

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени

К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

Даниярұлы Еркебулан

Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО «Kagazy Recycling»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

5B071800 – "Электроэнергетика"

Алматы 2022

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
ИИД, ассист. профессор
Е.А.Сарсенбаев
« 5 » 05 2022г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
ИИД, ассист. профессор
Е.А.Сарсенбаев
« 5 » 05 2022г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: “Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО «Kagazy
Recycling»”

5B071800 - «Электроэнергетика»

Выполнил:

Даниярұлы Е.

Рецензент

канд. техн. наук, доцент

Айсүмбет С.А.Юсупова

« 25 » 05 2022г.

Научный руководитель
сениор-доктор

К.А.Баянбаев

« 24 » 05 2022г.



Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени

К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроение

Кафедра «Энергетика»

5B071800 - «Электроэнергетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

PhD, ассоц. профессор

Е.А.Сарсенбаев

«20» 05 2022г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающийся: Даниярулы Еркебулан

Тема: Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО «Kagazy Recycling»

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

Срок сдачи законченной работы 30.05.2022

Исходные данные к выполнению дипломной работы: Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлен трансформатор мощностью 1,6 МВА, напряжением 110/10 кВ. Реактивное сопротивление системы 0,02.

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




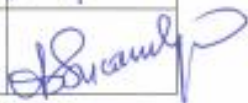
Рекомендуемая литература: из 10 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы


Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общая часть	06.05.2022 г.	нет
Технологическая часть	06.05.2022 г.	нет
Расчет электрических нагрузок цеха	14.05.2022 г.	нет.
Специальная часть	18.05.2022 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
Общая часть	Баянбаев К.А., Сениор-лектор	24.05.2022	
Технологическая часть	Баянбаев К.А., Сениор-лектор	24.05.2022	
Расчет электрических нагрузок цеха	Баянбаев К.А., Сениор-лектор	24.05.2022	
Специальная часть	Баянбаев К.А., Сениор-лектор	24.05.2022	
Нормоконтроль	Бердибеков А.О., сениор-лектор	23.05.2022	

Научный руководитель _____  К.А.Баянбаев
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся _____  Е.Даниярұлы
(подпись)

Дата _____ «15» 05 2022 г.

АНДАТПА

Диплом жұмысында мен макулатураны қайта өңдеу цехының электрмен жабдықтау есебін жүргіздім. Диплом жұмысы макулатураны қайта өңдеу цехының электрмен жабдықтау жүйесін жобалаудың маңызды аспектілерін көрсететін бөлімдер мен кіші бөлімдерден тұрады. Бөлімдердің келесі атаулары бар: электр жүктемелерін есептеу, қуаты 1,6 МВА трансформаторды таңдау, электр жабдығын таңдау, жоғары вольтті аппарат-турды таңдау, сондай-ақ 110/10 кВ кернеуге сыртқы электрмен жабдықтаудың таңдалған схемасының ұтымдылығын негіздеу.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе мною был произведён расчет электроснабжение цеха переработки макулатуры. Дипломная работа состоит из разделов и подразделов наименования которых отображают значимые аспекты проектирования системы электроснабжение цеха переработки макулатуры. Разделы имеют следующие названия: расчет электрических нагрузок, выбор трансформатора мощностью 1,6 МВА, выбор электрического оборудования, выбор высоковольтной аппаратуры, а также обоснование рациональности выбранной схемы внешнего электроснабжение на напряжение 110/10 кВ.

ANNOTATION

In my thesis, I calculated the power supply of the recycling shop. The thesis consists of sections and subsections of which the names reflect significant aspects of the design of the power supply system of the recycling shop. The sections have the following names: calculation of electrical loads, selection of 1.6 MVA transformer, selection of electrical equipment, selection of high-voltage ramp-tour, as well as justification of rationality of the chosen scheme of external electrical supply at 110/10 kV voltage.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Общая часть	8
1.1	Технологическая часть	8
1.1.1	Подготовка макулатуры и целлюлозы в производство	8
1.1.2	Разволокнение и очистка макулатурной массы	9
1.1.3	Разволокнение и размол целлюлозы	10
2	Расчетная часть	12
2.1	Расчет электрических нагрузок по цеху	14
2.2	Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	18
2.3	Расчет потерь на трансформаторе	22
2.4	Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ	22
2.5	Сравнение схем внешнего электроснабжения	23
2.6	Расчет схемы внешнего электроснабжения для I варианта (10 кВ)	23
2.7	Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов к.з. для I варианта	25
2.8	Расчет схемы внешнего электроснабжения для II варианта (110 кВ)	31
2.9	Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов к.з. II варианта	32
3	Высоковольтные электродвигатели	35
3.1	Диагностика асинхронных двигателей на этапах производства, эксплуатации и ремонта	35
	Заключение	37
	Список использованной литературы	38

ВВЕДЕНИЕ

Как мы все знаем, энергетика страны на стадии роста обуславливающейся модернизацией систем электроснабжения. Данная работа предполагает обеспечения энергией станции использование современных средств, оборудования к примеру использование цифровых систем контроля и учёта принимаемой электроэнергии, цифровых устройств релейной защиты и автоматики, устройств плавного пуска электродвигателей позволяющих значительно повысить надёжность и живучесть системы электроснабжения.

Электроснабжение ЦПМ ТОО «Kagazy Recycling» выполнено по существующей схеме:

- распределительный пункт РП – 20 запитан от фидеров 14–42 и 15–42 разных секций РУ-10 кВ ПС№42А;

Питание РП – 20, расположенного в главном корпусе БДМ, выполнено четырьмя кабелями марки АСБ-10 кВ-(3х240) в траншеях.

Прокладка кабелей 10 кВ выполнена в кабельных траншеях на отм. -0,7 м от поверхности земли.

Электроснабжение комплектных трансформаторных подстанций КТП7 выполнено по существующей схеме: КТП7 запитана от фидеров 7 и 8 разных секций РП – 20;

Питание КТП7, расположенного в цехе переработки макулатуры ЦПМ-1, ЦПМ-2, выполнено двумя кабелями марки АСБ-10 кВ – (3х150) мм² в траншее.

Существующие КЛ 10 кВ, РП 10 кВ и КТП-10/0,4 кВ являются экологически чистыми объектами: в период эксплуатации они не выделяют в атмосферу вредные вещества, влагу и тепло, не загрязняют сточные воды, не являются источником вибрации, ультразвука и ионизирующих излучений.

Целью дипломной работы является освоение методики технико-экономических расчетов цеха переработки макулатуры и овладение навыками проектирование систем внешнего электроснабжения.

Задачей дипломного проекта является:

- Расчет схемы электроснабжения цеха;
- Расчет электрических нагрузок;
- Выбор основного ЭО и СТ;
- Расчет токов КЗ;
- Выбор и проверка аппаратов защиты и автоматики.

Перед нами стоит задача выбора такого решения, которое, с одной стороны, соответствовало бы текущим ПУЭ, правилам технической эксплуатации с другой стороны, соответствовало бы оптимальным техническим и экономическим критериям.

1 Общая часть

В современном этапе развития использование макулатуры в качестве волокнистого сырья в производстве стабильно возрастает.

Разумеется, ее широкое применение — это дешевизна по сравнению с производящими полуфабрикатами из древесины, а также экономией текущих затрат при эксплуатации. Это снижает себестоимость и повышает конкурентоспособность продукции. Следовательно, использование макулатуры позволяет нам уменьшать актуальность вопросов защиты окружающей среды посредством сокращения употребления лесных ресурсов и утилизации скапливающихся бумажно-картонных экскрементов.

Рассмотрим этапы переработки — это сбор бумажного сырья для переработки, часто сбором макулатуры специализируется промежуточная организация.

Количество стадии переработки бумажной продукции должно быть не менее 6 этапов:

- 1) Сбор и сортировка.
- 2) Очистка от мелких примесей.
- 3) Фильтрация от тяжелых примесей.
- 4) Вторичный расформирование волокна, его доочистка.
- 5) Окончательная чистка с воздействием химических веществ.

В большинстве случаев для производства со 2 по 5 этап нужны большие объемы воды, а также система сброса отходов. Кроме сбора и сортировки, процессы в основном автоматизированы.

1.1 Технологическая часть

Производство включает в себя два цеха по переработке макулатуры на ЦПМ 1 и ЦПМ 2, для дальнейшего производства из бумажной массы бумагу и картон в бумагоделательном цехе (БДЦ), но в расчете я использовал данные ЦПМ 2.

1.1.1 Подготовка макулатуры и целлюлозы в производство

Технологическая схема приведена как рисунок – 1 Генплан ЦПМ.

Макулатура с пунктов по сбору макулатуры поступает на предприятие в кипах авто и железнодорожным транспортом, целлюлоза в кипах железнодорожным транспортом.

На территории предприятия макулатуру и целлюлозу автопогрузчиком складывают на складе для хранения сырья согласно технологическим картам размещения .

Макулатуру и целлюлозу из склада хранения сырья погрузчиком транспортируют в цех переработки макулатуры и целлюлозы.

Основными видами сырья для отдельных слоев являются :

1) Макулатура – подготовленная и отсортированная в цехе подготовки массы №2 (макулатурный поток)

2) Целлюлоза – подготовленная и размолотая в цехе подготовки массы №2 (целлюлозный поток)

Композиция по волокну составляется в зависимости от вида выпускаемой продукции.

1.1.2 Разволокнение и очистка макулатурной массы

Кипа макулатуры укладывается на транспортерную ленту, освобождается от проволоки, веревок, целлофана и других посторонних предметов и затем по транспортерной ленте подается в горизонтальный гидроразбиватель «HV-36» с диаметром отверстий сита 12 мм поз 3.1.02, сюда же подается с бассейна оборотной воды п.5.1 оборотная вода для разбавления суспензии до массовой доли волокна 4-4,5 %. Уровень суспензии в ванне гидроразбивателя поддерживается на 70–80 % высоты ванны.

Гидроразбиватель «HV-36», оснащен дополнительным оборудованием сепарации всех видов загрязнений. Тяжелые загрязнения (металлические предметы, камни и т.д перемещаются по дну ванны к отделителю тяжелых загрязнений OTN. Вьющиеся загрязнения (связки проволоки, тряпки, большие плоские куски фольги) гидравлическими ножницами разрезаются на куски пригодными для транспортировки и непрерывно удаляются из гидроразбивателя при помощи жгуто вытаскивателя. Большие куски пленок, фольги, пластик удаляются из гидроразбивателя периодическим сепаратором загрязнений PSN-30 п. 3.1.05, В сепараторе масса разволокняется и проходит через сетку (диаметр отверстий 8 мм) и поступает в бак поз 3.1.25, загрязнения остаются в камере сепаратора. После нескольких минут работы закрывается поступление массы в сепаратор. Загрязнения в камере промываются водой и вместе с остатком воды из сепаратора выпускаются на обезвоживающий барабан OBN-10 поз 3.1.06. Отходы после входа в барабан разминаются и промываются водой, в результате чего происходит отделение оставшихся волокон от неразволокниваемых частиц, которые после прохода сквозь барабан обезвоживаются и при помощи спирали и конуса выносятся из барабана наружу на транспортерную ленту и выбрасываются в контейнер отходов. Промывная вода вместе с волокном поступает в приямок, затем насосом 100- NRA-350 поз.3.1.09 подается через вихревой сепаратор VU-20-М поз 3.1.10 обратно в гидроразбиватель.

После разволокнения макулатурная масса из гидроразбивателя насосом 200-NRA-400 поз 3.1.11 подается в емкость неготовой массы поз 3.1.12 и далее насосом 200-NRA-440 поз 3.1.13 подается на два вихревых сепаратора низкого давления VS-25-А поз 3.1.14, работающие параллельно. Масса поступает под

давлением во входную камеру, где прямолинейное движение массы меняется на вращательное. Вращающаяся масса поступает далее через верхний цилиндр в рабочую камеру. Вследствие действия центробежных сил тяжелые загрязнения (песок, скрепки и т.д), содержащиеся в массе вместе с частью массы, проникают через вращающуюся водную мембрану в нижний цилиндр. Основная часть сортированной массы возвращается обратно через середину сортировки в центрально- размещенный патрубок выхода. Загрязнения, содержащиеся в массе, вместе с частью массы идут с нижнего цилиндра отделительного корпуса, где на отделительном элементе загрязнения отделяются от массы, которая возвращается по оси обратно к патрубку выхода.

Загрязнения совместно с частью сортированной массы идут через открытую ножевую задвижку в сборный ящик. Вследствие действия промывной воды волокна из сборного ящика вымываются в рабочую часть вихревого сепаратора, отходы в канализацию.

Очищенная от тяжелых включений масса далее поступает на вихревую сортировку типа VDT-30 поз 3.1.15 для первичного сортирования при одновременном доволокнунии неразволокнуемых кусков. Под давлением масса входит через патрубок входа в камеру входа, где прямой ход массы изменяется на ротационный. Далее масса идет в рабочую камеру. Вследствие механических и гидродинамических действий на массу лопаток ротора, масса интенсивно доволокнуется, частицы меньше, чем отверстия сортировочной сетки (диаметр отверстий 2,2 мм) удаляются под давлением в патрубок выхода хорошей массы и поступают в бассейн массы поз 3.1.18. Загрязнения вместе с неразволокнуемыми частями и остатком волокон под давлением отводятся в патрубок отходов. Если отходы очень густые, то возможно их разбавление водой, подведенной прямо в патрубок выхода отходов. Далее отходы при открытой пневмо задвижки поступают на вихревой сепаратор типа VSV-30 поз 3.1.16 для окончательного разволокнуения, сортирования и промывки. Сепаратор работает в периодическом режиме с программным управлением. Рабочий цикл сепаратора состоит из операций: наполнение водой, подача массы, сортирование массы, окончательное разволокнуение и промывка загрязнений. Вместе с загрязнениями из рабочей камеры уходит и оставшееся количество воды. Для досконального обезвоживания отходов , они поступают на вибросортировку VP-2-19 поз 3.1.17, диаметр отверстий сита 1,8 мм и далее в отвал, а фильтрат в приямок под OBN-10. Очищенные отходы поступают в аккумулярующий бассейн объемом 80 м³ поз 3.1.18 и насосом 100- NRA-330 в постоянную часть БДМ на нижний слой.

1.1.3 Разволокнуение и размол целлюлозы

Кипа целлюлозы укладывается на ленту, освобождается от проволоки и по транспортной ленте подается в гидроразбиватель объемом 10 м³ поз 4.1.02, сюда же подается из бассейна поз 4.1.13 оборотная воды, поступившая из бассейна оборотной воды поз 5.1 (если верхний слой из небеленой целлю-

лозы и свежая вода, если верхний слой беленый) для разбавления суспензии до массовой доли волокна 4,0–4,3 %. Уровень суспензии в ванне гидроразбивателя поддерживается на 70–80 % высоты ванны. Насосом 100-NRA-350 поз 4.1.03 разволокненная целлюлозная масса поступает в бассейн неготовой массы поз 4.1.04 и далее насосом 100-NRA-350 поз 4.1.05 перекачивается на вихревую сортировку HL-20-M поз 4.1.06 для очистки от тяжелых включений (песка). Вследствие действия центробежных сил загрязнения, содержащиеся в целлюлозной массе, постепенно собираются на стене рабочего конуса и сбрасываются в отвал. Очищенная масса поднимается по центральной части очистителя HL-20-M поз 4.1.06 и удаляется через патрубок выхода, далее под давлением поступает на три последовательно установленные дисковые мельницы для дальнейшего размола. Количество мельниц в работе зависит от технических характеристик целлюлозы. Для постоянной работы мельниц устанавливается оптимальный баланс расход целлюлозной массы. Мельницы работают в автоматическом режиме, что позволяет осуществлять дистанционное управление нагрузки мельниц, а автоматическое удерживание нагрузки на той или иной установленной величине, предохраняет мельницу от перенагрузки и ходу «вхолостую», измеряет нагрузку и сигнализирует все серьезные или аварийные состояния.

После дисковых мельниц масса поступает в бассейн готовой массы поз 4.1.10, насосом 100-NRA-350 поз 4.1.11 подается в постоянную часть БДМ на верхний слой.

2 Расчетная часть

Исходные данные для дальнейшего расчета:

- 1) Схема генерального плана завода (Рисунок 1).
- 2) Сведения об электрических нагрузках по цехам завода (таблица 1).
- 3) Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлен трансформатор мощностью 1,6 МВА, напряжением 110/10 кВ. Реактивное сопротивление системы 0,02.
- 4) Расстояние от подстанции энергосистемы до цеха 0,6 км.
- 5) Завод работает в три смены.

Таблица 1 – Ведомость электрических нагрузок

Наименование	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
		Одного ЭП $P_{н\text{ь}}$ кВт	Суммарная $\sum P_{н\text{ь}}$ кВт
Цех переработки макулатуры (ЦПМ)	33	0,37 ÷ 160	1280,52

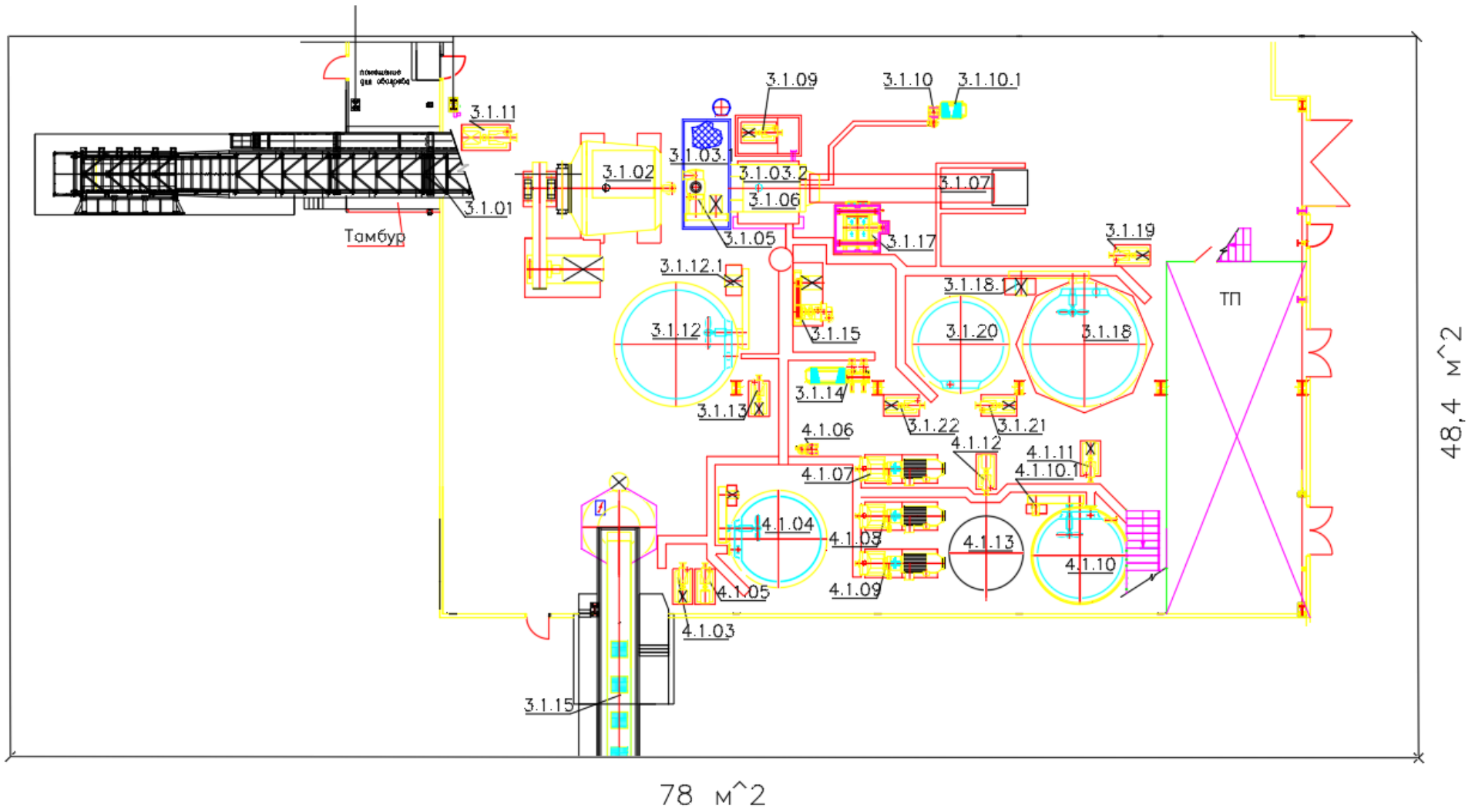


Рисунок 1— Генплан ЦПМ

2.1 Расчет электрических нагрузок по цеху

Расчет электрических нагрузок включает в себя расчет освещения цеха и силовых нагрузок цеха на шинах 0,4 кВ. Силовая часть необходим с учетом следующих факторов: выбора типа, числа и мощности трансформаторов, категории надежности электроснабжение потребителей, мощности и места установки компенсирующих устройств (КУ), определения потерь мощности трансформаторов и выбор защиты. Метод расчета производим – по методу упорядоченных диаграмм. Результаты расчета электрических нагрузок по ЦПМ сведены в таблицу – 2 .

Порядок расчета проведем на примере ЦПМ:

- 1) В 1-й графе номера цеха – №1;
- 2) В 2-й графе наименование цеха – Цех переработки макулатуры;
- 3) В 3-й графе количество электроприёмников в цехе – 33;
- 4) В 4-й графе указываем номинальную наименьшего и наибольшего по мощности из электроприемников – 0,5 ÷ 160 кВт;
- 5) В 5-й графе суммарная установленная мощность электроприемников – 1280,52 кВт;
- 6) В 6-й графе число m , что определяется по формуле, данной ниже:

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

$$m = 160/0,37 = 432,4 > 3 - \text{для ЦПМ,}$$

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

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

Для ЦПМ коэффициент использования равен: $K_{и} = 0,7$;

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

Значения для ЦПМ:

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

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

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

$$P_{см} = 0,7 \cdot 1280,52 = 896,36 \text{ кВт};$$

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

$\sum P_H$ – номинальная активная нагрузка

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

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

$$Q_{см} = 896,36 \cdot 0,75 = 672,27 \text{ квар};$$

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

$tg \varphi$ – 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:

$$n_э = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H.макс}}, \quad (4)$$

$$n_э = \frac{2 \cdot 1280,52}{160} \approx 30.$$

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

12) В 12-й графе коэффициент максимума K_M определяется по графику в зависимости от $n_э$ и K_H , для ЦПМ коэффициент максимума равен: $K_M = 1,12$;

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

$$P_p = K_M \cdot P_{см}, \text{ кВт} \quad (5)$$

$$P_p = 1,12 \cdot 896,36 = 1003,93 \text{ кВт};$$

где K_M – коэффициент максимума;

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

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

– при $n_э \leq 10$,

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} \quad (6)$$

– при $n_э > 10$,

$$Q_p = Q_{см} \quad (7)$$

Для ЦПМ так как $n_э > 10$:

$$Q_p = Q_{см} = 672,27 \text{ квар.}$$

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

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

$$S_p = \sqrt{672,27^2 + 1003,93^2} = 1208,23 \text{ кВА.}$$

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:

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

$$I_p = \frac{1208,23}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1743,93 \text{ А.}$$

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

Таблица 2 - Расчет электрических нагрузок цеха переработки макулатуры

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность		m	K _н	cosφ/tgφ	Средняя нагрузка		n _э	K _м	Расчетные нагрузки			I _p , А
			P _{min} ÷ P _{max}	∑ 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	ЦПМ А) силовая	33	0,5 ÷ 160	1280,52	>3	0,7	0,8/0,75	896,36	672,27	30	1,12	1003,92	672,273	1208,23	1743,93
	Б) осветительная											100,39	67,22	120,82	174,39
	Итого по цеху											1104,31	739,49	1329,05	1918,32
	Освещение цеха											110,4	73,94	132,9	191,83
	Всего с учетом освещения											1214,71	813,43	1461,95	2110,15
	ΔP _т , ΔQ _т											10,46	57,6		
	Нагрузка 0,4 кВ приведенная к шинам 10 кВ											1225,17	871,03		
	Всего по цеху											1225,17	871,03	1503,24	86,79

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

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

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 1214,71 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 813,43 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 1461,95 \text{ кВА}.$$

$S_{н.тр}$ — 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.

$$S_{уд} = \frac{1461,95}{3775,2} = 0,3$$

Предприятие относится ко 2 категории потребителей, предприятие работает в три 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:

$$N_{т \text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_з \cdot S_{нт}} + \Delta N, \quad (11)$$

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

$K_з$ — коэффициент загрузки трансформатора;

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

ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

$$N_{T \min} = \frac{1214,71}{0,8 \cdot 1600} + \Delta N = 1$$

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

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

где m – дополнительное число трансформаторов,

$$N_{T.э} = 1 + 0 = 1 \text{ штук.}$$

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

Таблица 3 – Характеристики трансформатора ТСЗ-1600-10/0,4

$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	$P_{ХХ}$, кВт	$P_{КЗ}$, кВт	$I_{ХХ}$, %	$U_{КЗ}$, %
10	0,4	3,1	11,4	0,4	5

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{T.э} \cdot S_{HT} \cdot K_3)^2 - P_{p 0,4}^2}, \quad (13)$$

$$Q_1 = \sqrt{(1 \cdot 1600 \cdot 0,8)^2 - 1214,71^2} = 403,58 \text{ кВар.}$$

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

$$Q_{НБК1} = Q_{p 0,4} - Q_1, \quad (14)$$

$$Q_{НБК1} = 813,43 - 403,58 = 409,85 \text{ кВар.}$$

Определим мощность батареи конденсатора, приходящуюся на трансформатор:

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

$$Q_{\text{нбк тп}} = \frac{409,85}{1} = 409,85$$

Принимаем тип НБК: УК-0,4-450-У3.

На основании расчетов, полученных в данном пункте составляется таблица 4 – Распределение нагрузок цеха по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым

Таблица 4 – Распределение низковольтной нагрузки цеха по ТП

№ ТП	№ ЭП	Кол-во ЭП	$P_{min} - P_{max}$	ΣP_H	K_H	$P_{CM}, \text{кВт}$	$Q_{CM}, \text{квар}$	n_{Σ}	K_M	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВт}$	K_3
ТП-1 1600 кВА	1	3	11 ÷ 45	75	0,7	52,5	39,37	3					
	2,9	2	38,5 ÷ 55	110	0,7	77	57,74	2					
	3	2	1,8 ÷ 3	6	0,6	3,6	3,67	2					
	4	1	0,53 ÷ 1,5	1,5	0,35	0,52	0,53	1					
	5	1	10,5 ÷ 15	15	0,7	10,5	10,71	1					
	6	3	0,4 ÷ 0,55	1,65	0,7	1,15	0,71	3					
	7	1	35 ÷ 55	55	0,63	34,65	25,98	1					
	8	1	9,5 ÷ 15	15	0,63	9,45	7,08	1					
	10	1	19 ÷ 30	30	0,63	18,9	14,17	1					
	11	1	0,15 ÷ 0,37	0,37	0,4	0,148	0,13	1					
	12	3	112 ÷ 160	480	0,7	336	252	3					
	13	1	4,4 ÷ 11	11	0,4	4,4	3,87	1					
	14,24	2	3 ÷ 7,5	15	0,4	6	2,88	2					
	15	3	55 ÷ 110	275	0,6	165	123,75	3					
	16-17	2	15 ÷ 22	44	0,7	30,8	23,1	2					
	18	1	65 ÷ 90	90	0,72	64,8	33,04	1					
	19	1	1,6 ÷ 4	4	0,4	1,6	1,4	1					
	20	1	7,7 ÷ 11	11	0,63	6,93	5,19	1					
	21	1	4,5–7,5	7,5	0,6	4,5	4,59	1					
	22	1	13 ÷ 18,5	18,5	0,7	12,95	9,71	1					
23	1	7,5 ÷ 15	15	0,5	7,5	7,65	1						
Силовая		33	0,15÷160	1280,52	0,7	896,36	672,27	30	1,12	1003,93	672,27	1208,23	
Осветительная										100,39	67,22	120,82	
ИТОГО										1104,32	739,47	1329,03	0,8

2.3 Расчет потерь на трансформаторе

Введем расчет потери активной и реактивной мощности для трансформатора типа ТСЗ 1600 кВА 10/0,4 кВ с такими характеристиками как: $\Delta P_{xx} = 3,1$ кВт, $\Delta P_{кз} = 11,5$ кВт, $U_{кз} = 5\%$, $I_{xx} = 0,4\%$,

ТП: $K_3 = 0,8$; $N = 1$;

$$\Sigma \Delta P_{тр} = N \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \quad (15)$$

$$\Sigma \Delta P_{тр} = 1 \cdot (3,1 + 11,5 \cdot 0,8^2) = 10,46 \text{ кВт}$$

$$\Sigma \Delta Q_{тр} = N \left(\frac{I_{xx} \cdot S_H}{100} + \frac{K_3^2 \cdot S_H \cdot U_{кз}}{100} \right), \quad (16)$$

$$\Sigma \Delta Q_{тр} = 1 \left(\frac{0,4 \cdot 1600}{100} + \frac{0,8^2 \cdot 1600 \cdot 5}{100} \right) = 57,6 \text{ кВар}$$

2.4 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ

Составим схему замещения для дальнейшего расчета компенсации реактивной мощности.

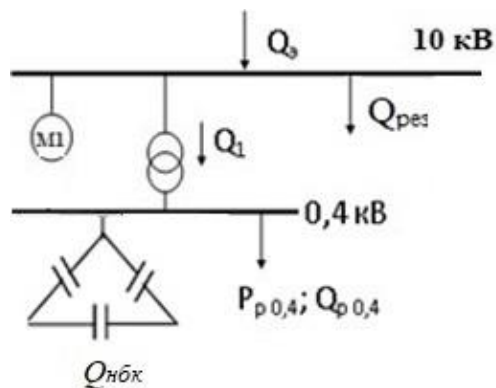


Рисунок 2 – Схема замещения

Составляется уравнение баланса реактивной мощности на шинах 10 кВ относительно $Q_{ВБК}$:

$$Q_{ВБК} = Q_3 + Q_{НБК1} - Q_{рез} - Q_{р0,4}, \quad (17)$$

Входная реактивная мощность определяется по формуле:

$$Q_3 = (0,23 \div 0,25)\Sigma P_p = (0,23 \div 0,25) \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_{тр} + P_M), \quad (18)$$

$$Q_3 = 0,23 \cdot (1214,71 + 10,46 + 250) = 339,28 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{рез} = (0,1 \div 0,15)\Sigma Q_p = (0,1 \div 0,15) \cdot (Q_{p0,4} + \Delta Q_{тр}), \quad (19)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot (813,43 + 57,6) = 87,1 \text{ квар.}$$

$$Q_{ВБК} = 339,28 + 409,85 - 87,1 - 813,43 = -151,4 \text{ квар.}$$

Установка высоковольтных батарей конденсаторов не требуется.

2.5 Сравнение схем внешнего электроснабжение

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

I вариант – КЛ 10 кВ,

II вариант - ВЛ 110 кВ.

2.6 Расчет схемы внешнего электроснабжение для I варианта (10 кВ)

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

Выбор трансформатора КТП

$$S_{КТП} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2}, \text{ кВА} \quad (20)$$

$$S_{КТП} = \sqrt{1225,17^2 + 281,78^2} = 1257,16 \text{ кВА.}$$

К установке выбираю трансформатор ТСЛ-1600/10 с характеристиками: $\Delta P_{хх} = 3 \text{ кВт}$, $\Delta P_{кз} = 10,8 \text{ кВт}$, $U_{кз} = 6 \%$, $I_{хх} = 0,6\%$,

Проверка коэффициента загрузки:

$$K_3 = \frac{S_{\text{КТП}}}{S_{\text{H}}}, \quad (21)$$

$$K_3 = \frac{1257,16}{1600} = 0,78.$$

Выбираем КЛ-10

$$S_{\text{КЛ}} = \sqrt{(P_{\text{p}} + \Delta P_{\text{ТКТП}})^2 + Q_3^2}, \text{ кВА} \quad (22)$$

$$S_{\text{КЛ}} = \sqrt{(1225,17 + 10,46)^2 + 281,78^2} = 1267,35 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток рассчитываю по формуле:

$$I_{\text{p}} = \frac{S_{\text{КЛ10}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}}, \text{ А} \quad (23)$$

$$I_{\text{p}} = \frac{1267,35}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 36,62 \text{ А}$$

Ток аварийного режима рассчитываю по формуле:

$$I_{\text{ав}} = \frac{I_{\text{p}}}{2}, \text{ А} \quad (24)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{36,62}{2} = 18,31 \text{ А}.$$

Сечение проводов рассчитываю по формуле:

$$F = \frac{I_{\text{p}}}{j}, \text{ мм}^2 \quad (25)$$

$$F = \frac{36,62}{1,4} = 26,15 \text{ мм}^2.$$

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 – (3x120) мм² расположив в траншее: $I_{\text{доп}} = 218 \text{ А}$, $x_0 = 0,081 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0,258 \text{ Ом/км}$.

Далее производим расчет проверки выбранного мною провода по 2 условиям:

1) на нагрев рабочим током:

$$3 \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{р}}, \quad (26)$$

$$3 \cdot 218 = 654 > 36,62 \text{ A};$$

2) по аварийному режиму:

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{ав}}, \quad (27)$$

$$1,3 \cdot 654 = 850,2 > 26,15 \text{ A}.$$

Данный провод подходит по всем параметрам.

2.7 Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов к.з. для I варианта

Расчет токов к.з. будем производить в относительных единицах по схеме замещения I варианта:

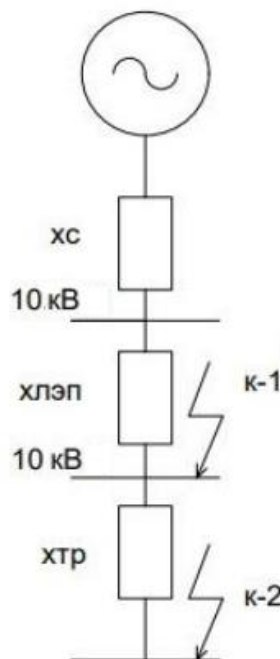


Рисунок 3 – Схема замещения I варианта

$S_6 = 10 \text{ МВА}$, $U_6 = 10,5 \text{ кВ}$,
Находим значение тока к.з:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (28)$$

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

$$x_{л} = x_0 l \frac{S_6}{U_{cp}^2}, \quad (29)$$

$$x_{л} = 0,081 \cdot 0,6 \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,004 \text{ о. е.}$$

$$x_{т} = \frac{u_{к\%} \cdot S_6}{100 \cdot S_{н}}, \quad (30)$$

$$x_{т} = \frac{6 \cdot 10}{100 \cdot 1,6} = 0,375$$

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

$$I_{к-1} = \frac{I_6}{x_{л}}, \quad (31)$$

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

$$I_{к2} = \frac{I_6}{x_{с} + x_{т} + x_{л}}, \quad (32)$$

$$I_{к2} = \frac{0,55}{0,02 + 0,375 + 0,004} = 1,37 \text{ А}$$

Ударный ток КЗ в точках 1 и 2:

$$i_{уд1} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1}, \quad (33)$$

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

$$i_{уд2} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к2}, \quad (34)$$

$$i_{уд2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 1,37 = 3,47 \text{ А.}$$

Рассчитывается мощность в точках К1 и К2:

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K1}, \quad (35)$$

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

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K2}, \quad (36)$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,0013 = 0,023 \text{ МВА}.$$

Выбор защитной аппаратуры осуществляется по следующим условиям (таблица 5–8):

Таблица 5 - Данные выключателя ВНР-10/400

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$, кВ	10	10
$I_H \geq I_{ав}$, А	400	26,15
$I_{отк} \geq I_{K1}$, А	800	137,5
$I_{дин} \geq i_{уд2}$, А	25	3,47

Таблица 6 – Данные разъединителя РЛК – 1а-П(IV) -10/400- УХЛ1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$, кВ	10	10
$I_H \geq I_{ав}$, А	400	26,15
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	41 кА	3,47
$I_{дин} \geq I_{K2}$, А	51 кА	1,37

Таблица 7 – Данные предохранителя ПВР00-160/3–20 УХЛ3

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$, кВ	10	10
$I_{отк} \geq I_{K2}$, А	25	1,37
$I_{пв} \geq i_{уд2}$, А	400	348,9

Таблица 8 – Данные заземлитель ЗР-10 У3

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	10	10

Продолжение таблицы 8

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$I_{скв} \geq i_{уд2}, A$	16	3,47
$I_{тем ст} \geq I_{к2}, A$	90	1,37

Определим капитальные затраты на оборудование I варианта:

Затраты на трансформаторы КТП:

$$K_{тр КТП} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (37)$$

$$K_{тр КТП} = 1 \cdot 21 = 21 \text{ млн. тг}$$

Затраты на КЛ 10 кВ:

$$K_{КЛ10} = L \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (38)$$

$$K_{КЛ10} = 0,085 \cdot 0,9 = 0,07 \text{ млн. тг}$$

Затраты на выключатели:

$$K_{выкл} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (39)$$

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

Затраты на предохранители:

$$K_{од} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (40)$$

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

Затраты на заземлитель:

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

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

Затраты на разъединители:

$$K_{рз} = n_{кл} \cdot N_{ст}, \text{ млн. тг.}, \quad (42)$$

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

Суммарные затраты:

$$K_1 = K_{\text{тр}} + K_{\text{КЛ}} + K_{\text{выкл}} + K_{\text{п}} + K_3 + K_{\text{рз}}, \text{ млн. тг.}, \quad (43)$$

$$K_1 = 21 + 0,07 + 1,5 + 0,9 + 0,85 + 2,2 = 26,52 \text{ млн. тг.}$$

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

$$I_{\text{а.об.}} = E_{\text{а.об.}} \cdot K_{\text{об}} = E_{\text{а.об.}} \cdot (K_{\text{тр}} + K_{\text{выкл}} + K_{\text{п}} + K_{\text{кз}} + K_{\text{рз}}), \text{ млн. тг.}, \quad (44)$$

$$I_{\text{а}} = 0,063 \cdot (21 + 1,5 + 0,9 + 0,85 + 2,2) = 1,66 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления на КЛ:

$$I_{\text{а.КЛ}} = E_{\text{а.КЛ}} \cdot K_{\text{КЛ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (45)$$

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

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{эксп.обор.}} = E_{\text{эксп.обор.}} \cdot K_{\text{обор}}, \text{ млн. тг.}, \quad (46)$$

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

Издержки на эксплуатацию КЛ:

$$I_{\text{эксп.КЛ.}} = E_{\text{эксп.КЛ.}} \cdot K_{\text{КЛ}}, \text{ млн. тг.}, \quad (47)$$

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

Потери энергии при трехсменном режиме работы будут $T_{\text{вкл}} = 6000\text{ч.}$ $T_{\text{макс}} = 5000\text{ч.}$ Значит время максимальных потерь рассчитываем по формуле:

$$\tau = (0,125 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \quad (48)$$

$$\tau = (0,125 + 5000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3422$$

Потери активной энергии в трансформаторе рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\text{тр.кТП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot \tau \cdot K_3^2), \text{ кВтч} \quad (49)$$

$$\Delta W_{\text{тр.кТП}} = 2 \cdot (3 \cdot 5000 + 10,8 \cdot 3422 \cdot 0,8^2) = 75991,68 \text{ кВтч}$$

Потери электрической энергии в КЛ 10 кВ:

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{ кВтч} \quad (50)$$

$$\Delta W_{\text{КЛ10}} = 2 \cdot 3 \cdot 36,62^2 \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} \cdot 3422 = 7434,15 \text{ кВтч}$$

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

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр.кТП}} + \Delta W_{\text{КЛ10}}), \text{ млн. тг.} \quad (51)$$

$$I_{\text{пот}} = 14 \cdot (75991,68 + 7434,15) = 1,16 \text{ млн. тг.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\sum I_1 = I_{\text{экс.КЛ}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{экс.обор.}} + I_{\text{а.КЛ}} + I_{\text{а.об.}}, \text{ млн, тг} \quad (52)$$

$$\sum I_1 = 0,0014 + 1,16 + 7,93 + 0,01 + 0,0014 = 9,1 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные затраты являются мерой стоимости и определяются по выражению:

$$Z_1 = E \cdot K_1 + I_1, \text{ млн. тг,} \quad (53)$$

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

$$Z_1 = 0,12 \cdot 26,52 + 9,1 = 12,28 \text{ млн. тг.}$$

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

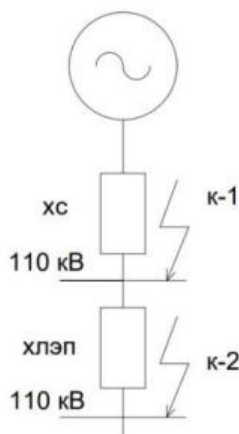


Рисунок 4 – Схема замещения расчета Кз для II варианта

Расчет токов к.з. для II варианта аналогично производим расчет по формулам I варианта также в относительных единицах по рисунку 4 и уже с помощью данного трансформатора ТДН-10000/110 с характеристиками: $U_{вн} = 115$ кВ, $U_{нн} = 6,3$ кВ, $U_{к\%} = 10,5\%$, $P_{xx} = 14$ кВт, $P_{кз} = 58$ кВт, $I_{xx} = 0,9\%$.

Выбираем ЛЭП-110

$$S_{ЛЭП} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{Тктп})^2 + Q_3^2}$$

$$S_{ЛЭП} = \sqrt{(1225,17 + 36,5)^2 + 281,78^2} = 1292,75 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток рассчитываю по формуле:

$$I_p = \frac{S_{ЛЭП110}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ А}$$

$$I_p = \frac{1292,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 3,4 \text{ А}$$

Ток аварийного режима рассчитываю по формуле:

$$I_{ав} = \frac{I_p}{2}, \text{ А}$$

$$I_{ав} = \frac{3,4}{2} = 1,7 \text{ А.}$$

Сечение проводов рассчитываю по формуле:

$$F = \frac{I_p}{j}, \text{ мм}^2$$

$$F = \frac{3,4}{1,4} = 2,42 \text{ мм}^2.$$

где $j = 1,1 \text{ А/мм}^2$ – экономическая плотность тока для неизолированного провода и шины типа алюминия согласно ПУЭ таб. 1.3.36.

После выполненных мной расчетов принимаю провод ЗхАС 70/11 с характеристиками: $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$, $x_0 = 0,4218 \text{ Ом/км}$, при этом нужно учитывать что для напряжения 110 кВ минимально сечение кабеля необходимо 70 мм^2 .

Далее производим расчет проверки выбранного мною кабеля по 2 условиям:

1) на нагрев рабочим током:

$$3 \cdot I_{\text{доп}} > I_p,$$

$$3 \cdot 265 = 795 > 3,4 \text{ А};$$

2) по аварийному режиму:

$$1,3 \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{ав}},$$

$$1,3 \cdot 795 = 1033,5 > 1,7 \text{ А}.$$

Данный кабель подходит по всем параметрам.

2.9 Выбор высоковольтной аппаратуры и расчет токов к.з. II варианта

Выбор высоковольтной защитной аппаратуры производится по тем же условиям что и в первом варианте и вносятся в таблицы 9–12:

Таблица 9 – Данные выключателя ВРС110-2500 УХЛ1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n \geq U_p$	110 кВ	110 кВ
$I_n \geq I_{\text{ав}}$	2500 А	1,7 А
$I_{\text{отк}} \geq I_{\text{к1}}$	31,5 кА	137,5 кА

Таблица 10 – Данные разъединителя РНД(З)-110/630Т1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$, кВ	110	110
$I_H \geq I_{ав}$, А	630	26,15
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	100 кА	3,47
$I_{терм} \geq I_{к2}$, А	100 кА	1,37

Таблица 11 – Данные ОПН-110/88- 10/650(II)

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

Таблица 12 – Данные заземлитель ЗОН-110М(У)(Т)-1(11)У1

Условия выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H \geq U_p$	110	110
$I_H \geq I_{ав}$, А	400	26,15
$I_{скв} \geq i_{уд2}$, А	16	3,47
$I_{тем ст} \geq I_{к2}$, А	6,3	1,37

Капитальные затраты II варианта производим по примеру первого варианта и сравнение капитальных затрат разных вариантов и сравнение потерь вносятся в таблицы 13–14.

Таблица 13 – Сравнение капитальных затрат разных вариантов

Варианты	U_H , кВ	K_{Σ} тыс. е.	I_{Σ} тыс. е.	Z_{Σ} тыс. е.
1	10	26,52	9,1	12,28
2	110	37,09	18,72	23,17

Таблица 14 – 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 произ-

водства, ведь нынешняя предоставленная схема была подкорректирована под мой цех переработки макулатуры. Также нужно учитывать что в I варианте мы используем кабельную линию непосредственно расположенную в траншее, а во II варианте используем воздушную линию

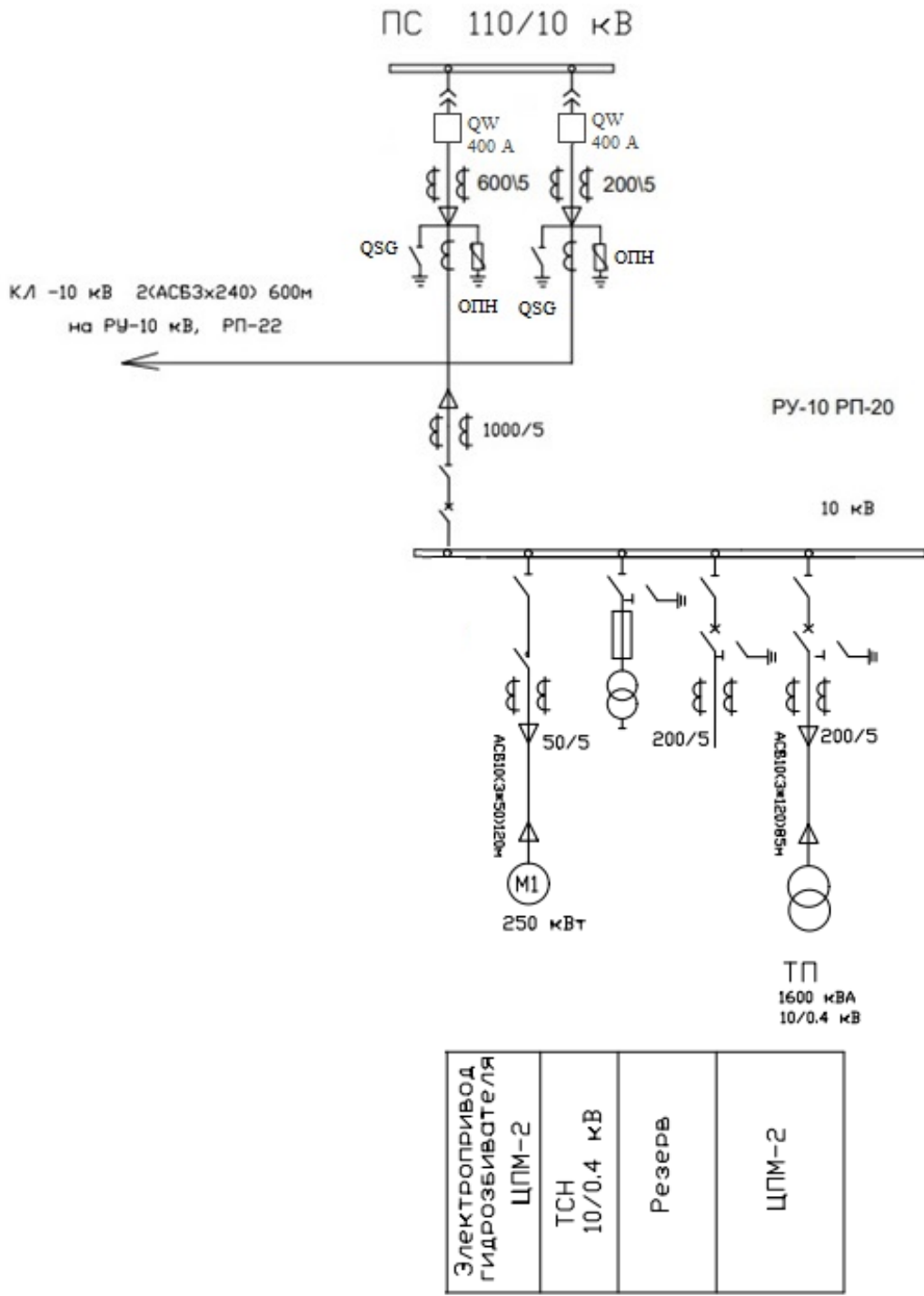


Рисунок 5 – Однолинейная схема ЦПМ

3 Высоковольтные электродвигатели

В спец части будут рассматриваться высоковольтные электродвигатели на 10 кВ, так как в моем цехе переработки макулатуры используются такие двигатели.

Для начала что такое высоковольтные электродвигатели – как мы знаем это двигатели, требующие в работе механизмы, без регулирования частоты вращения, в основном для работы насосов, вентиляторов, воздуходувок, дымососов и других механизмов близких по свойствам к пусковым, а также для работы вспомогательных механизмов тепловых электростанций. Такие высоковольтные машины изготавливают на напряжение 3 кВ, 6 кВ, реже на напряжение 10 кВ и свыше 10 кВ, это связано тем что на высокое напряжение предъявляет крайне много требований к качеству и т. п.

Преимущество двигателя высокого напряжения:

- 1) Используют меньше меди и поэтому КПД выше
- 2) Имеет малый ток
- 3) Большой крутящий момент
- 4) Высокая эффективность и энергосбережение

Недостатки:

- 1) Высокая стоимость
- 2) Запросов к эксплуатации больше
- 3) Длительное производство двигателя

В цехе переработки макулатуры используется асинхронный двигатель ГРГ на шину 10 кВ, мощность 250 кВт с 1450 обор/мин и по этим данным я выбрал двигатель серии 1ВАО-450М-4ДУ2,5 и в таблице 15 указано характеристика выбранного двигателя.

Таблица 15 – Характеристика двигателя серии 1ВАО-450М-4ДУ2,5

P_n , кВт	U_n , кВ	n_1 , Об/мин	$I_{н.статора}$, А	η , %	$\cos\varphi$, о. е.	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
250	10	1500	17	93,3	0,91	2,4	1,1	6

3.1 Диагностика асинхронных двигателей на этапах производства, эксплуатации и ремонта

Выбор стратегии и методов диагностирования асинхронных двигателей определяется рядом факторов. Первостепенное значение имеет конечная цель диагностирования, которая зависит от того, на каком этапе жизненного цикла определяется техническое состояние двигателя: на этапе производства, эксплуатации или ремонта.

На этапе производства важно обеспечить оптимальное проектирование и доводку конструкции, ориентируясь на обеспечение надежности и долговечности, а также контроль качества изготовления деталей и их монтажа. Основные виды неисправностей в условиях серийного производства: кинематические ошибки изготовления деталей, выход параметров за допустимые пределы по точности и дефекты сборки, к которым относятся неуравновешенность, различного рода перекосы, зазоры, относительные смещения взаимодействующих деталей, несоблюдение технологии смазки и т.п. На этапе эксплуатации вследствие естественного процесса старения элементов со временем наработки происходит изменение параметров двигателей, приводящее к неисправностям и поломкам.

По скорости развития эксплуатационные дефекты делят на две категории: быстро развивающиеся, которые вызывают внезапные отказы, и медленно развивающиеся. К 1-й категории относятся трудно прогнозируемые отказы, которые являются следствием производственных технологических дефектов или разрушения под действием мгновенно возникающей нагрузки, превышающей предел прочности элементов. Ко 2-й категории относятся неисправности, возникновение и развитие которых может быть зарегистрировано, спрогнозировано и проконтролировано до их критического уровня.

При правильной организации эксплуатации асинхронных двигателей вид неисправности и объем ремонта можно определить заранее, до наступления критического состояния механизма. Диагностика на этапе ремонтных работ сводится к послеремонтному контролю технического состояния. В объем диагностирования необходимо включать и пред ремонтную оценку технического состояния машин.

У электродвигателей после ремонта с разборкой и заменой деталей надежность работы часто снижается. Во время ремонта проблематично выявить скрытые дефекты, такие, например, как дефекты стержней короткозамкнутого ротора или нарушение изоляции обмотки статора.

В настоящее время возникает потребность диагностики состояния асинхронных электродвигателей в процессе его работы. Обнаружение дефектов в работающем электродвигателе на ранней стадии развития позволит предупредить внезапную остановку производства в результате аварии, снизить расходы на ремонт электродвигателя и увеличить срок его службы.

Вывод: в последнее время появляются все больше и больше количества методов диагностики электродвигателей, но несмотря на это вопрос продолжает быть актуальным. Из-за того что отсутствуют надежные критерии оценки технического состояния, динамики развития дефектов, недостаточная исследованность отдельных неисправностей двигателей. Ввиду чего не получается оценить дефекты на ранней стадии их развития.

Поэтому следует создать универсальный, простой метод определения технического состояния электродвигателей. Это поможет снизить ущерб от повреждений. Нужно измерить параметры привода без вывода двигателя из процесса производства и транспортировки его на специализированные стенды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте мною был произведён расчет электроснабжение цеха переработки макулатуры с помощью начальных данных взятых с технологического департамента ТОО «Kagazy Recycling».

По расчетным нагрузкам $P_{p0,4}=1214,7$ кВт, $Q_{p0,4}=813,43$ кВар было определен 1 трансформатор типа ТСЗ-1600-10/0,4 который соответствует по коэффициенту загрузки 0,8, и также я учел тот факт что в непредвиденных случаях основной трансформатор может отключиться и поэтому установил резерв.

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ РП происходит с помощью составления уравнение баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определил что нужно будет устанавливать батарей конденсатор, я выбрал тип НБК: УК-0,4-450-УЗ, на шинах 10кВ относительно $Q_{ВБК}$, т. к. в итоге $Q_{ВБК} = -151,4$ кВар в связи с этим установка высоковольтных батарей конденсаторов не нужна.

После расчета низковольтной и высоковольтной нагрузки по цеху, мы переходим к технико-экономической части расчета где я сравнил схемы внешнего электроснабжение по 2 вариантам и рассчитал капитальные затраты, по которым сделал заключение что 1-вариант на $U=10$ кВ с КЛ будет целесообразно экономичен.

Проектирование диплома на тему электроснабжение цеха переработки макулатуры обеспечивает надежное бесперебойное питание цеха, все выбранное оборудование является современным и соответствующим всем нормам. Проект является экономически целесообразным, соответствует всем экологическим нормам и стандартам

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Шестое издание (утв. Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979) (ред. от 20.06.2003), Таблица 1.3.36. Экономическая плотность тока
- 2 Голубева А.М. Анализ проблемы диагностики асинхронных двигателей с поврежденным короткозамкнутым ротором // Мехатроника: сб. ст. техн. тематики. – 2007.
- 3 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий. Под общей редакцией проф.МЭИ (ТУ) С.И.Гамазина, Б.И.Кудрина, С.А.Цырука. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
- 4 Электротехнический справочник в 4 томах. Том 2. Электротехнические изделия и устройства. Под общей редакцией проф.МЭИ В.Г.Герасимова и др.- 10-е издание стереотип. М.: изд.дополненное МЭИ, 2007.
- 5 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РДТ153–34.0–20.527–98.–Москва «Издательство НЦ ЭНАС» 2002
- 6 Алюнов, А.Н. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжение / А.Н. Алюнов. - Режим доступа: <http://online-electric.ru> [1].
- 7 Расчет и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях/ Ю.С. Железко.- М.: изд. «НЦ ЭНАС», 2004., с.88-99.
- 8 2013–2022 ГК "Новые технологии" : Трехфазные асинхронные электродвигатели, взрывозащищённые электродвигатели, двигатели высоковольтные, многоскоростные электродвигатели, синхронные генераторы. – Режим доступа: <https://safemz.nt-rt.ru/>.
- 9 Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры: учебное пособие. - 2-е изд-е, испр. и доп. - СПбГТУРП. СПб., 2011. Ч. I. - 99 с.: ил. 44. - ISBN 978-5-91646-033-9
- 10 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.-М.: Интенмет Инжиниринг, 2005.-672 с

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Даниярұлы Еркебулана
(Ф.И.О. обучающегося)

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

Тема:

“Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО «Kagazy Recycling»”

Дипломная работа Даниярұлы Еркебулана посвящена вопросам электроснабжения цеха переработки макулатуры. В процессе дипломного проектирования Даниярұлы Е. ознакомился с технологическим циклом переработки макулатуры, произвел расчет электрических нагрузок, выбор трансформатора, электрического оборудования, высоковольтной аппаратуры, а также на основе расчетов обосновал рациональность выбранной схемы внешнего электроснабжения.

В технологическом разделе Даниярұлы Е. рассмотрел процесс переработки макулатуры. 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. Произведен расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ. 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 Даниярұлы Е. проявил свои прочные знания и навыки в проектировании сетей электроснабжения.

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

Дипломную работу оцениваю на 93%. Студента Даниярұлы Еркебулана предлагаю признать достойным присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Научный руководитель
сениор-лектор

(должность, уч. степень, звание)


(подпись)

Баямбаев К.А.

«24» мая 2022 г.



РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Даниярұлы Еркебулдан
(Ф.И.О. обучающегося)

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

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

Выполнено:

- а) графическая часть на 13 листах
б) пояснительная записка на 39 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

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

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

Дипломная работа предполагает использование для обеспечения энергией цеха переработки макулатуры современных средств и оборудования, позволяющих значительно повысить надежность и живучесть системы электроснабжения.

Студент Даниярұлы Еркебулдан 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 Даниярұлы Е. рассмотрел вопросы применения высоковольтных электродвигателей. Произвел анализ эксплуатации их на действующем производстве. Принял достоинства и недостатки использования высоковольтных электроприводов в производственном процессе.

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 завершенной и данную дипломную работу оцениваю на 90 %, а при успешной защите студент Даниярұлы Еркебулдан достоин присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Рецензент

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

Юсупова С.А.
(подпись)

«25» 05



Юсупова С.А.

2022 г.

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю

Алиев А.
«25» 05 2022 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Даниярұлы Еркебулан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО Kagazy Recycling

Научный руководитель: Кайрат Баянбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 35

Интервалы: 23

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: Проведенной анализ на оригинальность текста дипломной работы подтверждает ее уникальность с точки зрения существенных заимствований.

Дата 24.05.2022г.


Кайрат Баянбаев К.А.
проверочный эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Даниярұлы Еркебулан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Электроснабжение цеха переработки макулатуры ТОО Kagazy Recycling

Научный руководитель: Кайрат Балибаев

Коэффициент Подобия 1: 0.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 35

Интервалы: 23

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 укрывания 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 *Сарсембаев Е.А.*

