

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з
обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСЕ-23м

Освітня програма: “ Електротехнічні
системи електроспоживання”

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Будняк Є. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Ph. D., доц. каф. ЕСЕЕМ

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2024 р.

Опонент

Басіс О. М.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2024 р

тушено до захисту

ідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2024 р

Вінниця ВНТУ – 2024 року

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

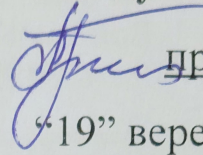
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело

“19” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Будняку Євгенію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин»

керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доцент каф. ЕСЕМ, Ph. D.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» вересня 2024 року, №310

2. Термін подання студентом роботи “10” грудня 2024 року

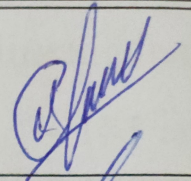
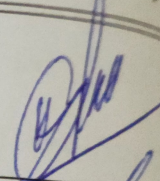
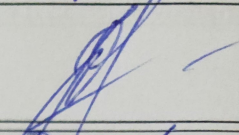
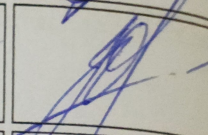
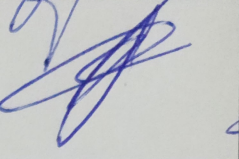
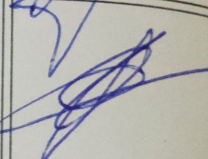
3. Вихідні дані до роботи (Додаток А) Генплан закладу; відомості про навантаження та площі навчальних корпусів; відомості про джерела живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

В роботі необхідно проаналізувати технологічний процес. На основі аналізу навантажень підприємства побудувати математичну модель для вибору основного обладнання елементів системи електропостачання. Проаналізувати пристрої плавного пуску асинхронних двигунів. В економічній частині роботи визначити собівартість електроенергії.

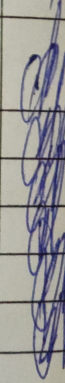
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан закладу. Однолінійна схема електропостачання. Креслення спеціальної частини роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальний розділ роботи	Лобода Ю. В., доц., каф. ЕСЕЕМ, Ph. D.		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю. П., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 17.вересня.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	30.09.24	
2	Синтез зовнішньої СЕП	10.10.24	
3	Науково дослідна частина	25.10.24	
4	Економічна частина	22.11.24	
5	Охорона праці	29.11.24	
6	Графічна частина	04.12.24	

Студент

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Будняк Є. В.

(прізвище та ініціали)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТОЦІЯ

Будняк Є. В. Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин». МКР. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця : ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2024. – 107 с.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено систему електропостачання ТОВ «Вінниця-млин» з метою підвищення її енергоефективності, надійності та економічності. У роботі виконано аналіз технологічного процесу та характеристик електрообладнання підприємства, розроблено математичні моделі для автоматизованого розрахунку електричних навантажень і вибору основних компонентів системи електропостачання.

Особливу увагу приділено асинхронним двигунам, які є основними споживачами електроенергії на підприємстві. Проаналізовано доцільність використання частотнокерованих електроприводів та пристроїв плавного пуску для оптимізації роботи двигунів. Проведено техніко-економічний аналіз, включаючи оцінку собівартості електроенергії, втрат у системі та витрат на її передачу.

Розроблено рекомендації щодо вибору енергоефективного обладнання, оптимізації системи електропостачання та підвищення надійності її функціонування. Окремо розглянуто питання охорони праці, безпеки експлуатації, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Ключові слова: система електропостачання, асинхронний двигун, частотнокерований електропривод, пристрій плавного пуску, енергоефективність, техніко-економічний аналіз, автоматизоване проектування.

ANNOTATION

Budnyak E. V. Increasing the efficiency of the power supply system of the limited liability company “Vinnytsia-Mlyn”. MKR. Specialty 141 – Electric power, electrical engineering and electromechanics. – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, Department of ESEEM, 2024. – 107 p.

In the master's qualification work, the power supply system of LLC “Vinnytsia-Mlyn” was studied in order to increase its energy efficiency, reliability and cost-effectiveness. The work performed an analysis of the technological process and characteristics of the electrical equipment of the enterprise, developed mathematical models for automated calculation of electrical loads and selection of the main components of the power supply system.

Particular attention is paid to asynchronous motors, which are the main consumers of electricity at enterprises. The feasibility of using frequency-controlled electric drives and smooth output devices to optimize the operation of engines was analyzed. A technical and economic analysis was conducted, including an assessment of the cost of electricity, losses in the system and costs for its transmission.

Recommendations have been developed for the selection of energy-efficient equipment, optimization of power supply systems and increasing the reliability of their operation. The issue of labor protection, operational safety, industrial sanitation and fire safety is separately stated.

Keywords: power supply system, asynchronous motor, frequency-controlled electric drive, smooth flow device, energy efficiency, feasibility analysis, automated design.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД.....	11
1.1 Короткий опис технологічного процесу підприємства.....	12
1.2 Відомості про електропостачання закладу в цілому	15
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ АВМАТОІЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.....	17
2.2 Вибір кількості та потужності ТП і місць їх розміщення	19
2.3 Вибір конструктивного виконання КТП.....	22
2.3.1 Вибір ввідного комутаційного апарату КТП.....	22
2.3.2 Організація обліку електроенергії.....	26
2.3.3 Вибір плавких запобіжників напругою 10 кВ.....	29
2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення	32
2.4 Визначення оптимальних перерізів мереж 0,4 кВ	39
2.5 Визначення оптимальних координат розміщення комплектної трансформаторної підстанції за критерієм мінімуму затрат в СЕП	40
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ	45
3.1 Використання пристроїв плавного пуску	45
3.2 Пуск при зміні схеми зірка/трикутник.....	46
3.3 Використання пристроїв плавного пуску з використанням тиристорного регулювання напруги.....	48
3.4 Використання частотних перетворювачів	52
3.5 Порівняльний аналіз пусків АД.....	53
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	56

4.2 Річні витрати і втрати електроенергії.....	58
4.3 Розрахунок оплати за електроенергію	61
4.4 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу. Розрахунок фонду заробітної плати.....	61
4.4.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу	61
4.4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	64
4.4.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	68
4.4.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	70
4.5 Розрахунок собівартості електроенергії	72
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації козлового крана.....	74
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	76
5.2.1 Мікроклімат	76
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	77
5.2.3 Виробниче освітлення.....	78
5.2.4 Виробничий шум.....	80
5.2.5 Виробнича вібрація	81
5.2.6 Психофізіологічні фактори	82
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи СЕП Вінниць-млин в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	84
5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Вінниць-млин в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	85
ВИСНОВОК.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
Додаток А.....	92

Додаток Б – Генплан підприємства	96
Додаток В – Однолінійна схема трансформаторної підстанції.....	97
Додаток Г – Пристрої плавного пуску з перемиканням зірка/трикутник та з тиристорним регулюванням напруги.....	98
Додаток Д – Частотний пуск.....	99
Додаток Е – Графічні залежності перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна з використанням ППП.....	100
Додаток Є – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	101

ВСТУП

Актуальність теми. Системи електропостачання сучасних промислових підприємств потребують постійного вдосконалення для підвищення їхньої ефективності, надійності та економічності. Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин» є підприємством, де основними споживачами електроенергії є асинхронні двигуни, що використовуються у технологічних процесах.

Дана магістерська кваліфікаційна робота спрямована на підвищення ефективності системи електропостачання цього підприємства. У першому розділі наведено детальний опис технологічного процесу та характеристик підприємства. У другому розділі побудовано математичні моделі для автоматизованого розрахунку навантажень та вибору основного обладнання системи електропостачання.

Оскільки значну частину навантаження становлять асинхронні двигуни, у третьому розділі проаналізовано доцільність використання частотнокерованих електроприводів. Також, враховуючи високу вартість частотних перетворювачів, як альтернативу розглянуто пристрої плавного пуску асинхронних двигунів.

У четвертому розділі проведено економічний аналіз, включаючи розрахунок собівартості електроенергії, враховуючи споживання, втрати, а також витрати на передачу і розподіл. П'ятий розділ присвячений питанням охорони праці, безпеки експлуатації, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Об'єктом дослідження є система електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин», зокрема її технічні та економічні аспекти, що впливають на енергоефективність та надійність роботи підприємства.

Мета і задачі дослідження. Підвищення ефективності системи електропостачання ТОВ «Вінниця-млин» шляхом оптимізації навантажень, вибору енергоефективного обладнання та зниження енергетичних витрат.

1. Провести аналіз технологічного процесу та визначити характеристики електрообладнання підприємства.

2. Розробити математичні моделі для автоматизованого розрахунку електричних навантажень і вибору основних елементів системи електропостачання.

3. Дослідити доцільність використання частотнокерованих електроприводів для асинхронних двигунів, а також розглянути альтернативу у вигляді пристроїв плавного пуску.

4. Виконати економічний аналіз собівартості електроенергії, враховуючи річне споживання, втрати, а також витрати на передачу і розподіл електроенергії.

5. Розробити технічні рішення для забезпечення безпечної експлуатації обладнання, дотримання норм охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Обґрунтувати рекомендації щодо підвищення енергоефективності та надійності системи електропостачання підприємства.

Предмет дослідження – є методи та засоби автоматизованого проектування.

Практична цінність. Результати даної роботи можуть бути використані для оптимізації системи електропостачання «Вінниця-млин» та сприяти підвищенню енергоефективності підприємства.

Наукова новизна: Запропоновано методику оцінки терміну окупності застосування пристроїв плавного пуску для різних двигунів технологічного процесу.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД

ЗАТ «Вінниця-млин» знаходиться за адресою: вулиця Данила Нечая 7, Вінниця, Вінницька область, Україна. Підприємство спеціалізується на виробленні продуктів борошномельно-круп'яної промисловості, оптовій торгівлі продуктами харчування, напоями та тютюновими виробами. [1].



Рисунок 1.1 – Територія закладу

"Млин-Вінниці" була заснована в 1996 році у м. Вінниця. Протягом двох років побудовано повністю новий борошномельний комплекс, а також акредитована лабораторія, де відбувається контроль якості на всіх етапах вирощування зерна та виробництва борошна.

Потужність виробництва сучасного комплексу складає 150т борошна на добу. На примлиновому елеваторі може зберігатися до 5000т зерна. В компанії працює команда кваліфікованих, відданих своїй справі професіоналів.

Мета компанії – забезпечити якісною продукцією європейського рівня споживачів Вінниці і Вінницької області, та Центральної і Західної України. Запропонувати різні купажі борошна на будь-який смак. Зберегти в зерні найкорисніше для українських родин.

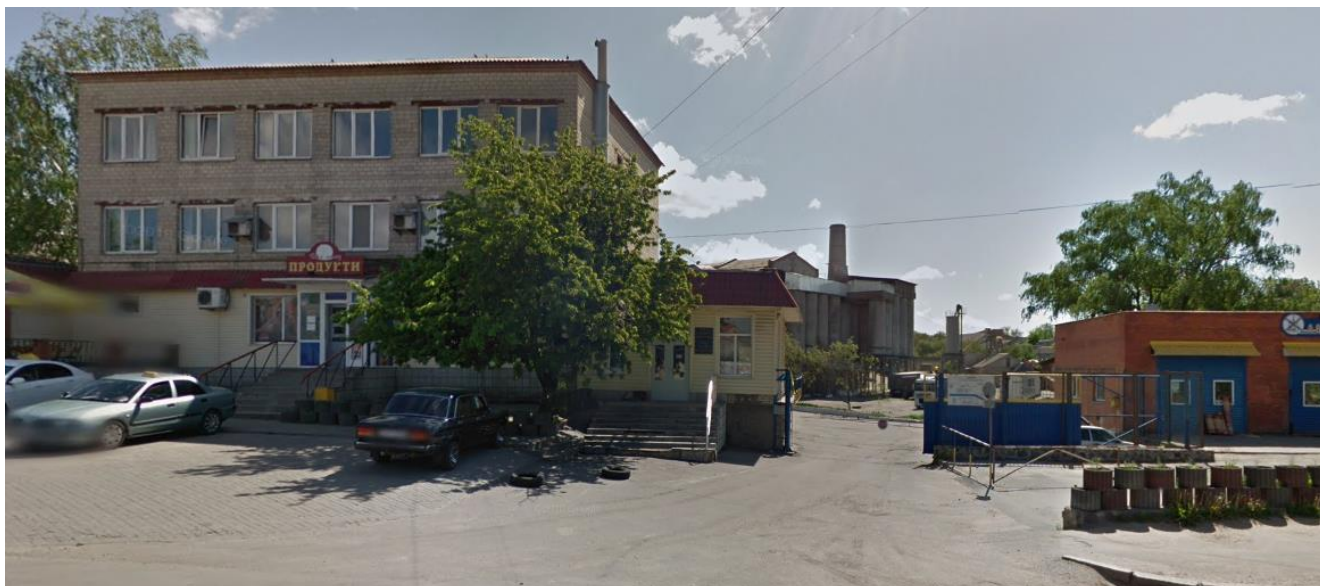


Рисунок 1.2 – Вхід на підприємство підприємства

1.1 Короткий опис технологічного процесу підприємства

Основними процесами виробництва борошна є: операції з підготовки зерна до помелу та власне помел зерна[2].

На початковому етапі відбувається прийом сировини, під час якого оцінюють фізико-хімічні та структурно-механічні властивості зерна, виконують його дозування та зважування для контролю маси. Основними критеріями ефективності цього процесу є рівень схопідібності зерна та точність вимірювання маси.

Підготовчі операції. Цей етап включає такі технологічні процеси, як сепарування, очищення поверхні зерен, їх часткове лущення. Для сортових помелів також проводять кондиціювання зерна та формують помольні партії, готуючи сировину до подальшої обробки.

Сепарування зерна. Є очищенням зерна від домішок. Виходячи з практичного досвіду, послідовність розташування сепараторів, що найбільш часто застосовується, можна представити у вигляді схеми.

Сепарування як розділовий процес дозволяє отримати із зернової маси два самостійні продукти, у кожному з яких буде деяка домішка іншого, тобто. в очищеному зерні може бути деяка частина бур'яну і навпаки.

Ефективність процесу сепарування визначається двома показниками:

- повнотою виділення даного компонента вихідної суміші, тобто. тим, скільки можна отримувати продукт від вихідної його кількості в суміші (це кількісна сторона процесу);
- чистотою виділеного продукту; інакше: яка домішка у розсіяному продукті (це якісна характеристика процесу).

До важковіддільних зернових домішок у ярі пшениці відносять ячмінь, у житі — пшеницю і ячмінь, в ячмені — пшеницю.

Очищення та лущення поверхні зерна. Необхідність очищення поверхні, а також часткове лущення зерен обумовлені необхідністю:

- видалення забруднень, що накопичилися під час транспортування та зберігання;
- відділення оболонки, що частково відшарувалися, в результаті травмування зерна;
- попередження розвитку цвілевих грибів

Гідротермічний обробіток зерна. Гідротермічна обробка (ГТО) зерна полягає у цілеспрямованій дії на нього води та тепла з використанням фактору часу та з урахуванням таких показників якості зерна як склоподібність, вологість, тип, підтип, якість клейковини та ін.

Метою такої технологічної обробки є підвищення міцності та еластичності оболонки зерна, зменшення сили зчеплення між оболонками та ендоспермом, а також надання ендосперму крихкої структури. Це сприяє ефективному

розколюванню оболонок на великі частини та подрібненню ендосперму на дрібні фракції під час помелу.

Завдяки цьому забезпечується якісніше відокремлення чистого ендосперму від оболонок та покращується процес вимолу. Використання гідротермічної обробки (ГТО) дозволяє підвищити вихід борошна найвищих сортів до 5%. Така обробка є ключовою при сортових хлібопекарських помелах пшениці та жита, а також під час виробництва макаронних виробів з твердої та м'якої пшениці з високим рівнем склоподібності.

Гідротермічна обробка зерна включає зволоження, теплову обробку та відволікання.

Зволоження призначене доведення зерна до необхідного відсоткового вмісту вологи. Зволоження може бути одно-, дво- або триразове. Перше зволоження вважається основним, друге та третє називаються дозволоженням. Зволоження як частина технологічного процесу полягає у змочуванні поверхні зерна водою.

Теплова обробка (прогрівання зерна, використання підігрітої води для зволоження) призначена для інтенсифікації процесу перерозподілу вологи в зерні та скорішої зміни властивостей окремих частинок зерна, що шалено скорочує час кінцевої операції ГТО - відволікання.

Відволікання - це витримка в спеціальних засіках зволоженого зерна. За період відволікання волога з поверхні зерна переміщається в середину зернівки і створює в ній мікротріщини, які знижують механічну міцність ендосперму. Це дозволяє при помелі на перших подертих системах отримувати більш подрібнену внутрішню частину зерна.

Формування помольної партії. Формування помольних партій передбачає підбір компонентів суміші зерна та розрахунок їх співвідношення. Цим досягається стабілізація якості помольної суміші, що включає зернові продукти, що мають різний технологічний потенціал. До переваг проведення цієї операції можна віднести:

- забезпечення постійної якості помольної партії (регулювання показників властивостей зерна) для успішної автоматизації технологічного процесу;
- економне витрачання найціннішого зерна;
- можливе витрачання малоцінного зерна, при самостійній переробці якого одержують продукцію дуже низької якості;
- використання підвищеної змішувальної здатності зерна порівняно з борошном.

Виробництво готової продукції. Технологічний етап виробництва готової продукції включає подрібнення зерна та сортування продуктів подрібнення по крупності.

1.2 Відомості про електропостачання закладу в цілому

Підприємство живиться на напрузі 10 кВ від ПС 110/35/10.

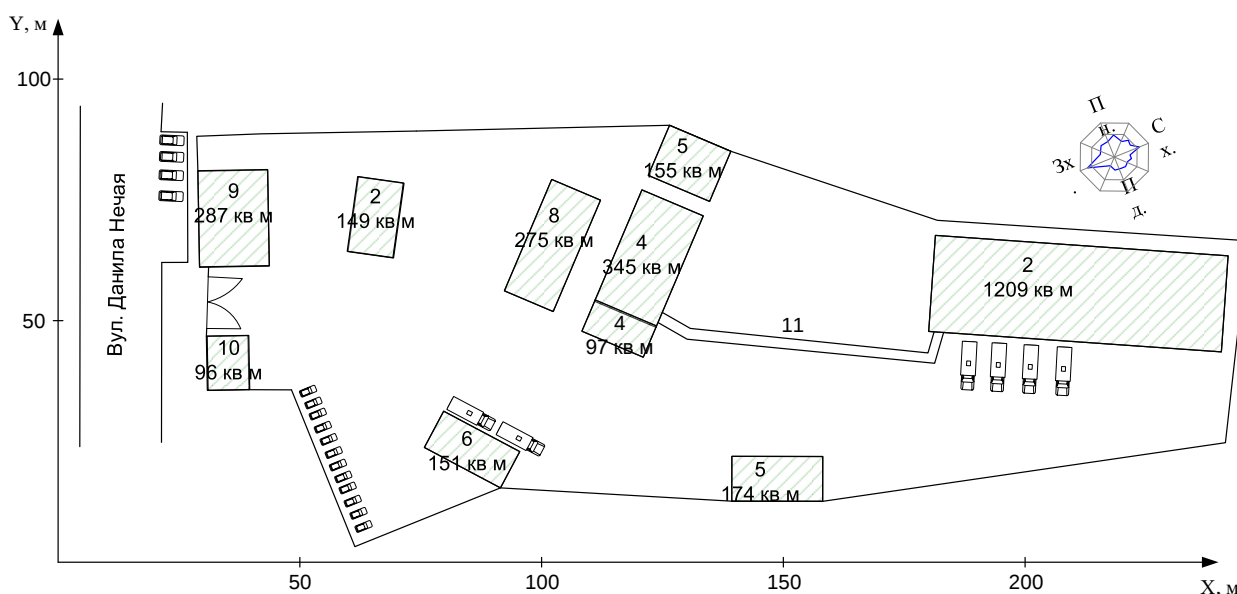


Рисунок 1.4 – Генеральний план забудови закладу

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження

№	Цех	Р _н , кВт	cos	К _п	К _в	Площа, м ²
1	2	3	4	6	7	8
1	Склад готової продукції	70	0,75	0,5	0,45	1209
2	Склад висівок	120	0,75	0,5	0,45	149
3	Майстерня	60	0,75	0,5	0,45	174
4	Примлиновий елеватор	170	0,7	0,5	0,45	345
5	Виробничий цех	130	0,7	0,4	0,36	155
6	Вагова автомобільна	70	0,7	0,4	0,36	164
7	Вагова	100	0,7	0,4	0,36	97
8	Склад накопичення	55	0,7	0,4	0,36	275
9	Адміністративна будівля	45	0,7	0,3	0,27	287
10	Прохідна	14	0,7	0,3	0,27	96
11	Транспортер	120	0,7	0,3	0,27	1
Всього по підприємству		954				2952

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ АВМАТОІЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Визначення середніх та розрахункових навантажень здійснюється за існуючими методами коефіцієнтів використання та коефіцієнтів попиту відповідно [3]. Для цього попередньо було створено в Excel електронна таблиця, що розраховує потужність кожного цеху та підприємства в цілому. Зокрема туди внесені: коефіцієнти попиту K_p , величини активної номінальної потужності цехів P_n , площі цехів F , коефіцієнти потужності $\cos\phi$, коефіцієнти використання K_v , коефіцієнт одночасності K_o , питома потужність освітлення $P_{\text{пит.о}}$, коефіцієнти потужності освітлення $\cos\phi_o$, коефіцієнти попиту освітлення $K_{\text{по}}$, коефіцієнти втрат в пускорегулюючій апаратурі $K_{\text{пра}}$, напруга живлення U_v .

Опорні формули, за якими здійснювався розрахунок необхідних величин наведені в таблиці 2.1.

При створенні даної таблиці окремим діапазонам були присвоєні ім'я згідно з шапкою таблиці. При змінні вихідних параметрів в таблиці автоматично будуть проводитись розрахунки електрички навантажень цехів та підприємства в цілому.

Розрахунки проводяться за допомогою функцій робочого листа Excel.

Таблична форма, за допомогою якої здійснено розрахунки наведена на
рисунку

2.1.

Таблиця 2.1 –Таблична форма розрахунку навантажень цехів та підприємства в цілому

							Світло							Середні нав-ня			Розрах. нав-ня			Ко=	0,95
№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	К п	Кв	Площа, м^2	Кп 0	Рпит, Вт/м^2	Кпр а	tg0	Qm0, квар	Рр0, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А	p0, кВА/м^2
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Склад готової продукції	70	0,75	0,88	0,5	0,45	1209	0,85	0,01	1,1	0,48	5,43	11,30	42,80	33,21	54,17	46,30	36,29	58,83	89,39	0,05
2	Склад висівок	120	0,75	0,88	0,5	0,45	149	0,85	0,01	1,1	0,48	0,67	1,39	55,39	48,29	73,49	61,39	53,58	81,49	123,81	0,55
3	Майстерня	60	0,75	0,88	0,5	0,45	174	0,85	0,01	1,1	0,48	0,78	1,63	28,63	24,59	37,74	31,63	27,24	41,74	63,42	0,24
4	Примлиновий елеватор	170	0,7	1,02	0,5	0,45	345	0,85	0,011	1,1	0,48	1,70	3,55	80,05	79,75	112,99	88,55	88,42	125,14	190,12	0,36
5	Виробничий цех	130	0,7	1,02	0,4	0,36	155	0,85	0,012	1,35	0,48	1,02	2,13	48,93	48,77	69,09	54,13	54,08	76,52	116,25	0,49
6	Вагова автомобільна	70	0,7	1,02	0,4	0,36	164	0,85	0,012	1,2	0,48	0,96	2,01	27,21	26,67	38,10	30,01	29,53	42,10	63,96	0,26
7	Вагова	100	0,7	1,02	0,4	0,36	97	0,85	0,013	1,2	0,48	0,62	1,29	37,29	37,34	52,77	41,29	41,43	58,49	88,86	0,60
8	Склад накопичення	55	0,7	1,02	0,4	0,36	275	0,85	0,013	1,1	0,48	1,60	3,34	23,14	21,80	31,80	25,34	24,05	34,94	53,08	0,13
9	Адміністративна будівля	45	0,7	1,02	0,3	0,27	287	0,85	0,012	1,35	0,48	1,90	3,95	16,10	14,29	21,53	17,45	15,67	23,45	35,64	0,08
10	Прохідна	14	0,7	1,02	0,3	0,27	96	0,85	0,012	1,35	0,48	0,63	1,32	5,10	4,49	6,80	5,52	4,92	7,40	11,24	0,08
11	Транспортер	120	0,7	1,02	0,3	0,27	1	0,9	0,01	1,1	0,48	0,00	0,01	32,41	33,06	46,30	36,01	36,73	51,44	78,15	51,44
	Всього по підприємству	954					2952					15,32	31,93	397,06	372,27	544,28	417,34	392,11	572,64	870,04	0,19

Повна середня потужність підприємства складає $S_c=544\text{кВА}$, розрахункова потужність $S_m=572\text{кВА}$.

2.2 Вибір кількості та потужності ТП і місць їх розміщення

Вибір оптимальної потужності ЦТП здійснюється за математичною моделлю:

Керована змінна: S_T

Множина доступних значень - всі стандартні потужності S_{CT} .

Показник ефективності розв'язку є річні приведені затрати, які залежать від керованої змінної.

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_{ТП}) + B_{ТП}(S_{ТП}), \quad (2.1)$$

$$B_{ТП}(S_{ТП}) = (E_a + E_e) \cdot k_{ТП}(S_T, k_T) \quad (2.2)$$

$$B_B(S_T) = \left[\Delta P_{XX}(S_T) + \Delta P_{K3}(S_T) \cdot k_3^2 \right] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.3)$$

$$Z(S_T) = (E_e + E_a) \cdot K_{ТП}(S_T, k_T) + \left[\Delta P_{XX}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{K3}(S_T) \cdot \frac{S_{ТП}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}$$

Обмеження на керовану змінну:

$$\begin{aligned} S_T \cdot k_T \cdot k_H &\geq S_{ТП} \\ k_T > 1 &\Rightarrow S_T \cdot k_{Па} \geq S_{ТП} \cdot k_{НПа} \\ S_T &\in S_{CT} \end{aligned} \quad (2.4)$$

де S_{CT} – множина стандартних потужностей трансформаторів;

$k_{ТП}(S_T, k_T)$ – капіталовкладення в трансформаторну підстанцію, що залежить від потужності та кількості вибраних трансформаторів;

$S_{ТП}$ – розрахункова потужність трансформаторної підстанції;

$S_{\text{сТП}}$ – середня потужність трансформаторної підстанції;

$\Delta P_{\text{ХХ}}(S_{\text{T}})$ – втрати холостого ходу в трансформаторі потужністю S_{T} ;

$\Delta P_{\text{КЗ}}(S_{\text{T}})$ – втрати короткого замикання в трансформаторі потужністю S_{T} ;

k_{T} - кількість трансформаторів;

$k_{\text{н}}$ - максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в нормальному режимі;

$k_{\text{па}}$ - максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в після аварійному режимі;

$k_{\text{нпа}}$ - частина навантаження ТП, яка повинна залишитися в роботі в після аварійному режимі

S_{T} - потужність трансформатора ТП;

t – тариф на електроенергію;

τ - число годин максимальних втрат;

Повна розрахункова потужність ЦТП дорівнює:

$$P_{\text{ТП}} = P_{\text{р}}, \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{р}}, \quad (2.6)$$

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{P_{\text{ТП}}^2 + Q_{\text{ТП}}^2} = S_{\text{р}}, \quad (2.7)$$

Таблиця 2.2 – Таблична автоматизованого процесу вибору потужності трансформаторів ТП

Дані нормального режиму															
Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	549,613				
Середня потужність ТП, кВА										Sc=	498,031				
Кількість трансформаторів										kt=	2				
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
Дані післяаварійного режиму															
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kпа=	1,3				
Доля навантаження в п.а. режимі										knпа=	0,8				
Економічні характеристики															
Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	9434,92				
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1				
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
	63	1,28	0,24	646,515	87,926	48,7093	0,48	49,1893	464,097	---		---	---	---	
	100	1,97	0,33	686,543	93,3698	29,7543	0,66	30,4143	286,956	---		---	---	---	
	160	3,1	0,51	738,788	100,475	18,2896	1,02	19,3096	182,185	---		---	---	---	
	250	4,2	0,74	806,355	109,664	10,1497	1,48	11,6297	109,725	---		---	+	---	
	400	5,9	0,95	967,815	131,623	5,56949	1,9	7,46949	70,474	202,097		+	+	+	
V	630	8,5	1,31	1076,83	146,449	3,2346	2,62	5,8546	55,2377	201,686	V	+	+	+	
	1000	10,5	2,1	1270,55	172,795	1,58589	4,2	5,78589	54,5894	227,385		+	+	+	
	1600	18	2,8	1579,5	214,812	1,06198	5,6	6,66198	62,8552	277,667		+	+	+	
	2500	23,5	3,85	1807,18	245,776	0,5679	7,7	8,2679	78,0069	323,783		+	+	+	
										Змін=	201,686				
Опт. Пот. Трансформатора										St*=	630				

Для живлення підприємства вибрано дві двотрансформаторних підстанції з трансформаторами ТМ-630/10.

2.3 Вибір конструктивного виконання КТП

2.3.1 Вибір ввідного комутаційного апарату КТП

Для встановлення приймаємо підстанції КТПБМ двотрансформаторні дворядні комплектні підстанції потужністю 2х630 кВА напругою ВН 10кВ, напругою НН 0,4 кВ, частотою 50 Гц які призначені для забезпечення промислових підприємств електроенергією.

Підстанції призначені для зовнішньої установки і можуть експлуатуватися в районах з помірним (від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$) чи холодним кліматом (від -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$).

КТПБМ – складається з одного або декількох блок-модулів встановлених на фундамент із повністю змонтованими в межах блоку електричними з'єднаннями.

Для захисту на вводі КТП встановлюємо вакуумний вимикач типу ВВ/TEL-10-20/630-У2-48.

Вимикач вакуумний ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 [energosfera.org.ua] – електричний апарат для комутацій номінального струму та струмів короткого замикання в електричних установках. Середовищем для гасіння електричної дуги є вакуум. Триполюсні вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 встановлюються в стаціонарних камерах одностороннього обслуговування (КСВ) та комплектних розподільчих пристроях (КРУ) зовнішньої та внутрішньої установки на номінальну напругу 6-20 кВ трифазного змінного струму промислової частоти, у мережах із ізольованою та заземленою нейтраллю.

Основні особливості конструкції вакуумних вимикачів типу ВВ/TEL. В основі вакуумного вимикача ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 використовуються електромагнітні пофазні приводи з магнітною засувкою. Електромагнітні приводи механічно об'єднані загальним валом-синхронізатором, що не несе навантаження.

Котушки електромагнітних приводів фаз вимикача з'єднуються паралельно і при виконанні команд підключаються до попередньо заряджених конденсаторів, розташованих у блоках керування типу (БО/TEL) вимикача ВВ/TEL-10-20/630-У2-48.

Вимикач вакуумний ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 виготовляється у кліматичному виконанні “У” категорії розміщення 2 та призначений для роботи в наступних умовах: Креслення вимикача ВВ/TEL-10-20/630-У2-48

- Установка на висоті не більше 1000м над рівнем моря;
- Верхнє значення температури навколишнього середовища всередині КРУ +50 ° С, нижнє - -40 ° С;
- не агресивне та невибухонебезпечне навколишнє середовище;
- робоче становище у просторі – будь-яке.

Креслення, габаритні та настановні розміри вимикача ВВ/TEL-10-20/630-У2-48

Структура умовного позначення вакуумних вимикачів типу ВВ/TEL-X1-X2/X3-X4X5-X6:

ВВ – вакуумний вимикач; TEL – найменування типу вимикача; X1 - значення номінальної напруги, кВ; X2 - значення номінального струму відключення, кА; X3 - значення номінального струму, А; X4 – кліматичне виконання; X5 – категорія розміщення; X6 – конструктивне виконання за каталогом.

Таблиця 2.3 – Характеристика вакуумного вимикача ВВ/TEL-10-20/630-У2-48

Параметр	Величина
Значення номінальної напруги, кВ	10
Значення найбільшої робочої напруги, кВ	12
Значення номінального струму (I_{nom}), А	630
Значення номінального струму відключення ($I_0 nom$), кА	20
Значення наскрізного струму короткого замикання, кА	
- найбільший пік	52
- Початкове діюче значення періодичної складової	20
Значення нормованого відсоткового змісту аперіодичної складової, %	40
Значення струму термічної стійкості, кА	20
Значення часу протікання струму термічної стійкості,	3
Значення власного часу відключення вимикача, з, трохи більше	0,015
Значення повного часу відключення, з, не більше	0,025
Значення власного часу включення, з, трохи більше	0,055
Значення неодночасності замикання та розмикання контактів, з, не більше	0,004
Значення номінальної напруги живлення котушок електромагнітів,	220
Значення номінальної оперативної напруги живлення	
- змінне, В	100, 110, 220
- Постійне, В	24, 48, 110, 220
- Діапазон, %	85-100
Значення ресурсу з комутаційної стійкості	
- при номінальному струмі (I_{nom}), операцій "ВО"	50000
- при струмах короткого замикання $I=(60-100)\%$ від ($I_0 nom$), операцій "ВО"	100
Значення механічного ресурсу, циклів "ВО"	50000
Значення електричного опору головного ланцюга полюса, мкОм, трохи більше	60
Маса, кг, не більше	39

Конструкція вакуумного вимикача ВВ/TEL-10-20/630-22-48. Основною конструктивною особливістю вакуумного вимикача типу ВВ/TEL є принцип роздільного керування контактами камер дугогасіння фаз електричного апарату. Це дозволяє зменшити кількість рухомих частин приводу. На загальній підставі розташовуються порожнисті опорні ізолятори, всередині яких розташовані дугогасні камери. Усередині опорних ізоляторів також розташовуються рухомі контакти дугогасних камер, які жорстко з'єднуються зі своїми приводами за

допомогою ізоляційних тяг. Всі деталі конструкції полюса мають загальну вісь симетрії, вздовж якої рухаються рухомі частини механізму. У середині основи вимикача розташовуються приводи фаз, які з'єднані один з одним за допомогою загального валу. Загальний вал забезпечує синхронізацію фаз та приводить у дію допоміжні контакти вимикача. Для керування вимикачем застосовуються блоки керування BU/TEL різних типів. Залежно від типу блоку управління, для живлення вимикачів використовуються блоки живлення, вбудовані в блок управління або окремо BP/TEL.

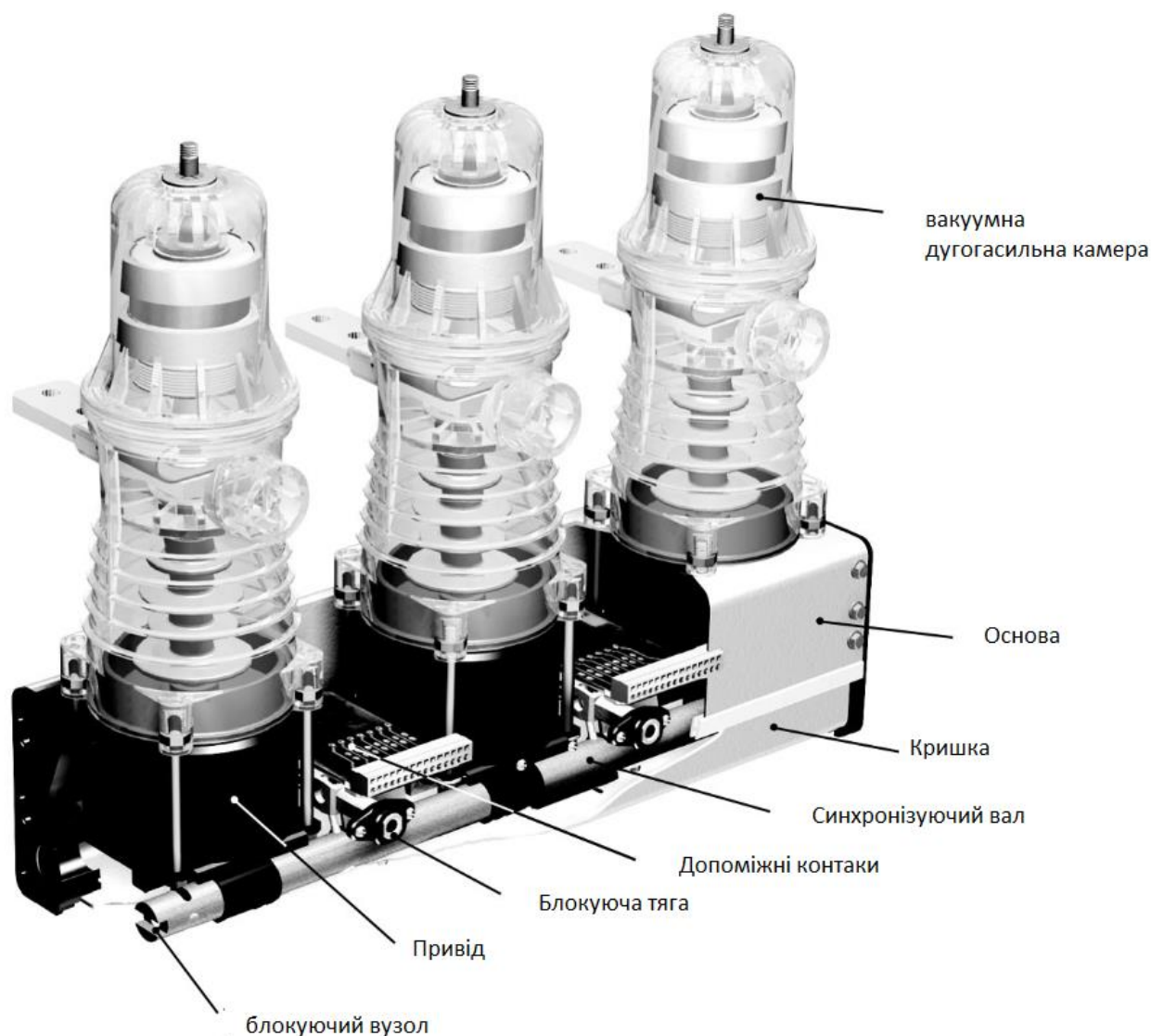


Рисунок 2.1 – Конструкція вимикача BB/TEL-10

Така конструкція послужила низці відмінних рис:

- вимикачі такого типу мають високий механічний і комутаційний ресурс;
- зниження споживання електроенергії по шинах оперативної напруги;

- зменшена вага та малі габарити;
- простота та зручність встановлення та налаштування в будь-яких типах КРУ та КСВ;
- універсальність використання в широкому діапазоні живильної оперативної напруги вторинних ланцюгів;
- не вимагають обслуговування протягом усього терміну експлуатації.

2.3.2 Організація обліку електроенергії

В комірці №3 та в комірці №8 10 кВ в ТП-10/0,4 кВ проектом передбачається встановлення трьох однофазних вимірювальних трансформаторів напруги типу IVS1F. Основні технічні характеристики вимірювальних трансформаторів напруги типу IVS1F надано у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристик трансформатора напруги IVS1F

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна робоча напруга, кВ	$10/\sqrt{3}$
Номінальна частота, Гц	50
Номінальна напруга основної 1 вторинної обмотки, В	$100/\sqrt{3}$
Номінальна напруга основної 2 вторинної обмотки, В	$100/\sqrt{3}$
Номінальна напруга додаткової вторинної обмотки, В	100/3
Значення номінальної повної потужності трансформатора, ВА, при роботі в класі точності: 0,5	50

Перевірка трансформаторів напруги:

По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.ТН}} \geq U_{\text{ном.М}} / \sqrt{3};$$

$$10/\sqrt{3} \text{ кВ} \geq 10/\sqrt{3} \text{ кВ.}$$

де $U_{\text{ном.ТН}}$ – номінальна робоча напруга трансформатора напруги, кВ;

$U_{\text{ном.м}}$ – номінальна фазна напруга мережі, кВ.

Відповідно до результатів перевірки проєктовані трансформатори напруги типу IVS1F задовольняють умови перевірки.

Попередньо до встановлення приймаються вимірювальні трансформатори струму типу ТОЛУ-10-2 У2. Основні технічні характеристики вимірювальних трансформаторів струму типу ТОЛУ-10-2 У2 надано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики трансформаторів струму типу ТОЛУ-10-2 У2

Найменування параметра	Позначення	Значення параметра
Комірка №1 та комірка №10		
Номінальна напруга, кВ	$U_{\text{ном.ТС}}$	10
Номінальна найбільша робоча напруга, кВ	$U_{\text{макс.ТС}}$	12
Номінальний первинний струм, А	$I_{\text{ном.І.ТС}}$	50
Номінальний вторинний струм, А	$I_{\text{ном.ІІ.ТС}}$	5
Струм термічної стійкості для 1с, кА	$I_{\text{терм.ТС}}$	7,4
Струм електродинамічної стійкості	$I_{\text{дин.ТС}}$	18,5

Проведемо перевірку вибраних вимірювальних трансформаторів струму.

Розрахункові дані для перевірки наведено у таблиці 2.6.

Перевірка проєктованих вимірювальних трансформаторів струму наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Перевірка трансформаторів струму

Тип перевірки	Умова перевірки	Перевірка
По номінальній напрузі	$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}$	$10 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ}$
По найбільшій робочій напрузі	$U_{\text{макс.м.}} \leq U_{\text{макс.ТС}}$	$10 \text{ кВ} \leq 12 \text{ кВ}$
За максимальним робочим струмом	$I_{\text{р.}} \leq I_{\text{ном.І.ТС}}$	$36 \text{ А} \leq 50 \text{ А}$
По електродинамічній стійкості	$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{дин.ТС}}$	-
За термічною стійкістю	$V_{\text{К.В}} \leq I_{\text{відкл.ТС}}^2 \cdot t_{\text{терм.ТС}}$	-

Відповідно до результатів перевірки попередньо прийняті трансформатори струму типу ТОЛУ-10-2 У2 задовольняють умови перевірки.

Для обліку електричної енергії використовуються багатофункціональні двонаправлені лічильники активної та реактивної електричної енергії з графіком навантажень типу SL 7000.

Дані лічильники адаптовані до автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ).

Таблиця 2.7 - Основні технічні характеристики лічильника електроенергії SL 7000

№	Найменування параметра	Величина
1	Робочий діапазон напруги, В	від 3х57,7 до 3х240/415
2	Робочий діапазон струмів, А: - прямого включення - трансформаторного включення	5..120 1..10
3	Клас точності: - прямого включення - трансформаторного включення	1,0 0,2S, 0,5S, 1,0
4	Частота, Гц	50
5	Вимірювальні параметри	Активна, реактивна та повна енергії та отужність в одному або двох напрямках Миттєві, мінімальні, максимальні, середньоквадратичні значення частоти, фазових напруг та струмів; Моніторинг вторинних кіл та параметрів якості напруги
6	Період інтеграції потужності, хв	Програмований: 1,2,3,5,10,12,15,20,30,60
7	Графік навантаження	Одночасний запис до 16 незалежних каналів Період інтеграції програмується: 1,2,3,4,5,6,10,12,15,20,30,60 та 1440 хв
8	Комунікаційні інтерфейси	3 управляючих виводи 2 управляючих вводи 6 імпульсних телеметричних виводів 4 імпульсних телеметричних вводів 2 інтерфейси RS232 або RS232 та RS-485
9	Тарифні параметри	8 тарифних ставок 16 моментів переключення в добу 24 добових графіка 12 сезонів 100 окремих програмованих дат виключення Автоматичний перехід на літній/зимовий час
10	Діапазон температур, °C: - робочих - граничних робочих - зберігання та транспортування	-20 .. +60 -40 .. +60 -40 .. +70
11	Вага, кг	не більше 1,9
12	Габарити, мм	180 x 358 x 85

2.3.3 Вибір плавких запобіжників напругою 10 кВ

Відповідно до п.4.2.150 ПУЕ [4] приєднання силового трансформатора до мережі напругою 10 кВ потрібно виконувати за допомогою запобіжників.

Визначимо розрахунковий струм силового трансформатора:

$$I_{p.tr.} = \frac{S_{tr.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,41 \text{ А}$$

де $I_{p.tr.}$ – розрахунковий струм силового трансформатора;

$S_{tr.}$ – номінальна потужність силового трансформатора, 630 кВА;

$U_{ВН}$ – напруга ВН силового трансформатора, 10 кВ.

Таблиця 2.8 – Вибір запобіжників напругою 10 кВ

Умови вибору та перевірки		Розрахункові дані	Довідкові дані
За напругою	$U_p \leq U_{ном}$	10 кВ	10 кВ
За довготривалим струмом	$I_{p.ТП} \leq I_{ном}$	72,8 А	80 А

Для приєднання силового трансформатора до мережі 10 кВ проектом передбачається встановлення запобіжники типу ПКТ з номінальним струмом плавкої вставки 80 А.

Однолінійна схема комплектної КТП наводимо на рис. 2.2

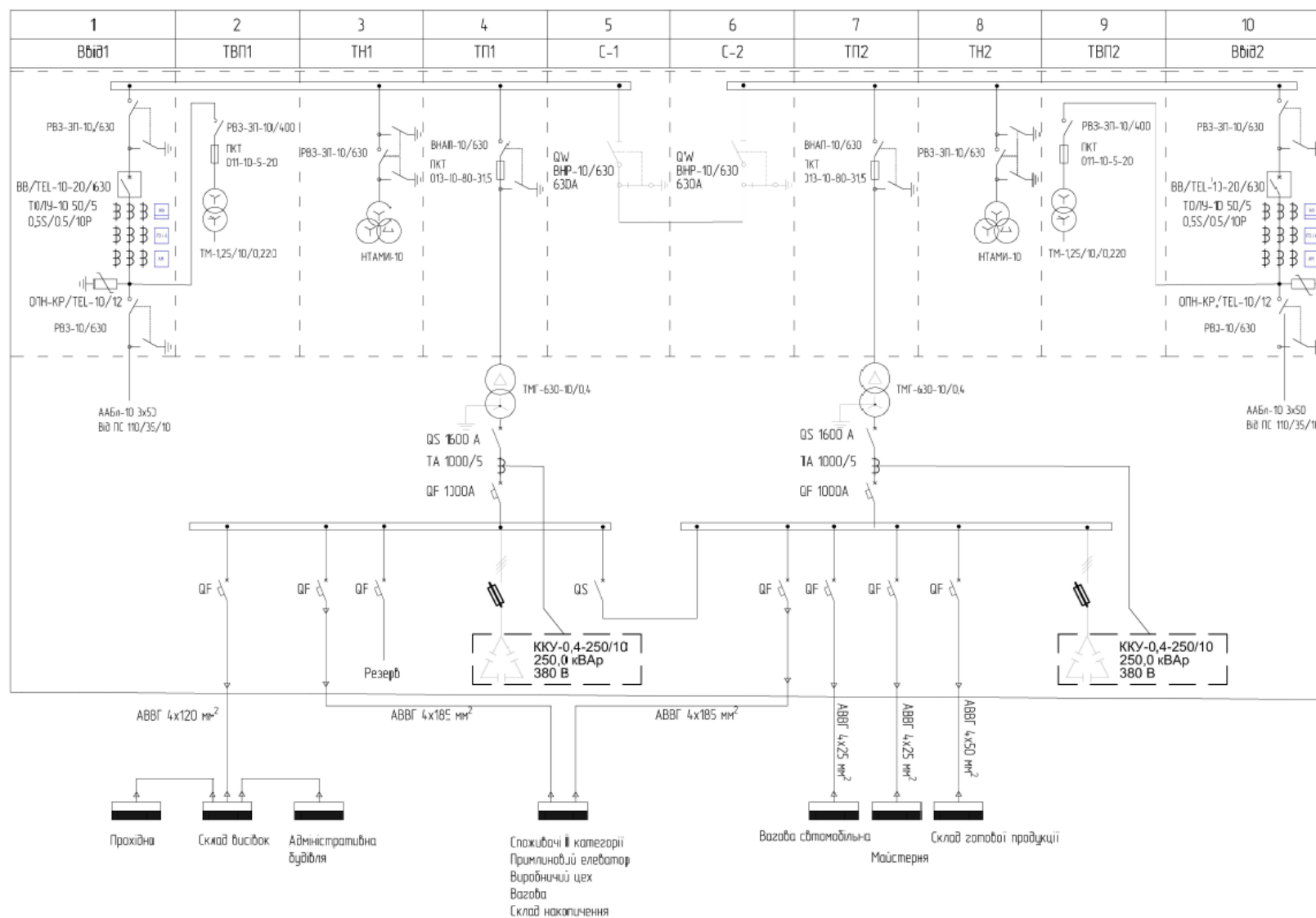


Рисунок 2.2 – Однолінійна схема підприємства

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Підприємство живиться від ПС 110/35/10 на напрузі 10 кВ.

Складемо математичну модель вибору оптимальних перерізів КЛ 10кВ.

Керованою змінною x в цій задачі є переріз КЛ (мм^2). Множиною доступних рішень є множина всіх стандартних перерізів КЛ-10 кВ $X_{\text{ст}}$.

На керовану змінну повинні бути обмежені:

$x \geq 0$; $x \geq x_{\text{доп}}$, де $x_{\text{доп}}$ – мінімальний переріз, який буде задовольняти умови $I_{\text{доп}}(x) \geq I_{\text{кл}}$, $I_{\text{доп}}(x)$ – допустимий струм для перерізу x , $I_{\text{кл}}$ – струм в кабельній лінії;

$x \geq x_{\text{кз}}$, де $x_{\text{кз}}$ – мінімальний переріз, який витримує термічну дію струмів к.з;

$x \geq x_{\Delta U}$, де $x_{\Delta U}$ – мінімальний переріз, який забезпечує допустимі втрати напруги, але оскільки довжина КЛ дуже невелика, цією перевіркою можна знехтувати.

Очевидно множина допустимо-доступних рішень X буде складатись із таких стандартних перерізів, які не менше $\max(0, x_{\text{доп}}, x_{\text{кз}})$, тобто $X = \{x \mid x \geq \max(0, x_{\text{доп}}, x_{\text{кз}})\}$

Виберемо приведені витрати в КЛ показником ефективності рішення та виразимо їх в залежності від керованої змінної (математична модель з обмеженнями):

$$Z(x) = [(E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_{\text{л}}^2 \cdot r_0(x) \cdot B_0] \cdot L \cdot k_{\text{л}} \rightarrow \min_{x \in X_{\text{ст}}}. \quad (2.8)$$

$$x \geq x_{\text{ндоп}} \equiv I_{\text{доп}}(x) \geq I_{\text{л}}; \quad (2.9)$$

$$k_{\text{л}} > 1 \Rightarrow x \geq x_{\text{надоп}} \equiv k_{\text{н}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq \frac{k_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot k_{\text{нна}}}{k_{\text{л}} - 1}; \quad (2.10)$$

$$x \geq x_{\text{н}\Delta U} \equiv \Delta U_{\text{н}}(x) \leq \Delta U_{\text{ндоп}}; \quad (2.11)$$

$$k_{\text{л}} > 1 \Rightarrow x \geq x_{\text{па}\Delta U} \equiv \Delta U_{\text{па}}(x) \leq \Delta U_{\text{надоп}}; \quad (2.12)$$

$$x \geq x_{K3} = \frac{I_{K3} \cdot \sqrt{t_n}}{C}; \quad (2.13)$$

$$x \in X_{cm}.$$

де, E_n - норматив ефективності капіталовкладень;

$K_o(x)$ - вартість одного км КЛ перерізом x ;

L - довжина КЛ;

E_a - доля відрахувань на амортизацію;

I_L - струм в КЛ;

$r_o(x)$ - активний опір одного км КЛ перерізом x ;

B_o - питома вартість втрат активної потужності та енергії в КЛ.

Оскільки кожна із складових формули витрат включає в собі співмножник L і його можна узагальнити, робимо висновок, що оптимальний переріз КЛ не залежить від відстані до точки підключення. Таким чином, оптимальний переріз кабельної лінії ми будемо визначати порівнюючи витрати на одиницю довжини кабельної лінії.

Для розв'язання задачі вибору оптимальних перерізів КЛ була складена таблична форма (таблиця 2.9) електронного процесора *Excel*.

Для розрахунку оптимального перерізу зовнішньої кабельної лінії визначимо коригувальні коефіцієнти відповідно до ПУЕ[4]. Допустимі струми вказані на рисунку 2.3.

Номинальний переріз струмовідної жили, мм ²	Допустимі тривалі струмові навантаження кабелів, А							
	з мідною жилою				з алюмінієвою жилою			
	у землі		у повітрі		у землі		у повітрі	
	6 кВ	10 кВ	6 кВ	10 кВ	6 кВ	10 кВ	6 кВ	10 кВ
10	77	—	74	—	59	—	55	—
16	101	92	98	89	77	74	73	67
25	132	119	130	115	100	91	95	87
35	160	144	160	142	121	110	117	106
50	197	176	200	175	149	134	146	132
70	236	212	244	219	180	162	178	161
95	280	251	296	265	213	192	214	194
120	318	284	342	305	243	218	248	234
150	358	318	392	349	275	246	285	264
185	396	352	442	393	307	275	333	298
240	448	396	512	455	351	314	389	347
Примітка 1. Струмові навантаження наведено для змінного струму.								
Примітка 2. У разі прокладання кабелів із захисним покриттям типу Кл у воді значення струмового навантаження в землі треба помножувати на коефіцієнт $K = 1,3$.								
Примітка 3. Струми навантаження наведено для ґрунтів з питомим тепловим опором $1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м/Вт}$ (глибина прокладання – 0,7 м).								

Рисунок 2.3 – Допустимі тривалі струми жил трижильних кабелів напругою 6 кВ і 10 кВ з паперовою просоченою ізоляцією в разі їх прокладання в землі, повітрі та у воді

Попередньо приймаємо кабелі силові з алюмінієвими струмопровідними жилами, з просоченою паперовою ізоляцією, в алюмінієвій оболонці, броньовані сталевими стрічками [5]. Будова КЛ приведена на рисунку 2.4.

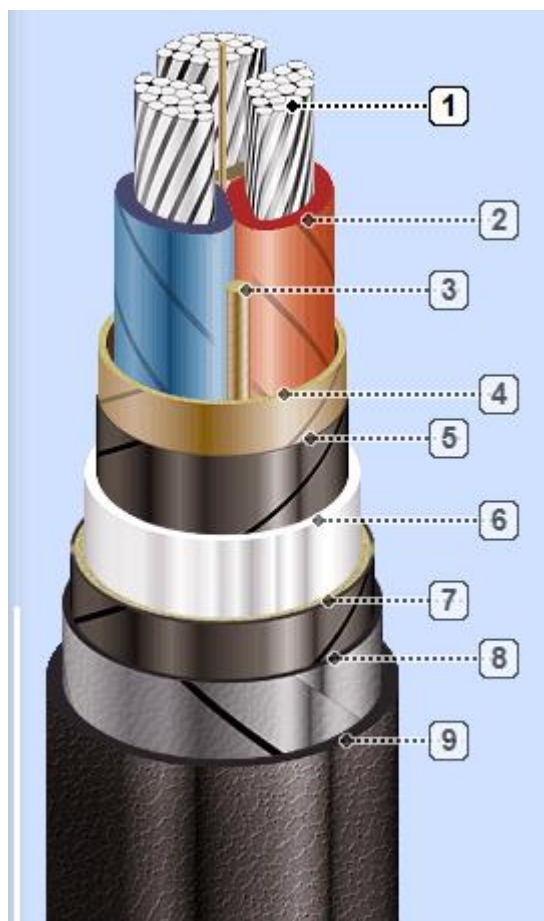


Рисунок 2.4 – Будова кабелю АСБл-10 1 – Алюмінієва багатодротяна ущільнена струмопровідна жила; 2 – Паперова просочена ізоляція; 3 – Джгут з кабельного паперу; 4–Поясна ізоляція; 5 – Екран з електропровідного паперу; 6 – Алюмінієва оболонка; 7 – Подушка під броню з шаром пластмасових стрічок; 8 – Броня з двох сталевих стрічок; 9–Зовнішній покрив

Відповідно до ПУЕ таблиця 1.3.26 коригувальні коефіцієнти на допустимий тривалий струм для кабелів з паперовою просоченою ізоляцією, прокладених у землі, залежно від питомого теплового опору землі для піщано-глинистий ґрунт вологістю 8 % – 12% становить 0,87.

Відповідно до ПУЕ таблиці 1.3.27 коригувальні коефіцієнти, які враховують залежність допустимого тривалого струму навантаження кабелів з паперовою просоченою ізоляцією від температури навколишнього середовища приймаємо для кабелів прокладених в землі з температурою навколишнього середовища 20 °С який становить 0,95.

Відповідно до ПУЕ таблиці 1.3.28 коригувальний коефіцієнт на кількість кабелів, які лежать поряд у землі (у трубах або без них) приймаємо для двох кабелів прокладених в одній траншеї з відстанню між кабелями в просвіті 200 мм. Даний коефіцієнт становить 0,92.

Таблиця 2.9 – Значення коригувальних коефіцієнтів

Коефіцієнт середовища	0,95
Коефіцієнт прокладки	0,92
Коефіцієнт ґрунту	0,87
кдоп=	0,76038

Оскільки в компанії присутні договори стосовно виконання ремонтних робіт кабельних ліній, приймаємо час ліквідації пошкодження кабельної лінії 6 год. Відповідно до ПУЕ таблиця 1.3.32 допустиме на період ліквідації післяаварійного режиму перевантаження для кабелів напругою до 10 кВ з паперовою просоченою ізоляцією приймаємо для часу ліквідації 6 год з коефіцієнтом попереднього завантаження КЛ до 0,6. Даний коефіцієнт перевантаження становить 1,25.

Початкові дані для визначення оптимального перерізу зовнішньої кабельної лінії наводимо в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Початкові дані для визначення оптимального перерізу зовнішньої кабельної

Економічні характеристики		
Питома вартість втрат, грн/кВт	Bo=	9434,915952
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	Ee=	0,1
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	Ea=	0,05
Нормальний режим		
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н.режимі	Kдоп=	0,76038
Напруга, кВ	U=	10
Довжина КЛ, км	l=	0,911
Активна розрахункова потужність, кВт	P=	423,1964949
Реактивна потужність, квар	Q=	430,491051
Розрахунковий струм окремого кабелю, А	Iл=	17,4264602
Кількість КЛ	k=	2
Мінімально допуст. переріз КЛ за умовою механ. міцності	Fмех=	0
Допустима втрата напруги в КЛ, %	$\Delta U_{\text{доп}}$ =	5
Аварійний режим		
Струм КЗ на початку лінії, кА	Iкз =	3,358547272
Приведений час КЗ, с	tп =	1,5
Тепловий коефіцієнт C, $(A \cdot c^{(1/2)})/\text{мм}^2$	C =	90
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²	Fкз =	45,70403941
Після аварійний режим		
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження	Kпа =	1,25
Доля навантаження в післяаварійному режимі	Kнпа =	0,8
Допустима втрата напруги в КЛ, %	$\Delta U_{\text{падоп}}$ =	5

2.4 Визначення оптимальних перерізів мереж 0,4 кВ

Для оптимального визначення перерізу кабельних ліній 0,4 кВ повинні виконуватись умови:

1. Умова нагріву;
2. Умова на допустимі втрати напруги.

$$\begin{cases} 3(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_n^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_n \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{don} \cdot I_{don}(F) \geq I_n \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{don} \\ F \in X \end{cases}$$

Рисунок 2.5 - Математична модель вибору кабельної лінії 0,4 кВ

Для прикладу визначимо переріз лінії живлення розподільного пристрою РЩ-1.

Початкові дані																							
Нормальний режим																							
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі						Кдоп=		1															
Напруга, кВ						U=		0,38															
Довжина КЛ, км						l=		0,1															
Активна розрахункова потужність, кВт						P=		84,4															
Реактивна потужність, квар						Q=		74,2															
Розрахунковий струм окремого кабелю, А						Iл=		170,68															
Кількість кабелів						k=		1															
Допустима втрата напруги в КЛ, %						ΔUдоп =		5															
Економічні характеристики																							
Питома вартість втрат						Bo =		5064,03															
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень						Ee =		10,00%															
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію						Ea =		4,00%															
F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн	Bв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп п >= Ip	ΔUn <= ΔUндоп	V								
10	3,1	0,073	65	112,5	18,487015	14,7896	27,09153	11,25	1,575	137,192218	---	НЕДОП	+	---									
16	1,94	0,0675	75	159,045	11,681355	9,34508	16,95405	15,9045	2,22663	85,8557749	---	НЕДОП	+	---									
25	1,24	0,0662	90	229,08	7,5848612	6,06789	10,83661	22,908	3,20712	54,876887	---	НЕДОП	+	---									
35	0,89	0,0637	115	299,46	5,5271117	4,42169	7,777891	29,946	4,19244	39,3874431	---	НЕДОП	+	---									
50	0,62	0,0625	140	426,075	3,9434473	3,15476	5,418306	42,6075	5,96505	27,4384435	33,4035	ДОП	+	+									
70	0,443	0,0612	165	582,705	2,9026305	2,3221	3,871467	58,2705	8,15787	19,6052104	27,7631	ДОП	+	+									
95	0,326	0,0602	205	755,205	2,2139104	1,77113	2,84898	75,5205	10,5729	14,4273106	25,0002	ДОП	+	+									
120	0,258	0,0602	240	955,65	1,816614	1,45329	2,254714	95,565	13,3791	11,4179329	24,797	ДОП	+	+	V								
150	0,206	0,0596	275	1178,18	1,5097171	1,20777	1,800276	117,8175	16,4945	9,11664413	25,6111	ДОП	+	+									
185	0,167	0,0596	310	1586,31	1,2818559	1,02548	1,459447	158,631	22,2083	7,39067753	29,599	ДОП	+	+									
240	0,129	0,0587	355	2200,07	1,0552144	0,84417	1,127357	220,0065	30,8009	5,70896647	36,5099	ДОП	+	+									
Мінімальні затрати на КЛ1											24,797												
Оптимальний переріз КЛ1											120												

Рисунок 2.6 – Таблична форма визначення кабельної лінії 0,4 кВ

Для інших КЛ використовуємо аналогічний розрахунок та заносимо результати в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Кабельні лінії 0,4 кВ

Лінії живлення	F, мм ²	Марка	Спосіб прокладки	Кабель
РЩ1	120	АВВГ	в землі	АВВГ 4х120
РЩ2	2х185	АВВГ	в землі	2х(АВВГ 4х185)
РЩ3	25	АВВГ	в землі	АВВГ 4х25
РЩ4	25	АВВГ	в землі	АВВГ 4х25
РЩ5	50	АВВГ	в землі	АВВГ 4х50

2.5 Визначення оптимальних координат розміщення комплектної трансформаторної підстанції за критерієм мінімуму затрат в СЕП

Дана задача вирішується з допомогою засобу «Пошук рішення». Для цього попередньо створена таблична форма, яка містить необхідні дані для застосування даного засобу (рисунок 2.5).

Технічні характеристики мережі											
Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ								Uж=		10	
Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)							МетрикаЖ =			НЕ	
Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)							МетрикаР =			НЕ	
Економічні характеристики мережі											
Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км								a=		10	
Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км								аж=		4	
Питома вартість втрат, грн/кВт								Bo=		5064,03	
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень								Ee=		0,1	
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію								Ea=		4,00%	
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії								Eаж=		5,00%	
Лінії живлення	X, м	Y, м	F, мм^2	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З,тис. грн
Дж	114	0	50	2	424,81	425,90	17,37	0,62	581,5845	36,00	3,367
РЦ1	59	65	120	1	84,3671	74,1728	170,68	0,258	477,825	86,00	15,693
РЦ2	111	56	185	2	209,312	207,97	224,15	0,167	793,155	25,00	11,961
РЦ3	95	21	25	1	31,6269	27,2384	63,42	1,24	114,54	34,00	3,169
РЦ4	140	21	25	1	88,5483	88,4205	190,12	1,24	114,54	39,00	27,237
РЦ5	180	49	50	1	54,1344	54,0751	116,25	0,62	213,0375	79,00	12,523
				Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.							73,9492
				Оптимальні координати ЦЕМ, м				Хо = 115		Yo = 35	
				Координати ЦЕМ на генплані, м				Хо = 114		Yo = 16	
				Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.							80,62

Рисунок 2.7 – Таблична форма, яка автоматизує вибір центру мережі 0,38 кВ

Рисунок 2.8 – Вікно засобу Пошук рішення із заданими параметрами

Всі необхідні функції і обмеження подані у вигляді математичної моделі пошуку центру мереж кабельної лінії 0.38 Кв:

$$\begin{aligned}
 Z(x_0, y_0) = & \left[(E_e + E_{aj}) \cdot (a_j + K_0(x_j, k_j)) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(x) \cdot k_j \cdot B_0 \right] \cdot L_j + \\
 & + \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_{0i}(x) \cdot k_i) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(x) \cdot B_0 \cdot k_i \right] \cdot L_i \rightarrow \min \quad (2.14)
 \end{aligned}$$

Довжина лінії живлення від точки вводу живлення до місця розташування ТП визначається за виразом Евклідової метрики:

$$L_{\text{ж}} = \sqrt{(X_0 - X)^2 + (Y_0 - Y)^2} \quad (2.15)$$

Довжина ліній від РП до місця розташування ТП визначається за формулою:

$$L_i = |X_0 - X| + |Y_0 - Y| \quad (2.16)$$

Обмеження на керовану змінну:

$$\begin{aligned} 0 &\leq X_0 \leq 120 \\ 0 &\leq Y_0 \leq 150 \end{aligned} \quad (2.17)$$

де $X_0; Y_0$ – координати центру мережі

$X; Y$ – координати розміщення РП

Координати розміщення ТП: $X=38$ м, $Y=90$. ЦРП буде розміщене на генеральному плані згідно визначених координат.

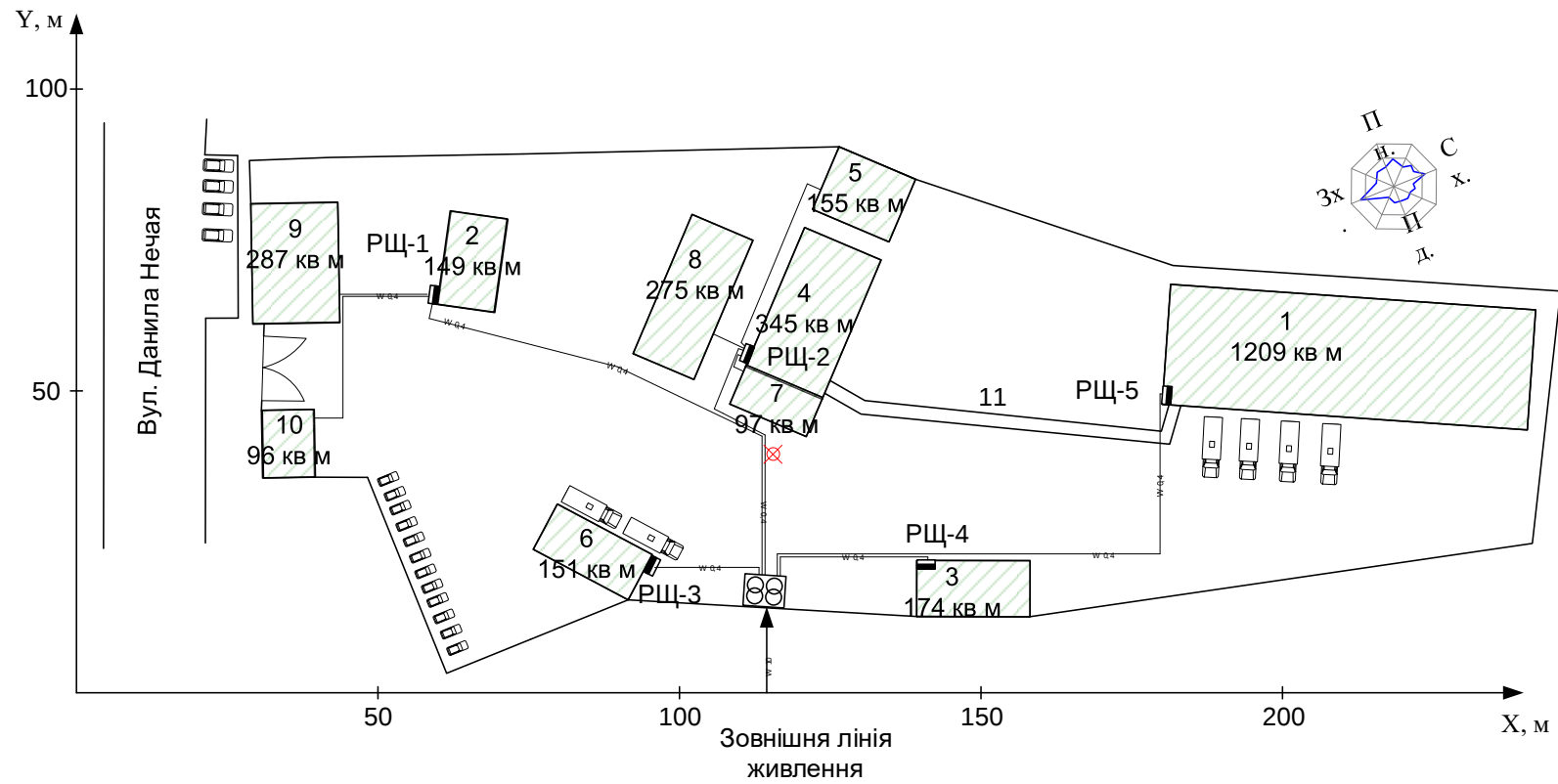


Рисунок 2.9 – Генплан підприємства з нанесеними інженерними мережами

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ

3.1 Використання пристроїв плавного пуску

Плавний запуск асинхронного двигуна допомагає мінімізувати недоліки таких електричних машин, забезпечуючи:

- Зниження витрат на ремонт. Завдяки зменшенню пускових струмів знижується ризик перегріву обмоток, що продовжує термін служби двигуна.
- Відсутність ривків при запуску. Плавний пуск запобігає різким стартам, знижуючи знос зубчастих передач, гідроудари в системах подачі рідини та інші негативні наслідки.
- Економію електроенергії. Плавний старт зменшує пускові енерговитрати, запобігає просіданню напруги в мережі та знижує вплив на інші підключені пристрої.
- Зменшення витрат на комутаційне обладнання. Використання СПП дозволяє обирати менш потужні й дешевші комутаційні та захисні пристрої, скорочуючи витрати на обладнання.

Плавний старт і розгін істотно розширює сфери застосування асинхронних електродвигунів.

Для запуску асинхронних двигунів використовується різні методи. На практиці найбільшого поширення набули такі способи:

- Зміна конструкції електродвигунів (ротори з глибокими пазами, типу "подвійна біляча клітина").
- Прямий пуск.
- Запуск на зниженій напрузі.
- Частотний пуск.

Двигуни спеціальної конструкції істотно дорожче звичайних електричних машин, що сильно обмежує їх застосування.

3.2 Пуск при зміні схеми зірка/трикутник

Метод перемикання обмоток асинхронного двигуна зі схеми "зірка" на "трикутник" застосовується для зниження пускового струму та обмеження пускових навантажень на електричну мережу. Це дозволяє забезпечити більш плавний пуск двигуна без різких стрибків струму та моменту.

На початку пуску обмотки двигуна з'єднуються за схемою "зірка". Напруга на кожній обмотці знижується в $\sqrt{3}$ рази (приблизно 58% від номінальної), що зменшує пусковий струм у 3 рази порівняно з прямим пуском. Обертовий момент двигуна також зменшується до $1/3$ від номінального.

Двигун починає обертатися, поступово збільшуючи швидкість. Час розгону залежить від маси ротора, механічного навантаження та налаштувань схеми.

Коли двигун досягає приблизно 80-90% від своєї номінальної швидкості, відбувається перемикання обмоток у схему "трикутник". Обмотки отримують повну фазну напругу, двигун виходить на номінальну потужність і розвиває максимальний обертовий момент.

Переваги методу:

- Зниження пускового струму в 3 рази.
- Простота реалізації та доступність обладнання.
- Висока надійність роботи в стандартних промислових умовах.

Недоліки:

- Стрибок струму та моменту під час перемикання на "трикутник".
- Неможливість застосування для механізмів із високим пусковим моментом (наприклад, компресорів або дробарок).
- Можливість пошкодження обладнання при неправильному налаштуванні таймера або контакторів.

Метод "зірка-трикутник" широко використовується в системах з помірним або легким пусковим навантаженням, таких як насоси, вентилятори, компресори, стрічкові транспортери та інші промислові установки.

На ринку присутні готові рішення для реалізації даних пусків, наприклад компанії Schneider Electric[11].

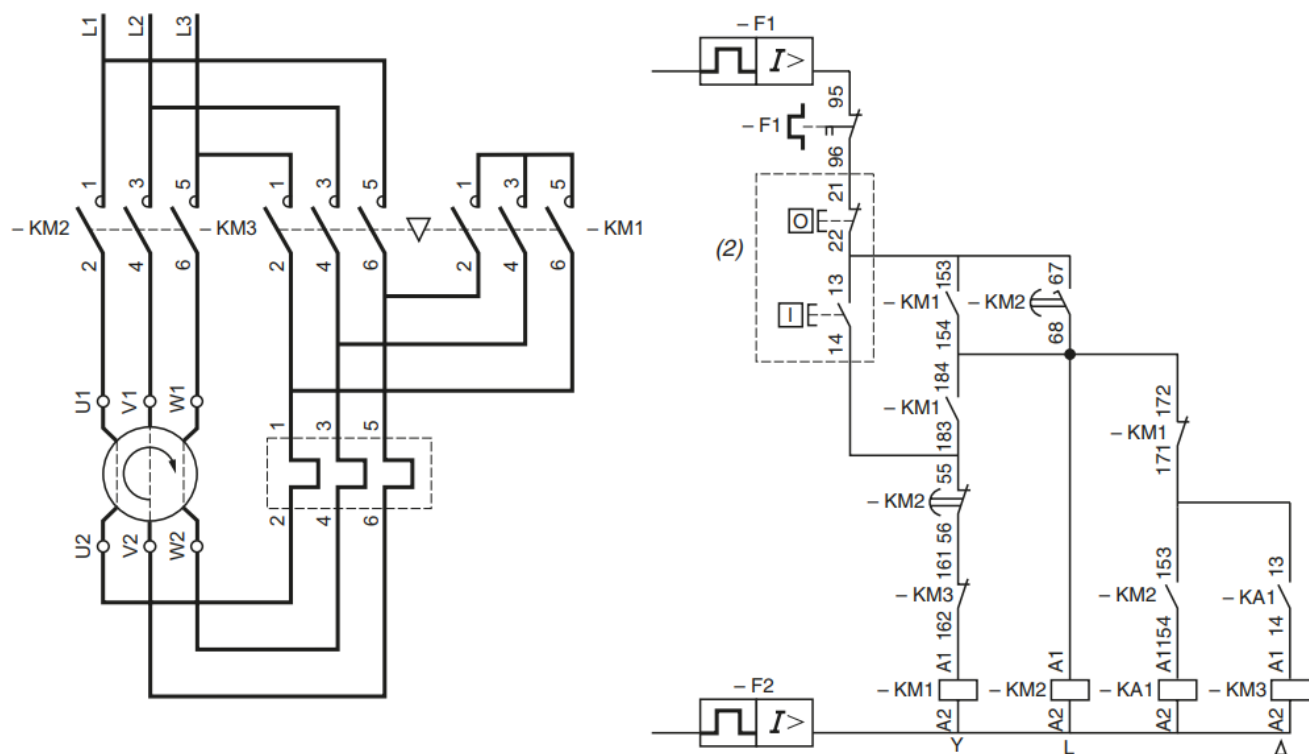


Рисунок 3.1 – Плавний пуск з перемикання зірка/трикутник типу LC3D115 and D150

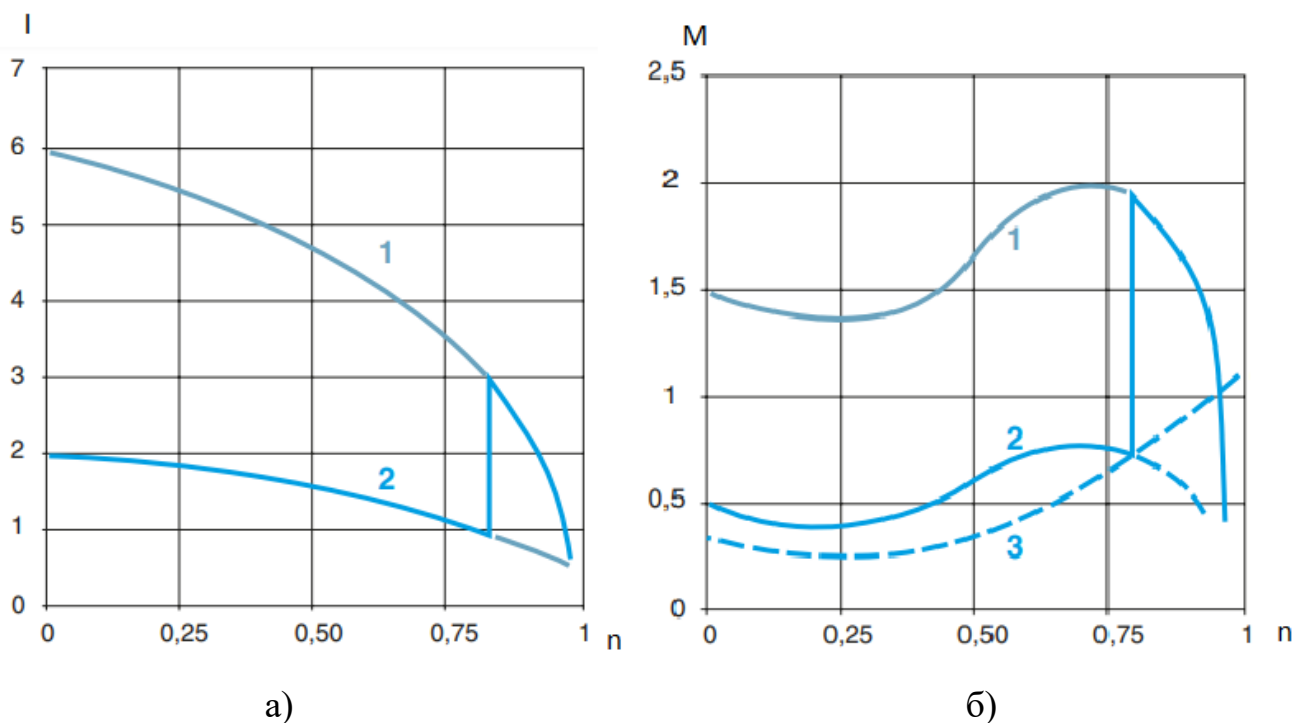


Рисунок 3.2 – Плавний пуск з перемикання зірка/трикутник типу а) – залежність струму від швидкості обертання, б) – діаграма моменту від швидкості обертання

На рисунку 3.2 а) 1 показано пусковий струм при прямому пуску АД на схемі з'єднання трикутник. На рисунку а) 2 показано розгін двигуна на заниженій напрузі (з'єднання в трикутник) з подальшим переключенням на характеристики 1.

3.3 Використання пристроїв плавного пуску з використанням тиристорного регулювання напруги

Пристрої плавного пуску використовуються для плавного пуску та зупинки трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненими роторами. Переваги використання даного пристрої є очевидні[12]:

- безударний пуск двигуна, плавне гальмування, динамічне гальмування;
- регулювання моменту, зменшення пускового струму;
- зменшення перевантаження та перегріву двигуна, зменшення електричних втрат в електродвигуні;
- усунення ривків в механічній частині обладнання;

- усунення гідравлічних ударів в трубах і запірній арматурі в момент пуску та зупинки насосів, компресорів, вентиляторів.

Функція інтелектуального пускача двигуна - це плавний пуск, реверс і захист 3-фазних асинхронних двигунів. Перевантаження по струму виявляється при установці перевищення струму довше 2 сек. Зміна напрямку відбувається через перемикання реле. При цьому реле знеструмлені. Це забезпечує тривалий термін служби. [13]

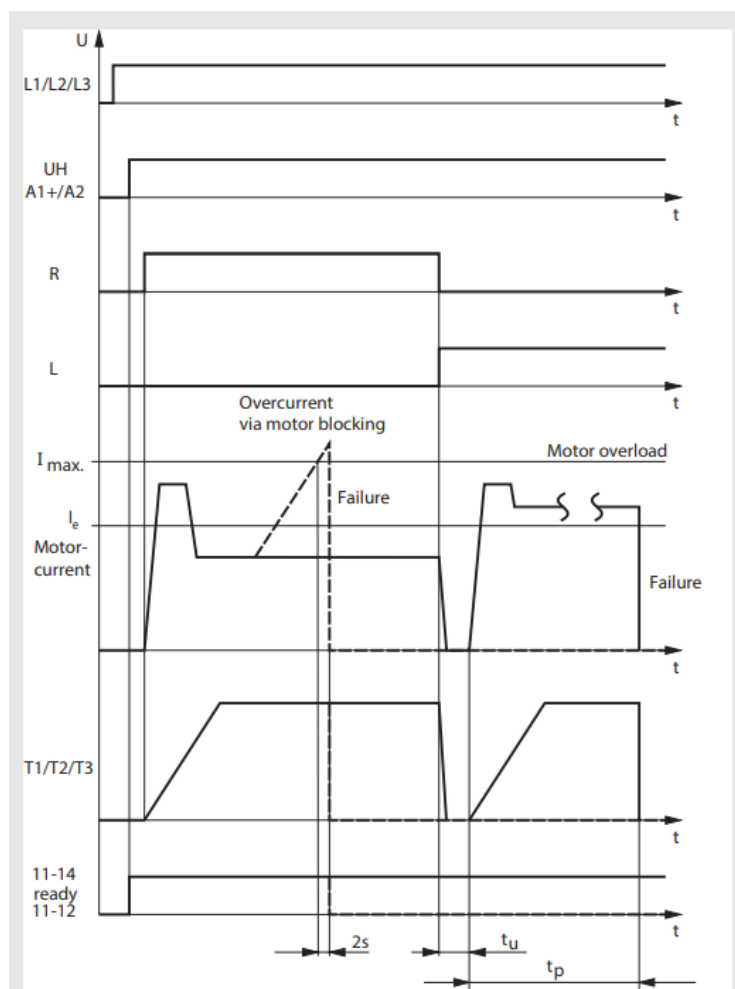


Рисунок 3.2 – Функціональна схема

Ваші переваги:

- До 6 функцій в одному пристрої
- Реверс проти годинникової стрілки
- Реверс за годинниковою стрілкою
- М'який старт

- М'яка зупинка
- Контроль струму або захист двигуна (опція)
- Гальванічне розділення через примусово керовані контакти
- контактна відстань мін. 0,5 мм (опціонально)
- На 80 % менше місця
- Просте та економне введення в експлуатацію, а також зручність для користувача управління через налаштування за допомогою потенціометрів на абсолютних шкалах
- Захист від блокування
- Гібридне реле поєднує в собі переваги технології реле з напівпровідниковою технологією без зношування
- Висока доступність
- Контроль температури напівпровідників
- Висока витримує напругу до 1500 В
- Функція реверсування реле без навантаження особливості
- Відповідно до IEC/EN 60 947-4-2
- Для реверсування 3-фазних двигунів від 550 Вт до 4 кВт
- 2-фазний плавний пуск
- 4 потенціометра для налаштування пускового моменту, моменту уповільнення, плавний пуск/зупинка, обмеження перевантаження по струму або номінальний струм двигуна
- 4 світлодіоди для індикації стану
- Реверс з реле без струму, плавний пуск, плавна зупинка з тиристором
- Гальванічно розділені входи 24 В для руху за годинниковою стрілкою та проти неї
- Кнопка скидання на передній панелі
- Можливість підключення зовнішньої кнопки скидання
- Вихід релейного індикатора для роботи
- Гальванічне розділення між ланцюгом керування та ланцюгом живлення
- Ширина: 22,5 мм

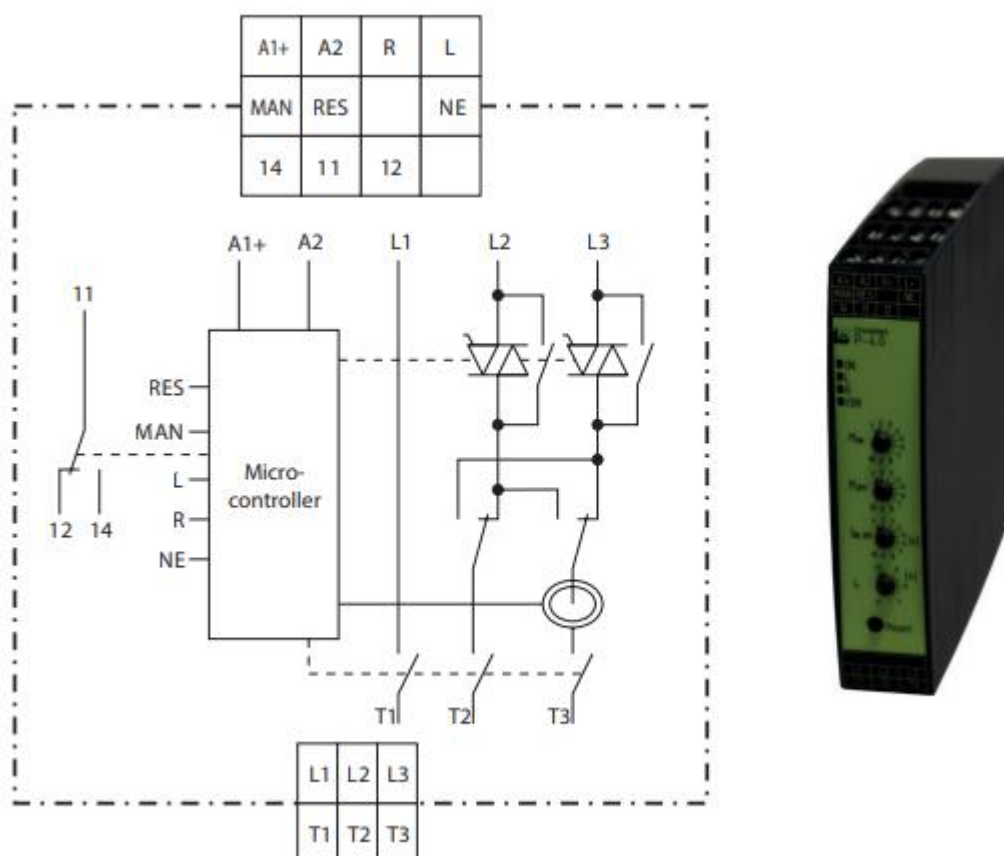


Рисунок 3.3 – Електрична схема

Плавний старт

Дві фази двигуна впливають через тиристорне керування фазою дозволяють постійне збільшення струмів. Крутний момент двигуна поводить в так само при нарощуванні. Це забезпечує можливість запуску приводу без ривків і не пошкоджені елементів приводу. Час початку і пусковий момент можна регулювати за допомогою поворотного перемикача.

М'яка зупинка

Функція плавної зупинки подовжує час природного простою їзди, щоб також запобігти різкій зупинці. Час уповільнення встановлюється поворотним перемикачем t_{on} , вибіг крутний момент за допомогою поворотного перемикача M_{off} .

Теплове навантаження двигуна розраховується за допомогою теплової моделі. Номінальний струм двигуна можна регулювати за допомогою потенціометра.

Струм вимірюється у фазі ТЗ.

Симетричне струмове навантаження всіх 3 фаз двигуна вважається повністю симетричним. Коли значення тригера – зберігається в характеристиках тригера -, двигун вимикається і пристрій перемикається на несправність 8.

Помилка може бути підтверджена за допомогою кнопки скидання або входу скидання.

3.4 Використання частотних перетворювачів

Частотний спосіб startу і розгону заснований на залежності моменту і швидкості обертання валу електродвигуна від частоти напруги живлення на обмотках. Для зміни цієї характеристики застосовують частотні перетворювачі. Запуск через ПЧ вирішує всі проблеми startу і розгону асинхронного електродвигуна. Однак, ці пристрої мають високу ціну, великі габарити, а також є джерелом вищих гармонік.

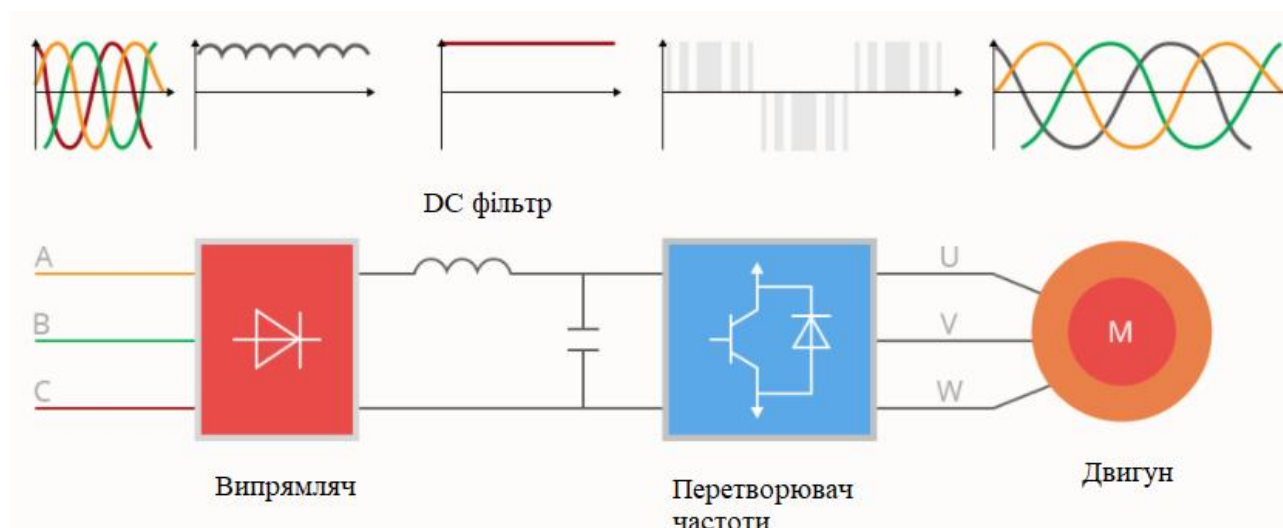


Рисунок 3.4 – Частотний спосіб пуску АД

3.5 Порівняльний аналіз пусків АД

В статті [14] показано залежності характеристики використанні різних пусків асинхронних двигунів.

На рисунку 3.5 а) показано прямий пуск асинхронного двигуна, а на рисунку 3.5 б) з використанням плавного пуску з перемиканням зірка трикутник.

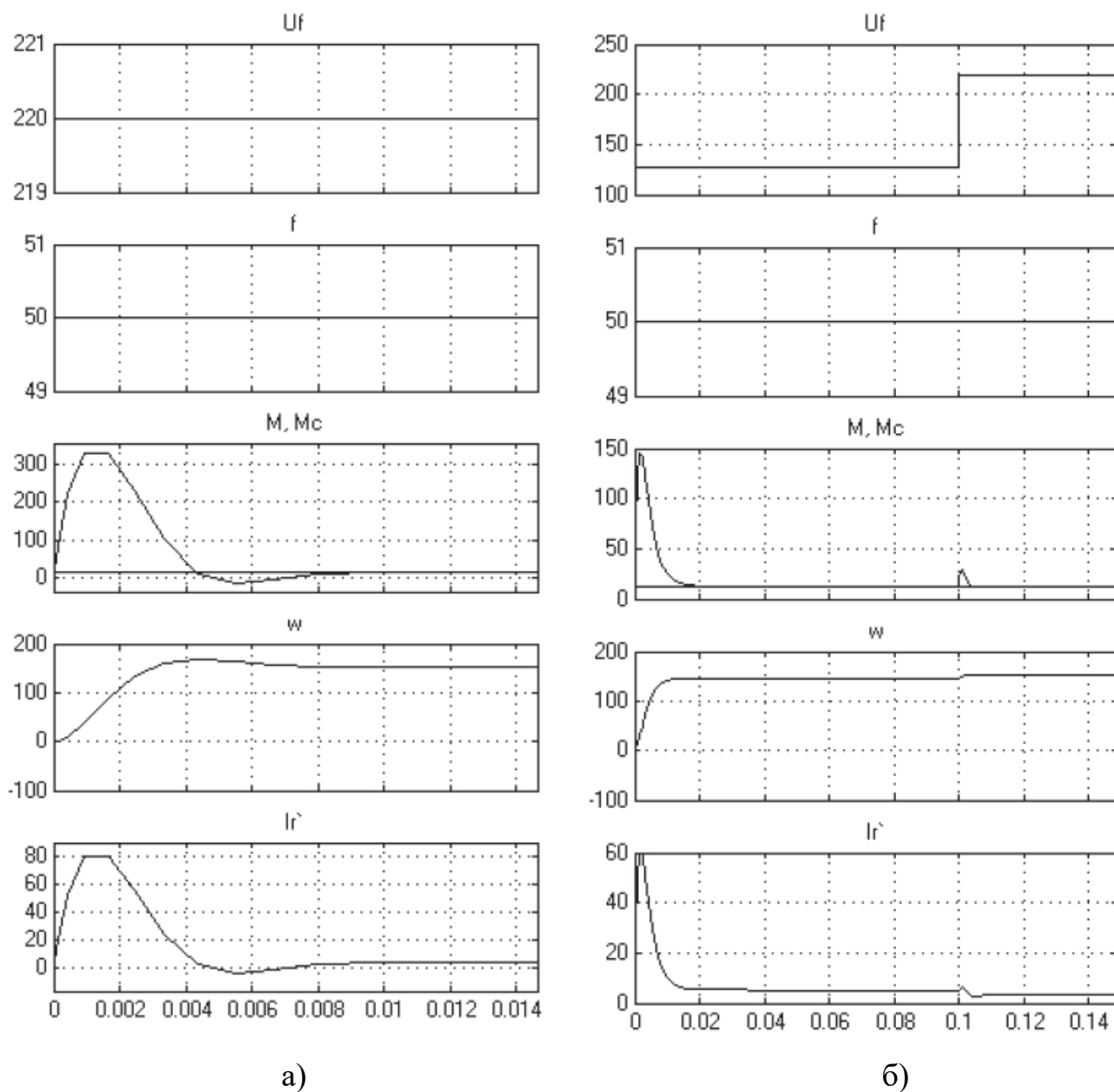


Рисунок 3.5 – Графічні залежності перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна а) при прямому пуску, б) при використанні плавного пуску зірка/трикутник

З рисунку 3.5 видно, що значення пускового струму при використанні плавного пуску з перемиканням зірки/трикутник менший на 30%.

На рисунку 3.6 показано а) використання плавного пуску з тиристорним регулюванням напруги та б) з використанням частотнокерованого електроприводу.

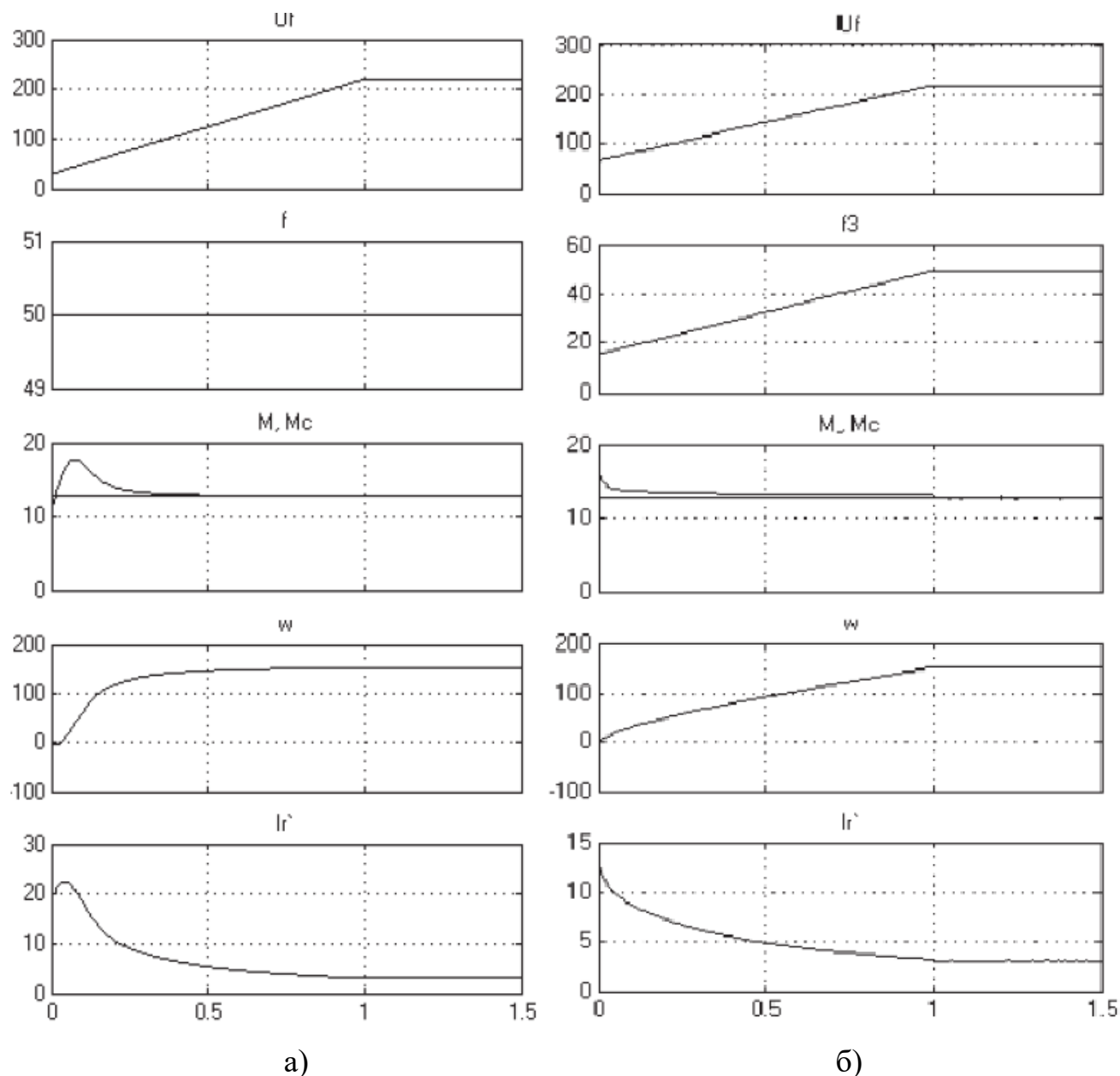


Рисунок 3.6 – Графічні залежності перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна а) при використанні плавного пуску з тиристорним регулюванням напруги, б) при використанні перетворювача частоти

З рисунка 3.6 видно, що при використанні плавного пуску з тиристорним регулюванням напруги пусковий струм орієнтовно зменшився в 4 рази, а при використанні перетворювача частоти в 8 разів.

Але ціна на різні види пристроїв плавного пуску досить сильно відрізняється, для прикладу плавний пуск двигуна на 50 кВт будуть становити:

Перемикання зірка-трикутник. Це найдешевший варіант. Наприклад, пристрої Siemens 3RW40 на потужність 75 кВт коштують близько 27 тис. грн, що підходить для двигунів на 50 кВт залежно від параметрів пуску та навантаження

Плавний пуск з тиристорним регулюванням напруги. Ціни на пристрої з тиристорним регулюванням орієнтовно становлять 65 тис. грн залежно від виробника та функціональності.

Тоді як перетворювача частоти, це найдорожчий варіант, але й найбільш універсальний. Перетворювачі частоти для двигунів 50 кВт можуть коштувати від 120 тис. грн до 200 тис. грн залежно від бренду (наприклад, Schneider Electric серії Altivar ATS480) та характеристик.

Тип пристрою	Принцип роботи	Переваги	Недоліки
Перемикання зірка-трикутник	Переключення обмоток двигуна з "зірки" на "трикутник" після розгону	Низька вартість, простота конструкції	Обмежена ефективність, стрибки струму при перемиканні
Тиристорний пристрій плавного пуску (ТПП)	Регулює напругу на двигуні за допомогою тиристорів	Плавний старт, зниження пускових струмів	Висока вартість, складність налаштування
Перетворювач частоти (ПЧ)	Регулює частоту і напругу живлення двигуна	Повний контроль пуску, швидкості та гальмування	Висока вартість, складність обслуговування

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика пристроїв плавного пуску

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Загальний розмір капіталовкладень у схему електропостачання підприємства може бути розрахований по наступним формулах:

а) для електричних ліній, грн.:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot k_{\text{л}} + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1км лінії, грн./км; $K_{\text{прок}}$ – питома вартість прокладки, грн./км; $k_{\text{л}}$ – кількість ліній; L – довжина лінії електропередачі, км.

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot k_{\text{л}} + K_{\text{прок}}) \cdot L = (285 \cdot 2 + 50) \cdot 2 = 1612 \text{ (тис.грн)} \quad (4.2)$$

Для інших ліній розрахунки робляться аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1;

Таблиця 4.1 – Розрахунок капіталовкладень для електричних ліній

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
Система КТП	АСБ 3х50	2	2,6	285	50	1612
КТП-РЩ1	АВВГ 4х120	1	0,086	90	30	10,32
КТП-РЩ2	АВВГ 4х185	2	0,025	190	30	10,25
КТП-РЩ3	АВВГ 4х25	1	0,034	35	30	2,21
КТП-РЩ4	АВВГ 4х25	1	0,039	35	30	2,535
КТП-РЩ5	АВВГ 4х25	1	0,079	35	30	5,135
Всього						1642,45

б) для електричних підстанцій, тис. грн.:

$$K_{\text{ПС}} = \sum_{i=1}^l n_i \cdot K_{\text{оди}} + K_{\text{ПОСТ}}, \quad (4.3)$$

де $K_{\text{оди}}$ - вартість однієї трансформаторної підстанції (ТП) із трансформаторами визначеного діапазону потужності; n - кількість ТП даного виду, шт.; l - число різновидів ТП у схемі електропостачання; $K_{\text{ПОСТ}}$ - постійні витрати, що мало залежать від потужності підстанції і зв'язані з устроєм території, з створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла і т.д.

Визначимо капіталовкладення для КТП, тис.грн.:

$$K_{\text{пс1}} = 700 \cdot 2 + 350 = 1750 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.4)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок капіталовкладень для цехових ТП

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	Код, тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{пс} , тис.грн
КТП	ТМ-630	2	700	350	1750
Всього					1750

При плануванні розвитку існуючих мереж нерідко виконується реконструкція і модернізація: змінюються траси, напруги окремих ланцюгів, замінюється провід, опори і т.д. На підстанціях демонтуються старі і монтуються нові трансформатори, виконується заміна силового устаткування, приладів і вимикачів. Найчастіше потрібне перекомпонування підстанції, переробка будівельної частини, фундаментів для устаткування.

У цих випадках необхідно скласти об'єктні кошториси, для чого використовують дані споріднених проектів, довідкові і нормативні матеріали.

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно однолінійної схеми, кількість вимикачів 10 кВ – 2 шт. Вартість вимикача 10 кВ можна прийняти рівною (100) тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів: $K_B = 2 \cdot 100 = 200$ тис. грн.

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 200 + 1750 + 1642 = 3512 \text{ тис.грн.}$$

4.2 Річні витрати і втрати електроенергії

Показники витрати і втрат потрібні для визначення собівартості 1 кВт·год. електроенергії, що споживається підприємством.

Річні витрати активної електроенергії промислового підприємства визначаються як сума витрат електроенергії силових і освітлювальних споживачів з урахуванням втрат у лініях і трансформаторах. У даному випадку рекомендується виконувати розрахунок кількості корисної електроенергії виходячи з установленної потужності електроспоживачів цехів, коефіцієнта попиту і числа годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.5)$$

де P_p - розрахункове (тривале максимальне) навантаження підприємства, кВт;
 T_m - річна кількість годин використання максимуму активного навантаження, год;
 K_p - коефіцієнт попиту по активній потужності групи електроспоживачів.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різному числі робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина T_m у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень - 1500...2000 год.; для однозмінних підприємств - 2000...3000 год.; для двозмінних - 3000...4500 год. і тризмінних 4500...8000 год.

Річна витрата активної електроенергії для виробничого цеху, кВт·год/рік:

$$E_a = 130 \cdot 2500 \cdot 0,5 = 130000 \text{ (кВт год./ рік)}. \quad (4.6)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок річних витрат активної електроенергії промислового підприємства

	Цех	Р _н , кВт	Кп	Т _м , год	Е _а , кВт*год
1	Склад готової продукції	70	0,5	2500	87500
2	Склад висівок	120	0,5	2500	150000
3	Майстерня	60	0,5	2500	75000
4	Примлиновий елеватор	170	0,5	2500	212500
5	Виробничий цех	130	0,4	2500	130000
6	Вагова автомобільна	70	0,4	2500	70000
7	Вагова	100	0,4	2500	100000
8	Склад накопичення	55	0,4	2500	55000
9	Адміністративна будівля	45	0,3	2500	33750
10	Прохідна	14	0,3	2500	10500
11	Транспортер	120	0,3	2500	90000
	Загалом				1014250

Кількість електроенергії, розрахована вище, не враховує втрат у внутрішньозаводській розподільній мережі. Тому для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати її втрати в лініях і трансформаторах.

Розрахунок втрат електроенергії в лініях, кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.7)$$

де $I_{\text{м}}$ - максимальний струм у лінії, А; R - активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.8)$$

де r_0 - питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км.

Необхідно пам'ятати, що для двох паралельно працюючих ліній активний опір зменшується вдвічі, отже, у два рази нижче будуть і втрати електроенергії;

τ - час максимальних втрат, год./рік. Його величина визначається по заданій кількості годин використання максимуму T_m і характеризується наближеними значеннями.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{6100}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 4720.$$

Розрахунок проводимо в табличній формі.

Таблиця 4.4 – Розрахунок втрат електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_m , А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	ΔE_l , кВт·год.
Система КТП	АСБ 3х50	2	2,6	33,0636	1,9994	1394,60076	0,769	18289,45175
КТП-РЦ1	АВВГ 4х120	1	0,086	154,875	0,021758	1394,60076	0,253	2183,494069
КТП-РЦ2	АВВГ 4х185	2	0,025	225	0,0041	1394,60076	0,164	1736,800921
КТП-РЦ3	АВВГ 4х25	1	0,034	57,9568	0,0408	1394,60076	1,2	573,3772102
КТП-РЦ4	АВВГ 4х25	1	0,039	57,4078	0,0468	1394,60076	1,2	645,2957098
КТП-РЦ5	АВВГ 4х25	1	0,079	82,407	0,0948	1394,60076	1,2	2693,440142
Разом								26121,8598

Втрати енергії групи однакових паралельно включених трансформаторів можуть бути визначені по формулі, кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_n}\right)^2 \cdot \tau, \quad (4.9)$$

де n - число трансформаторів у групі; ΔP_k і ΔP_{xx} номінальні (табличні) втрати відповідно короткого замикання і холостого ходу, кВт; T_p - час роботи трансформаторів, год/рік.

Розрахунок заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок втрат в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_t , кВт·год./рік
КТП	ТМ-630	2	1,68	7,6	572	630	30525,75546
Разом							30525,75546

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год/рік:

$$E = E_a + E_{\text{л}} + E_T \quad (4.10)$$

$$E = 1014250 + 26121 + 30525 = 1070897 \text{ (кВт·год/рік)}. \quad (4.11)$$

4.3 Розрахунок оплати за електроенергію

Плата за електроенергію розраховуємо по одноставковому тарифі .

Визначимо плату за спожиту електроенергію за визначений період, грн./рік:

$$\text{Ц} = \text{в} \cdot E, \text{ (грн)}, \quad (4.14)$$

$$\text{Ц} = 7,7 \cdot 1070897 = 8245911 \text{ (грн)}, \quad (4.15)$$

де E - кількість електроенергії, що споживається, врахована по лічильнику;
 в – тарифна плата за електроенергію, $\text{в} = 7,7 \text{ грн./кВт·год.}$

4.4 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу.

Розрахунок фонду заробітної плати

4.4.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу

Витрати підприємства на зарплату визначаються на основі розрахунку чисельності експлуатаційних і ремонтних робочих. Основним критерієм при цьому є кількість і вигляд електрообладнання загальнозаводської частини енергогосподарства. Персонал, що обслуговує електроприймачів виробничих цехів, можна віднести до робітників цих підрозділів.

Кількість робітників, необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування і мереж, визначається виходячи з

трудомісткості робіт, що виконуються. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи ППР обладнання і мереж промислової енергетики.

Персонал для ремонтних робіт, чел.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{T_{\text{тр}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.18)$$

$$H_{\text{тр}} = \frac{95,9}{1900 \cdot 1,1} = 0,05. \quad (4.19)$$

Експлуатаційні робітники, чел.:

$$H_{\text{обсл}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.20)$$

$$H_{\text{обс}} = \frac{972}{1900 \cdot 1,05} = 0,48, \quad (4.21)$$

де $T_{\text{тр}}$ - річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд-год; $\Phi_{\text{д}}$ - дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робочого в рік; звичайно приймається рівним 1850-1900 год; $K_{\text{вн}}$ - плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках можна брати для ремонтного персоналу його значення 1,10, а для експлуатаційного - 1,05; $T_{\text{обс}}$ - річна планова трудомісткість технічного обслуговування з обліком трудозатрат на огляди (перевірки, іспити), створювані як самостійні операції, люд-год.

Планова трудомісткість відповідного виду робіт T ($T_{\text{тр}}$, $T_{\text{обс}}$) залежить від кількості однотипного устаткування, трудомісткості одиниці цих робіт і числа їх повторень протягом року.

Згідно ПУЕ приймаємо $H_{\text{тр}} = 2$ люд., $H_{\text{обс}} = 1$ люд.

Планову трудомісткість, люд.-год/рік:

$$T_{\text{тр}} = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot \beta_{\text{р}} \cdot h, \quad (4.22)$$

де Π - число ремонтів даного виду в рік, на одиницю обладнання; $t_{\text{норм}}$ - норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год; $\beta_{\text{р}}$ - поправочний

коефіцієнт; h - кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить цьому виду ремонтних робіт.

Для вимикачів, люд.-год/рік:

$$T_{\text{при}} = 1 \cdot 11 \cdot 0,67 \cdot 2 = 14,74 \quad (4.23)$$

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і зв'язані з ними розрахункова кількість ремонтів у рік у системі ППР розроблені стосовно до енергоустаткування, що працює в двох змінах, тобто при $K_{\text{см}} = 2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт:

$$\beta_p = \frac{2}{K_{\text{см}}} = \frac{2}{3} = 0.67 . \quad (4.24)$$

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год/рік:

$$T_{\text{обс}} = 12 \cdot t_{\text{тр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.25)$$

де 12 - число місяців у році; $t_{\text{тр}}$ - планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год; $K_{\text{ср}}$ - коефіцієнт складності ремонту, що показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс.; h - кількість обладнання в групі.

Для вимикачів, люд.-год/рік:

$$T_{\text{обсi}} = 12 \cdot 16 \cdot 0,1 \cdot 3 \cdot 2 = 139,20$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудо-місткості люд.год.	Заг. трудо-місткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудо-місткості люд.год.	Заг. трудо-місткість люд.год.
Вимикач 10кВ	2,00	1,00	16,00	32,00	12,00	1,00	24,00
ТМ-630	2,00	0,33	90,00	59,40	12,00	7,00	168,00
Кабельна лінія							
50 мм ² , км	2,60	1,00	30,00	78,00	1,00	10,50	27,30
Разом				169,40			219,30

Таблиця 4.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудо-місткість люд.год.	
Вимикач 10кВ	2	3	0,1	12	115,2	139,20
ТМ-630	2	3	0,1	12	648	816
Кабельна лінія 50 мм ² , км	2,6	3	0,1	12	280,8	308,1
Разом					1044	1263,3

4.4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Основою для розрахунку фондів заробітної плати є системи, що застосовуються при оплаті праці, чисельність експлуатаційного і ремонтного персоналу, діюча тарифна система. Плановим фондом заробітної плати називається сума коштів, що повинна бути нарахована працівниками енергогосподарства за роботу в час планового періоду. З метою планування фонд

заробітної плати робітників підрозділяється на годинний, денний і місячний (річний).

Виплата, зв'язана з фактично обробленим часом або виконаною роботою, утворюють основну заробітну плату. В її склад входять: фонд прямої заробітної плати, премії відрядникам і святкові дні, оплата бригадирам за керівництво бригадою, доплата за навчання учнів.

Суми, не зв'язані з виплатами за фактично вироблений час, являє собою додаткову заробітну плату. Це доплати підліткам за скорочений робочий день, оплата перерв у роботі матерів, що годують дітей, оплата відпусток і часу виконання державних обов'язків, виплата вихідних, доплата за вислугу років і ін.

Впровадження в нашій країні нових умов оплати праці дозволяє підвищити мінімальну заробітну плату трудящих, збільшити тарифні ставки і посадові оклади працівників.

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників в дипломному проекті рекомендується використовувати почасово-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання і мереж, економію енергоресурсів. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно категоріям енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%. У цих умовах фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, грн./рік:

$$\Phi_T = H_{\text{обс}} \cdot \beta_H \cdot t_{\text{чз}} \cdot \Phi_{\text{д}}, \quad (4.26)$$

$$t_{\text{чз}} = ((K_3 + K_5)/2) \cdot C_I = ((1,18 + 1,36)/2) \cdot 45,45 = 55,68; \quad (4.27)$$

$$\Phi_T = 1 \cdot 0,9 \cdot 55,68 \cdot 1900 = 95215,9 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.28)$$

де Φ_T - заробітна плата робітників-погодинників по тарифу; $N_{обс}$ - число експлуатаційного персоналу по списку, люд.; β_n - коефіцієнт використання річного номінального фонду робочого часу (можна приймати рівним 0.9); $t_{чэ}$ - годинна тарифна ставка, що відповідає середньому тарифному розряду експлуатаційних робітників, рівному 3,5 розряду; Φ_d - ефективний фонд часу одного робітника в рік, год;

б) для робітників, що виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується по нормативній трудомісткості робіт, грн./рік:

$$\Phi_c = T_{тр} \cdot t_{чр}, \quad (4.29)$$

$$\Phi_c = 169,4 \cdot 59,77 = 10125 \text{ (грн./рік)} \quad (4.30)$$

де Φ_c - відрядна заробітна плата ремонтників, грн/рік; $t_{чр}$ - годинна тарифна ставка відрядників, що відповідає середньому розряду ремонтників, прийнята рівна 4,5 розряду;

$$t_{чр} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 45,45 = 59,77; \quad (4.31)$$

$T_{тр}$ - сумарна річна планова трудомісткість поточного ремонту всіх груп енергообладнання і мереж, люд. - год.

Фонд основної заробітної плати, грн/рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0.05 + 0.01 + \alpha), \text{ (грн/рік);} \quad (4.32)$$

$$\Phi_{от} = 95215 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 119972 \text{ (грн/рік);} \quad (4.33)$$

$$\Phi_{ос} = 10125 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 13264 \text{ (грн/рік),} \quad (4.34)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_T експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_c ремонтного персоналу, грн/рік;

0.01 – частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 – частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% по відношенню до фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з обліком додаткової заробітної плати складе, грн/рік:

$$\Phi_{об} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (4.35)$$

$$\Phi_{обт} = 119972 \cdot 1,15 = 137967 \text{ (грн/рік)}; \quad (4.36)$$

$$\Phi_{обс} = 13264 \cdot 1,15 = 15254 \text{ (грн/рік)}; \quad (4.37)$$

де Φ_o - фонд основної заробітної плати відповідно експлуатаційних або ремонтних робітників грн/рік.

З метою утворення фонду зайнятості, фонду соціального і пенсійного страхування виділяються нарахування за рахунок засобів підприємства на заробітну плату. З цих фондів кошти витрачаються на виплату по тимчасовій утраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку трудящих, оздоровчі заходи для дітей працівників і інше.

Щоб визначити витрати по заробітній платі $C_{зп}$, необхідно у величині сумарного фонду по кожній категорії енергоперсоналу врахувати відрахування на соціальне страхування $\beta_{соц}$, грн/рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{соц} + \beta_{пенс} + \beta_3}{100}\right) \quad (4.38)$$

$$C_{зпт} = 137967 \cdot \left(1 + \frac{4 + 32 + 1.5}{100}\right) = 186256 \text{ (грн/рік)}; \quad (4.39)$$

$$C_{зпо} = 15254 \cdot \left(1 + \frac{4 + 32 + 1.5}{100}\right) = 20592 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.40)$$

4.4.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок потреби необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування і мереж виробляється на підставі трудомісткості річного плану ППРОСПЄ і приведених норм витрати матеріалів. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство саме їх розробляє і затверджує.

З метою спрощення планування в системі витрата матеріалів віднесена до 100 люд.-год. трудомісткості усіх видів ремонтів, включаючи технічне обслуговування. Таким чином, знаючи трудомісткість плану, легко розрахувати потреби матеріалів.

Річна вартість матеріалів для поточного ремонту кожного виду устаткування мереж, грн/рік:

$$C_{\text{мтр}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{трі}} \sum_{j=1}^q m_{\text{трj}} \cdot \Pi_{\text{mj}} = 5905 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.41)$$

де - 0,01 - коефіцієнт приведення; f - кількість груп устаткування і мереж у схемі електропостачання; $T_{\text{трі}}$ - трудомісткість поточного ремонту i -ої групи енергоустаткування, люд.-год; q - число різновидів матеріалів; $m_{\text{трj}}$ - норма витрати j -го виду матеріалу на 100 люд.-год трудомісткості поточного ремонту i -ої групи устаткування і мереж; Π_{mj} - ціна одиниці матеріалу, грн.

Аналогічно проводиться розрахунок планової вартості матеріалів для здійснення технологічного обслуговування устаткування і мереж, грн/рік:

$$C_{\text{мто}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{трі}} \sum_{j=1}^q m_{\text{трj}} \cdot \Pi_{\text{mj}} = 81132 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.42)$$

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Тому що вартість конкретного виду матеріалу являє собою добуток норми його витрати на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на

трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування. Дані розрахунків заносимо до таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок трудомісткості

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
Силові трансформатори		630	630
Сталь сортова, кг	20,9748	5	104,874
Провід установлюваний, м	8,7024	1	8,7024
Мідь-алюміній (гола), кг	195,3	36	7030,8
Картон електроізоляційний, кг	94,164	1,2	112,9968
Лакотканина (ширина 700мм), м	261,156	0,15	39,1734
Кабельний папір, кг	77,0028	0,5	38,5014
Стрічка кіперна, кг	167	2,5	417,5
Стрічка тафтяна, кг	132	12	1584
Стрічка азбестова, м	20,6136	0,04	0,824544
Лаки ізоляційні, кг	112,644	0,8	90,1152
Емалі ґрунтові, кг	123,564	2	247,128
Масло трансформаторне, кг	38,178	0,3	11,4534
Бензин, кг	19,3704	0,6	11,62224
Розчиники кг	54,5916	0,7	38,21412
Маслостійка гума, кг	140,028	0,3	42,0084
Гума профільна, кг	140,028	0,12	16,80336
Припій олов'яно-свинцевий, кг	1333,08	0,02	26,6616
Припій мідно-фосфорний, кг	247,8	0,02	4,956
Електроди, кг	46,032	0,1	4,6032
Засоби кріплення, кг	58,632	1,5	87,948
Дріт кручений,	7,644	0,12	0,91728
Матеріали обтиску, кг	76,356	0,3	22,9068
Разом:			9942,71
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	20,9748	2	41,9496
Електроди, кг	46,0656	0,1	4,60656
Разом:			46,55616

Розрахунок вартості матеріалів включених у норму витрати.

Таким чином, можна розрахувати витрати по обслуговуванню електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зп.те}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.43)$$

$$C_{\text{обс}} = 5905 + 81132 = 267389 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.44)$$

витрати по їхньому поточному ремонті, грн/рік:

$$C_{\text{тр}} = C_{\text{зп.тр}} + C_{\text{м.тр}}, \quad (4.45)$$

$$C_{\text{тр}} = 20592 + 5905 = 26498 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.46)$$

4.4.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Основні фонди в процесі експлуатації піддаються фізичному і моральному зносу. Це вимагає безупинного їхнього відтворення, а також виконання капітальних ремонтів і модернізації. Засоби, призначені для повної заміни і часткового відновлення основних фондів, називаються амортизаційними відрахуваннями. Вони включаються в собівартість виготовленої на даному підприємстві продукції і реалізуються при її продажі.

Амортизаційні відрахування визначаються від первісної вартості ОФ по нормах. Норма амортизації являє собою встановлений у плановому порядку щорічний відсоток погашення вартості відповідних ОФ за рахунок амортизаційних відрахувань.

Для визначення річного амортизаційного фонду необхідно знати вартість амортизаційних ОФ (величину капіталовкладень), розрахованих у попередніх розділах.

Амортизаційні відрахування, грн/рік:

$$C_a = \sum_{i=1}^f P_{ai} \cdot K_i; \quad (4.47)$$

$$C_a = 0,06 \cdot (1642 + 40 + 1750) = 205947 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.48)$$

де f – число груп енергоустаткування і мереж; P_{ai} – норма амортизації для даної групи; K_i – капіталовкладення в i -ту групу устаткування системи електропостачання, грн.

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат, виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частина загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 – 30% суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{пр} = \beta_{п.р} \cdot (C_{обс} + C_{тр} + C_a); \quad (4.49)$$

$$C_{пр} = 0,25 \cdot (267389 + 26498 + 205947) = 124958 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.50)$$

де $\beta_{п.р}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передачі і розподілу електроенергії зведемо їх в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Визначення відрахувань і інших витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	267389,1153	42,79637493
Витрати на поточний ремонт	26498,95859	4,241232354
Витрати на амортизацію	205947	32,96239272
Інші витрати	124958,7685	20
Разом	624793,8424	100

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{сум} = Ц + C_{п},$$

де $Ц$ - плата за електроенергію енергосистемі; $C_{п}$ - річні витрати підприємства по передачі електроенергії.

$$C_{сум} = 8245911 + 624794 = 8870705 \text{ (грн./рік)}.$$

4.5 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість - це всі грошові витрати підприємства на виробництво і реалізацію продукції. Для підрахунку продукції усі витрати плануються по статтях калькуляції (витрат).

Особливістю визначення собівартості електроенергії є те, що при цьому враховуються не тільки витрати на її трансформацію і передачу, але і вартість енергії, що купляється. Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}}}{E_a}, \quad (11.51)$$

$$S = \frac{8870805}{1070897,6} = 874 \text{ (грн./кВтгод)}, \quad (11.52)$$

де $C_{\text{сум}}$ - величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік; E_a - річна кількість корисної споживаної підприємством електроенергії, тобто без обліку втрат у лініях і трансформаторах, кВт.год/рік.

Для наочності результати калькулювання собівартості кіловат-години споживаної підприємством електроенергії рекомендується звести в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Основні показники електроспоживання

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	1014250	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	1070897,615	кВт·год.
Плата за електроенергію	P_1	8245911,637	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_p	624793,8424	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	8870705,48	грн.
Собівартість електроенергії	S	874,6073926	коп./кВт·год.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даній магістерській роботі розробляються заходи з підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин».

Згідно з нормативними документами, при обслуговуванні оперативно-ремонтним персоналом енергетичного обладнання, Вінниця-млин, існують наступні шкідливі та небезпечні фактори.

Фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини.

Хімічні:

по характеру дії на організм людини:

- токсичні (вуглець);

по шляху проникнення в організм людини через:

- органи дихання;
- шкірні покриви і слизові оболонки;

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації козлового крана

Живлення силового обладнання та системи освітлення Вінниця-млин здійснюється від трипровідної мережі з заземленою нейтраллю 10 кВ і чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

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 струмопровідні 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 К.З. 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.

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; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

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.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках повинна бути аптечка з набором необхідних перев'язочних матеріалів та медикаментів.

Під час роботи, пов'язаної з дотиком до струмовідних частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять в рух, необхідно зупинити двигун і на його пусковому пристрої або ключі керування, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ним механізмів, слід зачинити і замкнути на замок засуви і шибери цих механізмів, а також вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди».

Забороняється знімати огороження тих частин електродвигунів, що обертаються під час їх роботи.

Під час роботи електродвигунів заземлення може бути встановлене на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднують електродвигуни з РУ (збіркою). Під час роботи на механізмі, не пов'язаної з доторканням до частин, що обертаються, і у випадку роз'єднання з'єднувальної муфти, заземлювати кабельну лінію не слід.

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлюють поряд з тим, на якому проводять роботи, слід вивісити плакат «Стій! Напруга» незалежно від того, чи перебувають вони у роботі чи у резерві.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Оптимальні мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників, які при тривалому та систематичному впливові на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції. Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Оптимальні параметри мікроклімату в кабіні за технологічними вимогами забезпечити неможливо по технічним та економічним причинам, тому

встановлюються допустимі параметри. Крім того, між людиною та навколишнім середовищем відбуваються процес безперервного теплового обміну, при цьому слід враховувати, що незалежно від температури навколишнього середовища (влітку сонце нагріває кабінку оператора крану до температури 50-60 °С, а взимку до 0 °С) температура людини залишається постійною - 36,5-37 С. вологість в свою чергу значно впливає на терморегуляцію організму людини.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота кранівника відноситься до легкої фізичної роботи категорія Іа, бо людина-оператор практично весь свій робочий день проводить сидячи. Параметри мікроклімату в кабінці крану наведено в таблиці

Таблиця 5.1 - Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Іа	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається:

- В холодну пору року використання калорифера;
- В літню пору застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву;

Провітрювання кабінки.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони на залізничній станції можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 10.2.

Таблиця 5.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі ' робочої зони в кабіні оператора крана

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглець (окис СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Сажа	0,15	0,15	3

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

Провітрювання кабіни кранівника;

Цілісність конструкції кабіни та вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення кабіни під час роботи крану;

Встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або e :

$$e = E_{\text{вн}} / E_{\text{зов}} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

де $E_{\text{вн}}$ – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{\text{зов}}$ – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, виміряна одночасно з $E_{\text{вн}}$, лк.

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової Роботи	Найменши й або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природн є Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

Рівень звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.2)$$

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. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 5.3 - Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з 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.

5.2.5 Виробнича 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.

У приміщеннях системи енергопостачання присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація діюча на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці .

Таблиця 5.4 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		м·с ⁻²	ДБ	м·с ⁻² ·10 ⁻²	ДБ
Загальні	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

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.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи СЕП Вінниця-млин в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Забезпечення безпеки роботи системи електропостачання Вінниця-млин у НС базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження її працездатності в умовах дії загрозливих чинників. Для цього необхідно: прогнозувати та оцінити можливі наслідки; заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення НС і скорочення масштабів прояву результатів НС; організація робіт в умовах НС та ліквідація її наслідків.

Вплив іонізуючих випромінювань (α , β , γ) на матеріали і деталі обладнання СЕП Вінниця-млин залежить від виду випромінювання, дози та умов навколишнього середовища. В обладнанні застосовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні матеріали, провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв. Відомо, що іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах

знижуються напруги пробою та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дротів тощо. [24]

Для інженерної практики найбільший інтерес представляє оцінка безпеки системи захисту роботи СЕП при впливі на її компоненти іонізуючих випромінювань протягом певного часу.

Найбільш піддаються впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) системи електропостачання, зв'язку, сигналізації і керування. ЕМІ ушкоджують напівпровідниковим приладам, резисторам, конденсаторам та представляє велику небезпеку для обладнання СЕП добре захищеної від впливу інших вражаючих факторів. Тому слід пам'ятати, що апаратура може втратити працездатність, знаходячись у надійних захисних спорудженнях [25].

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Вінниця-млин в умовах дії іонізуючих випромінювань

Максимально допустимі значення потужності дози γ -випромінювань для вище перерахованих елементів наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.5 - Максимально допустимі потужності дози СЕП.

№	Бл	Елементи системи електропостачання	$P_{гр,i}(P/год)$	$P_{гр}$
1	Б	Транзистори КТ3102В	10^5	10^4
	Ж	Діоди загального призначення S1M	10^5	
2	Б	Конденсатори SMD1206 1nf, 16V	10^6	
	У	Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	10^6	
3	У	Мікросхеми PIC16F877	10^4	
	МПК	Діелектрики GTP15	10^4	

1. За мінімальним значенням $p_{гр}$ (див. табл. 5.1) межа безпеки роботи СЕП складає $p_{гр} = 10^4 (P/год)$.

2. Для оцінки безпеки роботи персоналу Вінниця-млин визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ($p_{гр}$) за наступною формулою:

$$P_{zp} = K \times p_{zp} \times K_n, \quad (5.3)$$

де: K – коефіцієнт надійності, $K = 0,9..0,95$;

$p_{гр}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін найменш стійкого елемента;

$K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пос} = 2$),

$$P_{гр} = 0,94 \times 10^4 \times 2 = 1,88 \times 10^4 \text{ (Р/год)},$$

1. З вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека роботи системи електропостачання в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме $P_{гр} = 1,88 \times 10^4 \text{ (Р/год)}$.

2. Розрахуємо допустимо максимальний час перебування обладнання системи захисту в умовах дії іонізуючих випромінювань:

$$D_m = \frac{2P_{zp}(\sqrt{t_K^2} - \sqrt{t_{II}^2})}{1}, \quad (5.4)$$

де: $\sqrt{t_{II}^2}$, дорівнює 1;

D_m – дорівнює 10^3 ;

Оскільки всі значення відомі, то допустимий час роботи СЕП Вінниця-млин буде таким:

$$t_{\partial} = \left(\frac{10^3 \cdot 7 + 2 \cdot 6,3 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,3} \right)^2 = 16141286 \text{ (год)}.$$

З розрахунків можна зробити висновок, що робота системи електропостачання в умовах впливу іонізуючих випромінювань буде працювати безпечно 5,03 роки, а це більше часу морального старіння обладнання системи. Отже, проводити заходи щодо підвищення безпеки її роботи не потрібно.

ВИСНОВОК

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано дослідження системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин» та розроблено рекомендації для підвищення її ефективності. На основі виконаних розрахунків і аналізу отримано такі основні результати:

Проведено детальний аналіз технологічного процесу підприємства, визначено основні споживачі електроенергії та побудовано модель розподілу навантажень. Це дозволило визначити критичні вузли системи електропостачання.

Розроблено математичні моделі для автоматизованого розрахунку електричних навантажень та вибору основного обладнання системи електропостачання. Ці моделі дозволяють зменшити похибку в розрахунках та підвищити точність підбору обладнання.

Досліджено використання частотнокерованих електроприводів для оптимізації роботи асинхронних двигунів, які є основними споживачами електроенергії на підприємстві. Обґрунтовано доцільність їх впровадження для підвищення енергоефективності. Як економічно вигідну альтернативу розглянуто пристрої плавного пуску.

Виконано економічний аналіз системи електропостачання, що включає розрахунок річного споживання електроенергії, втрат у мережі та витрат на передачу й розподіл електроенергії. Отримані результати свідчать про значний потенціал економії за рахунок впровадження запропонованих заходів.

Розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації системи електропостачання. Розглянуто аспекти охорони праці, гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки відповідно до нормативних вимог.

Впровадження запропонованих заходів дозволяє знизити енергетичні витрати, підвищити надійність роботи системи електропостачання та зменшити експлуатаційні витрати.

Результати роботи можуть бути використані для вдосконалення системи електропостачання ТОВ «Вінниця-млин», а також слугувати основою для впровадження подібних рішень на інших промислових підприємствах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Офіційний сайт ЗАТ «Вінниця-млин» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mlynvinnytsya.com.ua/>.
- [2] Опис технологічного процесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/7872573> .
- [3] Бурбело М. Й. Розрахунок систем електропостачання: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. – 193 с.
- [4] Правила улаштування електроустановок. - 6-те вид., переробл. й доповн. - Х .: Міненерговугілля України, 2017.
- [5] Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
- [6] ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
- [7] ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
- [8] Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
- [9] Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с
- [10] Конспект лекції з дисципліни САПР СЕП.
- [11] Офіційний сайт компанії Schneider Electric [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.se.com .
- [12] СВ Альтера [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.svaltera.ua.
- [13] Пристрої плавного пуску [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.tele-online.com.
- [14] Hrechyn, D., Drobot, I., Khimka, S., & Hoshko, M. (2019). СТРУКТУРНО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІЗНИХ СПОСОБІВ ПУСКУ

АСИНХРОННОГО ДВИГУНА. Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agroengineering Research, (23), 75-83.

[15] Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.

[16] ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. — Київ: Держспоживстандарт України, 1995. — 65 с.

[17] ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

[18] 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. [Чинний від 2007-12-01]. 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->

[19] ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

[20] . ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

[21] НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

[22] ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

- [23] ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
- [24] ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
- [25] ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
- [26] ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
- [27] НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.
- [28] ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.
- [29] ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.
- [30] ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.
- [31] ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.
- [32] Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з
обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин»

Науковий керівник:

Ph. D., доцент Лобода Ю. В.. _____
(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 23м

Будняк Є. В. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №310 від 17.09.2024.

Дата початку роботи 02.09 .2024р.

Дата закінчення роботи 10.12.2024.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин».

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Генплан закладу (рисунок А.1); відомості про основні характеристики закладу (таблиця А.1); відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х .: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	1.09.24	17.09.24
4.2 Проведення дослідних розрахунків	17.09.24	20.10.24
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.24	17.11.24
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.24	10.12.24

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Собівартість електроенергії

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Таблиця А.1 – Основні характеристики корпусів

№	Цех	Р _н , кВт	cos	К _п	К _в	Площа, м ²
1	2	3	4	6	7	8
1	Склад готової продукції	70	0,75	0,5	0,45	1209
2	Склад висівок	120	0,75	0,5	0,45	149
3	Майстерня	60	0,75	0,5	0,45	174
4	Примлиновий елеватор	170	0,7	0,5	0,45	345
5	Виробничий цех	130	0,7	0,4	0,36	155
6	Вагова автомобільна	70	0,7	0,4	0,36	164
7	Вагова	100	0,7	0,4	0,36	97
8	Склад накопичення	55	0,7	0,4	0,36	275
9	Адміністративна будівля	45	0,7	0,3	0,27	287
10	Прохідна	14	0,7	0,3	0,27	96
11	Транспортер	120	0,7	0,3	0,27	1
Всього по підприємству		954				2952

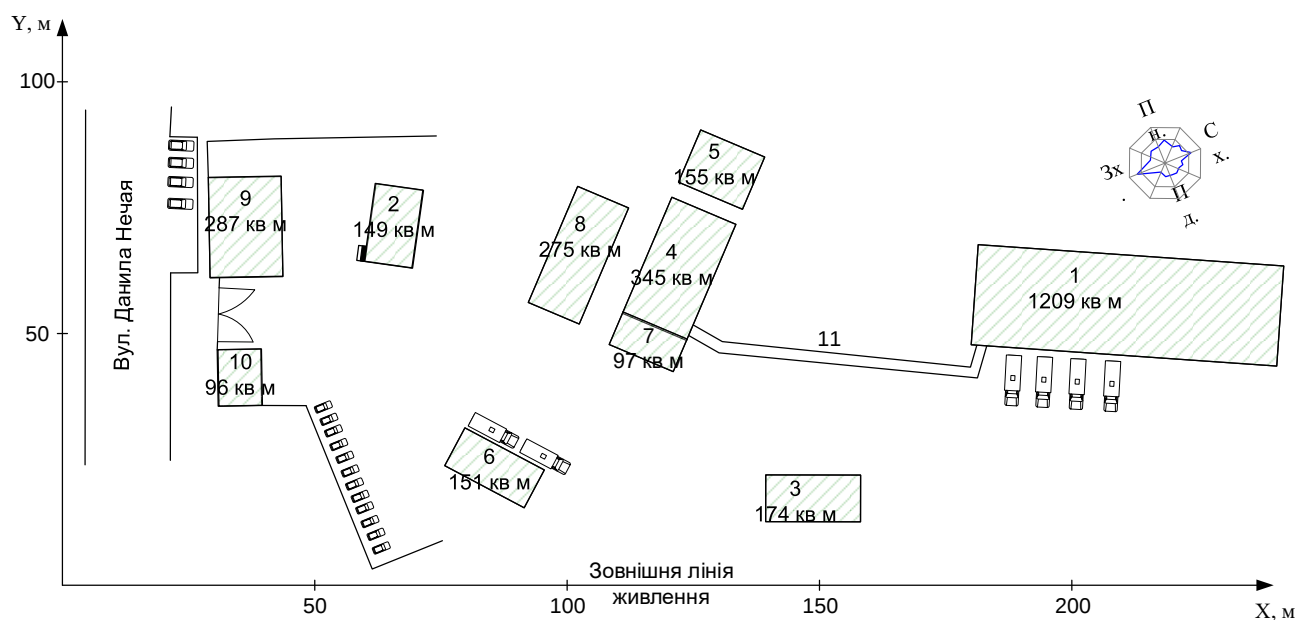
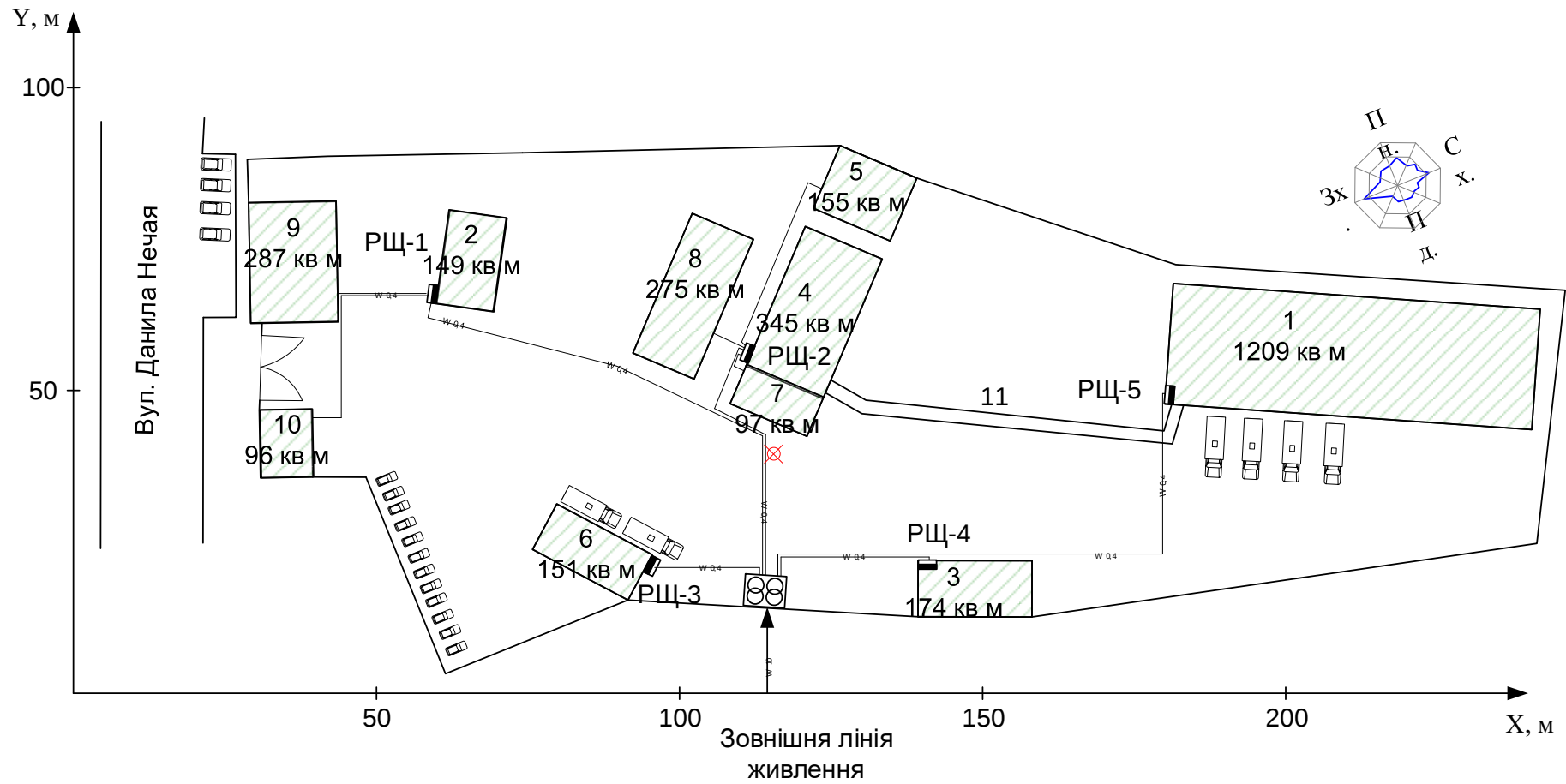
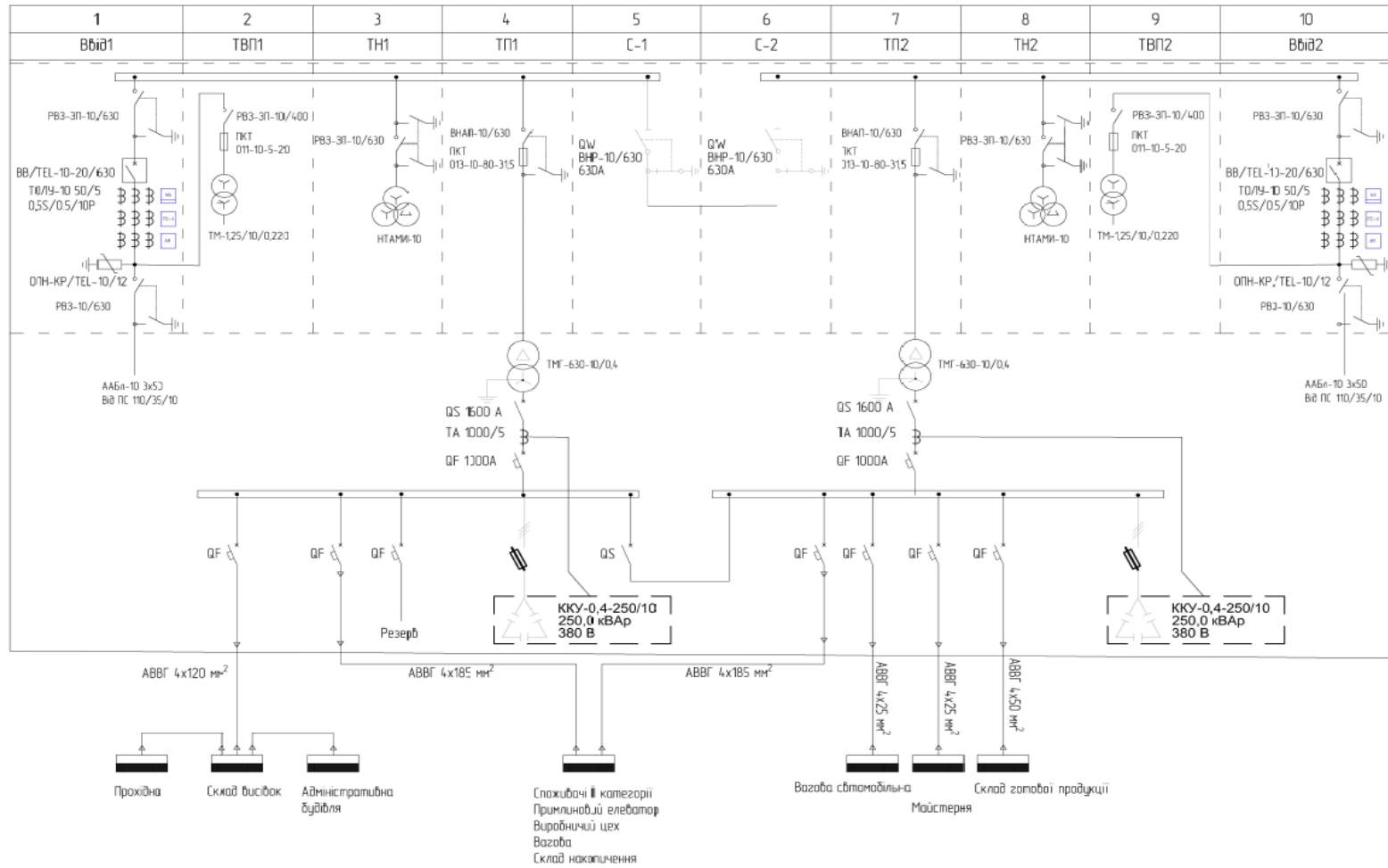


Рисунок А.1 - Генплан

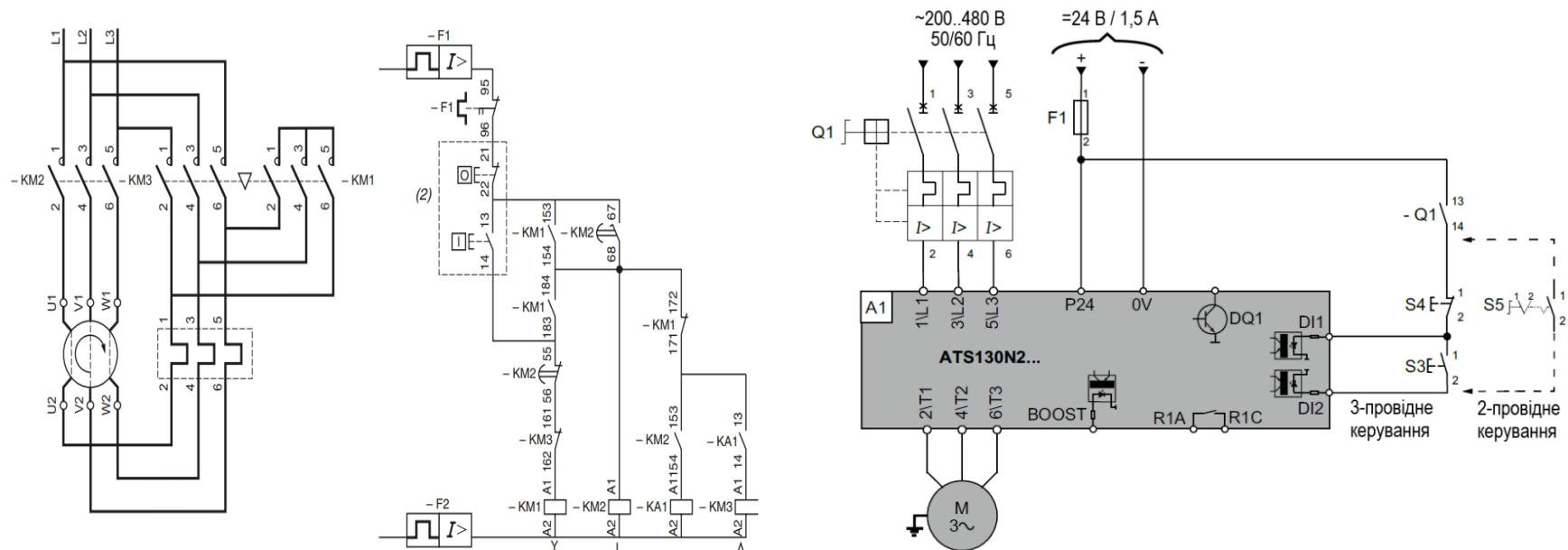
Додаток Б – Генплан підприємства



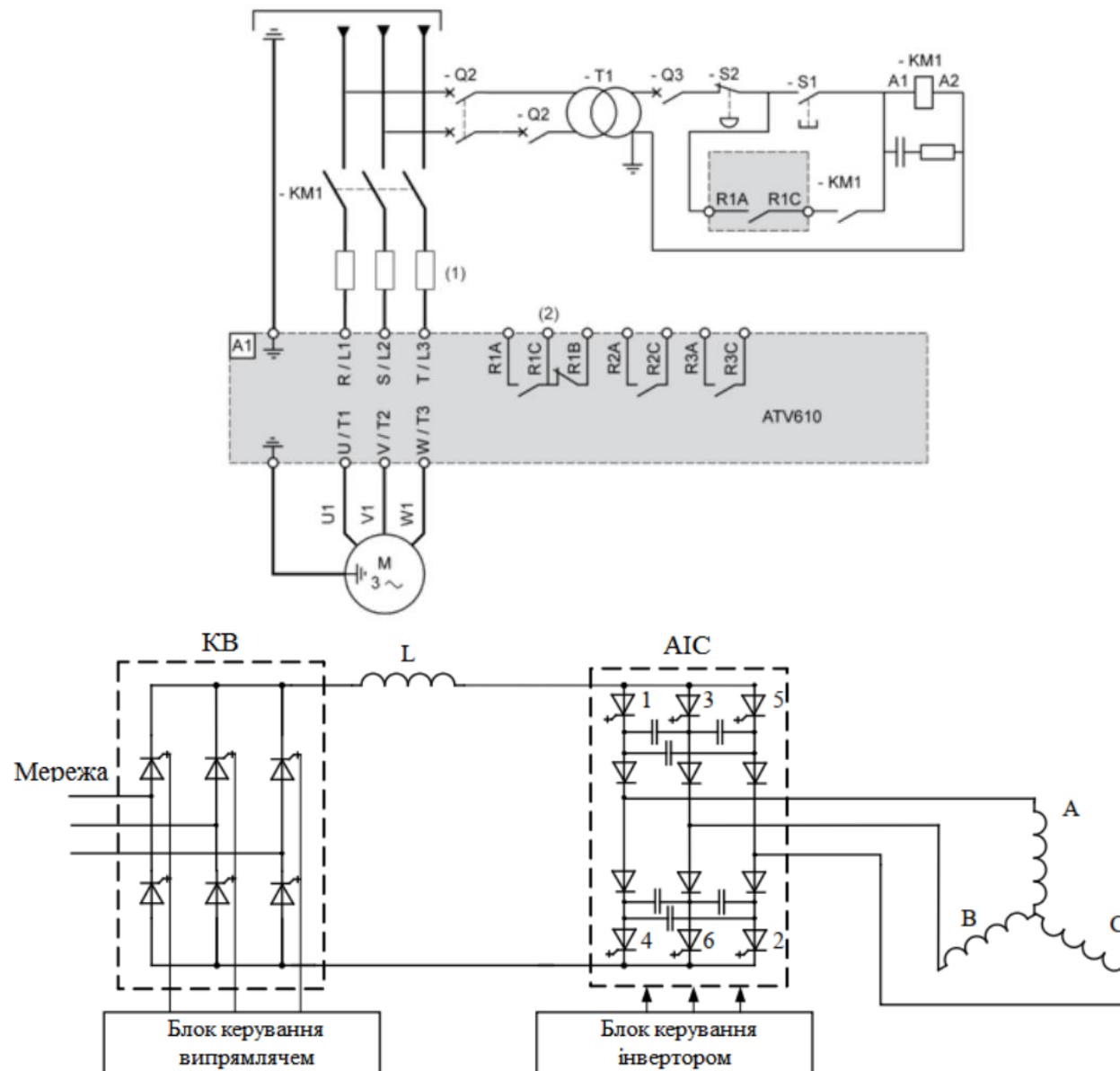
Додаток В – Однолінійна схема трансформаторної підстанції



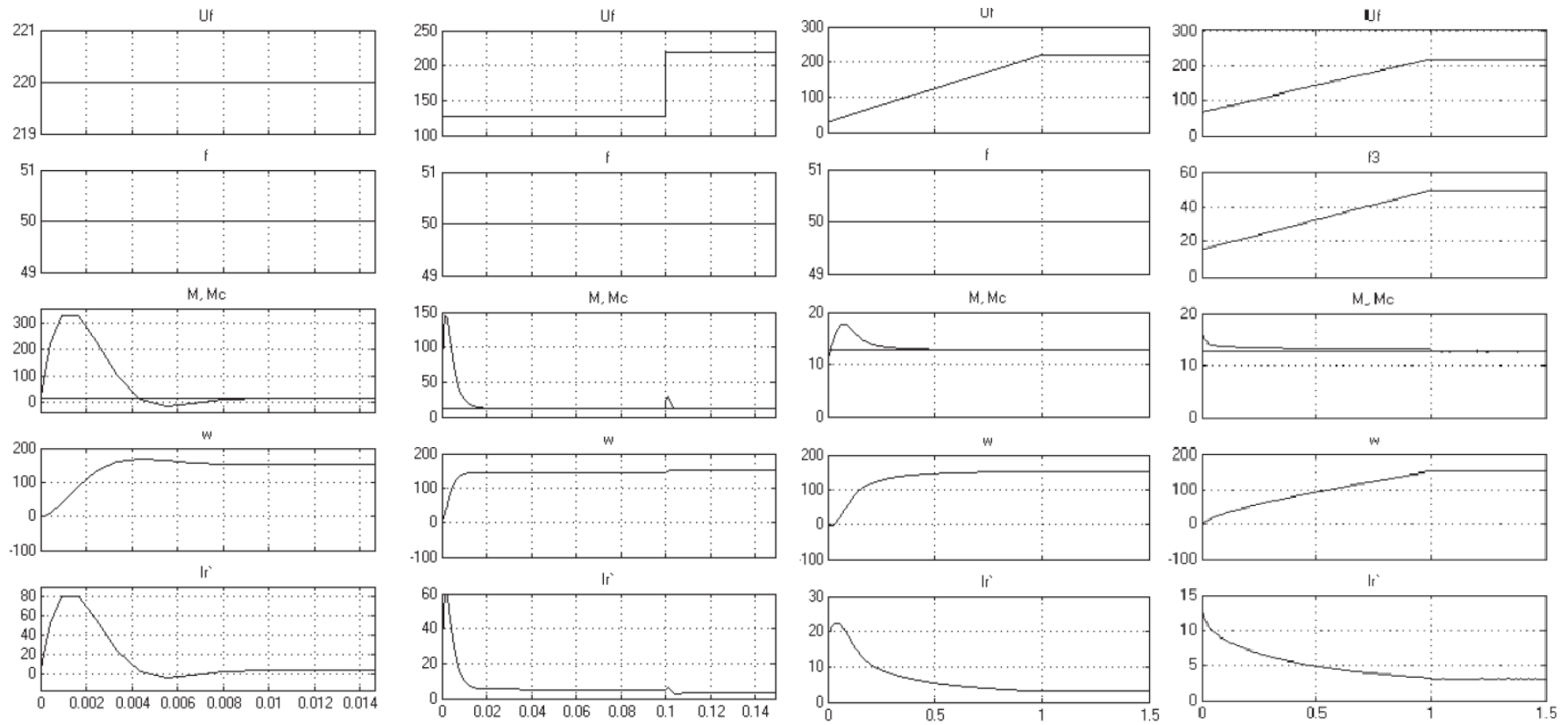
Додаток Г – Пристрої плавного пуску з перемиканням зірка/трикутник та з тиристорним регулюванням напруги



Додаток Д – Частотний пуск



Додаток Е – Графічні залежності перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна з використанням ППП



Додаток Є – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин»

Тип роботи: _____ МКР _____

(БДР, МКР)

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

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність _____ 82% _____ Схожість _____ 18% _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 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 Turnitin щодо роботи.

Автор роботи _____

(підпис)

Будняк Є. В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Лобода Ю. В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Ж – Презентаційні матеріали

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

Доповідь до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю
«Вінниця-млин»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
Будняк Є. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник доцент, Ph. D., Лобода Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2024 року

Актуальність теми. Системи електропостачання сучасних промислових підприємств потребують постійного вдосконалення для підвищення їхньої ефективності, надійності та економічності. Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин» є підприємством, де основними споживачами електроенергії є асинхронні двигуни, що використовуються у технологічних процесах.

Дана магістерська кваліфікаційна робота спрямована на підвищення ефективності системи електропостачання цього підприємства. У першому розділі наведено детальний опис технологічного процесу та характеристик підприємства. У другому розділі побудовано математичні моделі для автоматизованого розрахунку навантажень та вибору основного обладнання системи електропостачання.

Оскільки значну частину навантаження становлять асинхронні двигуни, у третьому розділі проаналізовано доцільність використання пристроїв плавного пуску асинхронних двигунів.

Об'єктом даного дослідження є система електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин»,

Мета і задачі дослідження. Підвищення ефективності системи електропостачання ТОВ «Вінниця-млин» шляхом оптимізації навантажень, вибору енергоефективного обладнання та зниження енергетичних витрат.

Практична цінність Результати даної роботи можуть бути використані для оптимізації системи електропостачання «Вінниця-млин» та сприяти підвищенню енергоефективності підприємства.

Наукова новизна Запропоновано методику оцінки терміну окупності застосування пристроїв плавного пуску для різних двигунів технологічного процесу підприємства.

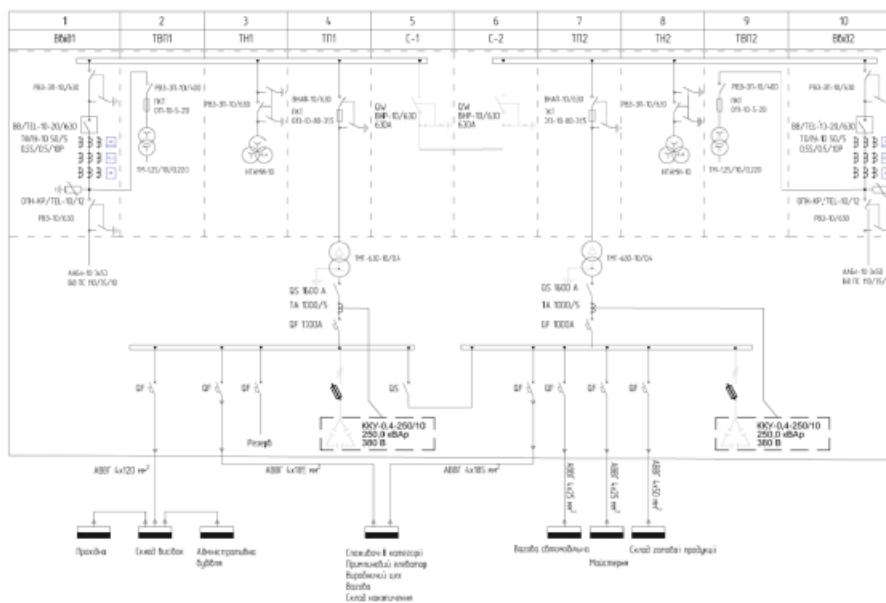
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД

МЛИН ВІННИЦІ № 1

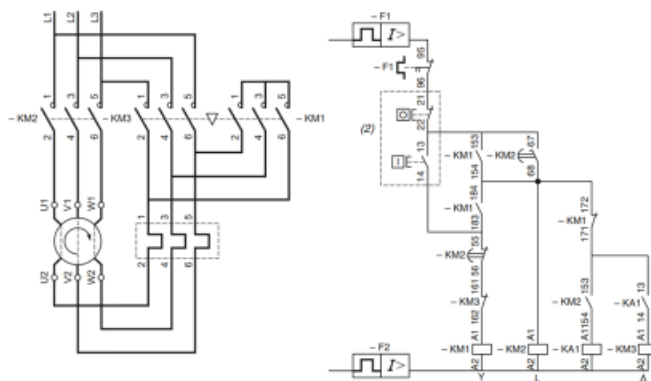


№	Цех	Рн, кВт	cos	Кп	Кв	Площа, м ²
1	Склад готової продукції	70	0,75	0,5	0,45	1209
2	Склад висівок	120	0,75	0,5	0,45	149
3	Майстерня	60	0,75	0,5	0,45	174
4	Примлиновий елеватор	230	0,7	0,5	0,45	345
5	Виробничий цех	230	0,7	0,4	0,36	155
6	Вагова автомобільна	70	0,7	0,4	0,36	164
7	Вагова	100	0,7	0,4	0,36	97
8	Склад накопичення	55	0,7	0,4	0,36	275
9	Адміністративна будівля	45	0,7	0,3	0,27	287
10	Прохідна	14	0,7	0,3	0,27	96
11	Транспортер	120	0,7	0,3	0,27	1
Всього по підприємству		1154				2952

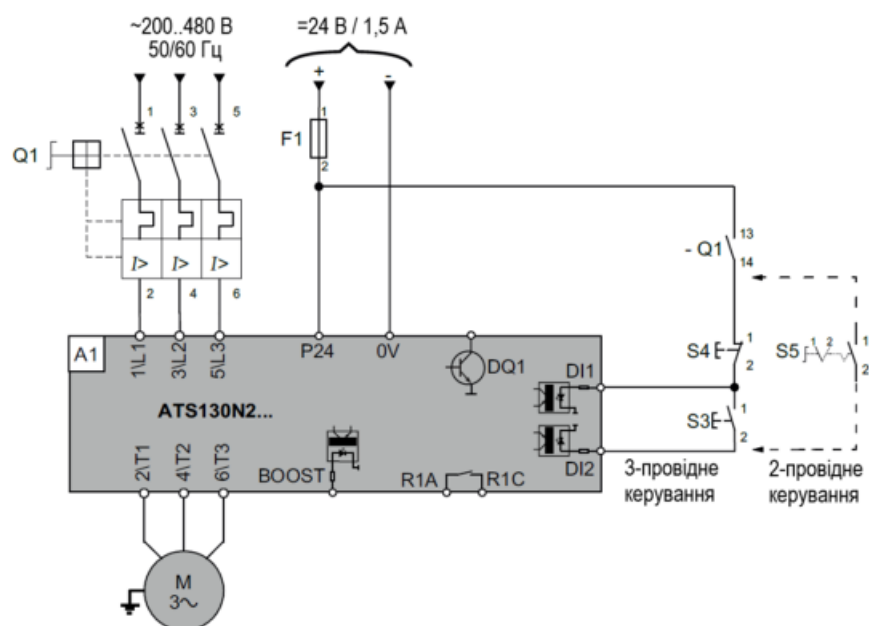
Однолінійна схема підприємства



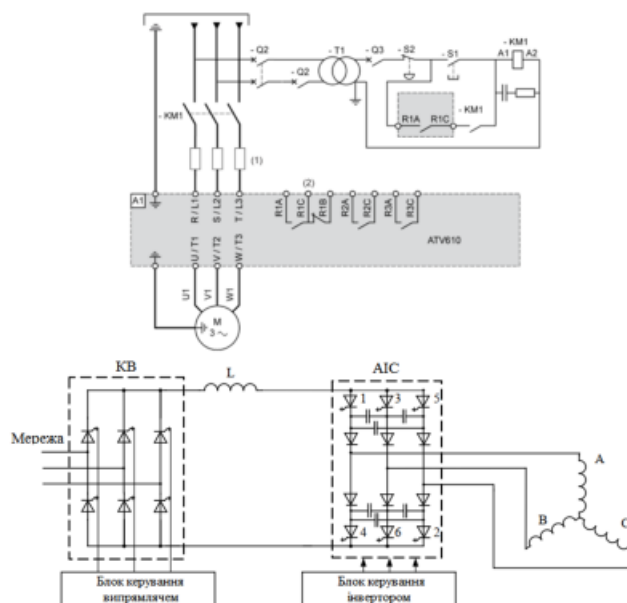
Плавний пуск з перемикання зірка/трикутник типу LC3D115 and D150



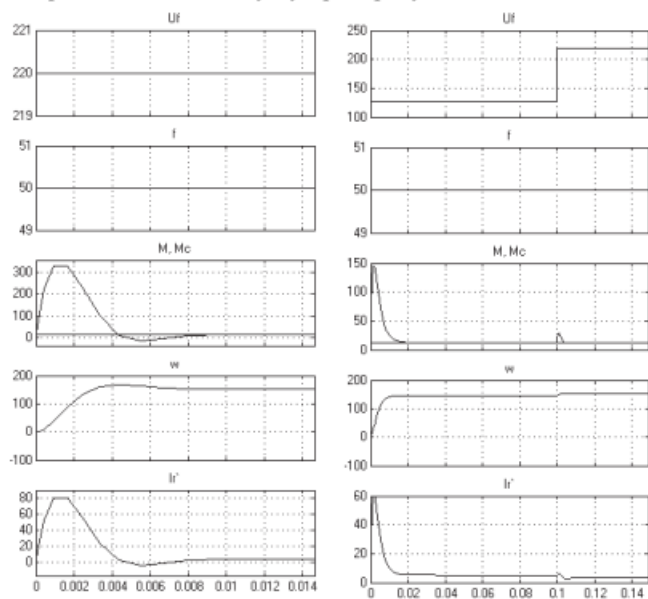
Плавний пуск двигуна з використанням тиристорного регулювання напруги



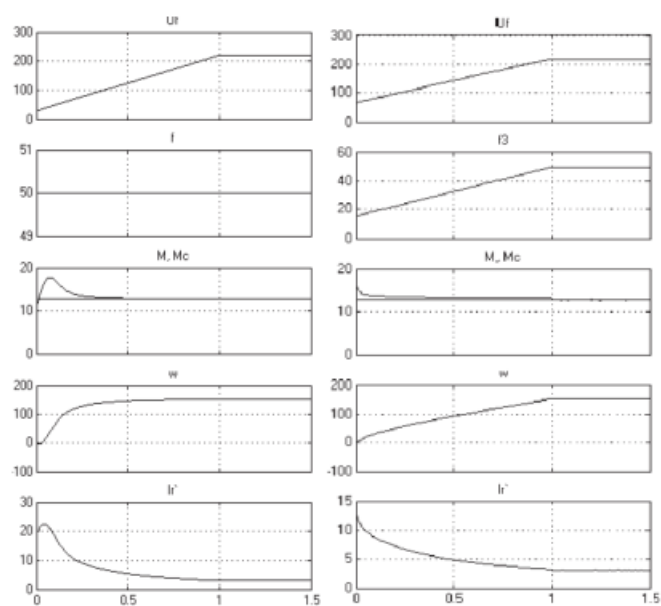
Частотний спосіб пуску АД



Графічні залежності перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна а) при прямому пуску, б) при використанні плавного пуску зірка/трикутник



Графічні залежності перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна а) при використанні плавного пуску з тиристорним регулюванням напруги, б) при використанні перетворювача частоти



Визначення економічного ефекту від використання пристроїв плавного пуску

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Пуск кожних 5 хв												
2			Номинальний струм, А	Пусковий струм, А	Опір КЛ, Ом	Приведена тривалість пуску, с	Втрати потужності, кВт	Втрати енергії, кВт*год/пуск	Ефективність пуску	Кількість пусків, 1/рік	dW, кВт*год	Річна економія електроенергії, кВт*год	Термін окупності
3	1	Прямий пуск	8,5	59,5	0,75	2	7,9655625	0,004425313	0,000630607	35040	155,06295	0	0
4	2	Перемикання мірка/трикутник	8,5	41,65	0,75	3,5	3,903125625	0,003794705	0,003447228		132,96648	22,09647038	15,869021
5	3	Триворне регулювання напруги	8,5	16,15	0,75	6	0,586850625	0,000978084	0,003894275		34,272077	120,7908735	6,9885731
6	4	Частотний пуск	8,5	11,9	0,75	6	0,3186225	0,000531038	0,004425313		18,607554	136,455396	19,03481
7	Пуск кожні 10 хв												
8			Номинальний струм, А	Пусковий струм, А	Опір КЛ, Ом	Приведена тривалість пуску, с	Втрати потужності, кВт	Втрати енергії, кВт*год/пуск	Ефективність пуску	Кількість пусків, 1/рік	dW, кВт*год	Річна економія електроенергії, кВт*год	Термін окупності
9	1	Прямий пуск	8,5	59,5	0,75	2	7,9655625	0,004425313	0,000630607	17520	77,531475	0	0
10	2	Перемикання мірка/трикутник	8,5	41,65	0,75	3,5	3,903125625	0,003794705	0,003447228		66,48324	11,04823519	31,738042
11	3	Триворне регулювання напруги	8,5	16,15	0,75	6	0,586850625	0,000978084	0,003894275		17,136038	60,39543675	13,977146
12	4	Частотний пуск	8,5	11,9	0,75	6	0,3186225	0,000531038	0,004425313		9,303777	68,227698	38,069621
13	Пуск кожні 15 хв												
14			Номинальний струм, А	Пусковий струм, А	Опір КЛ, Ом	Приведена тривалість пуску, с	Втрати потужності, кВт	Втрати енергії, кВт*год/пуск	Ефективність пуску	Кількість пусків, 1/рік	dW, кВт*год	Річна економія електроенергії, кВт*год	Термін окупності
15	1	Прямий пуск	8,5	59,5	0,75	2	7,9655625	0,004425313	0,000630607	11680	51,68765	0	0
16	2	Перемикання мірка/трикутник	8,5	41,65	0,75	3,5	3,903125625	0,003794705	0,003447228		44,32216	7,365490125	47,607063
17	3	Триворне регулювання напруги	8,5	16,15	0,75	6	0,586850625	0,000978084	0,003894275		11,424026	40,2636245	20,965719
18	4	Частотний пуск	8,5	11,9	0,75	6	0,3186225	0,000531038	0,004425313		6,202518	45,485132	57,104431

Техніко економічні показники

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Ea	1014250	кВт-год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	1070897,615	кВт-год.
Плата за електроенергію	П ₁	8245911,637	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C _n	624793,8424	грн.
Сумарні витрати підприємства	C _{сум}	8870705,48	грн.
Собівартість електроенергії	\$	874,6073926	коп/кВт-год.

Висновок

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано дослідження системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин» та розроблено рекомендації для підвищення її ефективності. Проведено детальний аналіз технологічного процесу підприємства, визначено основні споживачі електроенергії та побудовано модель розподілу навантажень. Це дозволило визначити критичні вузли системи електропостачання.

Розроблено математичні моделі для автоматизованого розрахунку електричних навантажень та вибору основного обладнання системи електропостачання.

Досліджено використання частотнокерованих електроприводів для оптимізації роботи асинхронних двигунів, які є основними споживачами електроенергії на підприємстві. Обґрунтовано доцільність їх впровадження для підвищення енергоефективності. Як економічно вигідну альтернативу розглянуто пристрої плавного пуску.

Розраховано собівартість електроенергії на підприємстві.

Розглянуто аспекти охорони праці, гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки відповідно до нормативних вимог