \quad (56)$$

$$\sum I_1 = 0,0014 + 1,787 + 7,93 + 0,01 + 0,0014 = 9,727 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$З_1 = E \cdot K_1 + I_1, \text{ млн. тг,} \quad (57)$$

Где

$E = 0,12$ -нормальный коэффициент капиталовложений

$$З_1 = 0,12 \cdot 76,42 + 9,727 = 18,897 \text{ млн. тг.}$$

3.2 Расчет схемы внешнего электроснабжения для II варианта (110 кВ)

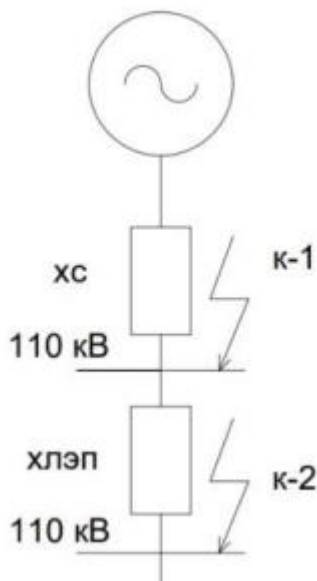


Рисунок 3 – Схема замещения расчета короткого замыкания для 2 варианта

Расчет токов к.з. для 2 варианта аналогично производим расчет по формулам I варианта также в относительных единицах по рисунку 4 и уже с помощью данного трансформатора.

Выберем электрооборудование по 2 варианту.

Выберем трансформаторы КТП:

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2}; \quad (58)$$

$$S_{\text{КТП}} = \sqrt{3492,2^2 + 923^2} = 3611,92 \text{ кВА.}$$

Выберем трансформатор мощностью 10000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_{\text{ГПП}}}{S_{\text{H}}}, \quad (59)$$

$$K_3 = \frac{3611,92}{10000} = 0,3611$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип т-ра ТДН-10000/115;

$S_{\text{H}} = 10000 \text{ кВА}$; $U_{\text{ВН}} = 115 \text{ кВ}$; $U_{\text{НН}} = 10,5 \text{ кВ}$; $\Delta P_{\text{xx}} = 14 \text{ кВт}$;
 $\Delta P_{\text{кз}} = 58 \text{ кВт}$; $U_{\text{кз}} = 10,5\%$; $I_{\text{xx}} = 0,9\%$;

Потери мощности в трансформаторе:
Активной:

$$\Delta P_{\text{ТКТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2); \quad (60)$$

$$\Delta P_{\text{ТКТП}} = 2 \cdot (14 + 58 \cdot 0,36^2) = 21,51 \text{ кВт.}$$

Реактивной:

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0,02 \cdot (I_{\text{xx}} \cdot S_{\text{н}} + U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{н}} \cdot K_3^2); \quad (61)$$

$$\Delta Q_{\text{ТГПП}} = 0,02 \cdot (0,9 \cdot 10000 + 10,5 \cdot 10000 \cdot 0,36^2) = 452,16 \text{ квар}$$

Выбираем КЛ-10

$$S_{\text{КЛ}} = \sqrt{(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ТКТП}})^2 + Q_{\text{э}}^2}, \text{кВА} \quad (62)$$

$$S_{\text{КЛ}} = \sqrt{(3492,2 + 36,1)^2 + 923^2} = 3647,03 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{КЛ10}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \text{А} \quad (63)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{3647,03}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 9,57 \text{ А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_{\text{ав}} = \frac{I_{\text{р}}}{2}, \text{А} \quad (64)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{9,57}{2} = 4,785 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_{\text{р}}}{j}, \text{мм}^2 \quad (65)$$

$$F = \frac{9,57}{1,4} = 6,83 \text{ мм}^2.$$

где $j = 1,4 \text{ А/мм}^2$ – экономическая плотность тока согласно ПУЭ таб. 1.3.36 для кабельных линий.

После выполненных мною расчетов принимаю кабель марки АСБ-10 кВ – (3х240) мм² расположив в траншее: $I_{\text{доп}} = 314 \text{ А}$, $x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0,129 \text{ Ом/км}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

1) При расчетном токе:

$$3 \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{р}}, \text{ А} \quad (66)$$

$$3 \cdot 314 = 942 > 9,57 \text{ А};$$

2) При аварийном режиме

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{ав}}, \text{ А} \quad (67)$$

$$1,3 \cdot 942 = 1224,6 > 4,785 \text{ А}.$$

Данный кабель подходит по всем параметрам.

3.2.1 Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов короткого замыкания 2 варианта.

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

Таблица 3.5 – Данные выключателя ВРС110-2500 УХЛ1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_{\text{н}} \geq U_{\text{р}}$	115 кВ	115 кВ
$I_{\text{н}} \geq I_{\text{ав}}$	2500 А	4,785 А
$I_{\text{отк}} \geq I_{\text{к1}}$	31,5 кА	137,5 кА
$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд1}}$	81 кА	9,36 кА

Таблица 3.6 – Данные разъединителя РНД(3)-110/630Т1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$, кВ	110	115
$I_H \geq I_{ав}$, А	630	37,6
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	100 кА	9,36
$I_{терм} \geq I_{к2}$, А	100 кА	3,69

Таблица 3.7 – Данные ОПН-110/88- 10/650(II)

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	110 В	115 В
$I_{пропуск} \geq i_{уд1}$	650 А	348,9 А

Таблица 3.8 – Данные заземлитель ЗОН-110М(У)(Т)-1(11)У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	110	115
$I_H \geq I_{ав}$, А	400	37,6
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	16	9,36
$I_{тем ст} \geq I_{к2}$, А	6,3	3,69

Капитальные затраты 2 варианта производим по примеру первого варианта и вносим в таблицу.

3.2.2 Капитальные затраты 2 варианта

Определим капитальные затраты на оборудование 2 варианта:

Затраты на трансформаторы КТП:

$$K_{трКТП} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (68)$$

$$K_{трКТП} = 1 \cdot 55 = 55 \text{ млн. тг}$$

Затраты на КЛ 10 кВ:

$$K_{КЛ10} = L \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (69)$$

$$K_{КЛ10} = (0,035 + 0,02 + 0,03) \cdot 0,9 = 0,07 \text{ млн. тг}$$

Затраты на выключатели:

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

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

Затраты на предохранители:

$$K_{\text{од}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (71)$$

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

Затраты на заземлитель:

$$K_{\text{кз}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (72)$$

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

Затраты на разъединители:

$$K_{\text{рз}} = n_{\text{кл}} \cdot N_{\text{ст}}, \text{ млн. тг.}, \quad (73)$$

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

Суммарные затраты:

$$K_1 = K_{\text{тр}} + K_{\text{кл}} + K_{\text{выкл}} + K_{\text{п}} + K_{\text{з}} + K_{\text{рз}}, \text{ млн. тг.}, \quad (74)$$

$$K_1 = 55 + 0,07 + 0,5 + 0,9 + 0,85 + 2,2 = 59,52 \text{ млн. тг.}$$

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

$$I_{\text{а.об.}} = E_{\text{а.об.}} \cdot K_{\text{об}} = E_{\text{а.об.}} \cdot (K_{\text{тр}} + K_{\text{выкл}} + K_{\text{п}} + K_{\text{кз}} + K_{\text{рз}}), \text{ млн. тг.}, \quad (75)$$

$$I_{\text{а}} = 0,063 \cdot (55 + 0,5 + 0,9 + 0,85 + 2,2) = 3,74 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления на КЛ:

$$I_{\text{а.кл}} = E_{\text{а.кл}} \cdot K_{\text{кл}}, \text{ млн. тг.}, \quad (76)$$

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

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{эксп.обор.}} = E_{\text{эксп.обор.}} \cdot K_{\text{обор}}, \text{ млн. тг.}, \quad (77)$$

$$И_{\text{экс.обор.}} = 0,3 \cdot 26,45 = 7,93 \text{ млн. тг.}$$

Издержки на эксплуатацию КЛ:

$$И_{\text{экс.КЛ.}} = E_{\text{экс.КЛ}} \cdot K_{\text{КЛ}}, \text{ млн. тг.,} \quad (78)$$

$$И_{\text{экс.КЛ.}} = 0,02 \cdot 0,07 = 0,0014 \text{ млн. тг.}$$

Потери энергии при двусменном режиме работы будут $T_{\text{вкл}} = 4000 \text{ ч.}$ $T_{\text{макс}} = 4000 \text{ ч.}$ Значит время максимальных потерь рассчитываем по формуле:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \quad (79)$$

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

Потери активной энергии в трансформаторе рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\text{тр.кТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \tau \cdot K_3^2), \text{ кВтч} \quad (80)$$

$$\Delta W_{\text{тр.кТП}} = 2 \cdot (14 \cdot 4000 + 58 \cdot 2405,29 \cdot 0,36^2) = 148160 \text{ кВтч}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{ кВтч} \quad (81)$$

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = 1 \cdot 3 \cdot 9,57^2 \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} \cdot 2405,29 = 178,433 \text{ кВтч}$$

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

$$И_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.кТП}} + \Delta W_{\text{КЛ10}}), \text{ млн. тг.} \quad (82)$$

$$И_{\text{пот}} = 14 \cdot (148160 + 178,433) = 2,076 \text{ млн. тг.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\sum И_1 = И_{\text{экс.КЛ}} + И_{\text{пот}} + И_{\text{экс.обор.}} + И_{\text{а.КЛ}} + И_{\text{а.об}}, \text{ млн, тг} \quad (83)$$

$$\sum И_1 = 0,0014 + 2,076 + 7,93 + 0,01 + 0,0014 = 10,016 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$З_1 = E \cdot K_1 + И_1, \text{ млн. тг,} \quad (84)$$

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

$$З_1 = 0,12 \cdot 59,52 + 10,016 = 17,15 \text{ млн. тг.}$$

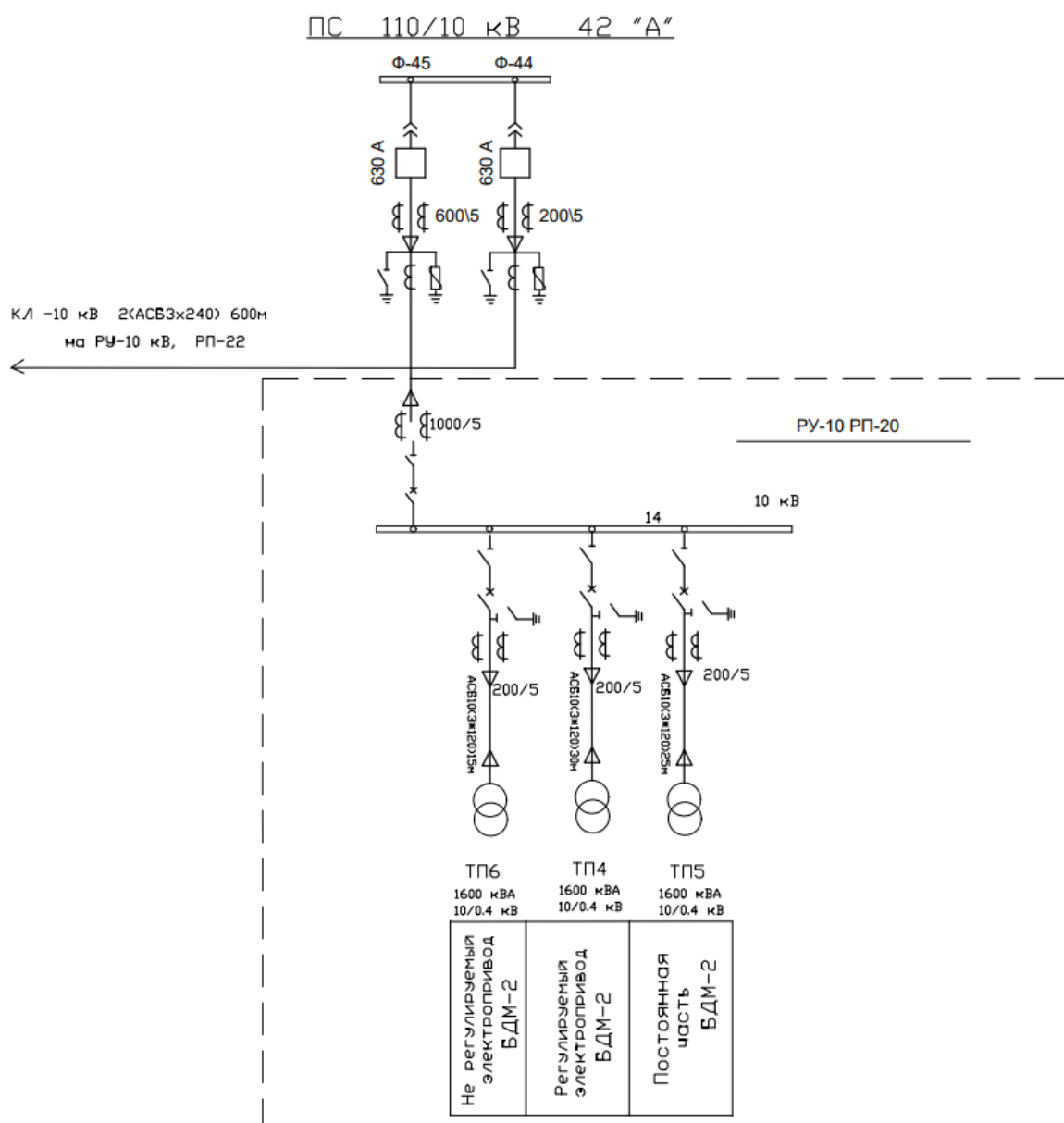
Таблица 3.9 – Сравнение капитальных затрат разных вариантов

Варианты	U_n , кВ	K_Σ тыс. е.	$И_\Sigma$ тыс. е.	$З_\Sigma$ тыс. е.
1	10	76,42	9,727	18,897
2	110	59,52	10,016	17,15

Таблица 3.10 – Сравнение потерь

Варианты внешнего Э/С	Потери электроэнергии МВтч
1 вариант 10 кВ	83
2 вариант 110 кВ	394

Вывод: как мы можем увидеть что I вариант обходиться намного дешевле по потерям и затратам, но также нужно будет учитывать тот факт что во II варианте изначально подстанция запитывала все цеха подключенные к нему в доказательство могу предоставить полную однолинейную схему всего производство, ведь нынешнее предоставленная схема была подкорректировано под мой цех бумагоделательного производства.



**Рисунок – 4 Однолинейная схема цеха
бумагоделательного производства**

4 Специальная часть. Энергосберегающие технологии на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.

4.1 Термодинамический анализ сушильной бумагоделательной машины.

Сушильная часть бумагоделательной (контактная сушильная установка) машины является наиболее энергоемким оборудованием технологического потока производства бумаги и картона. Бумагоделательная машина является большим потребителем пара низкого давления. Например, для машины БДМ2 Алматинского ЦБК, производящей газетную бумагу, удельный расход теплоты составляет $5,5 \cdot 10^5$ ГДж/год, или $233,4$ кДж/м² бумажного полотна. Производительность только одной машины составляет $2,34 \cdot 10^9$ м²/год по выпуску бумаги. В связи с этим, представляет интерес выполнить термодинамический анализ сушильной части БДМ, как основного потребителя теплоты.

Процесс контактной сушки заключается в передаче теплоты путем разности потенциалов. В процессе сушки образуется низко потенциальная теплота, которую трудно использовать.

Целевой задачей работы являлось определение степени термодинамического совершенства отдельных узлов БДМ и распределение эксергических потерь по этим элементам. Эксергические потери, являются величиной, пропорциональной перерасходу топлива в паро-генерирующем агрегате, вызванной необратимостью теплообмена в анализируемом процессе.

Общие сведения о сушильной части БДМ.

БДМ включает себя сеточную, прессовую и сушильные части. Сеточная часть предназначена для удаления основной влаги и формования бумажного полотна. Прессовая часть – для удаления дополнительного количества влаги путем прессования. Остаточная часть влаги удаляется при сушке в сушильной части машины.

Сушильная часть анализируемой машины включает 56 бумаго-сушильных и один холодильный цилиндры. Сухость перед сушкой – 43,5 %, конечная сухость бумаги – 92%. Температура бумажной массы после сеточного стола 50 °С. Расход сушильного воздуха 12 кг на 1 кг испаряемой воды. Производительность 13,1 т бумаги в час.

Сушильная часть машины состоит из двух рядов вращающихся сушильных цилиндров, расположенных в шахматном порядке и обогреваемых конденсирующимся паром.

Тепловой режим сушильной части обеспечивается паро-конденсатной системой, входящей в её состав. В настоящее время преимущественное применение получила групповая система теплоснабжения с каскадным распределением давления и перепуском пара по отдельным группам цилиндров.

Такая система теплоснабжения предотвращает пропуск пара в конденсатную систему.

Тепловая схема сушильной части состоит из трех функциональных групп: сушильные цилиндры, водоотделители и теплорекуперационная установка. Теплорекуперационная установка включает три агрегата, каждый из которых состоит из двух ступеней рекуперации (теплообменников) и скруббера для нагрева технологической воды. Первая ступень рекуперации обеспечивает предварительный нагрев технологического воздуха, вторая – нагрев наружного (вентиляционного) воздуха. Таким образом, частично используется низкопотенциальная теплота отработавшего пара и сушильного воздуха. Рассматриваемое исследование имеет целью определить глубину рекуперации и наметить способы вернуть в технологический процесс неиспользованную теплоту.

Из прессовой части машины влажное бумажное полотно поступает в первый бумаго сушильный цилиндр. Пройдя 46 сушильных цилиндров высушенное до сухости 92% бумажное полотно выводится из сушильной части для дальнейшей переработки.

Пар с ТЭЦ поступает в систему по главному паровому коллектору через расходомер 4 и задвижку с электроприводом 3. Насыщенный пар подается с избыточным давлением 0,35 МПа. В коллекторы каждой паровой группы пар подается через регулирующие клапаны 2, управляемые регуляторами давлений и разности давлений. Из коллекторов групп пар поступает через запорный вентиль во внутреннюю полость каждого сушильного цилиндра.

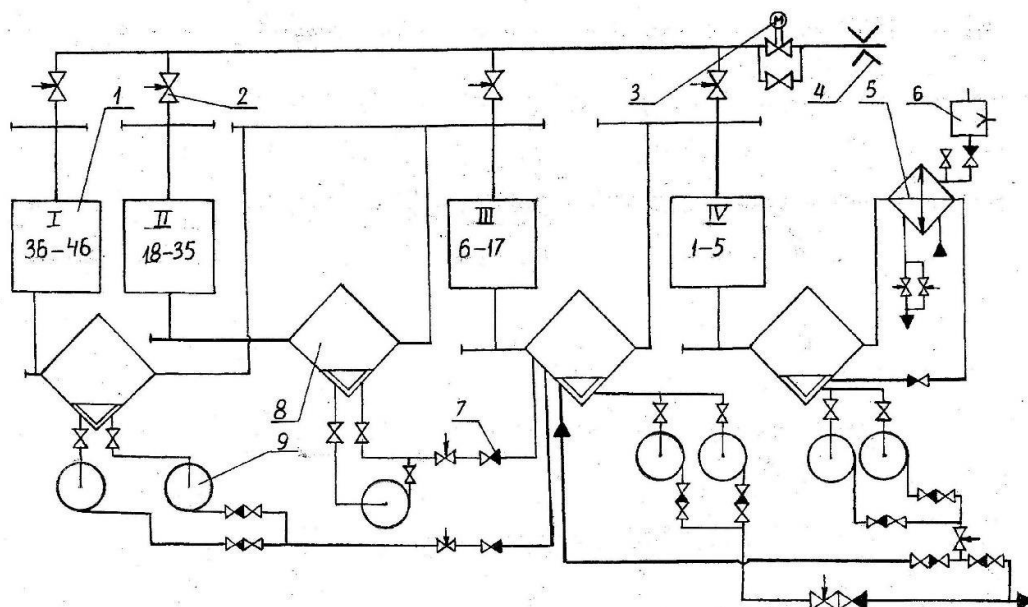
По пару все сушильные цилиндры разделены на четыре группы. Нумерация групп осуществляется по направлению движения пара, от большего давления к меньшему. Давление пара в паровых группах регулируется так, чтобы обеспечить необходимую для сушки бумаги температуру сушильных цилиндров. Группы снабжены водоотделителями 8 для сбора паро-конденсатной смеси и отделения из нее пролётного пара и пара вскипания. В паровую группу I и в паровую группу II пар подается только из главного паропровода. Эти группы обеспечиваются паром одинакового давления. Разделение произведено для обеспечения возможности регулирования давления пара в группах. Давление в группе I регулируется по влажности бумаги на последнем бумаго-сушильном цилиндре.

Пролётный пар вместе с паром вскипания из водоотделителя первых двух групп направляется для подпитки парового коллектора группы III. Из главного паропровода через регулирующий клапан в паровой коллектор группы III поступает дополнительный пар.

Пролётный пар и пар вскипания из водоотделителя группы III направляются в паровой коллектор группы IV, куда поступает и дополнительный пар из главного паропровода. Пар из водоотделителя группы IV конденсируется в теплообменнике-конденсаторе 5, с которым соединён вакуумный насос 6.

Вакуум-насос удаляет из паро-конденсатной системы воздух и

неконденсирующиеся газы, как при пуске машины, так и в условиях постоянной эксплуатации и поддерживает заданную разность давлений между паровым конденсатным коллекторами группы IV.



1 - паровая группа I; 2 - регулирующий клапан; 3 - задвижка с электроприводом; 4 - расходомер; 5 - теплообменник-конденсатор; 6 - вакуум-насос; 7 - обратный клапан; 8 - водоотделитель; 9 - конденсатный насос

Рисунок 5 - Принципиальная аппаратурно-технологическая схема сушильной части БДМ:

Конденсатные насосы 9 и обратные клапаны 7 обеспечивают стабильное удаление конденсата из системы.

Конденсат из водоотделителей паровых групп III и IV направляется в общий конденсатный бак комбината, а из него – в ТЭЦ.

Из сушильных цилиндров паро-конденсатная смесь удаляется с помощью неподвижных сифонов.

4.2 Тепловой расчет сушильной части бумагоделательной машины

Таблица 4.1 - Распределение энергии по функциональным частям БДМ

Наименование параметра	Сеточная часть		Прессовая часть		Сушильная часть	
	привод	вакуум-насосы	привод	вакуум-насосы	электро-энергия	пар
Распределение энергии, %	6	5	6	11	3	69
Удаляемая влага, %	97,2		2,1		0,7	

Анализ результатов, приведенных в таблице 4.1, позволяет сделать вывод, что в сушильной части машины удаляется всего 0,7% от общего количества влаги, удаляемой в бумагоделательной машине. Количество затрачиваемой энергии на удаление этой влаги составляет 72% от общей подведенной энергии. Из них 69% - затраты энергии в виде пара низкого давления.

Для термодинамического анализа сушильной части БДМ необходимо составить баланс массы и энергии, а также распределения эксергий взаимодействующих тепловых потоков. Результаты теплового баланса приведены на диаграмме (рисунок). Из анализа этих результатов следует, что основной составляющей отвода теплоты в окружающую среду является паровоздушная (ПВС) смесь, выводимая из рекуперативной установки. Тепловой поток вносится в сушильные цилиндры не только с паром. Источниками теплоты являются сушильный воздух из зала, а также теплота, вносимая с бумагой. Размерность величин в диаграмме - кДж/кг испаряемой воды.

Анализ статей тепловых потерь теплового баланса показывает, что в окружающую среду отводится 2628 кДж/кг испаряемой воды – 60 % от подводимой энергии, 1235 кДж/кг испаряемой воды отводится в скруббере – 28 %. На внутреннюю регенерацию теплоты (на нагрев воздуха) направляют лишь 528 кДж/кг испаряемой воды, т.е. 12 % к подведенной теплоте.



Рисунок 6 - Тепловой баланс сушильной части БДМ

Полученные результаты не дают полной достоверной информации о степени термодинамического совершенства системы. Для этого при анализе необходимо дополнительно использовать, наряду с первым, второй закон термодинамики. Такую возможность представляет эксергетический анализ работы теплоиспользующих элементов тепловой системы сушильной части БДМ.

4.3 Эксергетический баланс сушильной части бумагоделательной машины

Эксергетические коэффициенты полезного действия функциональных групп сушильной части БДМ составили: сушильные цилиндры – 84,4 %, водоотделители – 98 %, теплорекуперационная установка – 57,5 %. В таблице

3.14 эксергетические характеристики тепловых процессов указаны с учетом отвода теплового потока в окружающую среду, в скобках указаны величины без учета тепловых потерь.

Общий эксергетический КПД тепловой системы сушильной части составляет 52,68 %. Несмотря на высокий КПД процесса в водоотделителях (98 %), эксергия, подведенная к этому процессу составляет лишь 5,6 % от общей подведенной эксергии в систему. Поэтому его влияние на общий КПД системы незначительно.

Из других составляющих отметим процесс в сушильных группах. Эти процессы характеризуются достаточно высоким эксергетическим КПД (84,4 %) и существенной долей подведенной эксергии, составляющей 35,4 % от общей подведенной эксергии. И последняя составляющая – теплорекуперационная

установка, характеризующаяся низким эксергетическим КПД (57,5 %) при доле, затраченной эксергии 30 % от общей подведенной в схему. Этот процесс характеризуется высокой необратимостью и соответственно низким эксергетическим КПД. Обращает внимание большой разрыв между эксергетическим КПД без учета отвода теплоты в окружающую среду и с учетом отвода теплового потока в окружающую среду.

Анализ составляющих эксергетического баланса позволяет выделить основные направления повышения степени термодинамического совершенства технологического процесса в сушильной части БДМ:

- 1 Повышение эксергетического КПД теплорекуперационной установки. Анализ статей эксергетического баланса показывает, что эксергетический КПД и доля затраченной эксергии в этом процессе к общей подведенной эксергии в системе составляет $\eta = 57,5\%$ и $\gamma = 30\%$, соответственно.
- 2 Снижение величины тепловых потоков, отводимых в окружающую среду. Как следует из теплового баланса, 60 % тепловых потоков отводится в окружающую среду.
- 3 Повышение потенциала сушильного воздуха в процессе поглощения им влаги в сушильной части БДМ.
- 4 Повышение сухости бумажного полотна, поступающего на сушку. Разработка наиболее совершенных схем утилизации низкопотенциальной теплоты ПВС.

Практическая реализация модернизации сушильной части БДМ в указанных направлениях возможна на основе проработки следующих технических решений:

- интенсификация работы теплообменников с соответствующим снижением недогрева между нагреваемым воздухом и удаляемой паровоздушной смесью, что позволит увеличить эксергетический КПД теплорекуперационной установки.
- разработка замкнутого или почти замкнутого цикла ПВС сушильной части БДМ;
- применение теплонасосных установок в вентиляционной системе БДМ;
- повышение потенциала сушильного воздуха путём оптимизации температуры воздуха, направляемого под колпак БДМ и температуры исходного воздуха;
- повышение сухости бумажного полотна, например, путём ввода ПАВ в исходную суспензию;
- разработка наиболее совершенных схем регенерации теплоты низкого потенциала паровоздушной смеси.

Предлагаемые технические решения не являются исчерпывающими. Они могут рассматриваться как возможные варианты модернизации сушильной части БДМ.

Таблица - Эксергетические характеристики функциональных групп в сушильной части с учётом потерь (без учёта потерь)

4.4 Энергосбережение в сушильной части бумагоделательной машины

Эксергетический анализ сушильной части БДМ показал низкую эффективность работы традиционной схемы теплорекуперационной установки – $\eta_e = 57,5\%$.

В основе предложенного способа повышения эксергетического КПД теплорекуперационной установки содержатся следующие положения:

1 Глубокая внутренняя регенерация теплоты ПВС для нагрева исходного воздуха. Этот процесс протекает с конденсацией водяных паров при охлаждении ПВС. Повышение степени внутренней регенерации теплоты позволит увеличить эксергетический КПД теплорекуперационной установки и снизить потери теплоты в окружающую среду, величина которых в традиционном процессе составляет до 60 % к общей подведенной теплоте.

2 Организация замкнутого цикла по воздуху. При таком подходе воздух в основном несёт технологическую нагрузку, т.е. является транспортным агентом в переносе влаги и теплоты по замкнутому контуру.

Эксергетический анализ схемы теплорекуперационной установки БДМ с замкнутым циклом сушильного воздуха. На рисунке 4.1 предложена принципиальная схема теплорекуперационной установки БДМ с замкнутым циклом сушильного воздуха и термодинамические процессы в ней.

ПВС с температурой 100 °С, удаляемая из-под изолированного колпака 1, закрывающего сушильную часть машины (сушильную камеру), направляется в теплообменник ТУ 2. Из теплообменника ПВС выходит при температуре насыщения 45 °С и направляется в теплообменник смешения ТС – концевой холодильник 3, откуда при температуре 25 °С осушенный и охлаждённый воздух возвращается в ТУ 2. Часть осушенного воздуха, равная по массе холодному воздуху, используемому в теплообменнике смешения, удаляется в зал бумагоделательной машины. В теплообменнике 2 воздух нагревается до 80 °С, затем поступает в калорифер 4, где его температура повышается до 100 °С – температуры, необходимой для технологического процесса сушильной установки. В концевом холодильнике 3 температура воздуха снижается за счёт добавления в него наружного воздуха. В летний период следует использовать холодильную машину.

1 - закрытый колпак над сушильной частью; 2 – теплообменник ТУ; 3 – теплообменник смешения ТС (концевой холодильник); 4 – калорифер; 5 – центробежный вентилятор.

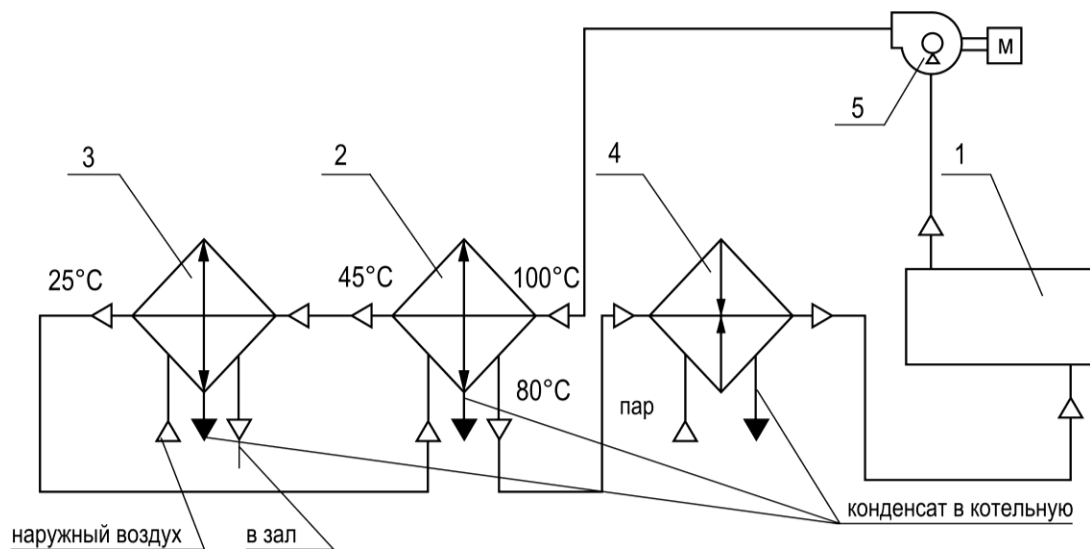


Рисунок 7 - Схема замкнутого цикла сушильного воздуха

Влага, выделяемая из полотна в процессе контактно-конвективной сушки, поглощается сушильным воздухом и удаляется из теплообменников. Вся теплота, выделенная при конденсации греющего пара в цилиндрах, за исключением теплоты, уносимой нагретым бумажным полотном, воспринимается воздухом и используется в теплообменниках рекуперативного контура ТУ и ТС. Циркуляция воздуха обеспечивается центробежным вентилятором 5.

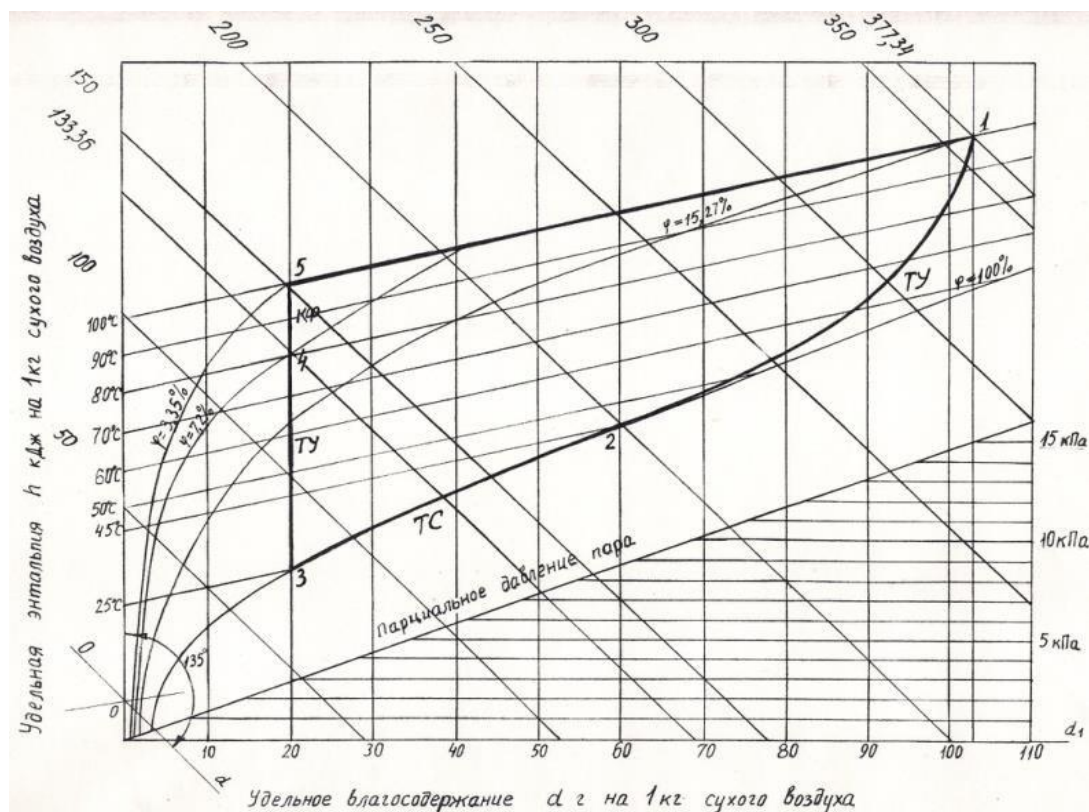


Рисунок 8 - Термодинамические процессы сушильного воздуха при замкнутом цикле

1-2 – охлаждение сушильного (технологического) воздуха в теплообменнике ТУ до $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $d = 60\text{ г/кг сух. воздуха}$; 2-3 – охлаждение сушильного (технологического) воздуха в теплообменнике смешения (концевом холодильнике) до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $d = 20\text{ г/кг сух. воздуха}$;

3-4 – нагрев осушенного и охлаждённого воздуха в теплообменнике ТУ до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$;

4-5 – нагрев осушенного воздуха в калорифере до $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$; 5-1 – изменение параметров воздуха в сушильной камере до $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $d = 103\text{ г/кг сух. воздуха}$

Результаты расчётов по традиционному способу при разомкнутом движении воздуха приведены в гл.3. Анализ приращений эксергии показывает, что практически все элементы теплового процесса характеризуются низкими значениями эксергетических КПД. Так первая ступень регенерации теплоты характеризуется КПД 43,96 % при подводе эксергии в процесс 4,7 %. Тепловой процесс в калорифере 1 – 51,75 % при подводе эксергии 34,4 % от подведенной в процесс. Эксергетический КПД теплового процесса во второй ступени регенерации теплоты составляет 20,87 % при подведенной эксергии в этот процесс – 34 %. Тепловой процесс в калорифере 2 характеризуется эксергетическим КПД 2,95 % при 16,6 % подведенной эксергии в этот процесс. Тепловой процесс в скруббере характеризуется эксергетическим КПД 18,69 % при подведенной эксергии в процесс 35,8 %.

Суммарная эксергия, затраченная в теплорекуперационной установке БДМ 2 Алматинского ЦБК $E_{oi} = 2322,79\text{ кВт}$. Общий эксергетический КПД i рассматриваемого теплового процесса очень низкий и составляет величину 28,6 %.

Эксергетические характеристики теплового процесса по предлагаемому способу приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Характеристики теплорекуперационной установки сушильной части БДМ2 при замкнутом цикле движения сушильного воздуха

Эксергетические характеристики	Теплообменник регенеративного контура	Концевой холодильник	Калорифер
Тепловой поток, ΔQ_i , кВт	2947,98	1071,99	1071,99
Термодинамическая температура нагрева, T_{Hi} , К	325,5	289	363
Приращение воспринятой эксергии, ΔE_n , кВт	412,08	33,38	245,11
Термодинамическая температура охлаждения, T_{Oi} , К	345,5	308	437,17
Приращение затраченной эксергии, ΔE_o , кВт	558,88	97,45	385,4
Эксергетический КПД элементов, η_i , %	73,73	34,26	63,60
Доля затраченной эксергии, γ_i	0,53649	0,09355	0,36996
Доля в общем КПД элементов, $\eta_i \cdot \gamma_i$, %	39,555	3,205	23,529

Суммарная эксергия, затраченная в теплорекуперационной установке при замкнутом цикле движения сушильного воздуха $E_{oi} = 1041,73$ кВт, и общий эксергетический КПД установки – 66,29 %.

Таким образом, эксергетический КПД процессов в теплорекуперационной установке сушильной части БДМ 2 Алматинского ЦБК составляет 28,6 % против 66,29 % в предложенном способе.

Для оценки предложенного способа рекуперации теплоты выполнен эксергетический анализ тепловой системы сушильной части БДМ 2 при замкнутом цикле сушильного воздуха. Результаты анализа приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Эксергетический анализ тепловой системы сушильной части БДМ 2 Алматинского ЦБК при замкнутом цикле сушильного воздуха

Эксергетические характеристики	Группы сушильных цилиндров				Водоотделители			ТУ	Калорифер	Концевой холодильник
	1тр	1бр	2	3	1	2	3			
Тепловой поток, ΔQ_i , кВт	1891	2412	5397	684	689	863	118	2948	1072	1072
Приращение воспринятой эксергии, ΔE_{ni} , кВт	519	541,3	1098	113	198	240	29,1	412,1	245,1	33,4
Термодинамическая температура охлаждения, T_{oi} , К	398	398	393	388	398	390	388	346	437	308
Приращение затраченной эксергии, ΔE_{oi} , кВт	562	717	1548	190	205	244	32,7	559	385	97,5
Эксергетический КПД элементов, η_i , %	92	75,47	70,9	59,6	96,5	98,3	89,2	73,73	63,6	34,3
Доля затраченной эксергии, γ_i	0,12	0,155	0,34	0,04	0,04	0,05	0,007	0,12	0,084	0,021
Доля в общем КПД элементов, $\eta_i \cdot \gamma_i$, %	11,3	11,74	23,8	2,45	4,29	5,2	0,6	8,9	5,3	0,72

Общий эксергетический КПД i установки – 74,35% при среднегодовой температуре окружающей среды на Алматинский ЦБК $T_0 = 280\text{K}$.

Анализ эксергетических характеристик в сушильной части, действующей БДМ 2 и при замкнутом цикле технологического воздуха в сушильной части машины, позволяет сделать следующие выводы:

наименьшими величинами эксергетических КПД характеризуется третья группа сушильных цилиндров (59,6 %), калорифер (63,6 %) и концевой холодильник (34,3 %). Однако, суммарная доля затраченной эксергии в них составляет около 12 % от общей затраченной эксергии. Поэтому их влияние на общий КПД сушильной части БДМ незначительно. Общий эксергетический КПД сушильной части БДМ при замкнутом цикле сушильного воздуха составит величину 74,35 %. Эксергетический КПД сушильной части БДМ составляет величину 52,6 %. Существенного повышения эксергетического КПД удалось достигнуть путем научно обоснованной технологии теплоты в теплорекуперационной установке при замкнутом цикле движения воздуха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема дипломной работы «Электроснабжение цеха бумагоделательного производства».

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

Расчетные нагрузки цехов определены по методу коэффициента спроса. Расчетная нагрузка по фабрике $S_p = 4623,28$ кВА. По результатам технико-экономического расчета был первый вариант электроснабжения. Были выбраны силовые трансформаторы типа ТСЗЛ-1600. Были выбраны трансформаторы КТП ТДН-10000/110. Питающие линии марки АС-70. На территории цеха расположены 3 трансформаторные подстанции.

Сделан расчет токов короткого замыкания на шинах КТП и РП. На основании этих данных были выбраны выключатели на различных участках цепи.

В специальной части был сделан эксергетический анализ схемы теплорекуперационной установки БДМ с замкнутым циклом сушильного воздуха.

Был сделан технико-экономический расчет двух вариантов снабжения: ЛЭП-110 кВ и ЛЭП-10 кВ. По результатам расчета были выбраны экономически целесообразный и выгодный вариант – ЛЭП 10 кВ. Не были рассчитаны показатели финансовой эффективности: срок окупаемости проекта, внутренняя норма прибыли так как, нам не были переданы документы, точно подтверждающие потребление электроэнергии ЦБК и ныне используемое оборудование. Поэтому расчет окупаемости проекта не был рассчитан.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Внутри площадные кабельные сети 10 кВ «ЭЛМО» ГСЛ №000015 2002 г. Алматы.
- 2 Луканин П.В. диссертация «Энергосберегающие технологии на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности».
- 3 Федоров А.А., Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1981. – 360с.
- 4 Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208с.
- 5 Князевский В.Н. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1986. – 408с.
- 6 Неклепаев Б.Н, Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы. – М.: Энергия, 1986. – 465с.
- 7 Барыбин Ю.Г, Федоров Л.Е. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 465с.
- 8 Федоров А.А. Справочник по проектированию промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1991. – 370с.
- 9 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Кудрин Б.И. -М.: Интенмет Инжиниринг, 2005.-672 с.
- 10 Неклепаев Б.И., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 608с.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Мұхамеджанов Тимур Ержанұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

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

На тему: «Электроснабжение цеха бумагоделательного производства ТОО «Kagazy Recycling»»

Выполнено:

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

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

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

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

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

Студент Мұхамеджанов Тимур 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 Мұхамеджанов Т. рассмотрел вопросы энергосберегающих технологий на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности произвел анализ сушильной части бумагоделательной машины. Произвел тепловой расчет сушильной части бумагоделательной машины. Привел к выводу выгодное энергосбережение в сушильной части машины.

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 _____ %, а при успешной защите студент Мұхамеджанов Тимур достоин присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

(должность, учёная степень, звание)

доцент, канд. техн. наук

(подпись)

«28» 05

Ф КазНУТУ 706-17. Рецензия

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю

Осупова С.А.

(подпись)

2022 г.

«25» 05

3.40

аты-жөні

2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мұхамеджанов Тимур Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Электроснабжения цеха бумагоделательного производства ТОО «Kagazy Recycling»

Научный руководитель: Кайрат Баянбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.1

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 70

Знаки из других алфавитов: 59

Интервалы: 114

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

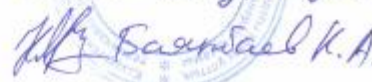
☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ 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 подтверждает ее достаточную уникальность. Неаксиомные заимствования отсутствуют.

Дата 25.05.2022


проверяющий эксперт

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Мұхамеджанова Тимура

(Ф.И.О. обучающегося)

5B071800 - «Электроэнергетика»

(шифр и наименование специальности)

Тема:

Электроснабжения цеха бумагоделательного производства
ТОО «Kagazy Recycling».

Дипломная работа Мұхамеджанова Тимура посвящена вопросам электроснабжения цеха бумагоделательного производства. В процессе дипломного проектирования Мұхамеджанов Т. ознакомился с технологическим циклом бумагоделательного производства 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 Мұхамеджанов Т. рассмотрел процесс бумагоделательного производства. 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». Мұхамеджанов Т. проявил свои прочные знания и навыки в проектировании сетей электроснабжения.

В процессе проектирования было указано на необходимость дополнения в специальной части по энергосбережению. Необходимые изменения и дополнения им были произведены.

Дипломную работу оцениваю на 92%. Студента Мұхамеджанова Тимура предлагаю признать достойным присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Научный руководитель

сениор-лектор

(должность, уч. степень, звание)


(подпись)

Баянбаев К.А.

«24» мая 2022 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мұхамеджанов Тимур Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Электроснабжения цеха бумагоделательного производства ТОО «Kagazy Recycling»

Научный руководитель: Кайрат Баянбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.1

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 70

Знаки из других алфавитов: 59

Интервалы: 114

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 укрывтия 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 *Сарсенбаев Е.А.*

