

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Бакалаврська дипломна робота на тему:

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю «Гайсинський молокозавод»

Виконав: студент 4 курсу, групи Е-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка».

Кулібаба В.В. _____

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ _____

Кравець О.М. _____

« 14 » 06 2024 р.

Рецензент к. т. н., ст. викл. каф. ЕСС
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

Сікорська О.В. _____

« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 17 » 06 2024 р.

Вінниця – 2024 року

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. М. Й. Бурбело

« 11 » 07 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Кулібаба Вадим Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод»
керівник роботи Кравець Олександр Миколайович к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ
затверджені наказом по ВНТУ від «11» «березня» 2024 року № 80
2. Термін подання студентом роботи «11» «червня» 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація

Вступ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

2.2 Вибір схеми цехової мережі

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПІДПРИЄМСТВІ

- 3.1 Основні заходи з енергозбереження в електроприводах
- 3.2 Ефективність впровадження частотно-керованих електроприводів
- 3.3 Вибір параметрів частотно-керованих електроприводів в системі теплопостачання
- 3.4 Заміна недовантаженого електропривода ЕП меншої потужності
- 3.5 Перевірка ефективності обмежувачів неробочого ходу в ЕП цеху

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

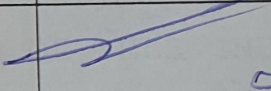
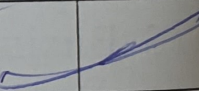
- 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта
- 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 4.3 Пожежна безпека

Висновки

Література

Додаток

- Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
 - Однолінійна схема електропостачання підприємства
 - План цеху і силової мережі
 - Розрахунково-монтажна таблиця
 - Креслення із спецпитання
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «03» «травня» 2024 року.

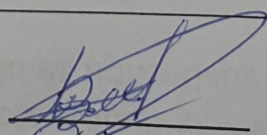
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

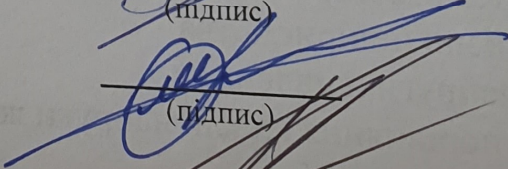
№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище та ініціали
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.24	
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	07.06.24	
3	Охорона праці	10.06.24	
4	Графічна частина	11.06.24	

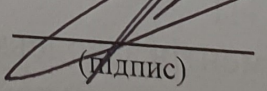
Студент

Керівник бакалаврської
дипломної роботи

Нормоконтроль


(підпис)


(підпис)


(підпис)

Кулібаба В.В.
(прізвище та ініціали)

Кравець О.М.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Пояснювальна записка

до бакалаврської дипломної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ГАЙСИНСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД»

08-23.БДР.000.01.024 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, гр. Е-206

спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Кулібаба В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«_____» _____ 2024 р.

Вінниця – 2024 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кулібабі Вадиму Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський МОЛОКОЗАВОД»

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“ ” 2024 року №

2. Термін подання студентом роботи “ ” 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Загальні відомості про підприємство. Аналіз системи електропостачання підприємства. Науково-дослідна частина. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами.
Однолінійна схема електропостачання підприємства. План
електропостачання цеху. Розрахунково–монтажна таблиця електропостачання
цеху. Науково–дослідна робота.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., професор кафедри БЖДПБ		
Наукова частина	Кравець О.М., к.т.н., доцент, каф. ЕСЕЕМ,		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства		
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина		

Студент _____
 (підпис)

Кулібаба В.В.
 (прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської
 кваліфікаційної роботи _____
 (підпис)

Кравець О.М.
 (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
 (підпис)

Войтюк Ю. П.
 (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
 (підпис)

 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кулібаба Вадим Віталійович. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод». БДР. Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2024 – 69с.

В бакалаврській дипломній роботі розглянуто питання щодо розробки системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод».

В здійснено розрахунок електропостачання підприємства в цілому та одного з його цехів на основі сучасних методик визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. Вибрано основне обладнання та проведено його перевірку.

В науково-дослідній частині роботи було здійснено аналіз способів економії електроенергії в електроприводах

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, трансформаторна підстанція, економія електроенергії.

ABSTRACT

Kulibaba Vadim Vitaliyovych. Development of the power supply system of the limited liability company "Gaysynskyi molokozavod". BT. Specialties 141 - Power engineering, electrical engineering and electromechanics. FEEEM, ESEEM Department - Vinnytsia: VNTU, 2022 - 69p.

In the bachelor's diploma thesis, the issue of the development of the power supply system of the Gaisyn Dairy LLC was considered.

The calculation of the power supply of the enterprise as a whole and one of its workshops was carried out on the basis of modern methods of determining the optimal parameters of the power supply system. The main equipment was selected and checked.

In the research part of the work, an analysis of ways to save electricity in electric drives was carried out

The issue of occupational health and safety in emergency situations was considered.

Key words: power supply system, transformer substation, electricity saving.

Drawings – 18

Tables - 21

Bibliographies – 37

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства.....	7
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	8
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	10
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі.....	10
2.2 Вибір схеми цехової мережі.....	13
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	14
2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В.....	17
2.5 Розрахунок навантажень підприємства.....	20
2.6 Вибір оптимальної напруги живлення.....	21
2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення.....	21
2.8 Вибір і розміщення цехових ТП.....	24
2.9 Техніко-економічне порівняння спорудженої СЕП.....	26
2.10 Побудова картограми електричних навантажень підприємства.....	28
2.11 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	30
2.12 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі.....	33
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	35
3.1 Основні заходи з енергозбереження в електроприводах.....	35
3.2 Ефективність впровадження частотно-керованих електроприводів.....	41
3.3 Вибір параметрів частотно-керованих електроприводів в системі тепlopостачання.....	43
3.4 Заміна недовантаженого електропривода ЕП меншої потужності.....	48
3.5 Перевірка ефективності обмежувачів неробочого ходу в ЕП цеху.....	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	54
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	57
4.2.1 Мікроклімат.....	57

4.2.2	Склад повітря робочої зони.....	58
4.2.3	Виробниче освітлення.....	59
4.2.4	Виробничий шум.....	60
4.2.5	Виробничі вібрації.....	62
4.3	Пожежна безпека.....	63
	ВИСНОВКИ.....	65
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
	ДОДАТКИ	
	Додаток А – Технічне завдання	
	Додаток Б – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами	
	Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства	
	Додаток Г – План електропостачання цеху	
	Додаток Д – Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху	
	Додаток Є – Підвищення ефективності використання електроприводів на підприємстві	
	Додаток З – Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи	

ВСТУП

Актуальність теми. Надійність та ефективність системи електропостачання реалізується шляхом вибором сучасного високоекономічного електрообладнання, для реалізації основних елементів СЕП, які зможуть задовольняти нормальним та аварійним режимам роботи. Використання систем введення резерву, автоматики та засобів релейного захисту для досягнення оптимального рівня надійності роботи СЕП. Тому практична реалізація даних задач являється актуальною темою не лише для СЕП окремої організації але і електричної системи в цілому.

Головним завданням і принципом дії системи контролю електроенергії є збір інформації по всіх споживачах електроенергії, що складається в цій системі, по напрузі а також потужності. Потім система АСКОЕ обробляє отримані свідчення витрати, і на їх основі дає результат у вигляді звіту. В обов'язковому порядку система виконує аналіз роботи і прогнозування дійсної ситуацій на майбутні періоди. Основним моментом є розрахунок фінансових параметрів і отримання вартості за витрачену електроенергію. Обсяг здійснених системою АСКОЕ визначень основних параметрів для споживаної потужності дає змогу покращити ефективність стану електроспоживання.

Мета та задачі дослідження. Основною метою кваліфікаційної роботи є розробка СЕП ТОВ «Термопласт». Здійснити розрахунки зовнішньої та внутрішньої електромережі, окремого цеху та підприємства в цілому, електричних навантажень, здійснити вибір електрообладнання та розрахувати місце встановлення трансформаторних підстанцій, здійснити вибір захисних апаратів та провести їх перевірку.

Основними задачами при проектуванні системи електропостачання являються задачі:

- оптимізації шляхом вибору напруги, визначення електричних навантажень, дотримуючись вимог щодо надійності системи електропостачання;
- задачі оптимального вибору кількості і потужності трансформаторів, засобів для компенсації реактивної потужності.

Об'єкт дослідження – процес підвищення якості електропостачання за рахунок використання автоматизації обліку електроенергії на підприємстві.

Предмет дослідження – система електропостачання ТОВ «Термопласт».

Методи досліджень. У кваліфікаційній роботі застосовуються загально прийняті методи розрахунку.

Наукова новизна. Запропоновано сучасні підходи для проектування системи електропостачання, що дозволяє оптимізувати процес споживання електричної енергії для підприємства ТОВ «Термопласт».

Практична цінність. Розроблені моделі можуть використовуватись в процесі реального проектування ЕПС споживачів електроенергії.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Загальний Аналіз підприємства

На Гайсинському молокозаводі велика кількість приймачів електричної енергії з тривалим режимом роботи. Система електропостачання заводу потребує двох окремих джерел живлення для досягнення максимальної надійності СЕП тому, що сировина чи готовий продукт швидко псуються без живлення електроенергії, що веде до матеріальних збитків, тому відносимо СЕП даного підприємства до II категорії [1].

На завод надходить молоко від господарств Гайсинського району. Крім того переробляються вершки, що надходять від інших молочних заводів.

Вся сировина перед прийманням перевіряється лабораторією молокозаводу по наступних якісних показниках: температура, щільність, кислотність, жирність, група чистоти. Один раз в декаду ставиться редуцтазна проба. На основі результатів визначається гатунок молока: перший, другий, негатурне молоко.

Молоко надходить в приймально-апаратний цех, де охолоджується до 8°C і по потребі резервується.

Відвійки надходять в танки вакуум-випарного відділення, де охолоджуються і резервуються. На 2х вакуум-випарних установках Віганд-4000 кг випареної води молоко згущається до концентрації 45% сухих речовин і на розпилювальній сушилці ЦТ-500 висушується. Так виготовляється молоко сухе знежирене.

Частина молока в кількості 5-6т надходить на виробництво твердого сиру.

Частина молока в кількості 5т надходить в цех по виготовленню продукції із незбираного молока (цільномолочний), де виробляється молочна продукція.

Холодом виробництво забезпечується від власної компресорної, де працюють 8 холодильних установок. Пар виробництво отримує від котельні птахокомбінату, потреба пару на годину 6 тон.

Миття автоцистерн здійснюється в типовому боксі механічно за допомогою миючої головки, дезінфекція гострим паром.

На заводі застосовується високотемпературний режим пастеризації, типи пастеризаторів ОКЛ-120, ПТ-10.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

Генеральний план молокозаводу з позначеними на ньому об'єктами проектування представлено на рисунок 1.1. В таблиці 1.1 наведені назви, величини електричних навантажень, та значення площі будівель підприємства.

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження виробничих потужностей

№ на плані	Назва цеху	Р _н , кВт
1	Приймальний цех	780
2	Продуктовий цех	600
3	Технічний цех	700
4	Цех підготовки виробництва	440
5	Виробничий цех	Об'єкт проектування
6	Цех готової продукції	480

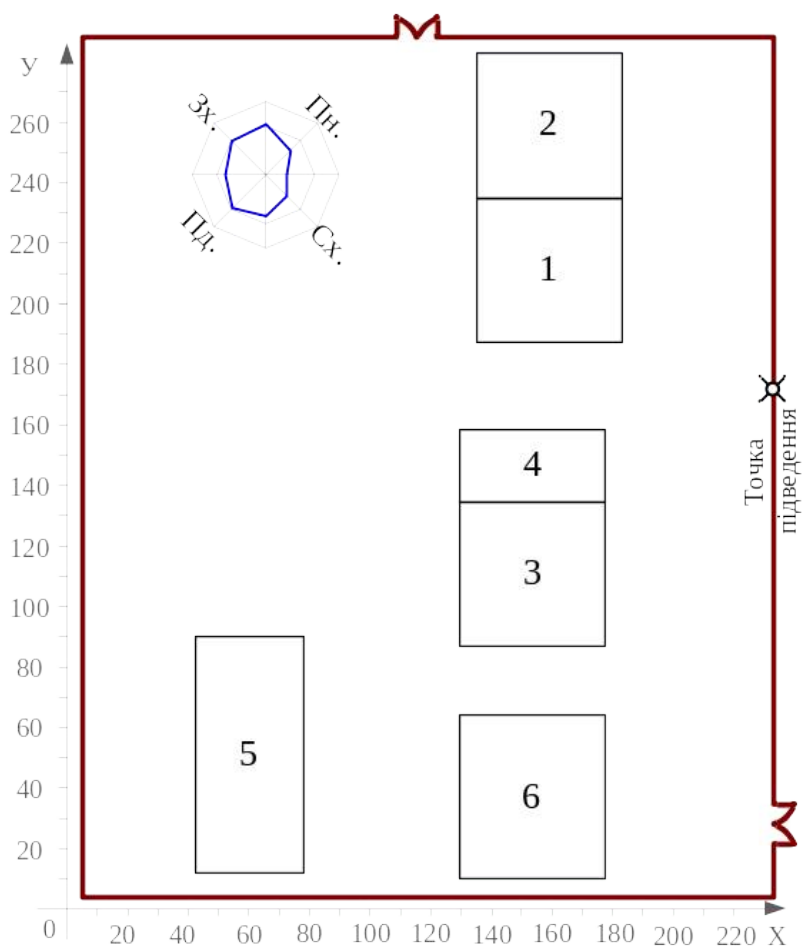


Рисунок 1.1 – Генплан ТОВ «Термопласт»

Значення навантажень споживачів Виробничого цеху (№5 на генплані) подано в табл. 1.2, план ливарного цеху зображено на рисунку 1.2.

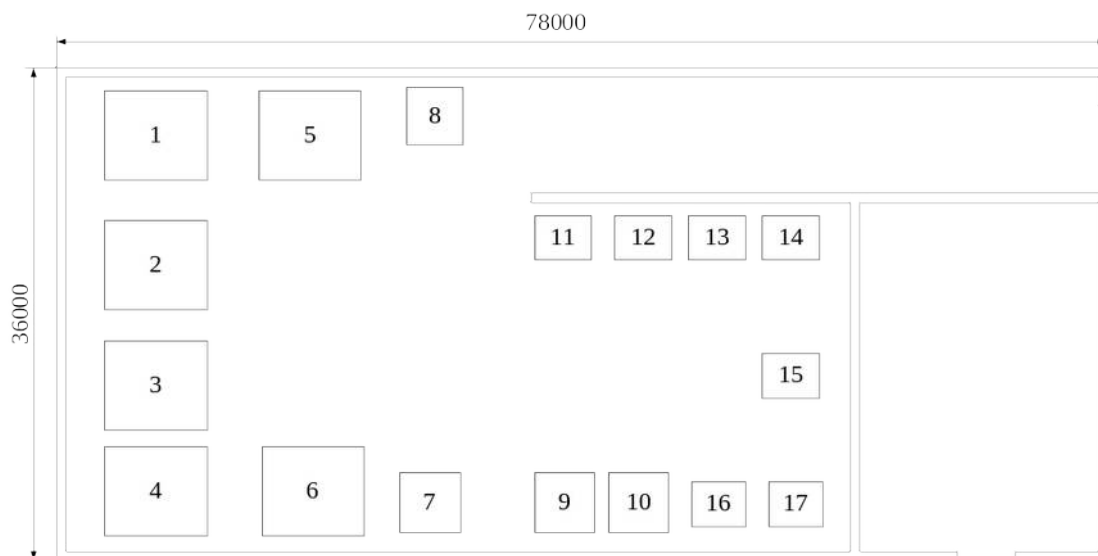


Рисунок 1.2 – План Виробничого цеху (№5 на генплані)

Таблиця 1.2 – Електричні навантаження Виробничого цеху

№	Найменування	Рн, кВт
1-2	Відділювач	12,0
3	Подрібнювач	18,5
4	Мийка	4,5
5-6	Дозувальна машина	11,0
7-8	Вакуум-фільтр	22,2
9-10	Вентилятор	1,1
11-12	Дозрівач	24,0
13	Мішалка	13,0
14	Циклон	1,5
15	Класифікатор	7,5
16	Міксер	7,5
17	Вібратор	18,5

Висновки.

В даному розділі бакалаврської дипломної роботи було проведено аналіз технологічних процесів на молокозаводу. Наведено дані про електричні навантаження підприємства, на основі яких можна здійснити проектування СЕП. Для підприємства актуальним є питання проект системи електропостачання, яка зможе забезпечити надійну та економічну роботу підприємства зважаючи на специфіку технологічних процесів підприємства.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Аналіз навантажень цехової мережі напругою до 1000 В

Розрахунок електричних навантажень дуже важливий етап для подальшого правильного вибору обладнання, електропроводки і джерел енергії, забезпечуючи стабільність і надійність електропостачання. Розрахунок електричних навантажень дозволяє розробляти оптимальні рішення з проектування та розвитку СЕП на підприємстві.

Схема мережі цеху повинна відповідати всім нормам та задовольняти вимоги усіх виробничих процесів тому розробка проекту схеми живлення навантажень цеху є важливим етапом введення в експлуатацію нових потужностей. Під час вибору оптимальної схеми слід враховувати такі фактори як [10]: розподілення і тривалість роботи ЕП з найбільшим навантаженням, потужність, забезпечення необхідного рівня надійності та економічності.

Розрахункові навантаження ЕП, які працюють на напрузі до 1000 В розраховуємо використовуючи табличну форму (форма Ф636-92 [6]), а всі результати даного розрахунку занесено до таблиці 2.1.

Для живлення електроприймачів (ЕП) цеху буде використано головний розподільчий пункт (ГРП). ЕП-5 (Термопластавтомат 2,5 м3 Рн=165 кВт) під'єднується до ТП напряму. (рисунок 2.1).

Значення розрахункових навантажень окремих груп ЕП:

$$P_p = P_H, \quad Q_p = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H; \quad (2.1)$$

де P_H - значення номінальної активної потужності обладнання, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_H$ - коефіцієнт РП.

Розрахункове навантаження РП:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi}; \quad (2.3)$$

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.4)$$

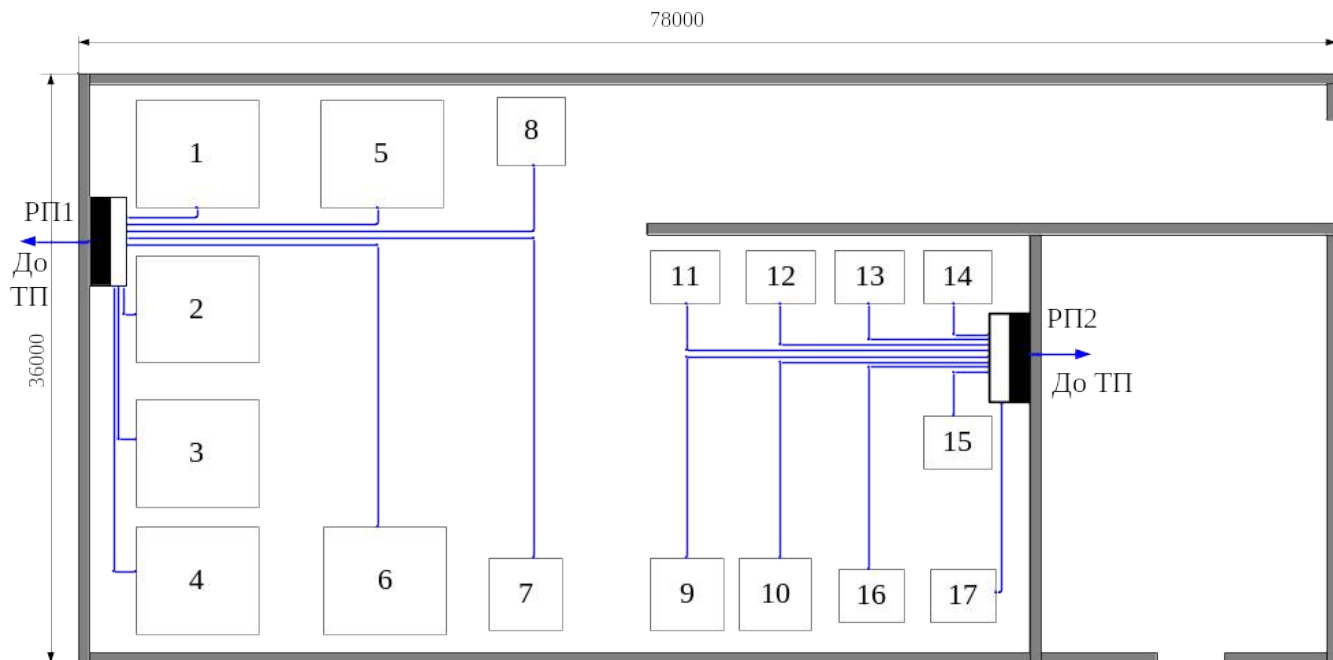


Рисунок 2.1 – План Виробничого цеху (№4 на генплані)

Розрахункові навантаження для ШРА визначаються за наступними формулами:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi} ; \quad (2.5)$$

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci} ; \quad (2.6)$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового максимуму [6];

n_e - ефективне число ЕП приєднаних до РП цеху;

Середні потужності окремих споживачів:

$$P_C = K_B \cdot P_H ; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2.7)$$

Коефіцієнт використання та ефективне число групи споживачів приєднаних до РП:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} ; \quad (2.8)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} ; \quad (2.9)$$

Розрахункова повна потужність групи ЕП приєднаних до одного РП:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (2.10)$$

Розрахунковий струм відповідно значенню повної потужності:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H} . \quad (2.11)$$

Приклад розрахунку силового навантаження для РП 1:

$$P_p = 8,4 + 5,55 + 1,35 + 6,6 + 11,1 = 33 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 9,82 + 7,4 + 1,01 + 6,73 + 6,88 = 31,85 \text{ (кВар)};$$

$$n_e = \frac{33^2}{113,4} \approx 6.$$

З таблиці 1.1 [5] $K_p = 1,28$ і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів:

$$P_p = K_p \cdot P_{c\Sigma} = 33 \cdot 1,28 = 42,24 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 1,1 K_p n P_H \operatorname{tg} \varphi = 1,1 \cdot 31,85 = 35,03 \text{ (кВар)}.$$

Якщо ефективне число електроприймачів менше 10 ($n_e \leq 10$), то замість коефіцієнта 1,0 в формулі реактивної потужності використовуємо 1,1.

Визначаємо S_p електроприймачів РП1:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{42,24^2 + 35,03^2} = 54,88 \text{ (кВА)}.$$

$$I_p = \frac{54,88}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 83,37$$

Результат розрахунку цехової мережі представлено в таблиці 2.1.

Вихідні дані							Розрахункові величини			n _e	K _p	Розрахункові навантаження			
Завдання технологів				Довідкові дані			P _c	Q _c	n×P ² _H			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	I _p , А
Найменування ЕП	n	P _H , кВт	n×P _H , кВт	K _B	cosφ	tgφ									
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
РП 1															
Відділював 1,2	2	12	24	0,35	0,65	1,17	8,4	9,82	288						28,0
Подрібнювач 3	1	18,5	18,5	0,3	0,6	1,33	5,55	7,4	342,25						46,8
Мийка 4	1	4,5	4,5	0,3	0,8	0,75	1,35	1,01	20,25						8,5
Дозувальна машина 5,6	2	11	22	0,3	0,7	1,02	6,6	6,73	242						23,9
Вакуум-фільтр 7,8	2	22,2	44,4	0,25	0,85	0,62	11,1	6,88	985						39,7
Всього РП 1	8		113,4	0,29			33	31,85	1878,18	6	1,28	42,24	35,03	54,88	83,37
РП 2															
Вентилятор 9,10	2	1,1	2,2	0,65	0,8	0,75	1,43	1,07	2,42						2,1
Дозрівач 11,12	2	24	48	0,25	0,85	0,62	12	7,44	1152						42,9
Мішалка 13	1	13	13	0,4	0,6	1,33	5,2	6,93	169						32,9
Циклон 14	1	1,5	1,5	0,3	0,65	1,17	0,45	0,53	2,25						3,5
Класифікатор 15р	1	7,5	7,5	0,35	0,85	0,62	2,63	1,63	56,25						13,4
Міксер 16	1	7,5	7,5	0,3	0,65	1,17	2,25	2,63	56,25						17,5
Вібратор 17	1	18,5	18,5	0,25	0,65	1,17	4,63	5,51	342,25						43,2
Всього ПРП 2	9		98,2	0,29			28,58	25,63	1780,42	5	1,35	38,58	28,2	47,79	72,61
Всього цеху	17		211,6	0,29			61,58	57,48	3658,6	12	1,08	66,51	57,48	87,9	133,55

2.2 Вибір схеми цехової мережі

Оскільки радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання, то вибираємо радіальну схему цехової мережі, що було показано на рисунку 2.1. РП 1,2 цеху готової продукції заживлено від ТП за допомогою кабелів АВВГ прокладених відкрито. Приєднання під РП до ЕП здійснюється провідником АПВ прокладених в трубі.

В якості вимикачів на лініях будить встановлені автоматичні вимикачі від виробника ЕТІ типу ЕВ та ЕВ2 з напівпровідниковим чи тепловими і електромагнітним розчіплювачем.

2.3 Вибір захисних апаратів та ліній живлення напругою до 1000 В

Вибір АВ повинен відбуватися з дотриманням наступних умов [10]:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.12)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_n. \quad (2.13)$$

$$I_{н.відк} \geq I_{к.мах}^{(3)}. \quad (2.14)$$

Для прикладу проводимо вибір і перевірку АВ для захисту лінії яка живить електроприймач ЕП-1.

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n}; \quad (2.15)$$

$$I_p = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 28 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм приймаємо рівним:

$$I_n = 5 \cdot I_p = 5 \cdot 28 = 140 \text{ (A)}. \quad (2.16)$$

Вибираємо для захисту ЕП-1 автоматичний вимикач з напівпровідниковим розчіплювачем. Перевіряємо обраний АВ за номінальним струмом розчіплювача та за величиною струму спрацювання відсічки для ЕП-1:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_n = 1 \cdot 28 = 28 \text{ (A)};$$

$$I_{с.в.} \geq K_n I_n = 1,5 \cdot 140 = 210 \text{ (A)}.$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач ЕВ100/3L 32А 3р 3р серії економ з номінальним струмом вимикача 32 А, номінальним струмом розчіплювача 32 А та струмом спрацювання відсічки 250 А.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП-1.

Згідно [10] пусковий струм групи ЕП приєднаних до РП визначаємо за формулою:

$$I_n = I_p - K_v \cdot I_{н.мах} + I_{п.мах}; \quad (2.17)$$

де $I_{н.макс}$, $I_{п.макс}$ - номінальний і піковий струми найбільш потужних електроприймачів, а K_B - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_{п} = 83,37 - 0,7 \frac{22,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,25 \cdot 0,85} + 5 \frac{22,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 134,14 \text{ (A)};$$

Вибираємо для встановлення на лініях від ТП до ГРП автоматичні вимикачі. Вибираємо селективний автоматичний вимикач серії ЕВ 100/3L 100А 3р з номінальним струмом $I_{ном.в} = 100 \text{ А}$ і номінальним струмом розчеплювача $I_{н.розч} = 100 \text{ А}$ та струмом спрацювання відсічки 500 А.

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_{м} = 1,1 \cdot 83,37 = 91,7 \text{ (A)};$$

$$I_{с.в.} \geq K_{н} I_{п} = 1,5 \cdot 134,14 = 201,6 \text{ (A)}.$$

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів для усіх інших споживачів цеху. Результати даних розрахунків представлені в таблиці 2.2.

Для мереж напругою до 1000 В переріз жил ліній живлення вибирають за величиною допустимого нагріву.

$$I_{доп} \geq \begin{cases} I_p - \text{для невибухонебезпечних приміщень,} \\ 1,25 \cdot I_p - \text{для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases} \quad (2.18)$$

Відповідно вимог правил влаштування електроустановок вибираємо наступні способи прокладки ліній:

- від ТП до РП-1, РП-2, РП-3 і до РП-4 прокладка кабелю з алюмінієвими жилами з ПВХ ізоляцією в полівінілхлоридній облонці (АВВГ);
- від РП1, РП2, РП3, РП4 до всіх електроприймачі приєднані алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в сталевих рукавах в лотках.

Для живлення РП-1 вибираємо кабель типу АВВГ (3х35+1х16), при прокладці у трубі ПВХ в підлозі $I_{доп} = 109 \text{ А}$.

Для живлення ЕП-1 вибираємо кабель типу АПВ 4(1х10), при прокладці в сталевих рукавах $I_{доп} = 39 \text{ А}$.

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ЕП-2:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{ПІТ}} + Q_p \cdot X_{\text{ПІТ}}}{U_H} \cdot l; \quad (2.19)$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП-1}} = \frac{42,24 \cdot 3,84 + 35,03 \cdot 0,088}{380} \cdot 30 = 9,68 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{РП-1-ЕП-2}} = \frac{12 \cdot 3,84 + 12 \cdot 1,17 \cdot 0,088}{380} \cdot 10,3 = 2,16 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-2}} = 9,68 + 2,16 = 11,84 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП-ЕП-2}} = \frac{11,84}{380} \cdot 100 = 3,1\%. \quad (2.20)$$

Така величина зниження напруги в лінії електропередачі відповідає нормам. Для інших ЕП розрахунків та вибір обладнання здійснюється таким же чином. Результат для усіх ЕП цеху наведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – АВ та КЛ цехової мережі напругою до 1000 В

Найменування ЕП	Ip, А	Ip, А	Тип АВ	Іном, А	Ірозч, А	Ісв, А	Ін.відк, кА	Тип ЛЖ	S, мм2	спос. прок.	Ідоп, А
РП 1	83,4	375,2	ЕВ 100/3Л 100А 3р	100	100	500	6	АВВГ	3х35+1х16	відкрито	109
РП 2	72,6 1	326,7	ЕВ 100/3Л 100А 3р	100	100	500	6	АВВГ	3х35+1х16	відкрито	109
Відділювач 1,2	28,0	140,2	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	32	150	6	АПВ	4(1х10)	в трубі	39
Подрібнювач 3	46,8	234,2	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	6	АПВ	4(1х25)	в трубі	70
Мийка 4	8,5	42,7	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	80	6	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
Дозувальна машина 5,6	23,9	119,4	ЕВ 100/3Л 25А 3р	25	25	125	6	АПВ	4(1х6)	в трубі	30
Вакуум-фільтр 7,8	39,7	198,4	ЕВ 100/3Л 40А 3р	40	40	200	6	АПВ	4(1х16)	в трубі	55
Вентилятор 9,10	2,1	10,4	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	80	6	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
Дозрівач 11,12	42,9	214,5	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	6	АПВ	4(1х25)	в трубі	70
Мішалка 13	32,9	164,6	ЕВ 100/3Л 40А 3р	40	40	200	6	АПВ	4(1х16)	в трубі	55
Циклон 14	3,5	17,5	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	16	80	6	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
Класифікатор 15	13,4	67,0	ЕВ 100/3Л 25А 3р	25	25	125	6	АПВ	4(1х6)	в трубі	30
Міксер 16	17,5	87,7	ЕВ 100/3Л 25А 3р	25	25	125	6	АПВ	4(1х6)	в трубі	30
Вібратор 17	43,2	216,2	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	63	300	6	АПВ	4(1х25)	в трубі	70

2.4 Визначення струмів КЗ для цехової мережі напругою до 1000 В

З метою виконання перевірки раніше обраних АВ та КЛ проводимо розрахунок струмів КЗ.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки, що живить ЕП-1. Складемо розрахункову схему.

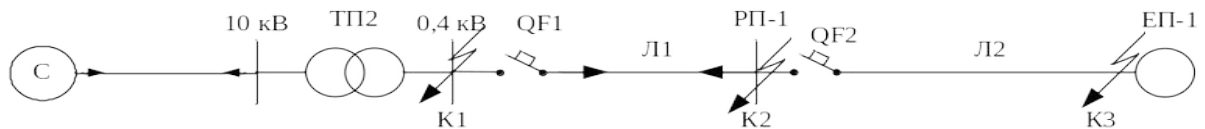


Рисунок 2.2 – Схема електропостачання ЕП-1

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_r = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25. \quad (2.21)$$

Якщо трансформатор отримує живлення середньою або високою напругою, то енергопостачальна компанія повинна вказувати характеристики підстанції з якої здійснюється живлення, $I_K'' = 10$ кА.

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 1,016 \text{ (мОм)}; \quad (2.22)$$

де С - коефіцієнт напруги;

U_n – номінальна напруга системи в точці з'єднання з мережею;

I_K'' – початкова сила струму КЗ.

Оскільки живлення здійснюється на напрузі 10 кВ то активний і реактивний опір системи знаходиться:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ (мОм)};$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,97 = 0,097 \text{ (мОм)}.$$

Оскільки підприємство живиться через КЛ 10 кВ при розрахунку кз на стороні 0,4 кВ то їх опір потрібно привести до сторони 0,4 кВ. Знаходимо опори лінії 1:

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,073 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,28 \text{ (мОм)}; \quad (2.23)$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 3,1 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{25^2} = 11,9 \text{ (мОм)}.$$

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{\text{к\%}}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{380^2}{1000 \cdot 10^3} = 7,9 \cdot 10^{-3} = 7,9 \text{ (мОм)}.$$

Визначаємо опори ліній Л2, Л3:

$$Z_{Л2} = Z_{\text{ТП-РП-1}} = \sqrt{R_{\text{пит}}^2 + X_{\text{пит}}^2} \cdot l = \sqrt{2,4^2 + 0,084^2} \cdot 39 = 94,4 \text{ (мОм)}.$$

$$Z_{Л3} = Z_{\text{РП1-ЕП-1}} = \sqrt{3,84^2 + 0,088^2} \cdot 18 = 57,6 \text{ (мОм)}.$$

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}};$$

де Z_{Σ} - загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ.

- для точки К1:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 7,9} = 29,2 \text{ (кА)};$$

- для точки К2:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (7,9 + 94,4)} = 2,25 \text{ (кА)};$$

- для точки К3:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (7,9 + 94,4 + 57,6)} = 1,45 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо вимикачі на комутаційну здатність:

QF1: ЕВ 100/3Л 100А 3р

$$I_{\text{н.відк}} = 32,5 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 29,2 \text{ (кА)}.$$

QF2: ЕВ 100/3Л 32А 3р

$$I_{\text{н.відк}} = 6 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 2,25 \text{ (кА)}.$$

Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж. Для перевірки чутливості захисту необхідно визначити струми однофазних КЗ для точок, зображених на рисунку 2.2.

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{\phi, \text{ном}}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{\phi-H} \cdot l}; \quad (2.24)$$

- для точки К2:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{26,4}{3} + 5,92 \cdot 39,3} = 0,9 \text{ (кА)};$$

- для точки К3:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{26,4}{3} + 5,92 \cdot 39,3 + 7,41 \cdot 18} = 0,6 \text{ (кА)};$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{\text{н.розч}} \leq \frac{I_{\text{к,міп}}^{(1)}}{3};$$

- для точки К2:

$$I_{\text{н.розч}} = 100,8(\text{А}) \leq I_K^{(1)} = \frac{900}{3} = 300 \text{ (А)};$$

- для точки К3:

$$I_{\text{н.розч}} = 40(\text{А}) \leq I_K^{(1)} = \frac{600}{3} = 200 \text{ (А)};$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються.

Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{\text{с.В1}} > (1,3..1,5) I_{\text{с.В2}}, \\ t_{\text{с.В1}} = t_{\text{с.В2}} + \Delta t. \end{cases}$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП–РП-3(вимикач 1), РП-3-ЕП-32(вимикач 2)

$$\begin{cases} 500(\text{А}) > (1,3..1,5) \cdot 280 = 364..420(\text{А}), \\ t_{\text{с.В2}} = 0,015 + 0,1 = 0,115(\text{с}), \\ t_{\text{с.В1}} = 0,115 + 0,1 = 0,215(\text{с}). \end{cases}$$

Умови селективності по струму виконуються.

Побудуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

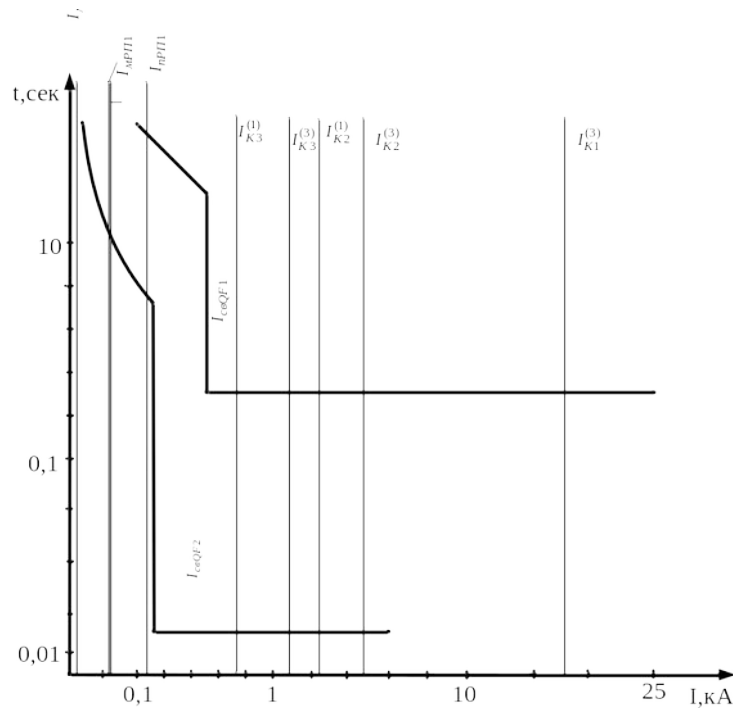


Рисунок 2.3 – Карта селективності дії захисту

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

Для окремого споживача розрахунок активної та реактивної потужності рівний [10]:

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.35)$$

Потужність систем освітлення пропорційна площі приміщення та величині необхідного світлового потоку [5]:

$$P_O = P_{\text{Пит.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F; \quad (2.36)$$

$$Q_O = P_O \cdot \operatorname{tg} \phi_O; \quad (2.37)$$

Розрахункові потужності:

$$P_P = P_C + P_O; \quad Q_P = Q_C + Q_O; \quad (2.38)$$

Розрахункові максимальні навантаження:

$$P_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{PЦi} + P_{P3} \right) + P_{O\Sigma}; \quad Q_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{PЦi} + Q_{P3} \right); \quad (2.39)$$

Сумарне навантаження підприємства:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2}; \quad (2.40)$$

Для прикладу розраховуємо навантаження Приймального цеху (№1 на генплані):

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H = 0,35 \cdot 780 = 273 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi = 273 \cdot 1,02 = 278,52 \text{ (кВт)};$$

$$P_O = 0,014 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 2304 = 30,97 \text{ (кВт)};$$

$$P_p = 273 + 30,97 = 303,97 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 278,52 + 30,97 \cdot 0,43 = 291,83 \text{ (кВт)};$$

$$S_p = \sqrt{303,97^2 + 291,83^2} = 421,38 \text{ (кВА)}.$$

Результат розрахунку навантажень підприємства наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження				Сумарне навантаження			
		P_H , кВт	K_{Π}	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_C , кВт	Q_C , квар	$F, \text{м}^2$	$P_{\text{Пит.}}$, Вт/м ²	$K_{\text{ПО}}$	$K_{\text{ПРА}}$	P_O , кВт	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	Приймальний цех	780	0,35	0,7	1,02	273	278,52	2304	0,014	0,8	1,2	30,97	303,97	291,83	421,38
2	Продуктовий цех	600	0,35	0,8	0,75	210	157,50	2304	0,014	0,8	1,2	30,97	240,97	170,82	295,37
3	Технічний цех	700	0,45	0,7	1,02	315	321,36	2304	0,014	0,8	1,2	30,97	345,97	334,68	481,36
4	Цех підготовки виробництва	440	0,5	0,65	1,17	220	257,21	1152	0,014	0,8	1,2	15,48	235,48	263,87	353,66
5	Виробничий цех					66,51	57,48	2808	0,014	0,8	1,2	37,74	104,25	73,71	127,67
6	Цех готової продукції	480	0,5	0,7	1,02	240	244,85	2592	0,014	0,8	1,2	34,84	274,84	259,83	378,21
	Всього по підприємству	3000				1324,5	1316,9	13464				180,9	1439,2	1324,9	1956,2

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

Для знаходження величини оптимальної напруги живлення для параметрів СЕП, таких як необхідна величина навантаження та відстань до живильної підстанції, рекомендується використовувати наступну формулу [12]:

$$U_{ек} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot P_p}; \quad (2.41)$$

Цю формулу можна використовувати у випадках коли параметри підприємства належать даним обмеженням, а саме довжина лінії живлення не більше $L \leq 250$ км, а необхідна потужність не більше $P_p \leq 60$ МВт [12].

Отже визначасмо оптимальне значення класу напруги живлення для параметрів підприємства:

$$U_{ек} = 4,34 \sqrt{2,15 + 16 \cdot 1,439} = 21,78 \text{ (кВ)}.$$

Отже, розрахунок показав, що для зовнішньої лінії живлення підприємства потрібно провести техніко-економічного порівняння двох варіантів схеми для двох класів напруги, а саме 35 кВ від ПС системи довжиною лінії 3,5 км та 10 кВ від ПС системи довжиною лінії 2,15 км.

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

Проводимо необхідні розрахунки для обох раніше обраних класів напруг [13].

Для подальшого розрахунку необхідно виконати попередній вибір перерізу ліній живлення на обох класів напруг. Вибір КЛ виконуємо за величиною допустимого струму, а для цього знаходимо значення розрахункового струму лінії живлення:

$$I_p = \frac{S_p / 2}{\sqrt{3} U_{ном}} \text{ (А)}; \quad (2.41)$$

$$I_{p35} = \frac{1956,28 / 2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 16,14 \text{ (А)};$$

$$I_{p10} = \frac{1956,28 / 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 56,47 \text{ (А)}.$$

В якості КЛ 10 кВ обираємо АПвЭгаПу-10 3×35 [16], допустимий струм якого при прокладанні у землі 129 А згідно технічних характеристик .

В якості КЛ 35 кВ доцільно обрати АПвЭгаПу-35 3х50 допустимий струм при прокладанні у землі складає 140 А.

Для подальшого техніко-економічного порівняння визначаємо капіталовкладення в СЕП різних класів напруг (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Розрахунок капітальних вкладень в два варіанти

Перелік елементів схем	Вартість	10 кВ		35 кВ	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії електропередавання, км	тис.грн. за 1 км КЛ	км	тис.грн.	км	тис.грн.
КЛ 10 кВ АПвЭгаПу 3×35	419,00	4,3	1801,70		
КЛ 35 кВ АПвЭгаПу 3×50	592,20			7	4145,38
ВСЬОГО по лініях			1801,70		4145,38
Підстанції	тис.грн. за одиницю ПС.	штук	тис.грн.	штук	тис.грн.
Спорудження ПС 35 кВ 630 кВ*А	462			2	924
Розширення РП-10 кВ	12,7	2	25,4		
Спорудження РП-10 кВ	86,4	1	86,4		
ВСЬОГО по ПС			111,8		924
ВСЬОГО			1913,50		5069,38

Щоб визначити величину втрат активної енергії необхідно скористатися наступною формулою, яка враховує параметри лінії:

$$\Delta W_a = \Delta P_m \cdot \tau = 3 I_m^2 R_e \cdot 10^{-3} \cdot \tau \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}; \quad (2.42)$$

Величина втрат в лінях живлення відносно класу напруги визначатиметься як:

$$C_{\Delta W_{10}} = 2 \cdot 3 \cdot 56,47^2 \cdot 0,868 \cdot 2,15 \cdot 10^{-6} \cdot 2886,2 \cdot 6,649 = 291,47 \text{ (тис.грн./рік)};$$

$$C_{\Delta W_{35}} = 2 \cdot 3 \cdot 16,14^2 \cdot 0,641 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2886,2 \cdot 5,195 = 43,79 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Визначаємо щорічні витрати а результати зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Щорічні витрати відповідно варіанту

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	10 кВ	35 кВ
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі:		
КЛ – 35 кВ, 1,2% від К		49,74
КЛ 10 кВ, 3,8% від К	43,24	
ПС 35 кВ, 2,4% від К		22,18
ПС 10 кВ, 4,3% від К	82,28	
Всього щорічні витрати на обслуговування, ВО тис.грн.	125,52	71,92
Амортизація, в тому числі:		

КЛ – 35 кВ, 2% від К		82,91
КЛ 10 кВ, 3% від К	36,03	
ПС 35 кВ, 3,6% від К		182,50
ПС 10 кВ, 3,6% від К	68,89	
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва тис.грн.	104,92	265,41
Тариф на ЕЕ, грн./кВт*год	6,649	5,195
Вартість втрат електроенергії в ЛЕП, ВΔW тис.грн.	291,47	43,79
ВСЬОГО щорічні витрати (В) тис.грн.	521,91	381,12

Зведені річні витрати доцільно визначати за допомогою формули:

$$З = E_n \cdot K + B; \quad (2.43)$$

де E_n – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень в об'єкти СЕП ($E_n = 0,1$ [12]); K – капітальні вкладення в СЕП; B – щорічні витрати на експлуатацію СЕП.

Враховуючи різницю цін за I та II класом напруги [15] ($6,649 - 5,195 = 1,454$ грн./кВт·год.) різниця в оплаті за спожиту електроенергію буде рівною $1,454 \cdot 1439,24 \cdot 4000 = 8370,62$ тис.грн., а зведені річні витрати розраховуються як:

$$З_{10} = 0,1 \cdot 1913,5 + 521,91 + 8370,62 = 9083,88 \text{ (тис.грн.)};$$

$$З_{35} = 0,1 \cdot 5069,38 + 381,12 = 888,05 \text{ (тис.грн.)};$$

Термін окупності з врахуванням додаткових капіталовкладень:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{5069,38 - 1913,5}{(521,91 + 8370,62) - 381,12} = 0,87 \text{ (років)}. \quad (2.44)$$

Проведений розрахунок порівняння двох варіантів вказує на те, що вигіднішим буде варіант при якому зовнішня лінія живлення проектується для напруги 35 кВ. Проте потрібно врахувати те що підприємство являється досить потужним, а підстанції 35 кВ від яких підприємство могло би отримувати живлення не зможуть забезпечити потреби підприємства в необхідному об'ємі навантаження. При цьому біля даного підприємства уже наявні діючі підстанції на напрузі 10 кВ, від яких можна отримати необхідний обсяг підприємства в величині спожитого навантаження, тому остаточно приймаємо проектне рішення згідно якого живлення підприємства виконано на напрузі 10 кВ.

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

Значення густини питомого навантаження на 1 м² площі цеху [10] беремо з таблиці 2.4:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad (2.45)$$

Кількості необхідних двотрансформаторних підстанцій які здатні забезпечити навантаження підприємства визначається за наступною формулою [10]:

$$N_{\text{ек}} \geq \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{\text{ном.т.}} \cdot k_3}; \quad (2.46)$$

де $k_3 = 0,7 - 0,75$ – для споживачів I категорії [14];

$k_3 = 0,8 - 0,85$ – для споживачів II, III категорій [14];

Повна розрахункова потужність всіх цехів підприємства:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{\text{pi}} = 1956,28 \text{ (кВА)}.$$

Сумарна площа всіх цехів підприємства:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 13464 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Значення питомої густини навантаження підприємства на 1м² площі цехів:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{1956,28}{13464} = 0,15 \text{ (кВ} \cdot \text{А/м}^2\text{)}.$$

Даній густині відповідають двотрансформаторні підстанції з потужністю $S_{\text{ном.т.}} = 630$ та 1000 кВА. Розглянемо обидва варіанти та проведемо їх порівняння за техніко-економічними показниками:

1. При $S_{\text{ном.т.}} = 630$ кВА число ТП:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{1956,28}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,82 \div 1,94 \text{ (шт.)};$$

2. При $S_{\text{ном.т.}} = 1000$ кВА число ТП:

$$N_{ек} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ек} \cdot k_3} = \frac{1956,28}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 0,98 \div 1,02 \text{ (шт.)}.$$

Отже, необхідно встановити дві двотрансформаторних підстанцій з потужностями трансформаторів 630 кВА, або одну з потужністю 1000 кВА [17].

Дані про розподілення навантаження підприємства між ТП та фактичний коефіцієнт завантаження наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Завантаження варіантів ТП

Варіант 1				Варіант 2			
Цех	S _м , кВА	630 кВА		Цех	S _м , кВА	1000 кВА	
		N, шт	k ₃			N, шт	k ₃
1,2,4	1066,24	2	0,85	1-6	1956,28	2	0,85
3,56	986,1	2	0,78				

Здійснюємо розрахунок втрат в ТП для вибору кращого варіанту живлення підприємства.

2.9 Техніко-економічне порівняння спорудженої системи електропостачання підприємства

Технічні параметри варіантів трансформаторів для порівняння подано в таблиця 2.8 [10].

Таблиця 2.8 - Параметри трансформаторів

S _{н.тр} , кВА	U _{н.т} , кВ	ΔP _{xx} , кВт	ΔP _к , кВт	U _{к%}
630	10	1,2	8,5	5,5
1000	10	2	10,5	5,5

Однолінійна схема електропостачання заводу є радіальною на напрузі 35 кВ. Виконуємо техніко-економічне порівняння двох варіантів спорудження підстанцій потужністю 630 кВА та 1000 кВА за допомогою методу зведених витрат.

На рисунку 2.5 представлено однолінійні схеми виконання СЕП підприємства для обох варіантів.

Для найкращого варіанта ТП є найменші приведені витрати, що визначаються за формулою:

$$B_{\text{пр}} = (E_n + E_a)K + m\Delta P + 3_{\text{пер}}; \quad (2.47)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт відрахувань (0,1);

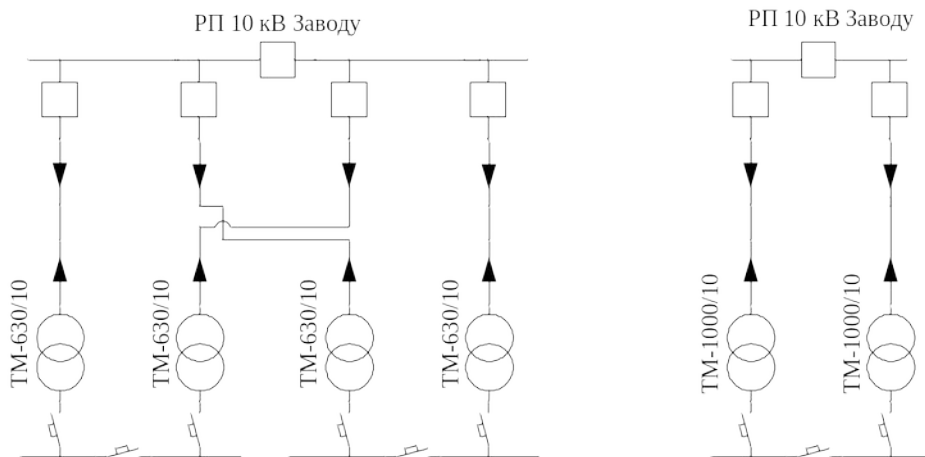


Рисунок 2.5 – Варіанти схем СЕС з ТП 630 та 1000 кВА

Втрати потужності в трансформаторах визначаються за формулою [5,7]:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{\text{xx}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \left(\frac{S_m}{S_{\text{ном.т.}}} \right)^2; \quad (2.48)$$

Вартість річних втрат потужності визначають за діючими тарифами:

$$m = t \cdot \tau; \quad (2.49)$$

де t – тариф за електроенергію, грн/кВт·год;

Приймаємо, що $t = 6,649$ грн/кВт·год, а $T_m = 4000$. Тоді питома вартість річних витрат активної потужності:

$$m = 6,649 \cdot \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 15992,74 \text{ (грн/рік)}.$$

Втрати потужності для трансформаторів 630 кВА:

$$\Delta P_{630} = 4 \cdot 1,2 + \frac{1}{4} \cdot 8,5 \cdot \left(\frac{1926,28}{630} \right)^2 = 24,666 \text{ (кВт)};$$

Втрати потужності для трансформаторів 1000 кВА:

$$\Delta P_{1000} = 2 \cdot 2,0 + \frac{1}{2} \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{1926,28}{1000} \right)^2 = 23,48 \text{ (кВт)}.$$

Вартість спорудження двотрансформаторних ТП [10]:

$$K_{630} = 1362900 \text{ (грн)};$$

$$K_{1000} = 2140600 \text{ (грн)}.$$

Приведені річні витрати складуть:

$$B_{\text{пр}630} = 2 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 1362900 + 15992,74 \cdot 24,666 = 838782,325 \text{ (грн)};$$

$$B_{\text{пр}1000} = 1 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 2140600 + 15992,74 \cdot 23,48 = 724427,335 \text{ (грн)}.$$

Отже остаточно приймаємо проектне рішення про спорудження СЕП на основі двох двотрансформаторних підстанцій потужністю 630 кВА так як даний варіант дає змогу подальшого збільшення виробничих потужностей підприємства без додаткових витрат на розширення СЕП. Також даний варіант дає змогу досягти менших втрат в лініях 0,4 кВ за рахунок їх меншої протяжності.

2.10 Побудова картограми електричних навантажень підприємства

Розподіл навантаження між ТП представлені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Номінальні параметри трансформаторів

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Kз, в.о.
ТП1	1	Приймальний цех	303,97	291,83	421,38			
	2	Продуктовий цех	240,97	170,82	295,37			
	4	Цех підготовки виробництва	235,48	263,87	353,66			
		Всього по ТП1	780,41	726,51	1066,24	630	2	0,85
ТП2	3	Технічний цех	345,97	334,68	481,36			

5	Виробничий цех	104,25	73,71	127,67			
6	Цех готової продукції	274,84	259,83	378,21			
	Всього по ТП2	725,05	668,22	986,01	630	2	0,78

Місце установки цехових ТП визначається за формулами:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}; \quad (2.50)$$

Дані для даного розрахунку беремо з таблиці 2.10

Таблиця 2.10 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	ТП	Рр, кВт	Х, м	У, м	Рр*Х, кВт*м	Рр*У, кВт*м
1	Приймальний цех	1	151,98	160	211	24317,26	32068,39
2	Продуктовий цех	1	240,97	160	259	38554,52	62410,13
3	Технічний цех	2	345,97	154	111	53278,73	38402,20
2	Цех підготовки виробництва	1	235,48	154	146	36264,36	34380,50
5	Виробничий цех	2	104,25	61	51	6359,22	5316,73
6	Цех готової продукції	2	274,84	154	37	42324,82	10168,95
			ΣРр, кВт	ΣРр*Х/ΣРр	ΣРр*У/ΣРр	ΣРр*Х, кВт*м	ΣРр*У, кВт*м
	Сумарно по ТП1		628,43	157,75	205,05	99136,15	128859,02
	Сумарно по ТП2		725,05	140,63	74,32	101962,77	53887,87
	Координати ЦЕН		1353,48	148,58	135,02	201098,91	182746,89

ТП вибираємо оптимальні координати розміщення ТП на території підприємства, що показано в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Координати розміщення ТП та ЦРП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	Х, м	У, м	Х, м	У, м
ТП-1	157,75	205,05	177	170
ТП-2	140,63	74,32	170	70
ЦРП	148,58	135,02	182	151

Будуємо картограму навантажень і визначимо ЦЕН підприємства.

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.50)$$

Сектор освітлювального навантаження цеху буде розраховуватися як:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.51)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.12.

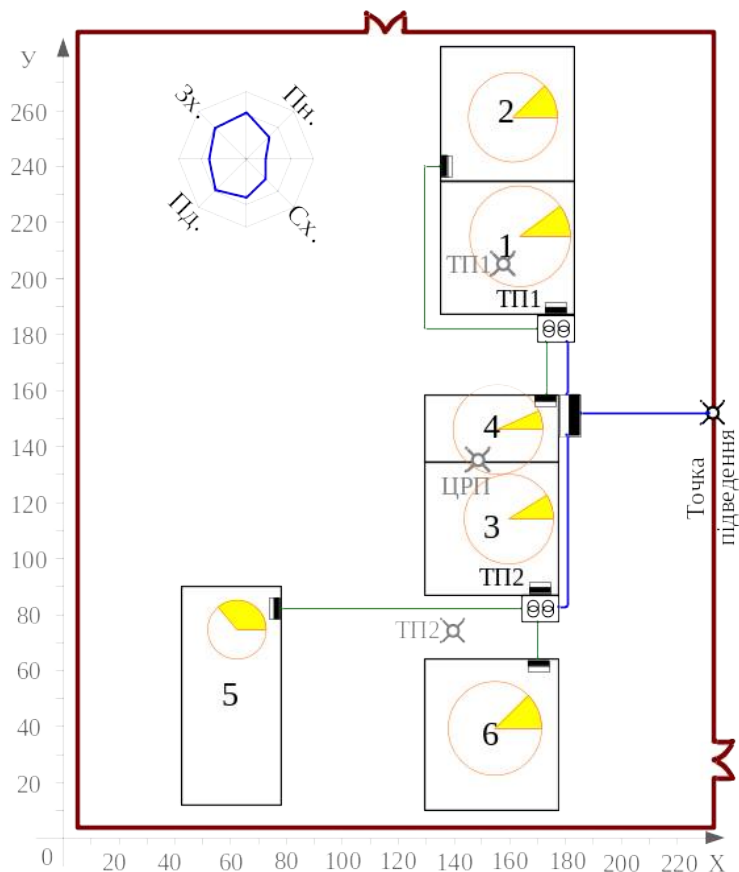


Рисунок 2.6 – Генеральний план підприємства з СЕП

Таблиця 2.12 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°	d, м
1	Приймальний цех	160	211	303,97	30,97	17,96	36,7	35,93
2	Продуктовий цех	160	259	240,97	30,97	15,99	46,3	31,99
3	Технічний цех	154	111	345,97	30,97	19,16	32,2	38,33
4	Цех підготовки виробництва	154	146	235,48	15,48	15,81	23,7	31,62
5	Виробничий цех	61	51	104,25	37,74	10,52	130,3	21,04
6	Цех готової продукції	154	37	274,84	34,84	17,08	45,6	34,16

2.11 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Згідно з ПУЕ [1], електрообладнання необхідно підбирати за типом установки, величиною номінального струму і номінальною напругою та перевіряється на термічну і динамічну стійкість при аварійних режимах роботи.

Високовольтний вимикач вибирається відповідно до номінальної напругою і струмом з урахуванням можливості протидії величинам струму короткого замикання.:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}; \quad (2.52)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{мах}}; \quad (2.53)$$

Визначимо $I_{\text{мах}}$ для нормального режиму роботи ЦРП:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1956,28}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 56,5 \text{ (A)};$$

$$I_{pa} = \frac{S_p \cdot k_{\text{н.па}}}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1956,28}{\sqrt{3} \cdot 10} = 113 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{мах}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 75,1 \text{ (A)}.$$

Отже на стороні 10 кВ доцільно задіяти вакуумні вимикачі типу ВРС-10-20/630 [18]. Номінальний струм даних силових вимикачів рівний $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ A} > I_{\text{м.ав}} = 113 \text{ A}$ для всіх приєднань до ЦРП.

Попередньо було обрано броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭгаПу-10 3×70 [16] прокладені в траншеї.

Перевірка допустимого нагрівання кабелів із зшитого ПЕ виконується для нормального та післяаварійного режимів з урахуванням умов прокладки [12], які впливають на технічні характеристики жил:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}} ; \quad (2.54)$$

де k_1 - коефіцієнт, що характеризує температуру навколишнього середовища;
 k_2 - коефіцієнт, що характеризує глибину прокладення кабелів в землі;
 k_3 - коефіцієнт, що характеризує питомий термічний опір ґрунту;
 k_4 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в землі;
 k_5 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в повітрі;
 k_6 - коефіцієнт, що характеризує вплив перерізу екрана.

$$113 \text{ (A)} \leq 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,32 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 171 = 179,9 \text{ (A)}.$$

Ця умова виконується. Також необхідно перевірити термостійкість до струмів короткого замикання.

У таблиці 2.13 представлена інформація про типи вимикачів і ліній електропередачі в залежності від типу підключення.

Таблиця 2.13 – Захисні апарати та лінії живлення СЕП

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	I_{pa} , А	Вимикач	$I_{ном}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{доп}$, А
С–ЦРП	1956,28	56,5	113	ВРС-10-20/630 УЗ	630	АПвЭгаПу-10	3×70	171
ЦРП–ТП-1	1066,24	31	62	ВРС-10-10/400 УЗ	400	АПвЭгаПу-10	3×35	119
ЦРП–ТП-2	986,01	28,5	57	ВРС-10-10/400 УЗ	400	АПвЭгаПу-10	3×35	119

Схема підприємства показана на рисунку 2.7.

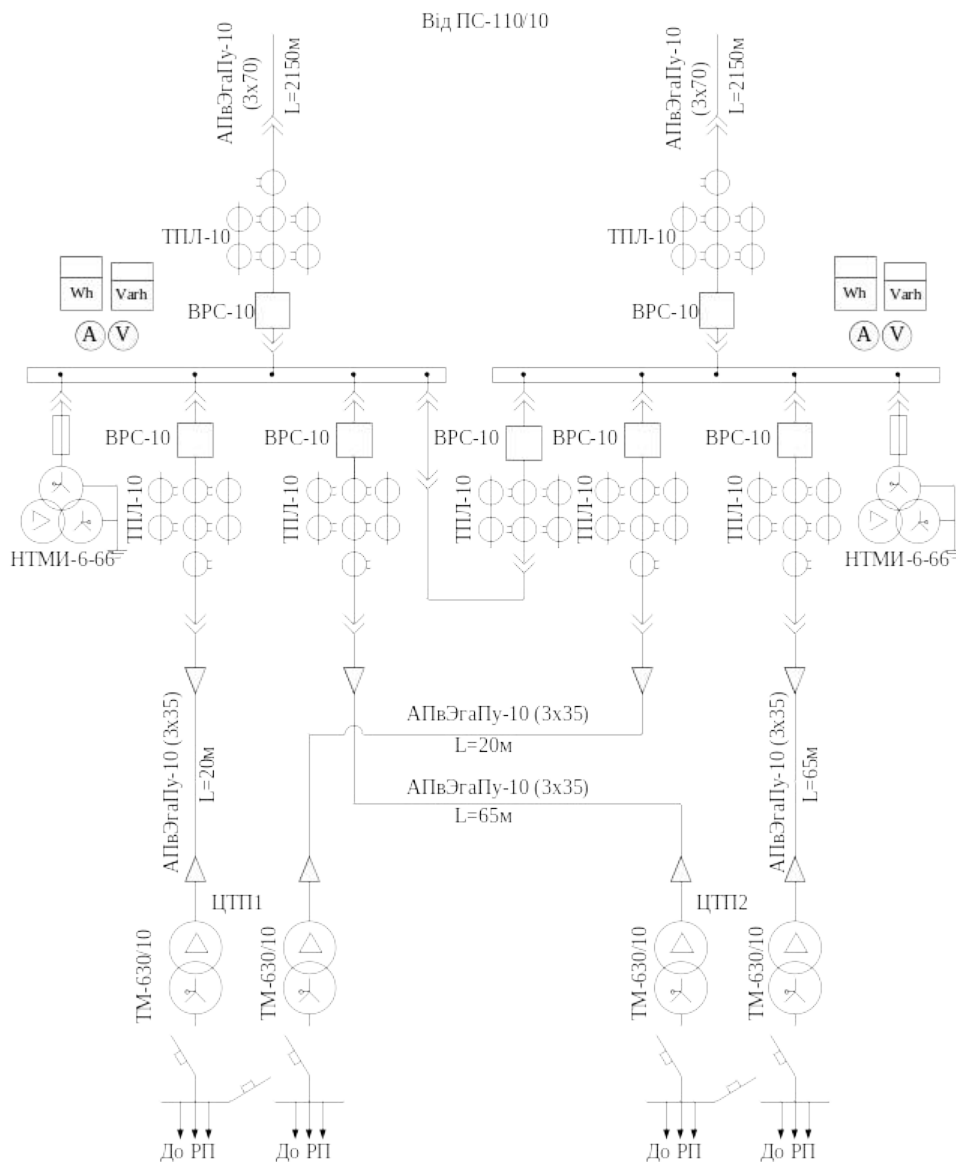


Рисунок 2.7 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.12 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Щоб провести необхідну перевірку раніше обраних силових високовольтних вимикачів та обраних ліній живлення проводимо розрахунок струмів КЗ [9]. Розрахункова схема даного розрахунку представлена на рисунку 2.8.

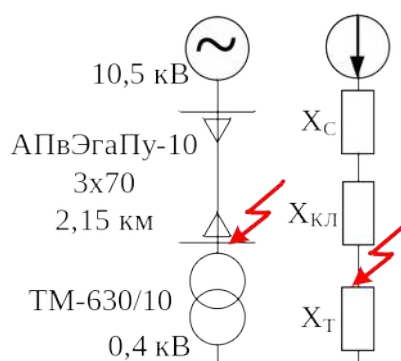


Рисунок 2.8 – Розрахункова та заступна схеми

Формули та результати розрахунку струмів КЗ приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Формули для розрахунку струмів КЗ

Назва параметра	Формула	Розрахунок
Опір системи, Ом	$X_c = \frac{U_{c.н.}}{\sqrt{3} \cdot I_K}$	$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 34944} = 0,173$
Опір лінії живлення, Ом	$X_l = X_0 l \left(\frac{U_{c.н.}}{U_{c.н.л}} \right)^2$	$X_l = 0,443 \cdot 2,15 \cdot \left(\frac{10,5}{10} \right)^2 = 1,05$
Сумарний опір від системи до точки К, Ом	$X_\Sigma = X_c + X_l$	$X_\Sigma = 0,173 + 1,05 = 1,224$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{п0} = \frac{U_{c.н.}}{\sqrt{3} \cdot X_\Sigma}$	$I_{п0} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,224} = 4,955$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ac} = \frac{X_\Sigma}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_\Sigma}$	$T_{ac} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Час вимкнення КЗ, с	$t_{вим} = t_{pz.min} + t_{в.в.}$	$t_{вим} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Аперіодична складова струму КЗ	$i_{ат.с} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{-\frac{t_{вим}}{T_{ac}}}$	$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 4,995 \cdot e^{-\frac{0,6}{0,032}} = 0,948$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{-\frac{t}{T_{ac}}} \right)$	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 4,995 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,032}} \right) = 12,1$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_K = I_{ПО}^2 \cdot (t_{від} + T_{ac})$	$B_K = 4,955^2 \cdot (0,6 + 0,032) = 15,5$

Здійснюємо перевірки згідно [9] раніше обраних вимикачі типу ВРС-10 на необхідні параметри роботи, а результати даної перевірки в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Формули для перевірки обраного типу вимикачів

Умова вибору	Номінальні параметри	Розрахункові параметри
$I_{ном.від} = I_{Пт.}$	$I_{ном.від} = 40 \text{ кА}$	$I_{Пт} = I_{Птс} = 4,955 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{ном.від} \cdot \left(1 + \frac{\beta_H}{100} \right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{Пт} + i_{ат}$	$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{21}{100} \right) = 68,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 4,995 + 0,948 = 8,16$
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 128 \text{ кА}$	$i_{уд,с} = 12,1 \text{ кА}$
$I_{дин} \geq I_{ПО}$	$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	$I_{ПО} = 4,955 \text{ кА}$
$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_T^2 \cdot t_T = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot с$	$B_K = 15,5 \text{ кА}^2 \cdot с$

Отже необхідні умови перевірки силових вимикачів виконуються.

Переріз КЛ за термічною стійкістю до дії струмів КЗ [10]:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_K \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_T}; \quad (2.55)$$

$$s = 70 \text{ (мм}^2\text{)} \geq s_{\min} = \frac{4,955 \sqrt{0,6}}{94} = 40,8 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, обрані кабельні лінії задовольняють умовам термічної стійкості до дії струму КЗ.

Висновки. Даний розділ бакалаврської роботи був присвячений проведенню аналізу системи електропостачання молочного заводу. Для цього було виконано наступні задачі:

- розраховано систему електропостачання ремонтно-монтажного цеху та підприємства в цілому;
- обрано кількість, потужність та місце розташування трансформаторних підстанцій, за критерієм економічності під час порівняння двох можливих варіантів реалізації проекту СЕП;
- для мережі 10 кВ обрано перерізи та марки ліній живлення та проведено перевірку на можливість їх роботи в аварійних режимах;
- здійснено аналіз засобів захисту електрообладнання відповідно діючих норм.

З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Основні заходи з енергозбереження в електроприводах

Електропривод це основний постачальник механічної енергії на промислових підприємствах, одночасно він є і основним споживачем електричної енергії.

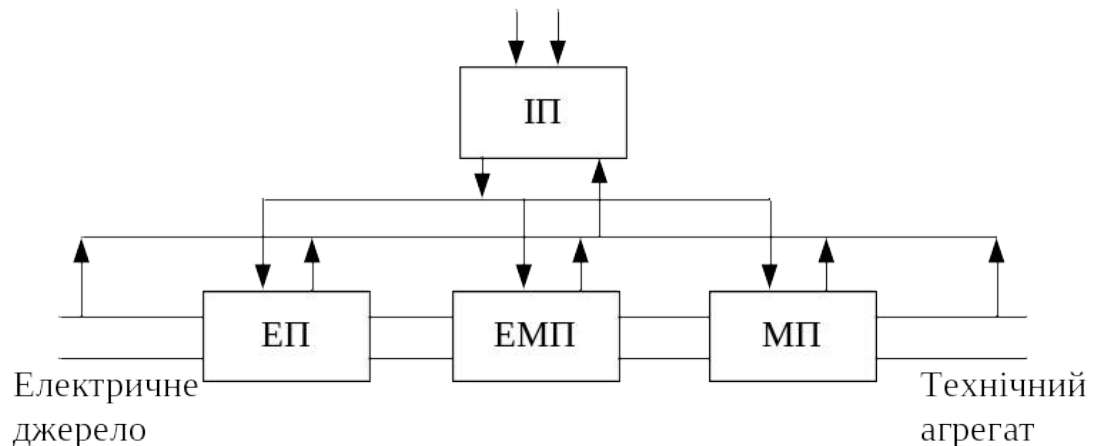


Рисунок 3.1 - Структура електропривода

Позначення на рисунку 3.1: ІП – інформаційний перетворювач; ЕП – Електричний перетворювач; ЕМП – електромеханічний перетворювач; МП – механічний перетворювач.

Структура електропривода в його сучасній версії показана на рисунку 4.1. Вона складається з двох каналів: силового (електричний, електромеханічний та механічний перетворювач) і інформаційного, що здійснює всі види керування, діагностику стану, інформування про хід процесу і т.п. Але дотепер таку структуру мають лише 5-10% від усіх електроприводів, головним чином, в установках зі складним технологічним процесом (верстати, роботи, машини оброблювальної промисловості, металургійні, текстильні, кабельні агрегати й ін.). У більшості пристроїв загального застосування (насоси, вентилятори, конвеєри, транспортери) традиційно використовуються найпростіші нерегульовані електроприводи. Якщо розглядати поділ електроприводів за потужністю двигунів, то можна зазначити, що основна кількість (77%) - приводи малої (0,75-7,5 кВт) і середньої (7,5-75 кВт) потужностей, це короткозамкнені асинхронні двигуни. Приводи потужністю 75 кВт

і вище, обладнані засобами регулювання, складають лише 23%. Отже, основне споживання електроенергії в масових сучасних електроприводах здійснюється асинхронними електродвигунами з постійною швидкістю обертання.

Якщо двигуни перевантажені, то вони швидко виходять з ладу, якщо вони недовантажені - то працюють неефективно, знижується їх коефіцієнт корисної дії (ККД) і коефіцієнт потужності $\cos \phi$.

Капітальні витрати на встановлення двигуна меншої потужності скуповуються за рахунок економії електроенергії. Двигун доцільно замінювати при навантаженні меншому 45%. При навантаженні його на 45-70% для заміни необхідні якісні економічні оцінки. При навантаженні двигуна більше, ніж на 70%, його заміна недоцільна.

У будь-якій системі приводів сам двигун являє собою найбільш ефективну її частину. Тому найбільш розумним при роботі над підвищенням загальної ефективності системи є дослідження всієї системи в цілому.

Оскільки всі енергетичні процеси (передача, перетворення, розподіл, споживання) супроводжуються втратами енергії, важливо оцінити, від чого можуть залежати ці втрати і наскільки вони великі.

Ефективність будь-якого енергетичного процесу визначається двома чинниками.

Перший - наскільки добре підведена споживачу потужність відповідає вимогам оптимального технологічного процесу.

Другий - наскільки великі втрати, що супроводжують процес.

Основний шлях енергозбереження - подача кінцевому споживачу необхідної потужності. Це може бути досягнуто за рахунок керування величинами, від яких залежить потужність. Керованими можуть бути одна або декілька величин (так, при обробці металів різанням існують оптимальні режими, що характеризуються найкращим сполученням швидкості і сили різання).

З урахуванням останніх досягнень та вдосконалення регульованого електропривода цілком реально може (принаймні для окремих підприємств) з'явитися можливість стовідсоткового оснащення машин і механізмів регульованим

електроприводом. Тому питання про використання регульованого приводу повинно вирішуватися в кожному конкретному випадку, для кожного типу устаткування, для кожного інвестиційного проекту або проекту реконструкції (модернізації) робочих машин і механізмів.

Величина економії електроенергії при заміні нерегульованого електропривода регульованим такі: для вентиляційних систем - 50%, для компресорів - 40-50%, для повітродувок і вентиляторів - 30%, для насосів - 25%. Існують кілька типів приводів з регульованою швидкістю.

Найбільш перспективний спосіб регулювання продуктивності механізму - зміна частоти обертання.

Частіше всього для цього використовуються регульовані електроприводи на основі напівпровідникових перетворювачів. У цьому випадку механізм працює з практично постійним ККД. Система з регульованим електроприводом має у своєму складі напівпровідниковий перетворювач, що формує параметри живлення електродвигуна (напругу або частоту) і регулюючу частоту обертання електродвигуна в залежності від сигналу, який виробляється технологічним регулятором (тиск, рівень і т.д.) або задається програмно.

Найбільше поширення в таких системах одержали перетворювачі частоти на основі автономних інверторів із ланкою постійного струму рисунок 3.2.

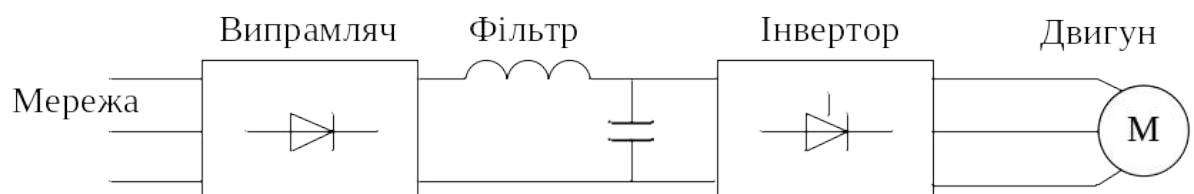


Рисунок 3.2 - Схема перетворювача частоти з ланкою постійної частоти

Змінна напруга мережі випрямляється, фільтрується, а потім перетворюється в змінну зі змінною частотою. Щоб підтримати магнітний потік двигуна незмінним, навіть при низьких частотах, необхідно регулювати напругу залежно від частоти. Існують два основних типи: з проміжною ланкою постійного струму і проміжною ланкою постійної напруги.

В перетворювачах на ділянці постійного струму випрямлення здійснюється тиристорним випрямлячем, в фільтрувальному колі передбачений лише дросель, а інвертором служить тиристорний перетворювач з примусовою комутацією. Істотно те, що завжди забезпечується безпосередній зв'язок будь-якої фази з двигуном і навпаки, тобто, визначальним чинником є струм.

Принцип частотного методу регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в тому, що, змінюючи f_1 живлячої напруги, можна, відповідно до виразу 3.1, незмінному числі пар полюсів p змінювати кутову швидкість магнітного поля статора.

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p}; \quad (3.1)$$

Цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики мають високу жорсткість.

Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при регулюванні невеликі.

Особливий економічний ефект від використання перетворювачів частоти дає застосування частотного регулювання на об'єктах, які забезпечують транспортування рідин. До цих пір найпоширенішим способом регулювання продуктивності таких об'єктів є використання регульованих клапанів, але сьогодні доступним стає частотне регулювання асинхронного двигуна, який приводить в рух, наприклад, робоче колесо насосного агрегату чи вентилятора.

Перспективність частотного регулювання наочно видна на рисунку 3.3.

При розгляді питань щодо застосування регульованого електропривода необхідно врахувати основні переваги синхронних електродвигунів перед асинхронними:

- а) можливість споживання випереджального струму і регулювання $\cos\phi$ струмом збудження;
- б) менша чутливість до зміни напруги живильної мережі (обертальний момент пропорційний напрузі живильної мережі, а не його квадрату, як в асинхронних двигунах);

в) більший ККД на 0,6 - 3,5% (менші втрати активної потужності). ККД синхронних двигунів залежить від типу, швидкості і навантаження двигуна, а також від його потужності:

при 100% навантаженні: 80% - для двигуна потужністю 5 кВт, і 90% - для двигуна потужністю 150 кВт;

при 50% навантаженні: 55% - для двигуна потужністю 5 кВт, і 65% - для двигуна потужністю 150 кВт.

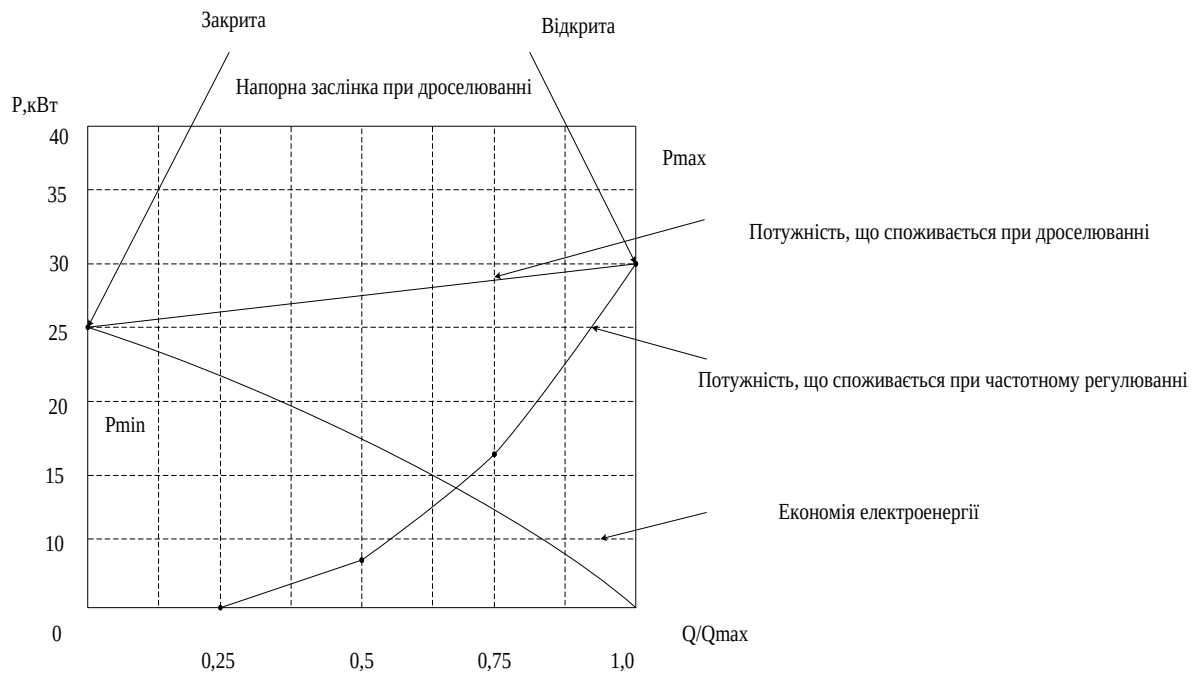


Рисунок 3.3 – Потужність, що споживається при різних способах регулювання швидкості обертання компресорів

Отже, загальні рекомендації з енергозбереження двигунів такі:

Двигуни повинні бути ретельно підібрані за потужністю, відповідно до потреб навантаження, а при необхідності легко вимикатися.

На двигунах повинен бути встановлений захист, який запобігає пошкодженню крильчаток вентиляторів на осях моторів.

Необхідно поліпшувати елементи трансмісії і контролювати стан системи змащування.

З середини 70-х років пропагується використання енергозберігаючих двигунів (Energy Efficient Motors-EEM).

В ЕЕ двигунах використовуються якісні матеріали (сталь і мідь), які зменшують активні втрати. ЕЕ двигуни на 2-5% ефективніші, ніж стандартні. В них вищий ККД, ширші можливості працювати в термічне перевантаженому стані, вони менш вимогливі до обслуговування. Крім того, вони менш чутливі до змін напруги і менше шумлять [4].

ЕЕ двигуни найбільш ефективні при 70% навантаженні. Виграш за ціною складає від 60 до 30 відсотків для ЕЕ двигунів потужністю, відповідно, від 100 до 300 кВт.

Водночас використання таких двигунів має певні протиріччя. По-перше, мова йде про нерегульований електропривод, а значить, при економії декількох відсотків на втратах у двигуні, можна втратити в десятки разів більше в багатьох енергоємних системах (насоси, вентилятори і т.д.).

По-друге, розрахункову економію вдається отримати лише при мало змінному та близькому до номінального навантаженні, а в умовах різко змінного навантаження економія суттєво зменшиться.

І, по-третє, економія може виявитися помітною (рекламовані 4-5%) лише у випадку, коли всі елементи силового каналу правильно обрані і налаштовані.

Отже, існує безліч причин, які призводять до практичного знецінення цього популярного в США та Європі способу енергозбереження в електроприводах.

Найчастіше продуктивність регулюється дроселюванням або увімкненням і вимкненням чи зміною частоти обертання рисунок 3.4.

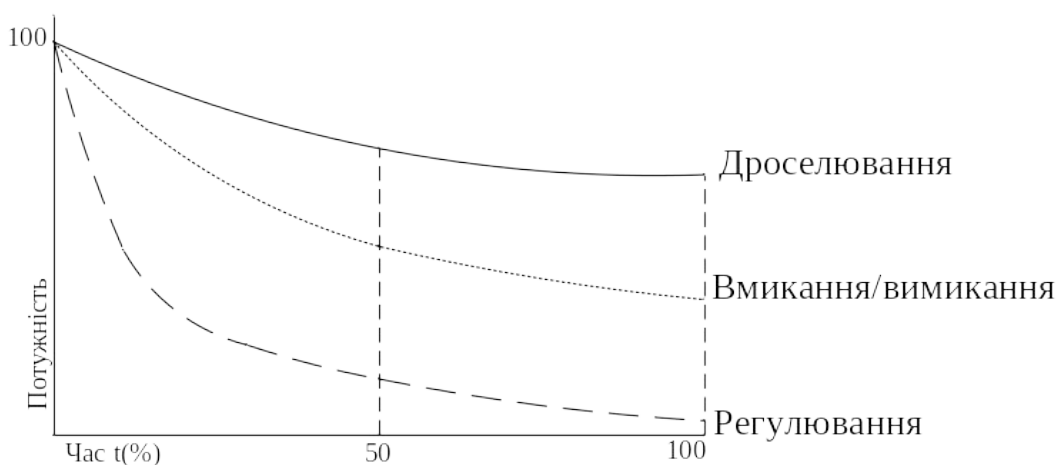


Рисунок 3.4 - Способи регулювання продуктивності відцентрових механізмів

Зниження напруги живлення.

На практиці застосовують такі способи зниження напруги в мало завантажених АД: 1. перемикання статорної обмотки з трикутника на зірку; 2. секціонування статорних обмоток; 3. перемикання відпайок понижувальних трансформаторів.

Перемикання статорної обмотки АД з трикутника на зірку доцільне для двигунів з напругою до 1000 В, систематично завантажених менше, ніж на 35-40% від номінальної потужності. При перемиканні двигуна з трикутника на зірку, у зв'язку зі зменшенням максимального обертового моменту в 3 рази, необхідно здійснювати перевірку за умовою стійкості граничного коефіцієнта завантаження двигуна:

$$K_{з.гр.} = \frac{K_{м.м.}}{4,5}. \quad (3.2)$$

де $K_{м.м.}$ - кратність максимального обертового моменту по відношенню до номінального, вибирається з каталогу.

Секціонування статорних обмоток АД бажане в тих випадках, коли неможливо здійснити перемикання обмотки статора з трикутника на зірку. Якщо двигуни виготовлені з паралельними витками в статорній обмотці, то секціонування здійснюється перепаяванням лобових з'єднань обмотки.

Складніше перемикати статорну обмотку двигуна на іншу схему з'єднання, бо вона виконана одиночним проводом. В таких випадках перемикання відпайок понижувального трансформатора для зниження робочої напруги АД є нормальним експлуатаційним заходом, який направлений на підвищення коефіцієнта потужності, якщо даний трансформатор одночасно не живить інші приймачі, які не допускають зниження напруги на їх затискачах [4].

3.2 Ефективність впровадження частотно-керованих електроприводів

На сьогодні більшість електроприводів складають нерегульовані приводи з асинхронними двигунами. Їх використовують у водо- і теплопостачанні, системах вентиляції і кондиціонування повітря, компресорних установках та інших. У таких

установках плавне регулювання швидкості обертання дозволяє у більшості випадків відмовитися від використання варіаторів, дроселів, засувки, заслінок, виконавчих механізмів і іншої регулюючої апаратури.

Однією з областей найбільш ефективного використання частотних регуляторів є насоси додаткового підкачування в системах водо- і теплопостачання. Особливістю цих систем є нерівномірність споживання води залежно від часу доби, дня тижня і пори року. Постійний об'єм подання призводить до помітного послаблення натиску під час підвищеного розбору води і до значного підвищення тиску в магістралі, якщо витрата води знижується. Підвищення тиску в магістралі веде до втрат води на шляху до споживача і збільшує вірогідність розривів трубопроводів.

Для технологічного процесу, де потрібний безперервний рух матеріалу через декілька зон з постійною швидкістю, можливе узгодження роботи декількох частотних регуляторів, безступінчата зміна швидкості, поступовий пуск і зупинка.

Для вирішення деяких завдань потрібне точне позиціонування механізму. У таких випадках виправдано використання частотних регуляторів з векторним управлінням і зворотним зв'язком. Ця група регуляторів має можливість роботи з повним моментом в зоні нульових швидкостей. Приводи з асинхронними двигунами, які живляться від таких частотних регуляторів, можуть замінити регулюючі приводи постійного струму.

Для оцінки економічної ефективності скористаємося однією з розроблених програм для частотних регуляторів. При заміні насоса з вентильним регулюванням потоку на насос, який управляється від частотного перетворювача, ми отримуємо скорочення енерговитрат - 31,2%. Термін окупності - 1,8 року. Річна економія електроенергії 5600\$. Залежно від об'єму парку устаткування можна вичислити сумарну активність від впровадження енергозберігаючих технологій на підприємстві.

Завдання впровадження сучасних наукомістких технологій в області автоматизації технологічних процесів і енерго-, ресурсозберігання як в житлово-комунальному господарстві, так і на промислових підприємствах вимагає високої

кваліфікації фахівців на етапах її розробки, впровадження і експлуатації.

Особливу увагу слід приділяти етапу розробки такої системи, її відповідності особливостям конкретних умов експлуатації. Енергоаудит і аналіз енергетичних і фінансових витрат на експлуатацію і підтримку параметрів технологічних процесів є першим з необхідних частин етапу розробки таких систем.

Створення оптимальної моделі системи на основі проведених досліджень і проведення економічних розрахунків термінів окупності - важливий елемент в розробці бізнес-плану проекту впровадження.

Впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій – це вимога часу і результат розумного рішення.

3.3 Вибір параметрів частотно-керованих електроприводів в системі тепlopостачання

Вибір частотного перетворювача для компресорної установки

Популярність перетворювачів частоти обумовлена рядом переваг, які з'являються при їх використанні, серед яких:

- оперативне автоматичне чи ручне керування швидкістю або параметром, який залежить від швидкості;
- економія електроенергії за рахунок високого ККД перетворювача та оптимізації роботи приводного двигуна із конкретним навантаженням;
- широкий діапазон регулювання швидкості;
- зниження пускових струмів до мінімального рівня, який необхідний для реалізації пуску;
- зниження ударних навантажень на механізм при пуску;
- комплексний захист двигуна та механізму.

Умови вибору перетворювача частоти:

$$\begin{cases} P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{дв.сп}}, \\ I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.н}}. \end{cases} \quad (3.3)$$

де $P_{\text{дв.сп}}$ – споживана електродвигуном потужність в номінальному режимі, кВт; $I_{\text{двн}}$ – номінальний струм приводного двигуна, А.

Споживана електродвигуном потужність в номінальному режимі:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi} \quad (3.4)$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти ($k = 0,95 \dots 1,05$); $P_{\text{дв.н}}$ – номінальна потужність приводного двигуна, кВт; $\eta_{\text{дв.н}}$ – номінальний ККД приводного двигуна; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності приводного двигуна.

Досвід експлуатації компресорів на даному підприємстві показує, що робота приводного двигуна характеризується важкими умовами пуску. Тому перетворювач частоти необхідно додатково перевірити за умовами:

- необхідна робоча потужність перетворювача частоти:

$$P_{\text{пч}} = \frac{P_{\text{дв.пуск}}}{\lambda_{\text{пч}}}; \quad (3.5)$$

де $P_{\text{дв.пуск}}$ – пускова потужність приводного двигуна, кВт; $\lambda_{\text{пч}}$ – перевантажувальна здатність перетворювача ($\lambda_{\text{пч}} = 1,2 \dots 1,7$);

- пускова потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{k \cdot n}{9550 \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi} \cdot (M_{\text{дв.н}} + M_{\text{д}}) \approx \frac{k \cdot P_{\text{дв.пуск}}}{U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi}, \quad (3.6)$$

$$P_{\text{пуск}} \approx 1,5 P_{\text{н}}. \quad (3.7)$$

Згідно умов експлуатації компресора на даному підприємстві за виразом 4.7 пропонуємо вибрати частотний перетворювач SIEMENS MicroMaster 430 характеристиками РПЧ = 30 кВт, ІПЧ = 104 А, ІП ПЧ = 150 А.

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{1 \cdot 22}{0,88 \cdot 0,91} = 27,47 \text{ (кВт)};$$

$$I_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,91 \cdot 0,88} = 42,52 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{пч}} \geq 42,52 \text{ (А)};$$

$$P_{\text{пч}} = \frac{1,5 \cdot P_{\text{н}}}{1,5} \geq 22 \text{ (кВт)};$$

$$I_{\text{пч}} \geq \frac{1 \cdot 1,5 \cdot 22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,88 \cdot 0,91} = 63,8 \text{ (А)};$$

$$P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{дв.сп}}; \quad 30\text{кВт} \geq 27,47(\text{кВт});$$

$$I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.н}}; \quad 104\text{А} \geq 42,52(\text{А});$$

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{P_{\text{дв.пуск}}}{\lambda_{\text{ПЧ}}}; \quad 30\text{кВт} \geq 22(\text{кВт});$$

$$I_{\text{ПЧ.пуск}} \geq \frac{k \cdot P_{\text{дв.пуск}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \phi}; \quad 150\text{А} \geq 63,8\text{А}.$$

Всі умови виконуються. Таким чином, частотний перетворювач вибрано правильно.

Перевірка енергоефективності насосних установок.

Помпи - це пристрої, які входять до складу більшості нагрівальних або охолоджувальних систем, а також систем водопостачання, передачі різних рідин і суспензій.

Насосні установки призначені для транспортування рідини, заповнення та осушення резервуарів, для обслуговування механізмів (наприклад, система водяного охолодження) [7].

Можливості енергозбереження в помпових установках:

- 1.Заміна малопродуктивних pomp продуктивнішими з високим ККД .
- 2.Забезпечення максимального завантаження pomp.
- 3.Заміна помпи відповідно до характеристики трубопроводу.
- 4.Підвищення ККД pomp до їхніх паспортних значень встановленням нових ущільнень і ретельного балансування робочих коліс. Установка робочого колеса безпосередньо на валу двигуна.
- 5.Поліпшення конструкції системи шляхом збільшення діаметра трубопроводу.
- 6.Керування продуктивністю.
- 7.Якщо продуктивність помпової системи завищена, необхідно змінити передавальне число ремінної, або іншої передачі.
- 8.Зменшення кавітації.
- 9.Встановлення акумулятора води на висоті необхідного напору з пристроєм автоматичного вимикання помпового агрегату у випадку заповнення акумулятора

водою.

10. Якісне і систематичне обслуговування.

11. Зниження питомої витрати енергії на подачу води через зменшення напору в результаті усунення зайвої арматури і непотрібних поворотів трубопроводу або зниження їхнього опору згладжуванням гострих кутів.

12. Впровадження оборотного водопостачання.

Зміна(регулювання) режиму роботи насоса здійснюється:

- напірною або приймальною засувкою;
- зміною числа працюючих насосів;
- зміною частоти обертання електродвигуна (з допомогою ПЧ).

Аналіз:

- при регулюванні засувкою зі зменшенням витрати води ККД насоса зменшується, а значення напору росте. Отже, зі зменшенням витрати води питома витрата електроенергії швидко зростає;

- якщо числом насосів, то ККД двигуна і насоса незмінно. Напір через зменшення витрати і втрат в мережі знижується; питомі витрати електроенергії також знижуються;

- при частотному регулюванні електродвигуна ККД насоса і електродвигуна зі зменшенням витрати знижуються, натиск також знижується. Питомі витрати електроенергії несуттєво змінюються.

Тобто найекономічніше - зміна числа працюючих насосів; далі - регулювання частотою.

При цьому в системах з перетворенням різкозмінних витрат раціональніше регулювати частотою.

У системах з постійною витратою раціональніше - числом насосів.

Використання засувки – для дрібних насосів, а також коли регулювання робиться протягом невеликого числа годин в році.

Порядок виконання аудиторської перевірки:

Розрахуємо обсяг споживаної електроенергії помпою за 1 годину, а також орієнтовну потужність електропривода (тут $T_p = 1$)

$$W_{\text{Iгод}} = \frac{QH\gamma}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3} T_p. \quad (3.8)$$

де $Q = 16 \text{ м}^3/\text{год}$ – продуктивність, або дійсна подача насосної установки, $\text{м}^3/\text{год}$;

$H = 10 \text{ м}$ – повний напір з урахуванням висоти всмоктування (тиск рідини), м ;

$\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ - густина рідини;

η_1, η_2, η_3 - ККД передачі, помпи, двигуна;

$$\eta_1 = 0,8; \quad \eta_2 = 0,7; \quad \eta_3 = 0,85;$$

$$P_{\text{ЕП}} \approx W_{\text{Iгод}};$$

$$W_{\text{Iгод}} = \frac{16 \cdot 10 \cdot 1000}{3600 \cdot 102 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,85} = 0,915 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Виберемо тип, потужність і вартість частотного перетворювача

$$P_{\text{чп}} > P_{\text{ЕП}}; \quad (3.9)$$

Тип частотного перетворювача - ODE-2-14160

Потужність частотного перетворювача $P_{\text{чп}} = 1,3 \text{ кВт}$.

Вартість частотного перетворювача $C_n = 275 \text{ грн}$.

Визначимо зниження вартості споживання електроенергії помпою за рік з використанням частотного перетворювача і економного споживання води.

$$\Delta C = W_{\text{Iгод}} \cdot t \cdot T \cdot \frac{E_{\text{рац}} + E_{\text{рег}}}{100} \cdot C. \quad (3.10)$$

де $E_{\text{рац}}$, $E_{\text{рег}}$ – економія від раціонального використання та від регулювання.

$$\Delta C = 0,915 \cdot 8 \cdot 250 \cdot \frac{10 + 15}{100} \cdot 0,8 = 366 \text{ (грн)}.$$

Визначимо термін окупності частотного перетворювача.

$$T = \frac{K}{\Delta C} \quad (3.11)$$

$$T = \frac{2750}{366} = 7,5 \text{ (роки)}.$$

Визначимо вартість зекономленої електроенергії внаслідок заміни помпи на більш ефективну.

$$\Delta C = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{QHT_p (\eta_{2н} - \eta_{2с})}{\eta_3 \cdot \eta_{2н} \cdot \eta_{2с}} \cdot C; \quad (4.12)$$

$$\Delta C = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{16 \cdot 10 \cdot 250 \cdot 8 \cdot (0,8 - 0,7)}{0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7} \cdot 0,8 = 155,42 (\text{грн.}).$$

Визначимо термін окупності нової помпи, враховуючи, що залишкова вартість старої помпи, за яку можна її продати становить 30 % нової помпи.

$$T = \frac{V_{\text{нп}} - V_{\text{сп}}}{\Delta C}. \quad (4.13)$$

де $V_{\text{нп}}$ – вартість нової помпи;

$V_{\text{сп}}$ – залишкова вартість старої помпи.

$$T = \frac{2000 - 650}{155,42} = 8,6, (\text{років}).$$

Виконавши перевірку ефективності заміни насосної установки на насосну установку з вищим ККД і меншим споживання електричної енергії можна зробити висновок про те, що навіть при незначних капітальних вкладеннях можна отримати економічний ефект. Хоча термін окупності нової насосної установки складає близько 8,6 року, тим не менш має місце економія споживаної електричної енергії.

3.4 Заміна недовантаженого електропривода електроприводом меншої потужності

Заміна незавантажених двигунів, навіть якщо вона виправдана розрахунком, може робитися тільки після ретельної перевірки можливості їх повного завантаження за рахунок правильного використання приведених ними робочих машин.

1. Якщо середнє навантаження електродвигуна менше 45% номінальної потужності, то заміна його менш потужним двигуном завжди доцільна і перевірку розрахунками не потрібно.

2. При навантаженні більше 70% номінальної потужності можна вважати, що заміна його недоцільна.

3. При завантаженні двигуна в межах 45-70% номінальної потужності доцільність його заміни має бути підтверджена зменшенням сумарних втрат активної потужності в електричній системі і в електродвигуні.

Вихідні дані: номінальна потужність першого двигуна $P_{1н}=7,5$ кВт, номінальна потужність другого двигуна $P_{2н}=5,5$ кВт, реальна потужність двигуна $P_{реал}=2$ кВт, номінальна напруга $U_n=380$ В, номінальний ККД $\eta_1=0,875$, $\eta_2=0,88$, номінальний коефіцієнт потужності $\cos \varphi_1=0,88$, $\cos \varphi_2=0,89$, коефіцієнт підвищення втрат $K_{втр}=0,1$ кВт/квар, тариф на електроенергію $C_w=0,8$ грн/кВт·год, річний час максимального навантаження двигуна $\tau_p=1500$ год., ліквідна вартість двигуна більшої потужності і вартість двигуна меншої потужності $B_{д1}=500$ грн., $B_{д2}=1200$ грн., ковзання при номінальному навантаженні $S_{1н}=0,035$, $S_{1н}=0,05$, відношення максимального обертового момента на валу до номінального $\lambda=2,2$, відношення номінального електромагнітного момента на валу до номінального обертового $\xi=1,05$, коефіцієнт $\alpha_0=0,61$.

Розрахунок був проведений в програмному середовищі MathCad та представлений в додатку И.

В результаті розрахунків визначено, що зниження втрат активної потужності складає

$$\Delta P = \Delta P_{sum1} - \Delta P_{sum2} = 0,103 \text{ (кВт)}.$$

Економія коштів внаслідок заміни двигуна

$$E = \Delta P \cdot \tau_p \cdot C_w = 185,216 \text{ (грн)}.$$

Простий термін окупності заміни двигуна

$$T_{ок} = \frac{B_{д2} - B_{д1}}{E} = 3,779 \text{ (років)}.$$

Отже, внаслідок заміни двигуна потужністю 7,5 кВт двигуном потужністю 5,5 кВт отримаємо економію коштів 185,216 грн., а термін окупності складе 3,779 року.

3.5 Перевірка ефективності обмежувачів неробочого ходу в електроприводах цеху

Під час обстеження заводу отримано таку інформацію про електроприводи насосів, компресора та вентиляційних систем (таблиця 3.1):

1. Основними електроприводами в виробничому цеху є 2 компресори, 5 насосів і 2 вентиляційні системи.

2. Відомий середній міжопераційний час кожного типу ЕП, $t_{\text{між1}}$ (насос), $t_{\text{між2}}$ (компресор), $t_{\text{між3}}$ (вентиляція), с.

3. За допомогою вимірювальних приладів визначені потужності неробочого ходу кожного виду ЕП, $P_{\text{нх1}}$, $P_{\text{нх2}}$, $P_{\text{нх3}}$, кВт.

4. З паспортних даних отримані значення номінальних потужностей електродвигунів, $P_{\text{н1}}$, $P_{\text{н2}}$, $P_{\text{н3}}$, кВт.

5. Час корисної роботи кожного ЕП приймаємо рівним 10 с.

6. Відома кількість циклів на добу роботи кожного типу ЕП, $n_{\text{ц1}}$, $n_{\text{ц2}}$, $n_{\text{ц3}}$.

7. Кількість днів роботи в рік T , днів.

8. Вартість електроенергії C , грн/кВт·год.

9. Вартість обмежувачів холостого ходу, $B_{\text{обм.хх1}}$, $B_{\text{обм.хх2}}$, $B_{\text{обм.хх3}}$, грн.

Таблиця 3.1 – Дані про електроприводи в цеху

$t_{\text{між1}}$, $t_{\text{між2}}$, $t_{\text{між3}}$, с	18;31; 27
$P_{\text{нх1}}$, $P_{\text{нх2}}$, $P_{\text{нх3}}$, кВт	0,4;0,6; 0,12
$P_{\text{н1}}$, $P_{\text{н2}}$, $P_{\text{н3}}$, кВт	4;6;12
$n_{\text{ц1}}$, $n_{\text{ц2}}$, $n_{\text{ц3}}$	50; 150; 90
T , днів	240
C , грн/кВт·год	0,8
$B_{\text{обм.хх1}}$, $B_{\text{обм.хх2}}$, $B_{\text{обм.хх3}}$, грн.	120, 250, 90

Побудуємо діаграми циклів роботи кожного ЕП:

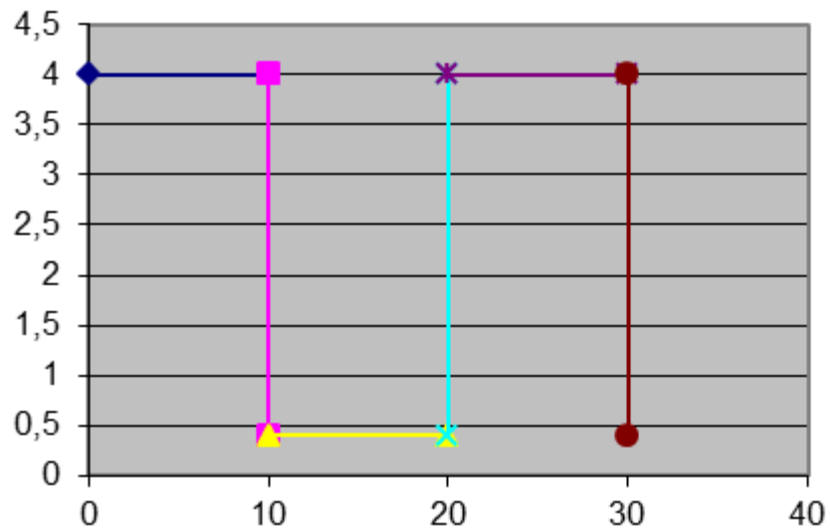


Рисунок 3.5 – Діаграма циклу роботи насосу верстату

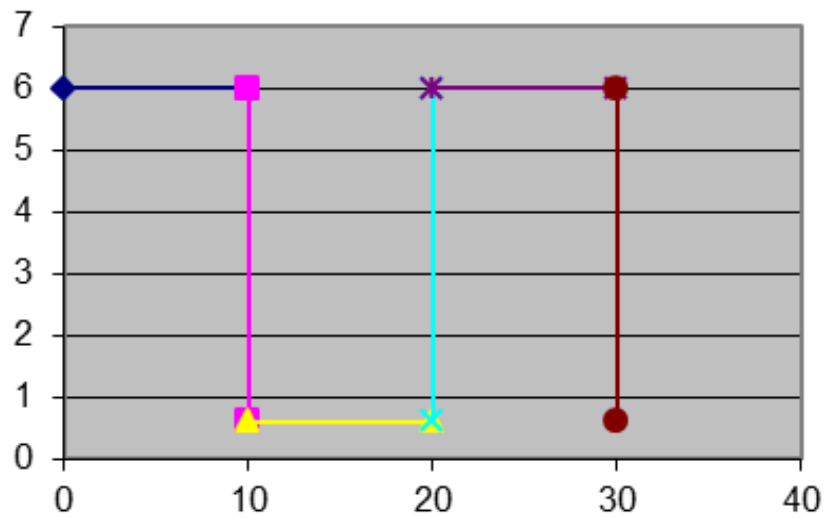


Рисунок 3.6 – Діаграма циклу роботи компресора

Розрахуємо параметри діаграми визначення ефективності обмежувачів неробочого ходу a та b , грн.

$$a = P_{\text{нх}} / P_{\text{н}} ; \quad (3.17)$$

$$b = 1 / 4 \cdot t_{\text{між}} . \quad (3.18)$$

З діаграми визначення ефективності обмежувачів неробочого ходу [10] визначимо показник ефективності ε .

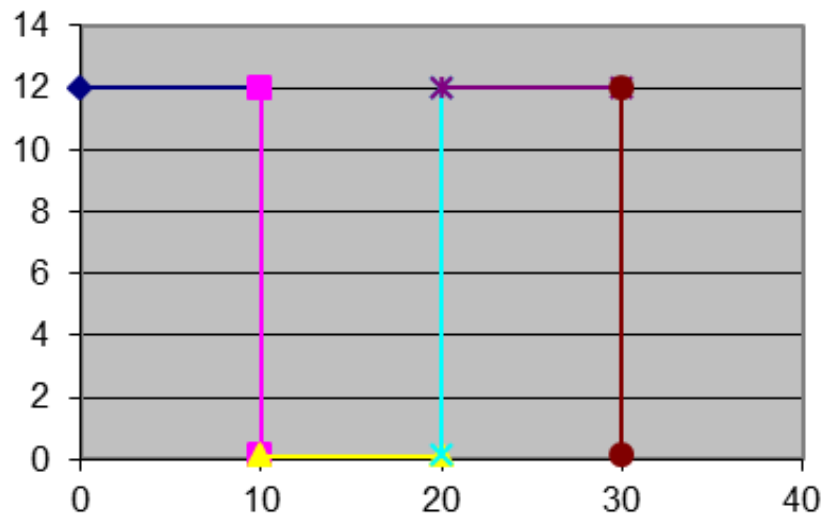


Рисунок 3.7 – Діаграма циклу роботи вентиляції верстату

Розрахуємо економію електроенергії кожного ЕП за день та за рік, кВт·год :

$$W = (\varepsilon \cdot t_{\text{між}} \cdot P_{\text{н}} \cdot n_{\text{ц}}) / 3600; \quad (3.19)$$

$$W_p = W \cdot T. \quad (3.20)$$

Визначимо економію коштів за рік, грн./ кВт·год:

$$BW_{\text{нх}} = W_p \cdot C. \quad (3.21)$$

Виконаємо порівняльний розрахунок економії електроенергії враховуючи повне виключення холостого ходу:

$$W_{\text{нк}} = (t_{\text{між}} \cdot P_{\text{нх}} \cdot n_{\text{ц}}) / 3600; \quad (3.22)$$

$$W_{\text{нкp}} = W_{\text{нк}} \cdot T; \quad (3.23)$$

$$BW_{\text{нк}} = W_{\text{нкp}} \cdot C \cdot N. \quad (3.24)$$

Визначимо термін окупності обмежувачів холостого ходу з врахуванням холостого ходу, років:

$$T = B_{\text{обм.хх}} / BW_{\text{нх}}. \quad (3.25)$$

Визначимо термін окупності обмежувачів холостого ходу без врахуванням холостого ходу, років:

$$T_{\text{нк}} = B_{\text{обм.хх}} / BW_{\text{нк}}. \quad (3.26)$$

Результати вносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків ефективності обмежувачів неробочого ходу в електроприводах цеху

Параметри	Компресор	Насос	Вентиляційна система
a, грн.	0,1	0,1	0,1
b, грн.	0,014	0,008	0,009
W, кВт*год	0,02	0,194	0,008
W _p , кВт*год	4,8	46,5	1,944
ε	0,02	0,025	0,01
BW _{нх} , грн./ кВт*год	7,68	372	4,66
W _{нк} , кВт*год	0,1	0,775	0,081
W _{нкp} , кВт*год	24	186	19,44
BW _{нк} , грн./ кВт*год	38,4	1488	46,66
T, років	15,625	0,672	19,29
T _{нк} , років	3,125	0,168	1,93

Отже, в даному підрозділі були досліджені показники підвищення енергоефективності електропривода, а також визначені терміни окупності з врахуванням і без врахування холостого ходу.

Висновки. Насоси, вентилятори та компресори (Н, В та К) відносяться до числа найбільш поширених та енергоємних механізмів на промислових підприємствах.

Ефективність будь-якого енергетичного процесу визначається двома чинниками.

Перший - наскільки добре підведена споживачу потужність відповідає вимогам оптимального технологічного процесу.

Другий - наскільки великі втрати, що супроводжують процес.

Застосування регульованого електропривода забезпечує енергозбереження та дозволяє отримати нові якості систем та об'єктів. Значна економія електроенергії забезпечується за рахунок регулювання будь-якого технологічного параметру.

Застосування перетворювачів частоти з асинхронними електродвигунами є перспективним і економічно обґрунтованим способом заміни, як регульованого приводу постійного струму, так і нерегульованого приводу змінного струму.

Основними особливостями застосування перетворювачів частоти з асинхронними електродвигунами є: забезпечує можливість регулювання швидкості в широкому діапазоні, плавний розгін і гальмування, захист електродвигуна від всіх типів перевантажень, контроль і відображення параметрів, енергозбереження до 60%, збільшення терміну служби механічної і електричної частин устаткування.

Проведено заміну недовантаженого двигуна потужністю 7,5 кВт на двигун 5,5 кВт. Термін окупності даного заходу склав 3,779 року.

Також були досліджені показники підвищення ефективності використання обмежувачів холостого ходу. Без врахування холостого ходу термін окупності для електропроводів цеху склав 3,125, 0,168, 1,93 років.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В бакалаврській дипломній роботі розробляється система електропостачання ТОВ «Термопласт». Електропостачання якого відноситься до I та II категорії, живлення здійснюється від двох підстанцій 35/0,4 кВ.

На електротехнічний оперативно–ремонтний персонал, який обслуговує обладнання виробничих приміщень, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ДСНіП [22]:

фізичні:

підвищена та понижена температура повітря робочої зони;

рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;

підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;

підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;

недостатнє освітлення робочої зони;

нестача природного освітлення;

небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;

підвищений рівень шуму на робочому місці;

підвищений рівень вібрації;

підвищена вологість повітря;

підвищена та знижена рухливість повітря;

психофізіологічні:

фізичні перевантаження (динамічні);

нервово – психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В) [21].

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

розміщувати неізолювані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки;

– підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється [23].

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги;

ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; показчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно–монтажний інструмент з ізольованими ручками [24].

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Роботи по обслуговуванню електрообладнання.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно–ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені. При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу – в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування [25].

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення (таблиця 4.1) [27].

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт ІІа

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості ІІа	18–27	65 при 26°C	0,2–0,4
Холодний		17–23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ (таблиця 4.2) [28].

Таблиця 4.2– Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Окис вуглецю		20	4
Пил рослинного і тваринного походження	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

очищувати металевий пил якнайчастіше.

щодня протирати гарячі поверхні.

принаймні, двічі в рік проводити генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пилососа.

при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу при продувках.

Планувати продувки або прибирання так щоб вони приходилось на час коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення.

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: – природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (ен). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості [29].

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Характеристика зорової роботи при виконанні – роботи середньої точності;

Розряд – IV;

Підрозряд зорової роботи – в;

Контраст об'єкту розпізнавання – середній;

Характеристика фону – світлий;

Бокове КЕО, %:

природне 1,5;

суміщене 0,9.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути

забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою (4.1):

$$e_n = e_n \cdot m_n; \quad (4.1)$$

де e_n – значення КЕО для будинків;

m_n – коефіцієнт сонячності клімату – 0,85, вікна зорієнтовані на захід.

Природне: $e_n = 1,5 \cdot 0,85 = 1,3\%$;

Суміщене: $e_n = 0,9 \cdot 0,85 = 0,9\%$.

Штучне освітлення.

– штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве [29]. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

загальне – 150 лк; комбіноване – 300 лк.

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ–250.

4.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається за формулою (4.2):

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right); \quad (4.2)$$

де L – рівень шуму, дБ;

P – звуковий тиск, Па;

U_0 – коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 – нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц (таблиця 4.3). Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 4.3 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.5 Вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево–судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань [31].

У нашому цеху присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях наведені в таблиця 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	–	–	–	–
Локальна вібрація	–	–	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с•10^{–2}, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

4.3 Пожежна безпека

Приміщення підстанцій з вибухопожежонебезпеки (ОНТП 24–86) відноситься до виробництв категорії Д. Будівля, де розташована підстанція, відноситься до I ступеня вогнестійкості. До ступені вогнестійкості I відносяться будівлі з несучими і відгороджувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитних негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції [32].

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год.(над ризикою) і максимальні межі розповсюдження вогню по ним, см. (під ризикою):

Стіни несучі і сходові клітини – 2.5/0;

Стіни самонесучі – 1.25/0;

Стіни зовнішні ненесучі (у тому числі з навісних панелей) – 0,5/0;

Стіни внутрішні ненесучі (перегородки) – 0,5/0;

Колони – 2.5/0;

Елементи покриття: плити, настили (у тому числі з утеплювачем) і прогони – 1/0 [13];

Елементи покриття: балки, ферми, арки, рами – 0,5/0.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до ближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо зовні чи в сходишкову клітину не обмежується незалежно від об'єму приміщення для категорії приміщення Д і ступені вогнестійкості будови I.

Для категорії приміщення Д, ступені вогнестійкості I, незалежно від об'єму кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу (дверей) повинна бути не

більше 260 чол./м. Ширина дверей у приміщенні – 4 м, у приміщенні працює 1 чоловік, що відповідає нормованому значенню.

Для гасіння пожежі до приїзду пожежної команди в котельні встановлюється пожежний щит, до комплекту якого входять: вуглекислотні вогнегасники ВВ–5 – 3 шт., ящик із піском місткістю 3 м³ – 1 шт., покривало з негорючого теплоізолюючого матеріалу розміром 2м х 2м – 1 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт., гаки – 3 шт.

Висновки. В даній частині кваліфікаційної роботи був проведений аналіз безпеки життєдіяльності на підприємстві, проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори, які впливають на робочий персонал цеху. Встановленні технічні рішення що до безпечної експлуатації об'єкта, системи запобігання пожежі, гігієни праці та виробничої санітарії.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі були вирішені задачі для розробки системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» з аналізом заходів економії електричної енергії в електроприводах. В роботі виконано наступні раніше поставлені задачі:

- наведено коротку характеристику підприємства та виробництва;
- розраховано силові електричні навантаження Виробничого цеху та підприємства;
- побудовано картограму навантажень та визначено оптимальне місце розташування ЦРП;
- проведено вибір цехових ТП та силових трансформаторів якими стали 2хТМ-630/35;
- проведено розрахунок розподільної мережі, вибір кабелів;
- складено схему заміщення, розраховано струми КЗ;
- вибрано основне електроустаткування ЦРП;

Розробка СЕП підприємства виконана відповідно до вимог актуальних нормативно-технічних документів, спроектована СЕП забезпечить надійне електропостачання споживачів та безпечну експлуатацію електроустаткування підприємства з врахуванням специфіки виробництва.

В науково-дослідній частині роботи було здійснено аналіз способів економії електроенергії в електроприводах. Також були досліджені показники підвищення ефективності використання обмежувачів холостого ходу. Без врахування холостого ходу термін окупності для електропроводів цеху склав 3,125, 0,168, 1,93 років.

В розділі охорони праці виконано опис та характеристика цеху за категоріями по санітарії та електробезпеці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
2. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
3. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). [Чинний від 03.06.2020]. Київ, 2020. 33 с. (Інформація та документація).
4. Способи економії електроенергії на підприємстві. URL: <http://vinmayak.pat.ua/> (дата звернення: 16.05.2024).
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
6. РТМ 36.18.32.4-92: 1993. Методика розрахунку електричного навантаження. 9с.
7. Промислові автоматичні вимикачі ЕВ та ЕВ2. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/etibreak/eb2/> (дата звернення: 16.05.2024).
8. Кабельно-провідникова продукція. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189/> (дата звернення: 17.05.2024).
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
10. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
11. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю

електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.

12. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.

13. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.

14. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).

15. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго". URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees/> (дата звернення: 15.05.2024).

16. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.yuzhcable.info/> (дата звернення: 15.05.2024).

17. Трансформатори силові ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099/> (дата звернення: 15.05.2024).

18. Вимикачі навантаження. URL: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazheniya-c756/> (дата звернення: 15.05.2024).

19. Півняк Г. Г., Волков О. В. Сучасні частотно-регульовані асинхронні електроприводи з широтноімпульсною модуляцією : монографія. м. Дніпро : Національний гірничий університет, 2006. 470 с.

20. Грабко В. В. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навч. посіб. / В. В. Грабко, С. М. Бабій, М. М. Мошноріз. - Вінниця : ВНТУ, 2016. - 118 с.

21. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

22. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

23. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

24. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

25. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

26. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

27. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

28. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

29. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

30. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

31. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

32. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС

України, 2014. 47 с.

33. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

34. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

35. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

36. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

37. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕЕМ

“ ____ ” _____ 2024р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____
“ ____ ” _____ 2024р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до бакалаврської дипломної роботи
на тему:

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю «Гайсинський молокозавод»

08-17.БКР.000.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кравець О.М. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЗЕЕ – 206

Кулібаба В.В. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

Додаток А – Вхідні дані проекту

Таблиця А.1 – Електричні навантаження виробничих потужностей

№ на плані	Назва цеху	Р _н , кВт
1	Приймальний цех	780
2	Продуктовий цех	600
3	Технічний цех	700
4	Цех підготовки виробництва	440
5	Виробничий цех	Об'єкт проектування
6	Цех готової продукції	480

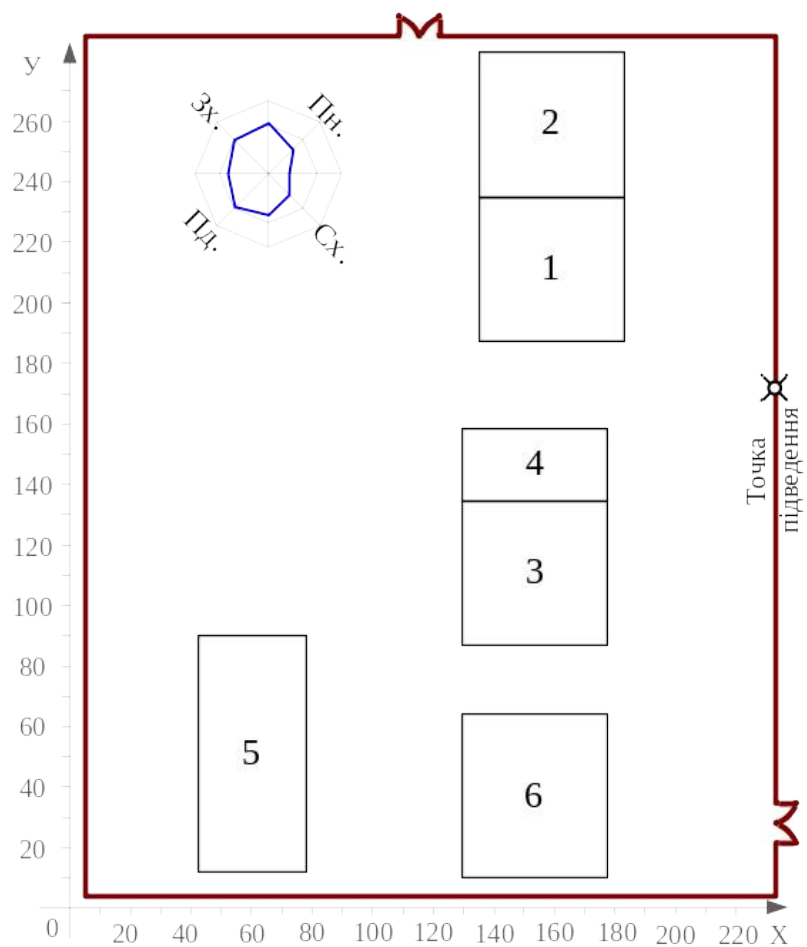


Рисунок А.1 – Генплан ТОВ «Гайсинський молокозавод»

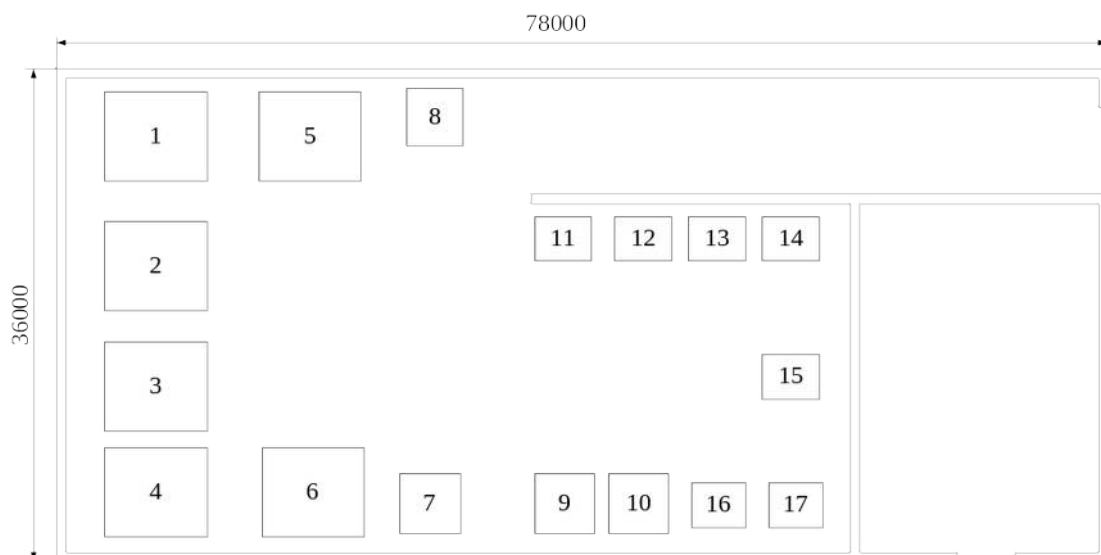
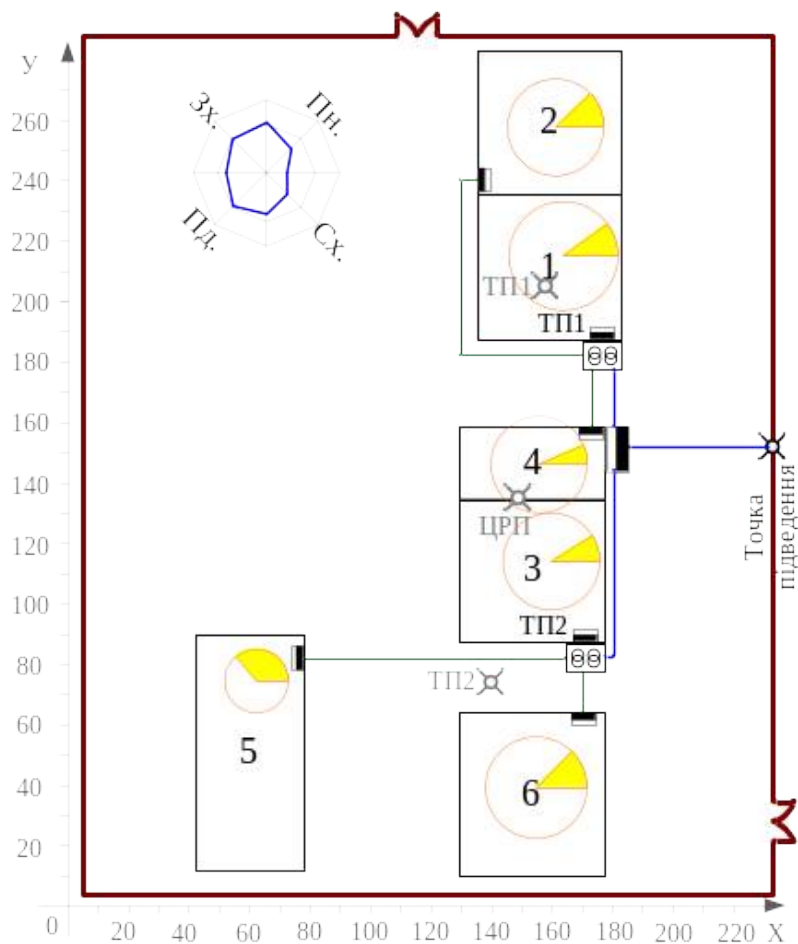


Рисунок А.2 – План Виробничого цеху (№5 на генплані)

Таблиця А.2 – Електричні навантаження Виробничого цеху

№	Найменування	Рн, кВт
1-2	Відділювач	12,0
3	Подрібнювач	18,5
4	Мийка	4,5
5-6	Дозувальна машина	11,0
7-8	Вакуум-фільтр	22,2
9-10	Вентилятор	1,1
11-12	Дозрівач	24,0
13	Мішалка	13,0
14	Циклон	1,5
15	Класифікатор	7,5
16	Міксер	7,5
17	Вібратор	18,5

Додаток Б – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами

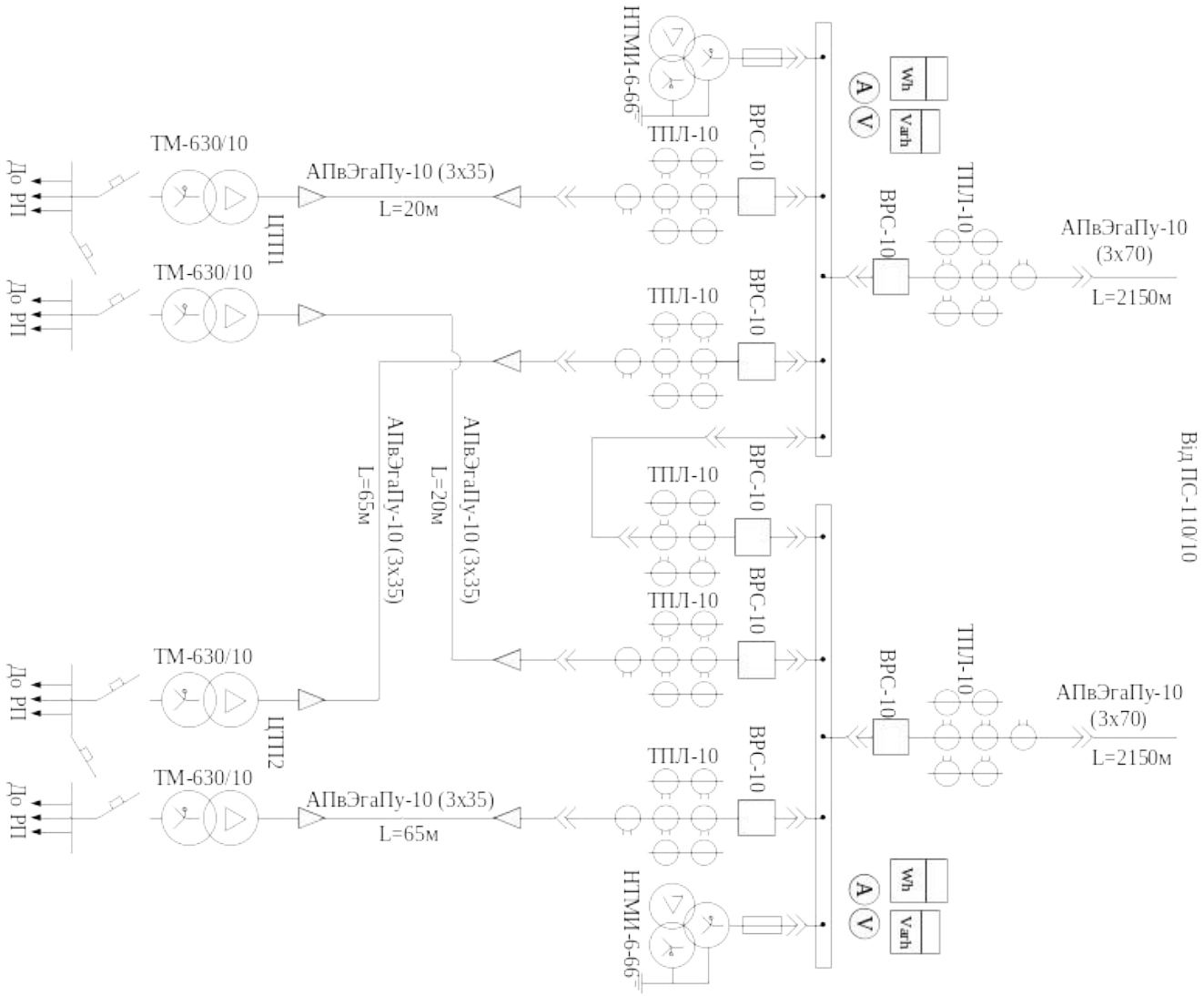


№	Найменування	Рн, кВт
1	Приймальний цех	780
2	Продуктовий цех	600
3	Технічний цех	700
4	Цех підготовки виробництва	440
5	Виробничий цех	
6	Цех готової продукції	480

Таблиця умовних позначень

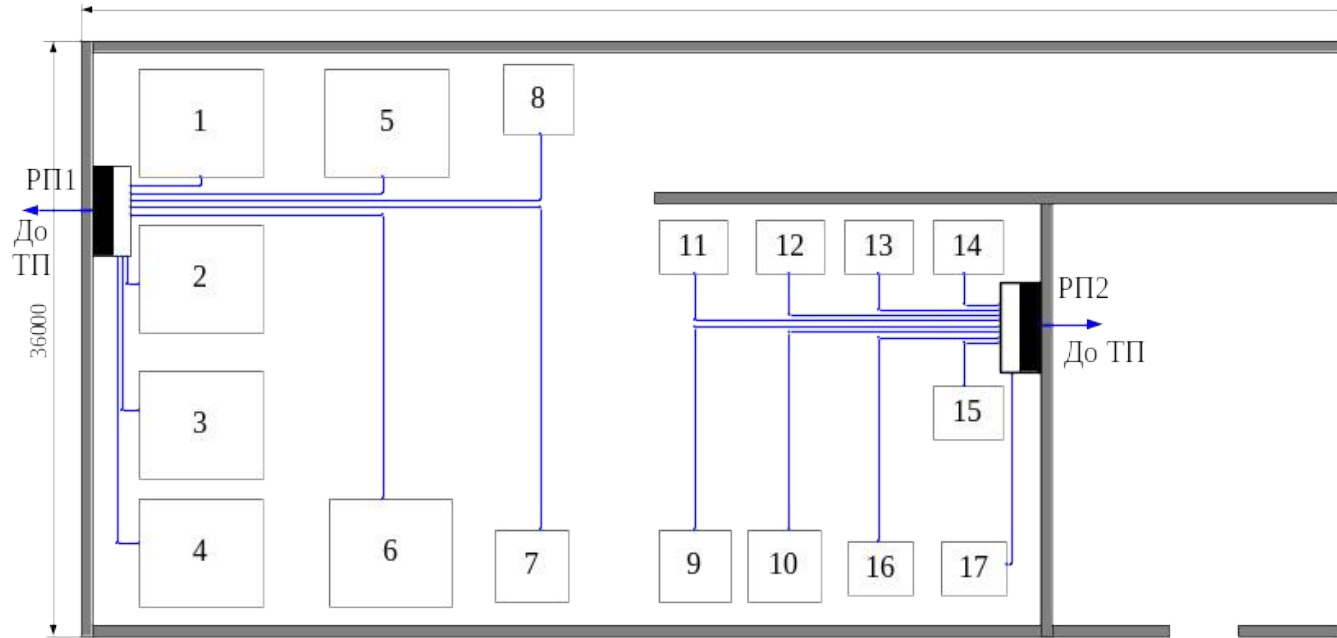
Позначення	Найменування
	Трансформаторна підстанція
	Розподільчий пристрій
	Кабельні лінії 10 кВ
	Кабельні лінії 0,4 кВ

Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток Г – План електропостачання цеху

78000



№	Найменування	Рн, кВт
1,2	Відділювач	12
3	Подрібновач	18,5
4	Мийка	4,5
5,6	Дозувальна машина	11
7,8	Вакуум-фільтр	22,2
9,10	Вентилятор	1,1
11,12	Дозрівач	24
13	Мішалка	13
14	Циклон	1,5
16	Класифікатор	7,5
16	Міксер	7,5
17	Вібратор	18,5

Додаток Д – Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху

ТП	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				№ ПТ	п шт	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				СПОЖИВАЧ				НАЗВА ІПТ
	ТИП ВИБИРАЧА	І ном м А	І ном р А	І с. к. А	ПРОВОД		Р м Вт	І м А			ТИП ВИБИРАЧА	І ном м А	І ном р А	І ном к. м А	МАЛПА ПРОВОДУ (Склад прокладен кабелів)	І до п А	І м А	Р ном м Вт	№ на плані				
					МАЛПА ПРОВОДУ (Склад прокладен кабелів)	І до п А																	
	ВА 31-31	100	100	700	АБВГ 3х16+1х10	110	42.24	83.4	PT-1	2	ВА 31Г-31	100	63	3	АПБ	4(1х16)	65	28.0	12	1.2	Надзюмач		
	ВА 31-31	100	100	700	АБВГ 3х16+1х10	110	38.58	72.61	PT-2	2	ВА 31Г-25	25	25	3	АПБ	4(1х6)	27	8.5	4.5	4	Підприємств		
										1	ВА 31Г-31	100	63	3	АПБ	4(1х16)	65	46.8	18.5	3	Машини		
										1	ВА 31Г-25	25	25	3	АПБ	4(1х6)	27	23.9	11	5.6	Дослідницька машина		
										2	ВА 31Г-31	100	63	3	АПБ	4(1х16)	65	39.7	22.2	7.8	Вакуум-фільтр		
										2	ВА 31Г-25	25	25	3	АПБ	4(1х6)	27	1	1.1	9.10	Вентилятор		
										2	ВА 31Г-31	100	63	3	АПБ	4(1х16)	65	42.9	24	11.12	Допоміж		
										1	ВА 31Г-31	100	63	3	АБВГ	4(1х16)	65	32.9	13	13	Машини		
										1	ВА 31Г-25	25	25	3	АПБ	4(1х6)	27	3.5	1.5	1.5	Циркон		
										1	ВА 31Г-25	25	25	3	АПБ	4(1х6)	27	13.4	7.5	15	Класифікатор		
										1	ВА 31Г-25	2	5	3	АБВГ	4(1х16)	27	17.5	7.5	16	Міксер		
										1	ВА 31Г-31	100	63	3	АПБ	4(1х16)	65	43.2	18.5	17	Вибратор		

Додаток Є – Підвищення ефективності використання електроприводів на підприємстві

Результати розрахунків ефективності обмежувачів неробочого ходу в електроприводах цеху

Параметри	Зубошліфувальний верстат	Горизонталь- фрезерний станок	Токарно- гвинтовий верстат
a, грн.	0,1	0,1	0,1
b, грн.	0,014	0,008	0,009
W, кВт*год	0,02	0,194	0,008
W _p , кВт*год	4,8	46,5	1,944
ε	0,02	0,025	0,01
BW _{нх} , грн./ кВт*год	7,68	372	4,66
W _{нк} , кВт*год	0,1	0,775	0,081
W _{нкp} , кВт*год	24	186	19,44
BW _{нк} , грн./ кВт*год	38,4	1488	46,66
T, років	15,625	0,672	19,29
T _{нк} , років	3,125	0,168	1,93

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichек

Оригінальність _____ Схожість _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібно):

- 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichек щодо роботи.

Автор роботи	_____	<u>Кулібаба В.В.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Керівник роботи	_____	<u>Кравець О.М.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)