

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності системи електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»»

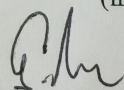
Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕМ-23м

Освітня програма: « Енергетичний менеджмент»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)



Лещенко Р.Р.

(прізвище та ініціали)

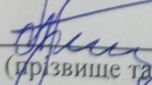
Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

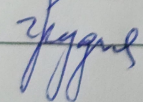
Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

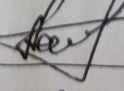
Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

 проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

« 16 »  2024 р.

Опонент д.т.н., доц. каф. ЕЕМСР



Галінов О.А.

(прізвище та ініціали)

« 18 »  2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

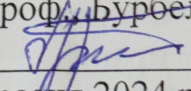
Освітній ступінь – магістр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.


«17» вересня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Лещенку Роману Руслановичу

1. Тема роботи: «Підвищення ефективності системи електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

керівник Войтюк Юрій Петрович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «17» вересня 2024 року, №310

2. Строк подання студентом роботи «10» грудня 2024 року.

3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; генплан РП; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. Загальні відомості про підприємство

2. Розрахунок системи електропостачання заводу

3. Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії на підприємстві

4. Економічний розрахунок

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список літератури

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

- Генплан підприємства

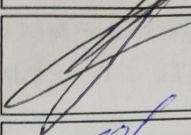
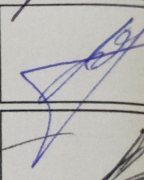
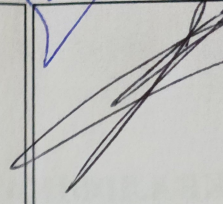
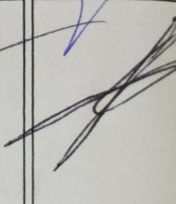
- Однолінійна схема електропостачання

- План цеху з силовою мережею

- Розрахунково-монтажна таблиця

- Структурні схеми по раціональному використанню електричної енергії

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання
Спеціальний розділ роботи	Войтюк Ю.П., доц., каф. ЕСЕМ, К.Т.Н.		
Економічна частина	Шулє Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, К.Т.Н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., доц., каф. ЕСЕМ, К.Т.Н.		

7. Дата видачі завдання «17» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Загальні відомості про підприємство	до 30.09.24	
2	Розрахунок системи електропостачання	до 10.11.24	
3	Застосування інноваційних підходів до раціонального використання електричної енергії	до 16.11.24	
4	Економічна частина	до 28.11.24	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 4.12.24	

Студент

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Лещенко Р.Р.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація.....	6
Анотація.....	7
Вступ.....	8
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЇ.....	10
1.1 Відомості про Вінницьку транспорту компанію	10
1.2 Інформація про електричні навантаження компанії.....	11
2. СИНТЕЗ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІННИЦЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ.....	14
2.1 Визначення розрахункових потужностей Вінницької транспортної компанії.....	14
2.1 Визначення розрахункових потужностей Вінницької транспортної компанії.....	20
2.3 Розрахунок параметрів зовнішньої лінії живлення.....	27
2.4 Розрахунок струмів коротких замикань.....	31
2.5 Розрахунок електричної розподільчої мережі 10 кВ транспортної компанії.....	33
2.6 Визначення координат розміщення центрального розподільчого пункту на основі математичного моделювання.....	35
2.7 Розрахунок оптимальної компенсації реактивної потужності для підвищення ефективності функціонування системи електропостачання.....	38
3. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСНОВНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ВІННИЦЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ.....	43
3.1 Аналіз ефективності використання електричної енергії в мережах компанії.....	43
3.2 Аналіз ефективності використання теплової енергії транспортним підприємством.....	46
3.3 Розрахунок оптимальної товщини утеплювача зовнішньої стіни	53

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	57
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	57
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	59
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	61
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	61
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	63
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	65
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	67
4.4. Розрахунок собівартості електроенергії.....	68
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	68
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	70
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	73
5.1 Технічні рішення з безпечної організації об'єкта проектування.....	73
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	73
5.1.2 Електробезпека.....	76
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	77
5.2.1 Мікроклімат.....	77
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	78
5.2.3 Виробниче освітлення.....	78
5.2.4 Виробничий шум.....	79
5.2.5 Виробничі вібрації.....	80
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	80
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП Вінницької транспортної компанії в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	81
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91
ДОДАТКИ.....	97

Додаток А – Технічне завдання	98
ДОДАТОК Б – Вихідні дані для проектування.....	101
Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	103
ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал.....	104

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Лещенко Роман Русланович. Підвищення ефективності системи електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2024. 96 с.

На укр. мові. бібліогр.: 44 назв; рис.: 32; табл.: 26.

В магістерській кваліфікаційній роботі розробленні деякі питання підвищення ефективності функціонування системи електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Проведено аудит енергоефективності основних комунікаційних споруд та систем комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Ключові слова: система електропостачання, електричні навантаження, енергоефективність, аудит, провідниково-кабельна продукція, САПР.

UDC 621.311

ANNOTATION

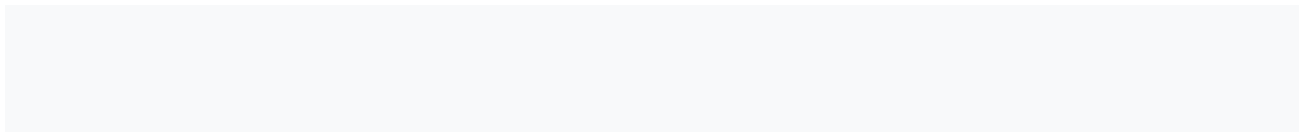
Roman Ruslanovych Leshchenko. Increasing the efficiency of the electricity supply system of the utility company "Vinnytsia Transport Company". Master's qualification thesis on specialty 141 - electrical engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2024. 103 p.

In Ukrainian speech bibliography: 44 titles; Fig.: 32; tab.: 26.

In the master's qualification thesis, some issues of improving the efficiency of the functioning of the power supply system of the utility company "Vinnytsia Transport Company" were developed.

An energy efficiency audit of the main communication facilities and systems of the Vinnytsia Transport Company utility company was conducted.

Keywords: power supply system, electrical loads, energy efficiency, audit, conductor and cable products, CAD.



ВСТУП

Актуальність теми: Комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» є важливим елементом забезпечення соціальних потреб населення міста Вінниці. Тому створення енергоефективної її системи електропостачання є актуальним та забезпечить надійне надання населенню якісних транспортних послуг.

У зв'язку з тим, що ефективність електропостачання залежить від багатьох факторів в МКР розглянуті найбільш важливі з них. Окрім того для створення оптимальних умов праці робітників підприємства розглянуті актуальні питання підвищення енергоефективності будівель та споруд компанії.

Мета роботи: проведення аналізу існуючої системи електропостачання з метою підвищення її ефективності та виконання необхідних розрахунків.

Об'єкт дослідження: система електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Предмет дослідження: створення та модернізація системи електропостачання споживачів транспортної компанії, яка забезпечить якісне надання послуг населенню міста Вінниці з використанням сучасних методів розрахунків.

Задача дослідження: аналіз системи електропостачання та необхідні для цього розрахунки виконуються з використанням системи автоматизованого проектування, що дасть змогу приймати оптимальні рішення, метою яких є підвищення надійності та ефективності системи живлення рухомого складу.

Новизна: питання, які вирішуються в магістерській кваліфікаційній роботі відрізняються своєю оригінальністю, що дозволить підвищити ефективність та економічність функціонування системи електропостачання, що дуже важливо в умовах військового стану.

Практичне значення одержаних результатів: в результаті розробки основних питань, що стосуються ефективності електропостачання використанні

сучасні підходи, які базуються на застосуванні систем САПР та моделювання і можуть бути використанні на подібних підприємствах України.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи: по матеріалах магістерської кваліфікаційній роботи опубліковано тези доповіді [45].

Публікації: За результатами роботи опубліковано тези доповідей [45].

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЇ

1.1 Відомості про Вінницьку транспорту компанію

Вінницька транспортна компанія (попередня назва Вінницьке трамвайно-тролейбусне управління) була створена на початку 20 століття з метою забезпечення транспортних послуг мешканцям та гостям міста Вінниця.

Сучасна компанія, окрім транспортних послуг успішно створює та модернізує власні тролейбуси та трамваї різних провідних виробників. В своєму складі транспортна компанія має окремі виробничі ділянки на яких проходить ремонт та обслуговування тролейбусів та трамваїв, а також на базі власних розробок виготовляє сучасні тролейбуси та трамваї. Роботу підприємства забезпечує біля двох тисяч кваліфікованих співробітників. Окрім того, одними із перших в Україні впровадили систему електронних квитків та інших електронних новинок, що забезпечують зручність користування транспортом міста Вінниці.

Серед основних завдань колективу підприємства слід відмітити проведення щоденного обслуговування та технічного огляду транспорту, його мийку, перевірку рухомого складу щодо забезпечення вимог техніки безпеки. Особлива увага приділяється контролю стану здоров'я водіїв трамваїв та тролейбусів. При технічного огляді рухомого складу одними із основних є перевірка гальмівної системи, перевірка контактів пантографів трамваїв та надійність контактних з'єднань дуг тролейбусів. В процесі огляду перевіряється також наявність та справність засобів пожежогасіння та комплектність аптечок швидкої медичної допомоги.

Необхідно підкреслити, що виробничий процес перевірки контактних проводів транспортної мережі та надійність електричного контакту рейок є важливим моментом, що запобігає виникненню струмів електричної корозії.

Для забезпечення надійності виконання транспортних послуг значна увага на підприємстві приділяється виконанню різноманітних видів ремонту: щоденного, поточного та капітального. Ці ремонти проводяться за

відповідними затвердженими графіками та технологічними картами. До виконання ремонтних робіт залучаються тільки кваліфіковані робітники з відповідними розрядами. Всі види ремонтних робіт контролюються спеціальними підрозділами підприємства до яких входять: адміністративно - технічне управління, господарський підрозділ, плановий відділ, експлуатаційний та виробничо - технічний відділ та дільниця технічного контролю.

Роботи Вінницької транспортної компанії неодноразово високо оцінювались на державному рівні та органами місцевої влади.

1.2 Інформація про електричні навантаження компанії

В даному курсовому проєкті здійснюється проєктування системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» рисунок 1.1. Відстань від підприємства до живлячої підстанції енергосистеми 1,8 км. Потужність КЗ зі сторони 10 кВ живлячої підстанції складає $S_{кз}=50$ МВА. Вхідна реактивна потужність складає $Q_{вх}=210$ квар. Час використання максимального навантаження $T_m=4500$ год/рік. Час максимальних втрат складає $\tau_m=2886,21$ год/рік. Тариф за активну електроенергію $t=5,57466$ грн/кВт*год.

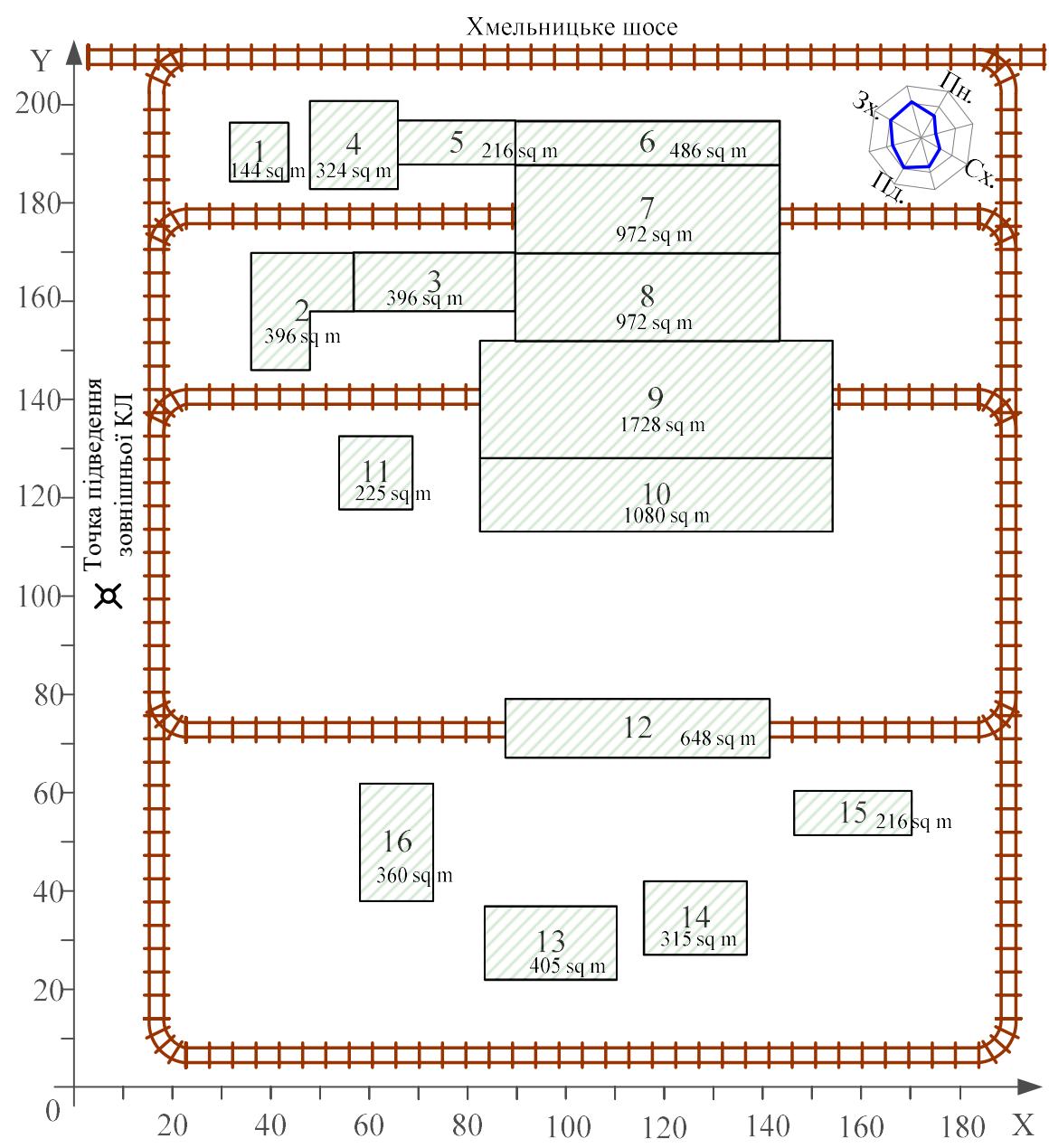


Рисунок 1.1 - Генплан КП «Вінницька транспортна компанія»

Електричні навантаження КП «Вінницька транспортна компанія» подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Дані про електричне навантаження КП «Вінницька транспортна компанія»

№	Найменування	Р _н , кВт
1	Продуктовий магазин	4,5
2	Столярний цех	98
3	Електроцех №1	124
4	Електроцех №2	88,7
5	Побутові приміщення	38
6	Управління ВТК	89
7	Цех планового ремонту	226
8	Механічна майстерня	294
9	Цех технічного огляду	41
10	Ремонтно механічний цех	192
11	Пилорама	24
12	Ділянка щоденний оглядів	27
13	Склад	4,5
14	Гараж	2,4
15	Шиномонтажний цех	9
16	Допоміжні будівлі	134,5

2. СИНТЕЗ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІННИЦЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ

Ефективність системи електропостачання любого сучасного підприємства визначається в основному на етапі його проектування та використання для цього методів та способів, які дозволять автоматизувати процес проектування та зробити його універсальним.

В магістерській кваліфікаційній роботі для реалізації прийняття ефективних проектних рішень рекомендується використовувати систему автоматизованого проектування з елементами математичного моделювання для пошуку оптимальних рішень.

Синтез системи електропостачання рекомендується починати з визначення та оцінки електричних навантажень основних виробничих цехів, де сконцентровані найважливіші потужності, які відповідальні за забезпечення технологічного процесу (в даному випадку – за надання якісних послуг з перевезення населення громади міста Вінниці).

2.1 Визначення розрахункових потужностей Вінницької транспортної компанії

В роботі пропонується для визначення розрахункових навантажень цехів компанії скористатися універсальними можливостями електронного процесора Excel за допомогою коефіцієнтів використання та попиту [2].

Надамо стислий алгоритм послідовності розрахунку електричних навантажень. Вихідними даним для цього є наступна інформація: номінальна потужність споживачів цеху (P_i); існуючі коефіцієнти потужності ($\cos\phi_i$); довідникова величина коефіцієнту попиту (K_{pi}) та коефіцієнту використання (K_{vi}) певного цеху, його площа (S_i). Окрім того для більш точного врахування потужностей окремих цехів використаємо ще і інформацію про освітлювальне навантаження у вигляді коефіцієнту попиту (K_{so_i}), його питомої густини

($P_{\text{пит}i}$), коефіцієнту потужності ($\text{tg}\varphi_{0i}$) а коефіцієнту втрат у пускорегулювальній апаратурі освітлювальної установки ($K_{\text{пра}i}$).

Представимо основні формули для визначення розрахункової потужності, що покладені в основу електронних таблиць Excel.

Потужність освітлення i -того цеху визначається за її активним значенням за формулою:

$$P_{\text{poi}} = K_{\text{poi}} \times F_i \times p_{\text{пит}i} \times k_{\text{пра}}, \quad (2.1)$$

Її реактивна складова відповідно:

$$Q_{\text{poi}} = K_{\text{poi}} \times F_i \times p_{\text{пит}i} \times k_{\text{пра}} \times \text{tg}_0, \quad (2.2)$$

де K_{poi} - довідникове значення коефіцієнту попиту освітленн;

F_i - площа цеху, м^2 ;

$p_{\text{пит}i}$ - величина питомої густини освітлення, $\text{кВт}/\text{м}^2$;

$k_{\text{пра}}$ - коефіцієнт, що враховує втрати потужності в ПРА;

tg_0 - коефіцієнт реактивної потужності мережі освітлення.

Таким чином для визначення активної потужності цеху враховується величина потужності освітлення наступним чином:

$$P_{\text{сі}} = K_{\text{ві}} \times P_{\text{номі}} + P_{\text{poi}}, \quad (3.3)$$

де $P_{\text{номі}}$ - номінальна потужність цеху, кВт;

$K_{\text{ві}}$ - коефіцієнт використання обладнання цеху.

Реактивне навантаження цеху відповідно:

$$Q_{ci} = P_{ci} \times \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (2.4)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i$ - середній коефіцієнт реактивної потужності споживачів цеху.

Повне електричне навантаження цеху:

$$S_{ci} = \sqrt{P_{cmi}^2 + Q_{cmi}^2}. \quad (2.5)$$

Активне розрахункове навантаження з врахуванням потужності освітлення для і-того цеху:

$$P_{pi} = K_{pi} \times P_{номi} + P_{poi}, \quad (2.6)$$

де K_{pi} - коефіцієнт попиту навантаження для певного цеху;

Реактивне розрахункове навантаження з врахуванням потужності освітлення і-того цеху:

$$Q_{pi} = K_{pi} \times P_{номi} \times \operatorname{tg} \varphi_i + Q_{poi}. \quad (2.7)$$

Тоді з (2.6) та (2.7) повне розрахункове навантаження складе:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}. \quad (2.8)$$

Величина розрахункового струму по даних з (2.8):

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \times U_{ном}}. \quad (2.9)$$

де $U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга мережі електропостачання.

Сумарне навантаження, що складається з навантажень окремого цеху визначиться за виразами:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci} ; \quad (2.10)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci} ; \quad (2.11)$$

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{\text{ном}i} \times k_{\text{л}i} \right) \times K_o + P_{\text{ро}\Sigma} ; \quad (2.12)$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{\text{ном}i} \times k_{\text{л}i} \times \text{tg} \varphi_i \right) \times K_o + Q_{\text{ро}\Sigma} ; \quad (2.13)$$

де $P_{c\Sigma}$ - величина сумарної активної потужності всіх цехів, кВт;

$Q_{c\Sigma}$ - величина сумарної реактивної потужності всіх цехів, кВАр;

K_o - коефіцієнт одночасності.

N - кількість цехів.

Тоді повне електричне навантаження компанії визначається за формулою:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2} ; \quad (2.14)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} , \quad (2.15)$$

де $S_{c\Sigma}$ - величина повного середнього електричного навантаження;

$S_{p\Sigma}$ - величина повного розрахункового електричного навантаження;

Відповідний сумарний струм:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}}. \quad (2.16)$$

Перераховані розрахункові формули покладені в основу електронної таблиці Excel, де виконанні необхідні розрахунки та наведені остаточні значення представлені на рисунку 2.1

З рисунку 2.1 видно, що середня потужність Вінницької транспортної компанії складає $S_{\text{сум}} = 931,42$ кВА, а при врахуванні коефіцієнта одночасності максимумів навантаження вона буде $S_{p\text{сум}} = 896,05$ кВА.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Середні нав-ня				Розрах. нав-ня				U	V
1	№	Цех	Рн, кВт	cos	tφ	Kп	Kс	Іноша, м ²	Kп0	Рпир, Вт/м ²	Кпра	tφ0	Qm0, кВт	Рр0, кВт	Qс, кВт	Sc, кВт	Рр, кВт	Qр, кВт	Sp, кВт	Ір, А	Кс=	р0, кВт/м ²	
2		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
4	1	Продуктовий магазин	4,5	0,7	1,02	0,35	0,31	144	0,8	0,008	1,2	0,43	0,48	1,11	2,50	1,90	3,14	2,68	2,08	3,39	5,16	0,02	
5	2	Столярний цех	98	0,8	0,75	0,6	0,56	396	0,85	0,01	1,2	0,43	1,74	4,04	58,92	42,90	72,88	62,84	45,84	77,78	118,18	0,20	
6	3	Електроцех №1	124	0,9	0,48	0,55	0,49	396	0,9	0,011	1,2	0,43	2,02	4,70	65,46	31,45	72,63	72,90	35,05	80,89	122,91	0,20	
7	4	Електроцех №2	88,7	0,8	0,75	0,55	0,5	324	0,9	0,011	1,2	0,43	1,66	3,85	48,20	34,92	59,52	52,63	38,24	65,06	98,85	0,20	
8	5	Побутові приміщення	38	0,8	0,75	0,8	0,76	216	0,85	0,012	1,2	0,43	1,14	2,64	31,52	22,80	38,90	33,04	23,94	40,80	61,99	0,19	
9	6	Управління ВТК	89	0,8	0,75	0,8	0,75	486	0,85	0,012	1,2	0,43	2,56	5,95	72,70	52,62	89,74	77,15	55,96	95,31	144,80	0,20	
10	7	Цех планового ремонту	226	0,9	0,48	0,5	0,44	972	0,85	0,013	1,2	0,43	5,54	12,89	112,33	53,70	124,51	125,89	60,27	139,57	212,06	0,14	
11	8	Механічна майстерня	294	0,5	1,73	0,3	0,27	972	0,8	0,013	1,2	0,43	5,22	12,13	91,51	142,71	169,53	100,33	157,98	187,15	284,34	0,19	
12	9	Цех технічного огляду	41	0,6	1,33	0,3	0,28	1728	0,85	0,012	1,2	0,43	9,09	21,15	32,63	24,40	40,75	33,45	25,49	42,06	63,90	0,02	
13	10	Ремонтно механічний цех	192	0,5	1,73	0,3	0,28	1080	0,75	0,012	1,2	0,43	5,02	11,66	65,42	98,13	117,94	69,26	104,78	125,61	190,84	0,12	
14	11	Пилорама	24	0,7	1,02	0,6	0,54	225	0,75	0,012	1,2	0,43	1,04	2,43	15,39	14,27	20,99	16,83	15,74	23,04	35,01	0,10	
15	12	Дільниця щованний оглядів	27	0,7	1,02	0,5	0,45	648	0,8	0,012	1,2	0,43	3,21	7,46	19,61	15,61	25,07	20,96	16,98	26,98	40,99	0,04	
16	13	Склад	4,5	0,7	1,02	0,45	0,4	405	0,65	0,011	1,2	0,43	1,49	3,47	5,27	3,33	6,24	5,50	3,56	6,55	9,95	0,02	
17	14	Гараж	2,4	0,7	1,02	0,3	0,27	315	0,6	0,01	1,2	0,43	0,98	2,27	2,92	1,64	3,34	2,99	1,71	3,44	5,23	0,01	
18	15	Шинномонтажний цех	9	0,6	1,33	0,4	0,34	216	0,8	0,012	1,2	0,43	1,07	2,49	5,55	5,15	7,57	6,09	5,87	8,46	12,85	0,04	
19	16	Допоміжні будівлі	134,5	0,7	1,02	0,35	0,31	360	0,75	0,01	1,2	0,43	1,39	3,24	44,94	43,93	62,84	50,32	49,42	70,53	107,15	0,20	
20		Всього по підприємству	1397					8883					43,64	101,49	674,88	589,44	896,05	701,30	612,96	931,42	1415,14	0,10	
21																							
22																							
23																							
24																							

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження компанії

2.2 Визначення та синтез основних складових системи електропостачання компанії

Основною умовою використання системи САПР є те, що отриманні проектні рішення повинні бути допустимим та адекватними. Це говорить про те, що проектні рішення повинні задовольняти всім необхідним умовам, які регламентуються різноманітними нормативними документами та електротехнічними законами. З іншого боку застосування системи САПР дозволяє отримати множину допустимих рішень, які дають можливість вибрати з них оптимальне. Для визначення оптимального рішення необхідно мати не тільки адекватний критерій вибору, але і задовольняти керованим змінним, які знаходяться в множині оптимальних рішень:

$$\{x^* \in X \mid K(x^*)\}, \quad (2.17)$$

де X - множина допустимо-оптимальних рішень;

x^* - оптимальне рішення вибране з (2.17);

K - критерій оптимальності.

Рекомендується за критерій оптимальності приймати такий показник, що інтерпретується як показник ефективності.

Одним із основних елементів мережі електропостачання є трансформаторна підстанція, тому перейдемо до визначення їх кількості та потужності.

Для використання системи САПР до розв'язання цієї задачі необхідно виконати деякі умови. Серед них найважливішими є те, що в якості показника ефективності (критеріальної функції) при виборі трансформаторів підстанції необхідно використовувати річні приведені затрати. Слід врахувати і те що кількість трансформаторних підстанцій зі стандартними потужностями цехових ТП не повинно перевищувати двох (у крайньому випадку трьох). Також при

виборі оптимальної ступені потужності трансформаторів слід орієнтуватися на питому густину навантаження.

В нашому випадку для умов транспортного підприємства питома густина складає $\sum p_0 = 0,10 \text{ кВА/м}^2$, тому рекомендується обирати трансформатори потужністю до 1000 кВА. Перед цим доцільно розподілити навантаження комунальної компанії серед обраної кількості трансформаторних підстанцій. Ця умова обумовлена значної площею території компанії. Приймаємо до використання та встановлення дві трансформаторні підстанції, які живлять наступні цехи підприємства. Перша ЦТП живить цехи за номерами 1,4-8, друга - 2,3,9-16. Використання зазначеної кількості підстанцій дозволить зменшити довжини низьковольтних кабельних ліній, що вплине зниження втрат потужності.

На рисунку 2.2 представлені результати розподілення цехів по підстанціях та навантаження останніх.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність P_p , кВт	Розрахункова реактивна потужність Q_p , кВАр	Повна розрахункова потужність S_p , кВА	Середня активна потужність P_c , кВт	Середня реактивна потужність Q_c , кВАр	Повна середня потужність S_c , кВА	
1										
2	ТП1	1	Продуктовий магазин	2,681	2,082	3,395	2,501	1,899	3,140	
3		4	Електроцех №2	52,634	38,244	65,061	48,199	34,918	59,518	
4		5	Побутові приміщення	33,044	23,937	40,803	31,524	22,797	38,903	
5		6	Управління ВТК	77,149	55,958	95,306	72,699	52,620	89,744	
6		7	Цех планового ремонту	125,889	60,271	139,573	112,329	53,703	124,506	
7		8	Механічна майстерня	100,331	157,983	187,149	91,511	142,706	169,527	
8			Всього по ТП1	391,727	338,475	517,702	358,762	308,643	473,255	
9	ТП2	2	Столярний цех	62,839	45,837	77,780	58,919	42,897	72,881	
10		3	Електроцех №1	72,904	35,054	80,894	65,464	31,450	72,627	
11		9	Цех технічного огляду	33,451	25,495	42,059	32,631	24,401	40,746	
12		10	Ремонтно механічний цех	69,264	104,782	125,605	65,424	98,131	117,940	
13		11	Пилорама	16,830	15,736	23,041	15,390	14,267	20,986	
14		12	Ділянка щоденних оглядів	20,965	16,983	26,980	19,615	15,605	25,065	
15		13	Склад	5,500	3,560	6,552	5,275	3,331	6,238	
16		14	Гараж	2,988	1,710	3,443	2,916	1,636	3,344	
17		15	Шинномонтажний цех	6,088	5,870	8,457	5,548	5,150	7,570	
18		16	Допоміжні будівлі	50,315	49,419	70,526	44,935	43,931	62,841	
19			Всього по ТП2	341,145	304,445	457,238	316,118	280,799	422,822	

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між цеховими ТП.

Для використання системи САПР за допомогою електронного процесора Excel необхідна наступна інформація:

1. Інформація про тип та кількість трансформаторів;

2. Значення розрахункової та середньої потужності підстанції S_p, S_c , кВА;
3. Рекомендується прийняти нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень E_c рівним 0,1;
4. Відрахування на амортизаційні витрати E_a задаємо на рівні 3,6 %;
5. Значення питомої вартості втрат потужності B_0 , грн./кВт використовується з загальної бази даних;
6. Коефіцієнт навантаження k_n в нормальному режимі роботи трансформатора

Реальний коефіцієнт навантаження буде розрахований нижче.

Для отримання оптимальної потужності трансформатора цехової підстанції скористуємося математичною моделлю, керованими змінними в якій будуть потужність трансформатора S_T , а критеріальною функцією – показник ефективності у вигляді річних приведених затрат Z в ТП.

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}, \quad (2.18)$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - річні приведені витрати в підстанцію визначеної потужності S_T . Вони визначаються як:

$$B_{ТП}(S_T) = (E_c + E_a) K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.19)$$

де E_c - ефективність капіталовкладень;

E_a - амортизаційні відрахування;

$K_{ТП}(S_T, K_T)$ - величина капіталовкладень в підстанцію, що залежить від кількості та потужності трансформаторів.

$B_B(S_T)$ - втрати електроенергії за рік, що визначаються за виразом:

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \times K_z^2) \times k_T \times t \times \tau, \quad (2.20)$$

де $\Delta P_{xx}(S_T)$ - значення втрат потужності $x.x$ трансформатора потужністю S_T ;

$\Delta P_{\text{кз}}(S_T)$ - значення втрат потужністю к.з. трансформатора;

k_T - кількість трансформаторів;

K_3 - коефіцієнт завантаження;

S_{CT} - шкала стандартних потужностей трансформаторів, МВА;

τ - години максимальних втрат потужності.

Завантаження трансформатора визначається коефіцієнтом, який знаходиться як:

$$K_3 = \frac{S_{\text{ТП}}}{S_{\text{ТП}} \times k_T}. \quad (2.21)$$

Складова змінних втрат активної потужності:

$$\Delta P_{\text{зм}} = \Delta P_{\text{кз}} \left(\frac{S_p^2}{S_T^2 \times k_T} \right), \quad (2.22)$$

$\Delta P_{\text{кз}}$ - втрати к.з. у трансформаторі;

S_T - потужність ТП;

k_T - кількість трансформаторів на ТП.

Величина постійної складової втрат активної потужності розраховуються як:

$$\Delta P_{\text{пс}} = \Delta P_{\text{хх}} \times k_T. \quad (2.23)$$

Сумарні втрати:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{пс}} + \Delta P_{\text{зм}}. \quad (2.24)$$

Для збереження адекватності застосування САПР необхідно врахувати наступні обмеження:

$$S_T \times k_T \times k_H \geq S_{ТПсм}, \quad (2.25)$$

де $S_{ТПсм}$ - величина середньої потужності ТП.

$$k_T \geq 1/k_{па} \times S_T \geq k_{ппа} \times S_{ТП}, \quad (2.26)$$

де $k_{па}$ - довідникове значення допустимого коефіцієнта навантаження трансформатора в післяаварійному режимі ($k_{па}=1,3$).

$k_{ппа}$ - частка навантаження на ТП, яке повино бути в роботі в післяаварійному режимі;

Використовуючи зазначенні навантаження складаємо електронну таблицю Excel для визначення оптимальної потужності ЦТП1 (рисунок 2.3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	517,7			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	473,26			
5	Кількість трансформаторів										kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійного режимі										kпа=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										kппа=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	16090			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036			
14															
	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
15															
16		63	1,28	0,24	192	26,112	43,217	0,48	43,697	703,07	—		—	—	—
17		100	1,97	0,33	238	32,368	26,399	0,66	27,059	435,38	—		—	—	—
18		160	3,1	0,51	272,6	37,074	16,227	1,02	17,247	277,51	—		—	—	—
19		250	4,2	0,74	345,1	46,934	9,0053	1,48	10,485	168,7	—		—	+	—
20	V	400	5,9	0,95	425,4	57,854	4,9415	1,9	6,8415	110,08	167,93	V	+	+	+
21		630	8,5	1,31	597,3	81,233	2,8699	2,62	5,4899	88,331	169,56		+	+	+
22		1000	10,5	2,1	859,04	116,83	1,4071	4,2	5,6071	90,216	207,05		+	+	+
23		1600	18	2,8	1263,8	171,88	0,9422	5,6	6,5422	105,26	277,14		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	1370,2	186,35	0,5039	7,7	8,2039	132	318,34		+	+	+
25										Змін=	167,93				
26							Опт. Пот. Трансформатора			St*=	400				

Рисунок 2.3 – Результати оптимального вибору потужності ЦТП1

Як видно з рисунку 2.3, величина оптимальної потужності трансформатора ЦТП1 становить 400 кВА. Величина приведених затрат - 167,93 тис. грн.

Повторюючи попередні розрахунки отримуємо результати вибору оптимальної потужності для ЦТП 2 (рисунки 2.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	457,24			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	422,82			
5	Кількість трансформаторів										kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	16090			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ее=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Еа=	0,036			
14															
	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	Х	обмеж. 1	обмеж. 2
15															
16		63	1,28	0,24	192	26,112	33,712	0,48	34,192	550,13	---		---	---	---
17		100	1,97	0,33	238	32,368	20,593	0,66	21,253	341,95	---		---	---	---
18		160	3,1	0,51	272,6	37,074	12,658	1,02	13,678	220,08	---		---	---	---
19		250	4,2	0,74	345,1	46,934	7,0246	1,48	8,5046	136,84	---		---	+	---
20	V	400	5,9	0,95	425,4	57,854	3,8547	1,9	5,7547	92,59	150,44	V	+	+	+
21		630	8,5	1,31	597,3	81,233	2,2387	2,62	4,8587	78,174	159,41		+	+	+
22		1000	10,5	2,1	859,04	116,83	1,0976	4,2	5,2976	85,236	202,07		+	+	+
23		1600	18	2,8	1263,8	171,88	0,735	5,6	6,335	101,93	273,8		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	1370,2	186,35	0,393	7,7	8,093	130,21	316,56		+	+	+
25										Змін=	150,44				
26							Опт. Пот. Трансформатора			St*=	400				

Рисунок 2.4 - Результати оптимального вибору потужності ЦТП 2

Отриманні результати свідчать про те, що на ЦТП 2 також оптимальним є варіант встановлення трансформаторів потужністю 400 кВА. Це відповідає приведеним затратам у 150,44 тис. грн.

Для більш точного врахування втрат потужності в трансформаторах підстанцій, що надасть можливість підвищити ефективність системи електропостачання, визначимо ці втрати. Не врахування цих втрат може негативно вплинути на стан мереж системи електропостачання.

Скористаємося для цього наступною розрахунковою формулою:

$$\Delta P_{TP} = n \times \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \times \Delta P_{кз} \times \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2, \quad (2.27)$$

де ΔP_{TP} - величина втрат активної потужності в трансформаторі, кВт;

n - число трансформаторів в підстанції;

ΔP_{xx} - величина втрат х.х в трансформаторі, кВт;

$\Delta P_{кз}$ - величина втрат к.з. в трансформаторі, кВт;

S_p - значення розрахункового навантаження в ТП, кВА;

$S_{ном.тр}$ - паспортне значення потужності трансформатора.

Розрахуємо втрати реактивної потужності в трансформаторі, скориставшись виразом:

$$\Delta Q_{TP} = n \times \frac{I_{xx}}{100} \times S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \times \frac{U_{кз}}{100} \times \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.28)$$

де ΔQ_{TP} - величина втрат реактивної потужності в ТП, квар;

I_{xx} - струм х.х в трансформаторі, А;

$U_{кз}$ - напруга к.з., у % від номінального значення.

Величина втрат потужності в цехових ТП наведена на рисунку 2.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	№ ТП	S _{ном.т} , кВА	kt	dP _{xx} , кВт	dP _{кз} , кВт	I _{xx} , %	U _к , %	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА	dP _{тр} , кВт	dQ _{тр} , кВАр	dS _{тр} , кВА	P, кВт	Q, кВАр	R, Ом
2	1	400	2	0,95	5,9	2,1	4,5	391,727	338,475	517,702	6,84153	31,875839	32,6018	398,568	370,35	3,6875
3	2	400	2	0,95	5,9	2,1	4,5	341,145	304,445	457,238	5,75466	28,559975	29,134	346,899	333,005	3,6875
4	Всього							701,302	612,955		12,5962	60,435814	61,7345	713,899	673,391	
5																

Рисунок 2.5 – Величина втрат потужності в цехових трансформаторах

2.3 Розрахунок параметрів зовнішньої лінії живлення

Живлення Вінницької транспортної компанії відбувається від двох підстанцій АК «Вінницяобленерго», а саме від підстанції «Західна» по фідеру №167 і підстанції «Південна» по фідеру №24. В магістерській кваліфікаційній роботі розраховується варіант живлення компанії від підстанції «Південна» з використанням проміжного розподільчого пункту 10 кВ, який знаходиться на відстані 1,8 км.

Розрахуємо переріз цієї живлячої лінії. Для цього створимо в системі САПР електронний лист Excel з необхідною для цього інформацією.

Призначення електронної таблиці Excel полягає у визначенні оптимального перерізу за значеннями приведених затрат в зовнішню лінію живлення, тобто цей показник буде відображати критеріальну функцію, а переріз самої лінії буде керованою змінною.

Вибір оптимального перерізу кабельної лінії 10 кВ потребує створення математичної моделі (2.28), яка дасть можливість на основі множини допустимих рішень отримати оптимальну.

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{don} \cdot I_{don}(F) \geq I_l \\ k_{na} \cdot I_{don}(F) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{нна} \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{don} \\ \Delta U_{na}(F) \leq \Delta U_{don} \\ F \geq F_{кз} \\ F \in X \end{array} \right. \quad (2.28)$$

де $K_0(F)$ – питома вартість кабельної лінії;

I_l – струм в лінії живлення;

$I_{доп}(F)$ – величина допустимого струму [2];

$K_{доп}(F)$ – коефіцієнт допустимого навантаження кабельної лінії [2];

$\Delta U_H(F)$ – величина втрат напруги в живлячій лінії у нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{па}} F$ – величина втрат напруги в живлячій лінії післяаварійному режимі;

$\Delta U_{\text{доп}}$ – величина допустимих втрат напруги [2];

$k_{\text{доп}}$ – значення коефіцієнту допустимого навантаження;

$I_{\text{кз}}$ – струм короткого замикання;

t_n – приведений час дії струму к. з. (с) $\approx 1,5$ с;

C – значення теплового коефіцієнту $\frac{A \times \sqrt{c}}{\text{мм}^2}$ [2].

Сформулюємо умови, які мають бути виконанні при визначенні оптимального перерізу кабельної лінії. Ці мови будуть виступати в якості керованих змінних при застосуванні САПР.

Наведемо ці умови:

1. В нормальному режимі роботи кабельної лінії допустимість її нагрівання визначається як:

$$k_{\text{доп}} \times I_{\text{доп}}(x) \geq I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times k_L}, \quad (2.29)$$

де $k_{\text{доп}}$ - коригуючі коефіцієнти [1];

$I_{\text{доп}}(x)$ - тривалий допустимий струм у кабельній лінії відповідного перерізу, А;

S_p - розрахункове значення потужності навантаження, кВА;

$U_{\text{ном}}$ - величина номінальної напруги в КЛ.

Значення коефіцієнту допустимого навантаження $k_{\text{доп}}$ у кабельній лінії визначається за виразом:

$$k_{\text{доп}} = k_{\text{сер}} \times k_{\text{гр}} \times k_{\text{пр}}, \quad (2.30)$$

де $k_{\text{сер}}$ - коефіцієнт, що описує середовище в якому прокладена кабельна лінія [1], зазвичай він приймається рівним одиниці;

$k_{\text{пр}}$ - коефіцієнт, що враховує спосіб прокладки;

$k_{\text{гр}}$ - коефіцієнт, що відображає властивості ґрунту. $k_{\text{доп}} = 1 \cdot 1 = 1$

2. В після аварійному режимі переріз кабелю повинен відповідати наступному обмеженню:

$$k_{\text{па}} \times k_{\text{доп}} \times I_{\text{доп}}(x) \geq k_{\text{л}} \times I_{\text{л}} \times k_{\text{н.па}}, \quad (2.31)$$

де $k_{\text{па}}$ - величина коефіцієнту перевантаження в післяаварійному режимі;

$k_{\text{н.па}}$ - коефіцієнт, що враховує залишок навантаження, яке залишається в роботі в післяаварійному режимі;

3. Обмеження на втрати напруги в нормальному режимі [1]:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{л}}(F) = \frac{P_p \times r_0(F) + Q_p \times x_0(F)}{k_{\text{л}} \times U_{\text{ном}}^2 \times 1000} \times L \times 100\% \quad (2.32)$$

де $\Delta U_{\text{доп}}$ - допустима втрата напруги в живлячій лінії, %;

$\Delta U_{\text{л}}(F)$ - фактична втрата напруги, %;

P_p - значення величини активної потужності навантаження, кВт;

Q_p - значення величини реактивної потужності навантаження, квар;

$x_0(F)$ - масив реактивного опору проводу лінії, Ом/км.

4. Обмеження на втрати напруги в післяаварійному режимі:

$$\Delta U_{\text{па.доп}} \geq \Delta U_{\text{па.л}}(F), \quad (2.33)$$

де $\Delta U_{\text{па.доп}}$ - величина допустимих втрат напруги в післяаварійному режимі, %;

$\Delta U_{\text{па.л}}(F)$ - величина фактичних втрати напруги, %.

5. Перевірка на термічну стійкість лінії до дії струмів к.з.:

$$F \geq F_{\text{кз}}, \quad (2.34)$$

де $F_{\text{кз}}$ - значення мінімального перерізу, що витримує термічну дію, визначається за формулою:

$$F_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{п}}}}{C}, \quad (2.35)$$

де $I_{\text{кз}}$ - струм к.з. на напрузі 10 кВ, А;

$t_{\text{п}}$ - значення приведенного часу к. з., с;

C – величина термічного коефіцієнту, яка рівна $C=90 \text{ А} \cdot \text{с}^{0,5}/\text{мм}^2$.

Значення всіх необхідних коефіцієнтів наведені в електронній таблиці Excel, а саме:

1. Коефіцієнт прокладки $k_{\text{пр}}=1$ [1] .
2. Коефіцієнт ґрунту $k_{\text{зр}}=1$ [1].
3. Коефіцієнт середовища $k_{\text{сер}}=1$ [1].
4. Коефіцієнт перевантаження $k_{\text{па}}=1,25$ [1].

На рисунку 2.6 наведено табличну форму, що відображає вибір кабелю від підстанції енергосистеми до центрального розподільчого пункту підприємства.

	A	B	C	D	E	F	G													
1	Початкові дані																			
2	Економічні характеристики																			
3	Питома вартість втрат, грн/кВт					В ₀ = 16089,6381														
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень					В _а = 0,1														
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію					В _а = 0,05														
6	Нормальний режим																			
7	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі					К _{доп} = 1														
8	Напруга, кВ					U _н = 10														
9	Довжина КЛ, км					l _н = 1,873														
10	Активна розрахункова потужність, кВт					P _н = 713,8985635														
11	Реактивна потужність, квар					Q _н = 873,3912113														
12	Розрахунковий струм окремого кабелю, А					I _н = 28,33000298														
13	Кількість КЛ					l _к = 2														
14	Мінімально допуст. переріз КЛ за умовою механ. міцності					F _{мех} = 70														
15	Допустима втрата напруги в КЛ, %					ΔU _{доп} = 5														
16	Аварійний режим																			
17	Струм КЗ на початку лінії, кА					I _{кз} = 9,358547272														
18	Приведений час КЗ, с					t _п = 1,5														
19	Тепловий коефіцієнт C, (А*с ^{0,5})/мм ²					C= 90														
20	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²					F _{кз} = 45,70403941														
21	Після аварійний режим																			
22	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження					K _{на} = 1,25														
23	Діля навантаження в післяаварійному режимі					K _{на} = 0,8														
24	Допустима втрата напруги в КЛ, %					ΔU _{доп} = 5														
25																				
26																				
27	F _н , мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _{доп} , А	dU _н , %	dU _{на} , %	K ₀ , тис. грн/км	dP, кВт	K	В*К, т. грн	В _в , т. грн	З, т. грн	Доп	K _{доп} *I _{доп} >= I _н	K _{на} *K _{доп} >= K _{на} *I _н	ΔU _н <= ΔU _{доп}	ΔU _{на} <= ΔU _{доп}	F _н >= F _{мех}	F >= F _{кз}	
28	10	3,1	0,122	50	2,149491577	3,439186523	39,62	27,9604	74,208	11,13123898	449,873	-	недоп	+	+	+	+	-	-	
29	16	1,94	0,113	75	1,368279335	2,189246936	62,06	17,4978	116,24	17,43575697	281,534	-	недоп	+	+	+	+	-	-	
30	25	1,24	0,099	90	0,8914543	1,42632688	90,64	11,1842	169,77	25,46530795	179,049	-	недоп	+	+	+	+	-	-	
31	35	0,89	0,095	115	0,654933676	1,047893881	116,14	8,02735	217,53	32,62853284	129,157	-	недоп	+	+	+	+	-	-	
32	50	0,62	0,09	140	0,4712677	0,75402832	159,11	5,59209	298,01	44,70195442	89,9747	-	недоп	+	+	+	+	-	-	
33	70	0,443	0,086	165	0,350408994	0,560654391	218,15	3,99564	408,59	61,28924239	64,2883	125,578	доп	+	+	+	+	+	+	V
34	95	0,326	0,083	205	0,270294879	0,432471807	288,4	2,94036	540,17	81,02597985	47,3093	128,335	доп	+	+	+	+	+	+	
35	120	0,258	0,081	240	0,223571129	0,357713807	344,95	2,32703	646,09	96,91370232	37,4411	134,355	доп	+	+	+	+	+	+	
36	150	0,206	0,079	275	0,187544435	0,300071096	427,78	1,85802	801,23	120,1847908	29,8948	150,08	доп	+	+	+	+	+	+	
37	185	0,167	0,077	310	0,160209099	0,256334559	526,36	1,50626	985,87	147,8808417	24,2351	172,116	доп	+	+	+	+	+	+	
38	240	0,129	0,075	355	0,13354233	0,213667727	675,74	1,16351	1265,7	189,8491526	18,7205	208,57	доп	+	+	+	+	+	+	
39	вміє затрати										=	125,578								
40	Ост. Переріз ПЛ										=	70								
41											R _{ост} =	0,443								
42											X _{ост} =	0,086								

Рисунок 2.6 – Результати вибору живлячої кабельної лінії

З рисунку 2.6 видно, що для забезпечення надійного живлення транспортної компанії необхідно вибрати кабель марки ААБ перерізом 70 мм², при цьому приведені затрати складуть 125,578 тис. грн.

2.4 Розрахунок струмів коротких замикань

Інформація про струми коротких замикань в системі електропостачання транспортної компанії необхідно для остаточного вибору перерізів живлячої лінії, а також для вибору комутаційної апаратури та виконання необхідних перевірок обладнання.

Побудуємо схему заміщення електричної мережі, яка відображає існуючу лінію живлення 10 кВ (рисунок 2.7) .

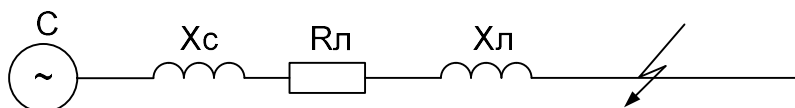


Рисунок 2.7 - Схема заміщення проектної лінії живлення.

Величина струму короткого замикання у лінії зовнішнього живлення визначається за виразом:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \times U}{\sqrt{3} \times X_c} \quad (2.36)$$

де $I_{кз}$ - струм короткого замикання в лінії живлення, кА;

U - номінальна напруга, кВ;

X_c - опір системи, Ом, що визначається:

$$X_c = \frac{(0,95 \times U)^2}{S_{кз}}, \quad (2.37)$$

де $S_{кз}$ - величина потужності короткого замикання на шинах 10 кВ, МВА.

Струм короткого замикання в розподільчих мережах:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \times U}{\sqrt{3} \times Z_{кз}} \quad (2.38)$$

де $Z_{кз}$ - величина повного сумарний опору лінії з урахуванням опору системи, Ом.

$$Z = \sqrt{R_{л}^2 + (X_{л} + X_c)^2}, \quad (2.39)$$

де $R_{л}$ - значення активного опору лінії, Ом;

$X_{л}$ - значення реактивного опору лінії, Ом;

На рисунку 2.8 представлена електронна форма для розрахунку струмів короткого замикання, що є складовою загальної системи САПР

	A	B	C	D	E	F
1	Розрахунок струмів КЗ					
2	Дані системи					
3	Напруга, кВ				U=	10
4	Потужність коротко замикання, МВА				S _{кз} =	50
5	Опір системи, Ом				X _с =	1,805
6	Струм КЗ для ЗЛЖ, кА				I _{кз} =	3,359
7						
8	Довжина КЛ, км				L=	1,873
9	Переріз КЛ, мм ²				F=	70
10	Активний опір КЛ, Ом				R _л =	0,830
11	Реактивний опір КЛ, Ом				X _л =	0,161
12	Результат					
13	Сумарний повний опір, Ом				Z=	2,134
14	Струм КЗ для розподільчих ліній, кА				I _{кз} =	2,8408

Рисунок 2.8 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

2.5 Розрахунок електричної розподільчої мережі 10 кВ транспортної компанії

Метою даного розрахунку є вибір перерізів та способів прокладки кабелів, що живлять цехові трансформаторні підстанції. В розрахунках використовуються коефіцієнти, що відображають особливості прокладання кабелю, перелік і значення яких наведені вище.

Чисельне значення коефіцієнтів: $k_{пр}=1$, $k_{гр}=1$, $k_{сер}=1$, $k_{па}=1,25$.

Зробимо зауваження яке стосується конфігурації системи електропостачання транспортної компанії. В магістерській кваліфікаційній роботі передбачається організувати живлення споживачів від двох двотрансформаторних підстанцій потужністю 400 кВА, які отримують живлення від центрального розподільчого пункту 10 кВ.

Результати вибору кабельних ліній розподільчої мережі 10 кВ наведено на рисунках 2.9 і 2.10 для ТП1 та ТП2 відповідно.

	A	B	C	D	E	F	G	H										
1	Початкові дані																	
2	Нормальний режим																	
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режим						Kдоп=	1										
4	Напруга, кВ						U=	10										
5	Довжина КЛ, км						l=	0,134										
6	Активна розрахункова потужність, кВт						P=	398,6										
7	Реактивна потужність, квар						Q=	370,4										
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А						Iл=	15,71										
9	Кількість кабелів						k=	2										
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %						ΔUдоп =	5										
11	Аварійний режим																	
12	Струм КЗ на початку лінії, кА						Iкз =	2,8408										
13	Приведений час КЗ, с						tn =	1,5										
14	Тепловий коефіцієнт C, (А*с ^{0,5})/мм ²						C =	90										
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²						Fкз =	38,66										
16	Післяаварійний режим																	
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження						Kла =	1,25										
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі						Kпла =	0,8										
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %						ΔUпдоп =	5										
20	Економічні характеристики																	
21	Питома вартість втрат						Bo =	16089,64										
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень						Ea =	10,00%										
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію						Ea =	4,00%										
24	F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dUp, %	K, т. грн.	E*K, т. грн	Ba, т. Грн	З, т. грн	Доп	Kдоп*Iдоп >= Ip	Kла*Kдоп >= Kпла*Iл р*Kл	ΔUn <= ΔUпдоп	ΔUp <= ΔUпдоп	F >= Fкз	V
25	10	3,1	0,122	50	39,62	0,08581	0,1373	0,614826	10,61816028	1,4865	9,8923204	—	НЕДОП	+	+	+	—	
26	16	1,94	0,113	75	62,06	0,05461	0,0874	0,384762	16,63208044	2,3285	6,1906779	—	НЕДОП	+	+	+	—	
27	25	1,24	0,099	90	90,64	0,03557	0,0569	0,24593	24,29152064	3,4008	3,9569282	—	НЕДОП	+	+	+	—	
28	35	0,89	0,095	115	116,14	0,026124	0,0418	0,176514	31,12552081	4,3576	2,8400533	—	НЕДОП	+	+	+	—	
29	50	0,62	0,09	140	159,11	0,01879	0,0301	0,122965	42,64148112	5,9698	1,9784641	7,9483	ДОП	+	+	+	+	V
30	70	0,443	0,086	165	218,15	0,013964	0,0223	0,087861	58,46420153	8,185	1,4136445	9,5986	ДОП	+	+	+	+	
31	95	0,326	0,083	205	288,4	0,010765	0,0172	0,064656	77,29120202	10,821	1,0402892	11,861	ДОП	+	+	+	+	
32	120	0,258	0,081	240	344,95	0,0089	0,0142	0,051169	92,44660242	12,943	0,8232963	13,766	ДОП	+	+	+	+	
33	150	0,206	0,079	275	427,78	0,007461	0,0119	0,040856	114,645043	16,05	0,6573606	16,708	ДОП	+	+	+	+	
34	185	0,167	0,077	310	526,36	0,00637	0,0102	0,033121	141,0644837	19,749	0,5329089	20,282	ДОП	+	+	+	+	
35	240	0,129	0,075	355	675,74	0,005306	0,0085	0,025585	181,0983247	25,354	0,4116482	25,765	ДОП	+	+	+	+	
36									Мінімальні затрати на КЛ1		7,9483							
37									Оптимальний переріз КЛ1		50							

Рисунок 2.9 - Результати вибору КЛ-10 кВ від ЦРП до ТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Початкові дані							
2	Нормальний режим							
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режим						Kдоп=	1
4	Напруга, кВ						U=	10
5	Довжина КЛ, км						l=	0,134
6	Активна розрахункова потужність, кВт						P=	347
7	Реактивна потужність, квар						Q=	333
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А						Iл=	13,88
9	Кількість кабелів						k=	2
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %						ΔUдоп =	5
11	Аварійний режим							
12	Струм КЗ на початку лінії, кА						Iкз =	2,84
13	Приведений час КЗ, с						tp =	1,5
14	Тепловий коефіцієнт C, (А*с ^{0,5})/мм ²						C =	90
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²						Fкз =	38,66
16	Післяаварійний режим							
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження						Kла =	1,25
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі						Kпла =	0,8
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %						ΔUпдоп =	5
20	Економічні характеристики							
21	Питома вартість втрат						Bo =	16089,64
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень						Ea =	10,00%
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію						Ea =	4,00%

	F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _{доп} , А	K ₀ , т. грн/км	dU _н , %	dU _п , %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн.	B _a , т. Грн	З, т. грн	Доп	K _{доп} *I _л доп >= I _p	K _{ла} *K _{доп} op*I _{доп} >= K _{пла} *I _л op*K _л	ΔU _н <= ΔU _{пдоп}	ΔU _п <= ΔU _{пдоп}	F >= F _{кз}	V
25																			
26	10	3,1	0,122	50	39,62	0,0748	0,1196	0,4802672	10,618	1,4865	7,727326	—	НЕДОП	+	+	+	+	—	
27	16	1,94	0,113	75	62,06	0,0476	0,0762	0,3005343	16,632	2,3285	4,83581	—	НЕДОП	+	+	+	+	—	
28	25	1,24	0,099	90	90,64	0,031	0,0496	0,1921069	24,292	3,4008	3,09093	—	НЕДОП	+	+	+	+	—	
29	35	0,89	0,095	115	116,14	0,0228	0,0365	0,1378832	31,126	4,3576	2,21849	—	НЕДОП	+	+	+	+	—	
30	50	0,62	0,09	140	159,11	0,0164	0,0263	0,0960534	42,641	5,9698	1,545465	7,5153	ДОП	+	+	+	+	+	V
31	70	0,443	0,086	165	218,15	0,0122	0,0195	0,0686317	58,464	8,185	1,10426	9,2892	ДОП	+	+	+	+	+	
32	95	0,326	0,083	205	288,4	0,0094	0,0151	0,0505055	77,291	10,821	0,812616	11,633	ДОП	+	+	+	+	+	
33	120	0,258	0,081	240	344,95	0,0078	0,0125	0,0399706	92,447	12,943	0,643113	13,586	ДОП	+	+	+	+	+	
34	150	0,206	0,079	275	427,78	0,0066	0,0105	0,0319145	114,65	16,05	0,513493	16,584	ДОП	+	+	+	+	+	
35	185	0,167	0,077	310	526,36	0,0056	0,009	0,0258725	141,06	19,749	0,416279	20,165	ДОП	+	+	+	+	+	
36	240	0,129	0,075	355	675,74	0,0047	0,0075	0,0199853	181,1	25,354	0,321556	25,675	ДОП	+	+	+	+	+	
37									Мінімальні затрати на КЛ1		7,5153								
									Оптимальний переріз КЛ1		50								

Рисунок 2.10 - Результати вибору КЛ-10 кВ від ЦРП до ТП2

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що потрібно для живлення цехових трансформаторних підстанцій обрати кабель марки ААБ-10 3х50 значення питомих затрат на кабель вказані на відповідних рисунках.

2.6 Визначення координат розміщення центрального розподільчого пункту на основі математичного моделювання.

Однією із важливих задач при створенні ефективної системи електропостачання є розрахунок та вибір місця розташування центрального розподільчого пристрою від якого будуть отримувати живлення цехові трансформаторні підстанції.

Для отримання максимального ефекту від виконання необхідних розрахунків будемо спиратися на створення математичної моделі, яка дасть можливість адекватно відобразити процес розрахунків та отримати оптимальне значення координат розміщення ЦРП при мінімумі сумарних річних приведених затрат.

Керованими змінними в математичній моделі будуть координати розміщення ЦРП - $(x_0; y_0)$.

Математична модель, яка потребує мінімізації приведених сумарних річних приведених затрат $Z(x_0, y_0)$, буде мати вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{a\text{жс}}) \cdot (a_{\text{жс}} + K_0(F_{\text{жс}})) + 3 \cdot I_{\text{жс}}^2 \cdot r_0(F_{\text{жс}}) \cdot k_{\text{жс}} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{\text{жс}}, y_{\text{жс}})) + \\ \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{\text{жс}}, y_{\text{жс}})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ \min_{i=1}^n (x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n (x_i); \\ \min_{i=1}^n (y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n (y_i). \end{array} \right\}, \quad (2.40)$$

де E_e - стандартне значення коефіцієнта ефективності капіталовкладень;

E_a - стандартне значення коефіцієнта відрахувань на амортизацію;

$K_0(F_i)$ - величина питомої вартості в КЛ F_i ;

I_i - струм, що протікає в КЛ від ЦРП до ТП;

$r_0(F_i)$ - питомий опір КЛ F_i ;

B_0 - питома вартість втрат;

$I_{\text{ж}}$ - струм живлячої КЛ;

$k_{\text{л}}$ - кількість проводів лінії живлення;

$a_{\text{ж}}$ - вартість втрат у КЛ на 1 км довжини;

k_1 - кількість живлячих кабелів від ЦРП;

F_1 - переріз КЛ від ЦРП до ЦТП;

$F_{\text{ж}}$ - переріз живлячої КЛ;

n - кількість підстанцій ;

x_0, y_0 - координати ЦЕН;

x_1, y_1 - координати розміщення ЦТП;

$x_{\text{ж}}, y_{\text{ж}}$ - координати зовнішньої лінії живлення.

Зробимо припущення, що лінії живлення які підходять до ЦРП прокладаються по прямій лінії. Це дає можливість скористатися спрощеним математичним представленням моделі.

Довжина лінії, таким чином, може бути представлена виразом:

$$L = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \quad (2.41)$$

Довжина ліній, що прокладаються від ЦРП до ТП по території підприємства (з урахуванням можливої їх прокладки під прямими кутами) може бути знайдена за формулою:

$$L = |x_0 - x_1| + |y_0 - y_1| \quad (2.42)$$

Електронна таблиця EXCEL для визначення координат центру електричної мережі представлена на рисунку 2.11

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Технічні характеристики мережі												
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ									Uж=	10	L3:=Uj	
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)								МетрикаЖ=		НЕ	L4:=MetrZL	
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)								МетрикаР=		НЕ	L5:=metrR	
5													
6	Економічні характеристики мережі												
7	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км								a=	10	L8:=aCEM		
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км								аж=	8	L9:=ajCEM		
9	Питома вартість втрат, грн/кВт								Bo=	16089,64	L10:=BoCEM		
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень								Ee=	0,1	L11:=EeCEM		
11	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію								Ea=	4,00%	L12:=EaCEM		
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії								Eaj=	5,00%	L13:=EajCEM		
13													
14													
15	Ліній 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	
16	ЖЛ	7	100	70	2	713,90	673,39	28,33	0,443	218,15	73,00	4,982	
17	ТП1	148	166	50	2	398,57	370,35	15,71	0,62	159,11	134,00	8,136	
18	ТП2	80	118	50	2	346,9	333	13,88	0,62	159,11	18,00	1,035	
19													
20						Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.						14,153	
21						Оптимальні координати ЦЕМ, м						Xo = 80	Yo = 100
22													
23						Координати ЦЕМ на генплані, м						Xo = 80	Yo = 100
24						Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.						14,153	

Рисунок 2.11 - Електронна таблиця Excel для визначення координат центру електричної мережі

Для визначення оптимальних координат центру електричних навантажень скористаємося підпрограмою вбудованої в Excel під назвою «Пошук рішення».

Використання цієї програми для нашого випадку дає наступні оптимальні координати центру електричних навантажень, в яких рекомендується встановлення центрального розподільчого пункту: $X_0=80$, $Y_0=100$ з відповідними сумарними річними приведеними затратами 14,153 тис. грн..

Генплан Вінницької транспортної компанії з розміщеними ЦРП та ТП наведено на рисунку 2.12.

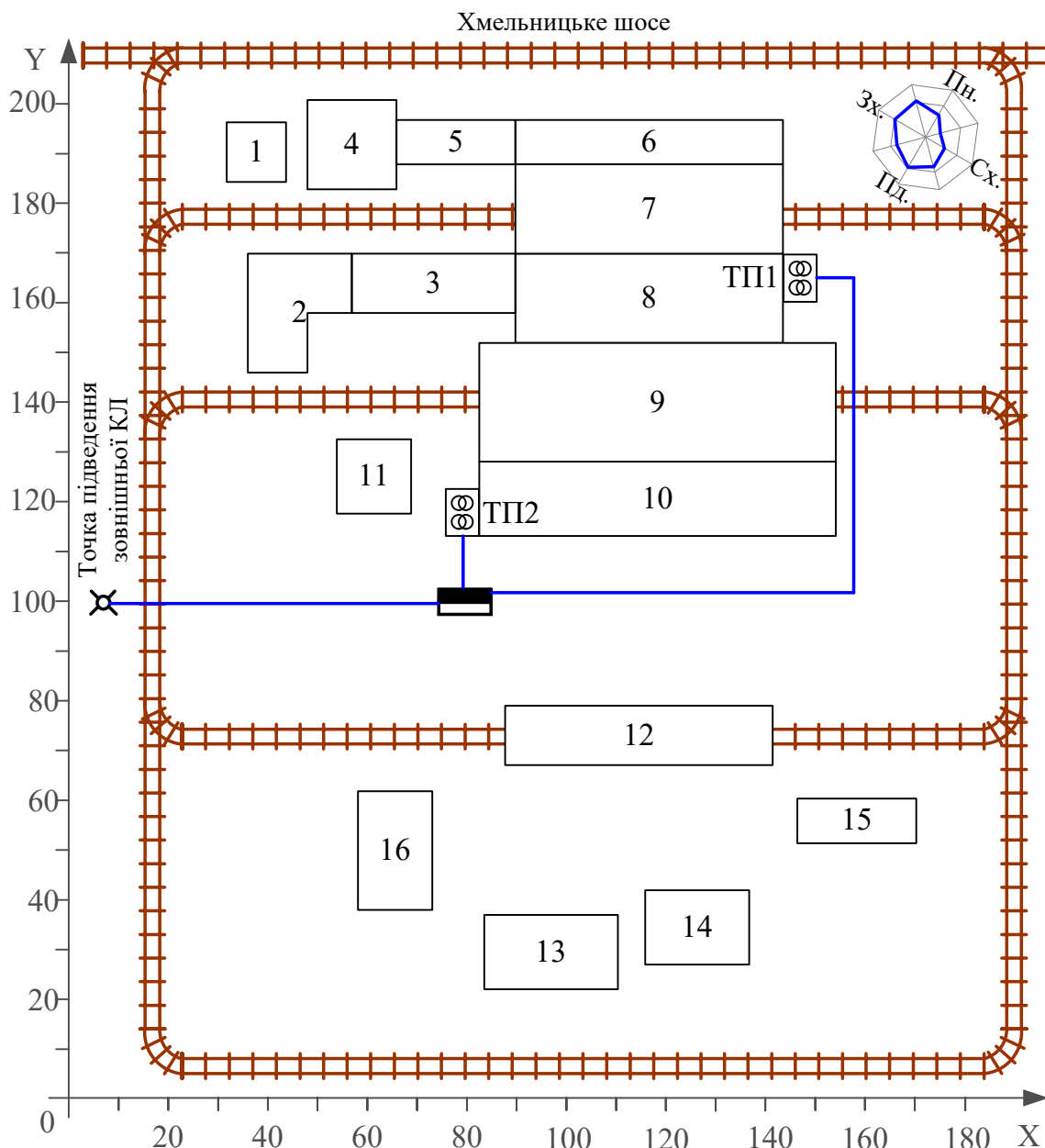


Рисунок 2.12 - Генплан Вінницької транспортної компанії із розташуванням ЦРП-10 кВ та ЦТП

2.7 Розрахунок оптимальної компенсації реактивної потужності для підвищення ефективності функціонування системи електропостачання.

Для підвищення ефективності роботи системи електропостачання Вінницької транспортної компанії проведемо розрахунки компенсації реактивної потужності, що є однією із важливих складових оптимального використання електричної енергії.

Для вирішення цієї задачі скористаємося математичним моделюванням цього процесу з використанням прикладної програми MathCad.

Для досягнення адекватності математичної моделі в якості керованих змінних оберемо потужність батарей конденсаторів у відповідних вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$.

Метою задачі є вибір потужності батарей конденсаторів (БК) у вузлах навантаження.

Керованими змінними є потужності БК у вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$

ПЕР – річні приведені затрати.

Для простоти розрахунків введемо наступні припущення:

1) не враховується вплив компенсації реактивних навантажень (КРН) на вибір силових елементів СЕП;

2) не враховується постійна складова затрат в компенсувальні установки (КУ);

3) напруга у вузлах мережі вважається приблизно однаковою і приймається рівній номінальній. Це дає можливість не враховувати втрати активної потужності від протікання реактивної потужності споживача.

Однолінійна схема електропостачання заводу показана на рисунку 2.13.

Схема заміщення для розрахунку балансової задачі КРН показана на рисунку 2.14:

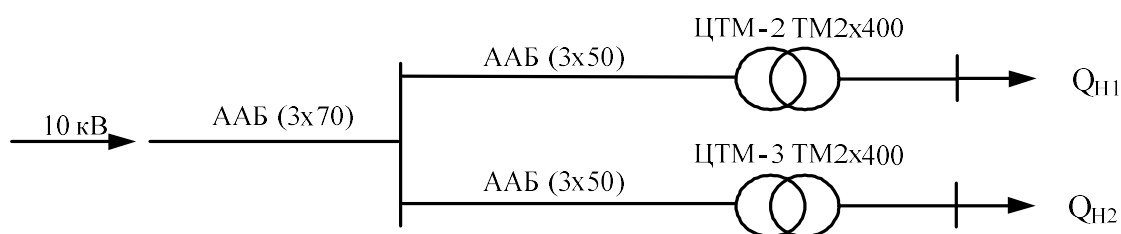


Рисунок 2.13 – Однолінійна схема електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія»

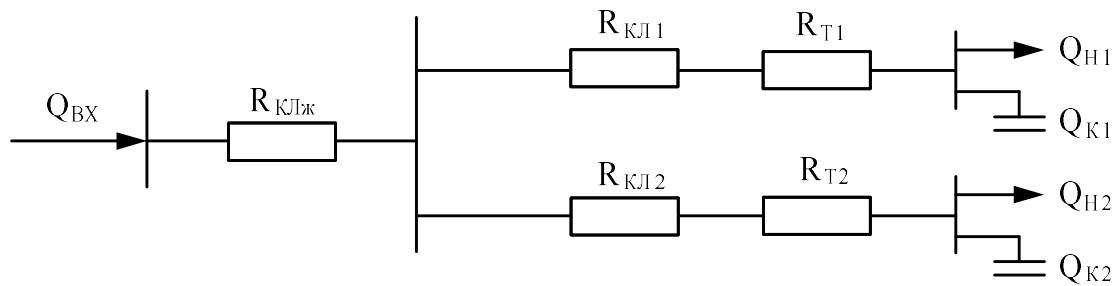


Рисунок 2.14 – Схема заміщення системи електропостачання

Згідно з прийнятими припущеннями, математична модель оптимальної компенсації реактивної потужності буде:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(Q_K) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n \left[(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{КЛi} + R_{Ti}) \right] + \\ + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_0 \cdot \Delta P_{\kappa}] \times \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \rightarrow \min_{Q_K}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = Q_{BX} \end{array} \right. \quad (2.43)$$

де B_0 – питома вартість втрат;

U – номінальна напруга;

n – кількість підстанцій та розподільчих пристроїв 10 кВ;

Q_{Hi} – реактивні навантаження, що живляться через певну вітку електричної мережі, квар;

Q_{Ki} – потужності компенсуючи пристроїв, що приєднанні до вузлів мережі, квар;

$R_{КЛi}$ – активний опір живлячої лінії;

R_{Ti} – активний опір трансформатора;

ΔP_e – величина питомих втрат в компенсуючи пристроях, кВт/Мвар;

$B_{к0}$ – вартість КУ;

E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, %;

E_a – амортизаційні відрахування, %;

Q_{BX} – величина вхідної реактивної потужності.

Математична модель (2.43) була перетворена у комп'ютерну модель в середовищі MathCad (рисунок 2.15). Одночасно рішення цієї моделі отримуємо за допомогою підпрограми «Пошук рішення» у середовищі EXCEL (рисунок 2.16).

Вхідні дані для розрахунку		
Напруга, кВ:	$U := 10$	
Вхідна реактивна потужність, квар:	$q_{BX} := 210$	
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	$E_e := 0.1$	
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	$E_a := 0.04$	
Питома вартість КУ	$B_{K0} := 100$	
Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар	$\Delta P_K := 4.5$	Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень
Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт	$B_o := 16089.6$	$Z(q_{K1}, q_{K2}) := \frac{B_o}{U^2 \cdot 1000} \cdot \left[(q_{N1} - q_{K1})^2 \cdot \left(\frac{r_{T1} + r_{L1}}{2} \right) \dots \right. \\ \left. + (q_{N2} - q_{K2})^2 \cdot \left(\frac{r_{T2} + r_{L2}}{2} \right) \dots \right. \\ \left. + (q_{N1} + q_{N2} - q_{K1} - q_{K2})^2 \cdot \frac{r_{Ж}}{2} \right] + [(E_e + E_a) \cdot B_{K0} + B_o \cdot \Delta P_K] \cdot (q_{K1} + q_{K2})$
Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км		
$r_{01} := 0.62$ $r_{02} := 0.62$		
Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км		
$L_{KЛ1} := 0.134$ $L_{KЛ2} := 0.018$		
Опори трансформаторів, Ом		Given
$r_{T1} := 3.688$ $r_{T2} := 3.688$		обмеження
Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:		$q_{K1} \geq 0$ $q_{K2} \geq 0$
$q_{N1} := 370.35$ $q_{N2} := 333.005$		$(q_{N1} + q_{N2}) - (q_{K1} + q_{K2}) = q_{BX}$
Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:		Визначаємо оптимальне проектне рішення:
$q_{K1} := 100$ $q_{K2} := 100$		
Довжина та питомий опір ліній живлення:		$q_K := \text{Minimize}(Z, q_{K1}, q_{K2}) = \begin{pmatrix} 266.361 \\ 226.994 \end{pmatrix}$
$l_{Ж} := 1.8 + 0.073 = 1.873$ $r_{Ж0} := 0.443$		Річні приведені затрати, грн
Опір зовнішньої лінії живлення, Ом		$Z(q_{K1}, q_{K2}) = 1.454 \times 10^7$
$r_{Ж} := l_{Ж} \cdot r_{Ж0} = 0.83$		Перевірка, квар
Опір розподільних ліній живлення, Ом		$(q_{N1} + q_{N2}) - (q_{K1} + q_{K2}) = 210$ $q_{BX} = 210$
$r_{L1} := r_{01} \cdot L_{KЛ1} = 0.083$ $r_{L2} := r_{02} \cdot L_{KЛ2} = 0.011$		

Рисунок 2.15 – Результати розрахунку в середовищі MathCad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M										
1	Компенсація реактивної потужності																						
2																							
3	Вхідні дані:																						
4	Вхідна реактивна потужність					Q _{вх} =	210	квар	F ₄ =Q _{вх}														
5	Напруга					U=	10	кВ	F ₅ =U														
6	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень						0,1																
7	Коефіцієнт вирахувань на амортизацію						0,04																
8	Питома вартість КУ						100																
9	Питома РП втрати КУ						4,5	кВт/Мвар															
10	Питома вартість втрат АП						16089,6	грн/кВт	F ₁₀ =B ₀														
11						B ₀ (U ² *1000)=	0,1609	F ₁₁ =F ₁₀ (F ₅ ² *1000)															
12																							
13	ЛК	Питома активні опори ліній	Довжини ліній	Реактивні нав., квар	Опір ТП	Повні актив. опір	Пот. КУ,	ПЕР h(Q _к)															
14	ЖЛ	0,443	1873,00			0,830		18363,888															
15	ТП1	0,62	134,00	370,350	3,688	3,771	266,17	20462,905															
16	ТП2	0,62	18,00	333,005	3,688	3,699	226,8	20860,804															
17	Разом			703,355			492,96	35708,789															
18																							
19																							
20	Перевірка:																						
21	Q _n -Q _к =					210,391																	
22	Q _{вх} =					210																	
23																							
24	B15:=ЦДМ117			F16:=втрати/O3			I15:=B1																
25	B16:=ЦДМ118			F17:=втрати/O4			I16:=B1																
26	B17:=ЦДМ119			F18:=F16+F17			I17:=B1																
27	D15:=ЦДМ117+БДК5*1000			H16:=втрати/P3			L15:=F																
28	D16:=ЦДМ118			H16:=втрати/P4			L16:=F																
29	D17:=ЦДМ119						L17:=(F																
30							L18:=F1																
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению: 0 ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

\$F\$16 >= \$K\$16

\$F\$17 >= \$K\$17

\$K\$16 >= 0

\$K\$17 >= 0

PER = \$F\$4

Предпо

Доб

Изм

Уд

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению: 0 ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

- \$F\$16 >= \$K\$16
- \$F\$17 >= \$K\$17
- \$K\$16 >= 0
- \$K\$17 >= 0
- ПЕР = \$F\$4

Добавить Изменить Удалить

Рисунок - 2.16 Результати розрахунку в середовищі в середовищі EXCEL

Аналізуючи отриманні результати можна стверджувати, що їх ідентичність вказує на вірність вирішення математичної моделі.

У зв'язку з цим приймаємо рішення про встановлення в системі електропостачання транспортного підприємства регульовані конденсаторні установки наступної кількості та типу:

ЦТП1: КУ типу УКР 0,4-250/50;

ЦТП2: КУ типу УКР 0,4-250/50.

3. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСНОВНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ВІННИЦЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ

Сучасний стан електро та теплоенергетики України вимагає від споживачів раціонального користування енергією, що використовується в виробничих процесах та в соціальній сфері. При вирішенні цих питань виникають різноманітні задачі, які потребують комплексного вирішення та притаманні практично всім споживачам, що використовуються в виробничих та побутових приміщеннях.

У зв'язку з цим в магістерській кваліфікаційній роботі пропонується розглянути та перевірити енергоефективність основних споруд Вінницької транспортної компанії та визначити шляхи раціонального використання існуючих видів енергії.

Зазвичай раціональне використання енергетичних ресурсів розділяється на декілька основних складових, важливішими з яких є оцінка електро та теплосистем.

3.1 Аналіз ефективності використання електричної енергії в мережах компанії

Ефективність використання електричної енергії на підприємствах є основним моментом, який дозволяє знизити витрати та втрати електроенергії, що значно впливає на загальну систему електропостачання. Аналіз цього питання показав доцільність запровадження організаційних, методичних, технічних та інших заходів, які значно впливають на підтримання відповідної якості транспортних послуг населенню.

Надамо характеристику найбільш поширених заходів оптимального використання електроенергії, що притаманні транспортним компаніям.

Зробимо зауваження про необхідність комплексного підходу до запровадження тих або інших заходів, який дасть максимальний ефект на відміну від використання локальних енергозберігаючих програм.

Комплексність пов'язується у впровадженні на різних рівнях управління енергогосподарствами поєднанням управління на різних рівнях, які забезпечують підвищення ефективного використання електроенергії. Серед цих рівнів надається перевага галузевим та місцевим організаційно-методичним заходам.

Саме відсутність такого комплексного підходу для забезпечення електрозбереження в умовах функціонування Вінницької транспортної компанії відкриває широкий спектр можливих заходів, які на нашу думку можуть привести до далеко нетривіальних рішень.

Представимо перелік заходів з енергозбереження, що пропонуються для впровадження в транспортні компанії у вигляді рисунку 3.1 []

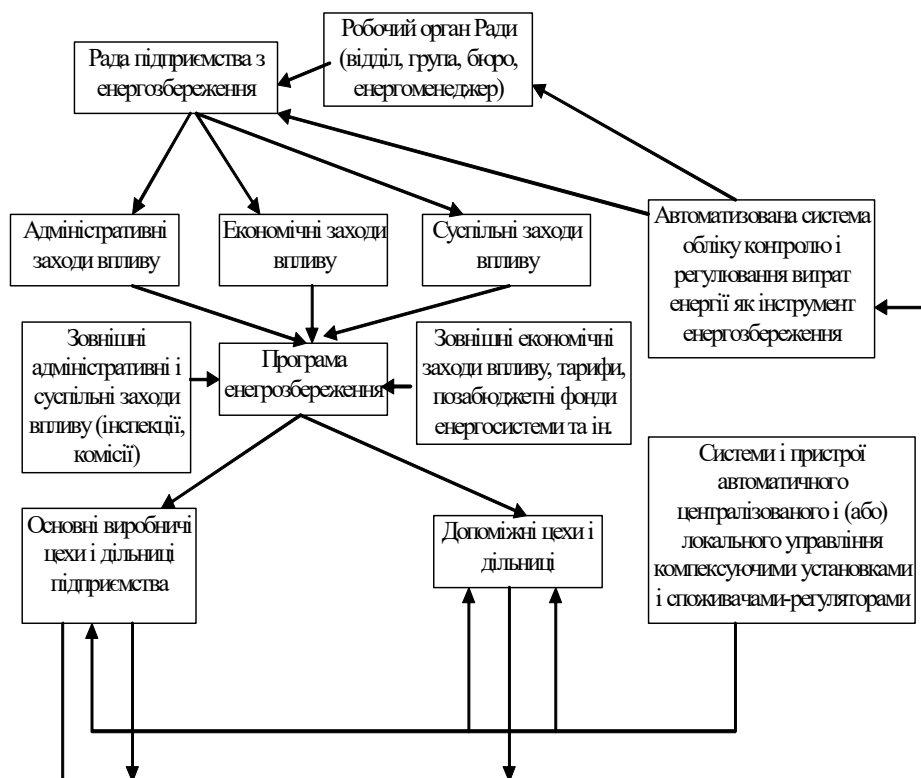


Рисунок 3.1– Основні заходи управління енергозбереженням

З рисунку 3.1 прослідковується використання комплексного підходу до заходів з енергозбереження за рахунок спеціальних органів управління, виконання ними програм з енергозбереження, а також елементи звітності.

Важливу роль у використанні комплексного підходу до питань енергозбереження займає економічне стимулювання. При чому таке стимулювання повинно розповсюджуватися на всі технічні служби транспортного підприємства та охоплювати енергетиків, конструкторів, технологів та ін., які забезпечують ефективне використання різноманітного обладнання та задіяні в управління електротранспортом.

Ефективне використання електричної енергії пов'язується також з оптимізацією графіків руху електротранспорту, що впливає на загальну картину графіків електричних навантажень. Оптимізація графіків руху електротранспорту дозволяє впливати на ліміти електроспоживання в години максимального споживання. Це питання потрібно вирішувати не тільки в середині транспортного підприємства, але і на рівні міста та області.

Як було відмічено раніше, значну роль у раціональному використанні електроенергії відіграє економічне стимулювання співробітників транспортного підприємства.

Приведемо основні заходи, які можуть бути ефективними для економічного стимулювання персоналу:

1. Удосконалення обліку електроспоживання на базі сучасного вимірювального обладнання.
2. Удосконалення та оптимізація графіків руху рухомого електротранспорту та їх погодження з органами влади.
3. Впровадження сучасного та енергоефективного тягового електрообладнання.
4. Підвищення ККД електротехнічного обладнання, що задіяні в організації ремонтного обслуговування трамваїв та тролейбусів.

5. Обмеження роботи холостого ходу електротранспорту за рахунок оптимального планування зупинок транспорту та поєднання цього з графіком руху.

6. Обґрунтування та постійний контроль за тарифо утворюючими факторами при користуванні транспортом.

7. Впровадження системи матеріального заохочення виробничого персоналу.

3.2 Аналіз ефективності використання теплової енергії транспортним підприємством

Іншою стороною підвищення енергоефективності роботи Вінницької транспортної компанії є аналіз витрат теплової енергії, яка використовується для опалення та технологічних потреб. Аналіз будемо проводити на прикладі адміністративно-виробничого корпусу підприємства (рисунок 3.2), яке знаходиться за адресою м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 29.



Рисунок 3.2 – Адміністративно-виробничий корпус

Наведемо деякі теоретичні відомості, що пов'язані з використанням теплової енергії.

Передача теплової енергії, що здійснюється за рахунок теплообміну і виглядає наступним чином (рисунок 3.3):

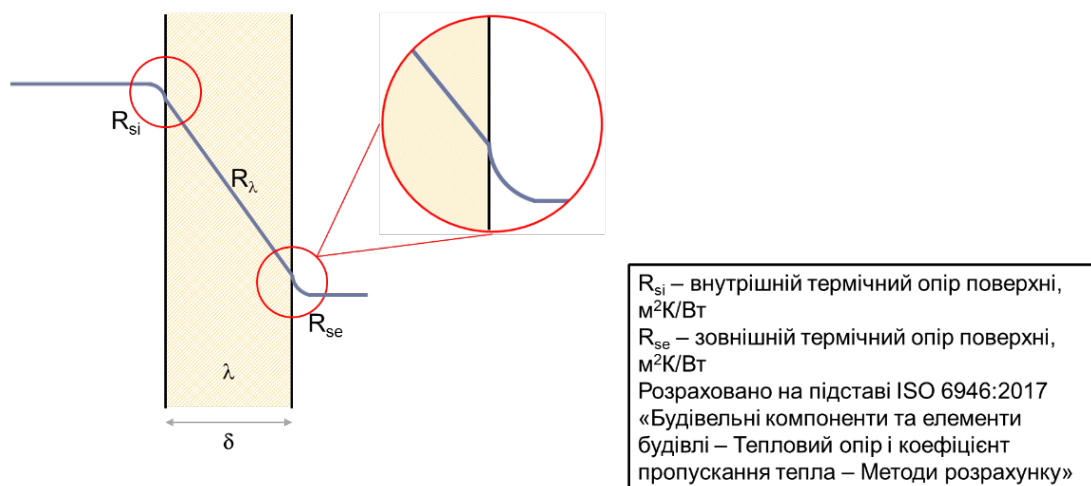


Рисунок 3.3 – Теплообмін один шар зовнішня стіна

$$U = 1/R_T = 1/(R_{si} + R_\lambda + R_{se}) \text{ [KВт/(м}^2\text{К)]} \quad (3.1)$$

Теплообмін у стінах зазвичай описується коефіцієнтом теплопередачі U , який вимірюється у $\text{Вт/(м}^2\text{К)}$. Для опису стін та тепловтрату них використовується значення теплового опору (R). Ця величина показує як проходить тепло через стіни, чим більше значення (R), тим менше втрата тепла в опалювальний сезон.

Для зовнішньої стіни тепловий опір складається з трьох частин: термічний опір стіни (R_λ), термічний опір між стіною і повітрям (може бути термічний опір поверхні: внутрішній (R_{si}) і зовнішній (R_{se})).

В розрахунках термічного опору стіни використовується значення її товщини та величини теплопровідності матеріалу, з якого вона виготовлена. Тепловий опір стіни (у разі його відсутності) вимірюється під час будівельної інспекції.

Сума всіх теплових опорів складає теплову стійкість. Коефіцієнт теплопередачі знаходиться з виразу ($U = 1/R$).

Значення опорів R_{si} , R_{se} при різних швидкостях вітру приведені на рисунку 3.4

Тепловий опір поверхні, $\text{м}^2\text{К/Вт}$	Напрямок теплового потоку		
	Вверх	Горизонтально	Вниз
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Швидкість вітру, м/с	$R_{se}, \text{м}^2\text{К/Вт}$
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

Рисунок 3.4 - Значення опорів R_{si} , R_{se}

Величина теплового опору поверхонь значно залежить від швидкості вітру на поверхні і напрямку теплового потоку.

Значення R_{si} і R_{se} можуть бути розраховані, але зазвичай використовують значення приведені на рисунку 3.4.

Передача теплової енергії через плоску багат шарову стіну наведено на рисунку 3.5

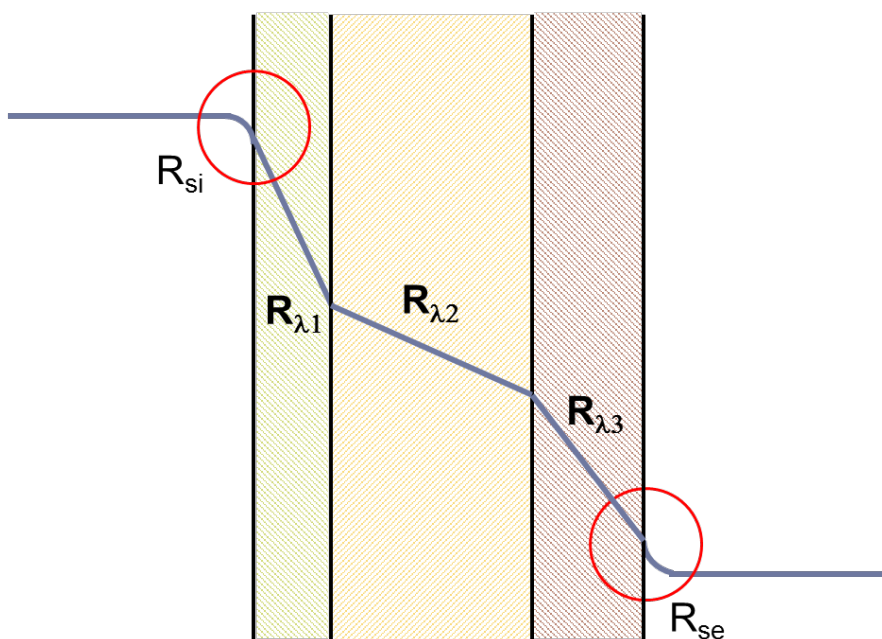


Рисунок 3.5 - Передача теплової енергії через плоску багат шарову стіну

$$U=1/R_T=1/(R_{si}+R_{\lambda1}+R_{\lambda2}+R_{\lambda3}+R_{se}) \quad (3.2)$$

У випадку багатошарової стіни R_{λ} розраховується для кожного шару за формулою (3.2), що приводить до появи двох поверхонь з тепловими опорами (R_{si} і R_{se}) при умові відомої товщини стіни та теплопровідності.

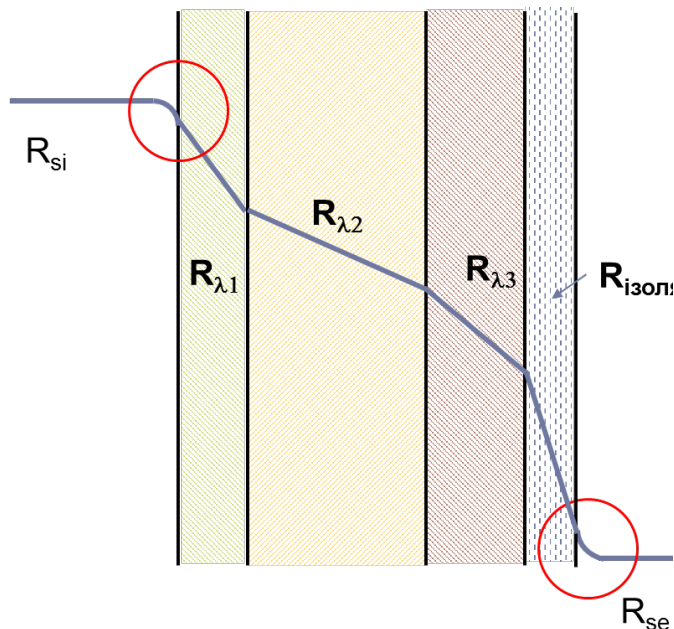


Рисунок 3.6 - Передача теплової енергії через плоску багатошарову стіну з врахуванням термічного опору теплоізоляційного шару

$$U = 1/R_T = 1/(R_{si} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{изол.} + R_{se}) \quad (3.3)$$

В такому випадку теплоізоляційний шар розглядається як додатковий шар стіни, а його опір розраховується аналогічно огорожувального шару.

При використанні стін з повітряним шаром (рисунок 3.7) тепловий опір визначається з виразу (3.4)

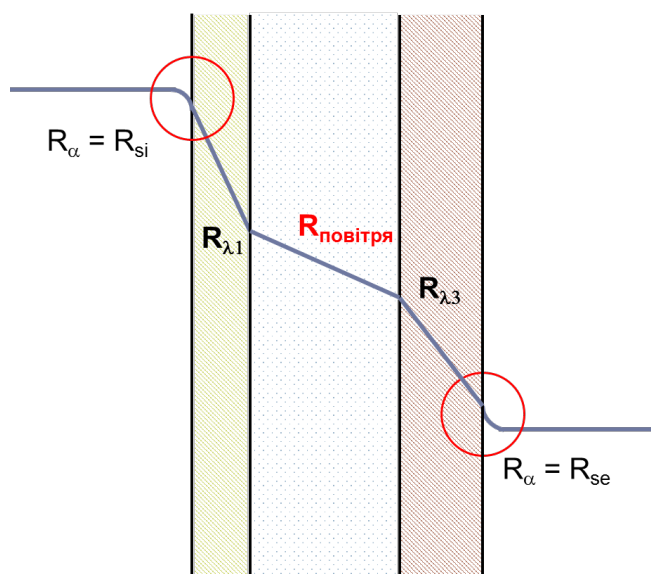


Рисунок 3.7 - Передача теплової енергії через плоску стіну з повітряним шаром

$$U=1/R_T=1/(R_{si}+R_{\lambda1}+R_{\text{повітря}}+R_{\lambda3}+R_{se}) \quad (3.4)$$

Залежність теплового опору від товщини повітряного шару та напрямку теплового потоку показано на рисунку 3.8.

Товщина повітряного шару, мм	Тепловий опір, м²K/Вт Напрямок теплового потоку		
	Вверх	Горизонтально	Вниз
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Рисунок 3.8 - Залежність теплового опору від товщини повітряного шару та напрямку теплового потоку

В цьому випадку значення теплового опору повітряного проміжку не можуть бути прийнято як опір звичайного шару стіни. Рекомендується тепловий опір розраховувати за допомогою типових значень тому що він залежить від товщини шару повітря та напрямку теплового потоку.

Значення теплового опору для повітряних проміжків в стіні були представлені вище на рисунку 3.8. зробимо зауваження, що ці значення актуальні тільки для не вентиляованих проміжків. У випадку вентиляованих повітряних проміжків необхідна інформація про провітрювання всередині або зовні будівлі.

Значення типових неізолюваних огорожувальних складових будівлі наведено на рисунку 3.9

- 25 см провітрюваних бетонних панелей – 0,90 Вт/(м²К)
- 30 см керамзитобетонних панелей – 1,06 Вт/(м²К)
- 51 см силікатної цегляної стіни – 1,22 Вт/(м²К)
- 51 см порожнинної цегляної стіни – 0,94 Вт/(м²К)
- Підлога горища – порожнинні залізобетонні панелі з ізоляцією шлаку – 0,80 Вт/(м²К)

Рисунок 3.9 - Значення типових неізолюваних огорожувальних складових будівлі

У випадку використання непрозорих огорожувальних конструкцій значення U знаходиться в межах 0,6 -1,2 Вт/м²К, а прозорих - між 1,8 і 3,2 Вт/м²К.

За діючим ДБН В.2.6-31:2021 мінімально-допустимі значення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Мінімально-допустимі значення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель R

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ

Наведені нормативні значення досягаються під час проведення робіт з оновлення та ізоляції будівлі. По значенню теплового опору і інформації з таблиці 3.1 розраховується необхідна товщина ізоляції.

Необхідно мати на увазі, що нормативні значення теплового опору відповідають температурним зонам в Україні. Перша зона має більш жорсткі нормативні значення, що говорить про необхідність утеплення споруд товстішим шаром теплоізоляції. Температурні зони України представлені на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Карта-схема температурних зон

3.3 Розрахунок оптимальної товщини утеплювача зовнішньої стіни

Наведена теоретична інформація в магістерській кваліфікаційній роботі покладена в основу практичних розрахунків оптимальної товщини утеплювача зовнішньої стіни.

Вихідні дані: будівля розташована в місті Вінниця, зовнішня стіна якої складається з штукатурки цементно-піщаного розчину, густина якої становить 1800 кг/м^3 , товщина 3 см; кладки з керамічної порожнистої цегли, густина та товщина яких відповідно 1000 кг/м^3 і 50 см; внутрішня штукатурка виконана з вапняно-піщаного розчину, густиною 1600 кг/м^3 , товщиною 2 см.

Загальна площа зовнішніх стін становить приблизно 100 м^2 . Система теплопостачання централізована.

Зробимо деякі зауваження:

1. Рекомендується провести утеплення зовнішніх стін для покращення теплозахисних властивостей огорожень виробами з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 100 кг/м^3 .
2. Товщина ізоляції повинна відповідати нормативним стандартним значенням 3, 5, 10, 15, 20, 25 см.
3. Тариф за використання теплової енергії - 1654 грн/Гкал

Прийняти, що капітальні витрати (К, грн) на виконання ізоляції зовнішніх стін пропорційні її товщині ізоляції (δ , м) для використання протягом 20 років і становить $K=1000e^{5\delta}$

Оптимальна товщина утеплювача зовнішньої стіни зазвичай визначається з графіку, що характеризує залежність грошових витрат від товщини ізоляції.

Проведемо необхідні розрахунки:

Знайдемо тепловий опір існуючої зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (3.5)$$

$$R_{\text{існ}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,5}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 1,18 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої стіни, відповідно:

$$\alpha_{\text{в}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \alpha_{\text{з}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Наведемо значення коефіцієнтів теплопровідності кожного шару матеріалу зовнішньої стіни:

- штукатурка, що виконана цементно-піщаним розчином: $\lambda_{\text{ш}}=0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.
- керамічна цегляна кладка густиною $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$: $\lambda_{\text{ц}}=0,524 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- штукатурка що виконана вапняно-піщаним розчином густиною $1600 \text{ кг}/\text{м}^3$: $\lambda_{\text{ш}}=0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.
- утеплювач з мінеральної вати густиною $100 \text{ кг}/\text{м}^3$: $\lambda_{\text{ут}}=0,048 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Для побудови графіків капітальних витрат для зовнішньої стіни товщиною 3, 5, 10, 15, 20см будемо криву сплати за теплову енергію.

Витрати на експлуатацію, грн:

$$E=Q_{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}}-t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}}-t_{\text{р.о.}}} n_o 24 \frac{10^{-6}}{1,163} b = \left(\frac{1}{R_{\text{існ}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}}} F(t_{\text{вн}}-t_{\text{р.о.}}) \right) \frac{t_{\text{вн}}-t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}}-t_{\text{р.о.}}} n_o 24 \frac{10^{-6}}{1,163} b, \quad (3.6)$$

де b – тариф на тепло, грн/Гкал.

Просумувавши капітальні та експлуатаційні витрати, отримуємо сумарний графік витрат (рисунок 3.11)

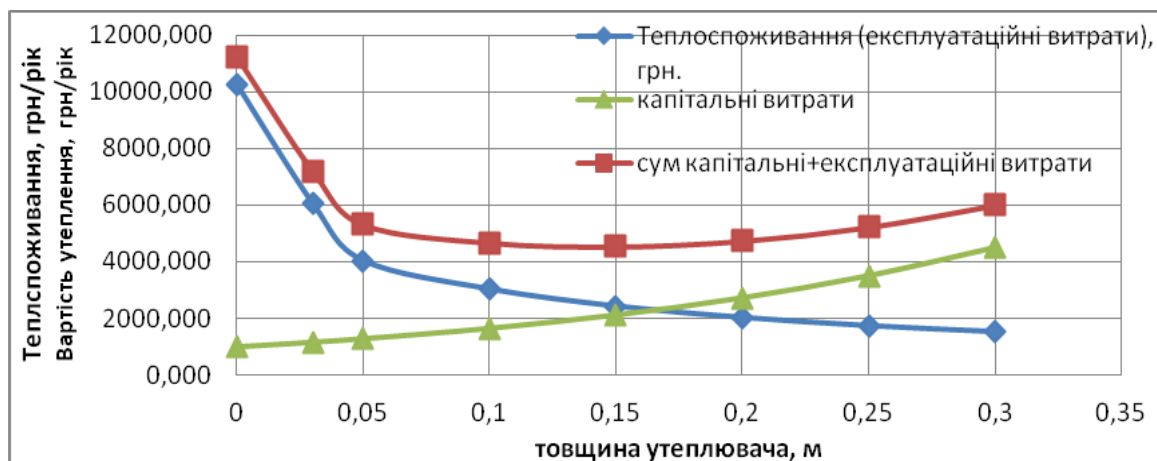


Рисунок 3.11 – Графіки витрат теплової енергії

З графіку видно, що оптимальна точка знаходиться на рівні 13-15 см.

Величина термічного опорур утепленої зовнішньої стіни відповідно до вимог першої температурної зони буде: $R_{min} = 4 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$

Звідки випливає, що рекомендована товщина утеплювача буде:

$$\delta_{ут} = \lambda_{ут}(R_{min} - R_{існ}) = 0,048(4 - 1,18) = 0,135 \text{ м} \quad (3.7)$$

Остаточно обираємо утеплювач товщиною 15 см для якого:

$$R_{ут} = R_{існ} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} = 1,18 + \frac{0,15}{0,048} = 4,3 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} \quad (3.8)$$

Це свідчить про те, що оптимальна товщина ізоляції відповідає вимогам

Для Вінницького регіону величина розрахункової температури зовнішнього повітря становить $t_{p.o.} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$, а величина середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{c.o.} = -0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, при розрахунковій кількості діб опалювального періоду $n_o = 176$ діб.

Визначимо втрати теплоти через зовнішні стіни для існуючої та утепленої стіни відповідно:

$$Q = \frac{1}{R_{існ}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) = \frac{1}{1,18} \cdot 100 \cdot (20 - (-22)) = 3559 \text{ Вт}; \quad (3.9)$$

$$Q_{ут} = \frac{1}{R_{ут}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) = \frac{1}{4,3} \cdot 100 \cdot (20 - (-22)) = 977 \text{ Вт}. \quad (3.10)$$

Тоді річна економія теплової енергії та грошових витрат складе:

Річна економія енергії:

$$\Delta Q_{рік} = \Delta Q \frac{t_{вн} - t_{c.o.}}{t_{вн} - t_{p.o.}} n_o 24 = (3559 - 1050) \frac{(20 - (-0,1))}{(20 - (-22))} 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 4,5 \text{ Гкал} \quad (3.11)$$

$$E = \Delta Q \cdot T = 4,5 \cdot 1654 = 7443 \text{ грн/рік}; \quad (3.12)$$

Таким чином, вирішення питань з енергоефективності Вінницької транспортної компанії показало доцільність комплексного підходу до одночасного керування процесами електро- та теплоспоживання, що підтверджено розрахунками та рекомендаціями, які наведені в даній магістерській кваліфікаційній роботі.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції $B = 1550$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $\mathcal{C} = 950$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $\mathcal{Z}_{\Pi}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 2500$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $\mathcal{Z} = 6500$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$\mathcal{Z}_{\Pi} = \mathcal{Z} \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6500 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,078 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$\mathcal{C} = \frac{1,38 \cdot \mathcal{C} \cdot \mathcal{Z}_{\Pi}}{d} = \frac{1,38 \cdot 950 \cdot 0,078}{0,12} = 852,15 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 1550 - 852,15 = 697,85 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{2500}{697,85} = 3,58 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 3,58 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1 та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2 і 1.1, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
 - витрат в мережах підприємства;
 - витрат на заробітну плату;
 - витрат на матеріали;
 - амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-400	2	958,1
ТП 2	ТМ-400	2	924,2

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	430	ААБ-10 3х50	2
ЦРП – ТП2	490	ААБ-10 3х50	2

Рекомендації до виконання:

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{\text{прок}}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (ААБ 3х25) в траншеї в землі II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} + K_{\text{прок}}) L = (83,08 \cdot 2 + 4,22) \cdot 0,430 = 73,35 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	Кл, тис.грн
ЦРП-ТП1	ААБ -10 3х50	2	0,430	83,08	4,22	73,35
ЦРП-ТП2	ААБ -10 3х50	2	0,490	83,08	4,22	83,48
Разом						156,75

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{пс1}} = 561,9 + 112,38 = 674,28 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
ТП-1	ТМ-400	2	561,90	112,38	674,28
ТП-2	ТМ-400	2	561,90	112,38	674,28
Разом:					1348,56

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 7 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 50 тис. грн. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 7 \cdot 50 = 350 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 1348,56 + 350 = 1698,56 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 156,75 + 1698,56 = 1855,3 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

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

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	7	1	16	112	12	2	168
ТМ-400	4	0,33	300	396	12	8	384
ААБ -10 3х50км	1,84	1	96	176,640	1	128,800	236,992
Разом				684,64			788,992

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10кВ	7	2	0,1	12	268,8	436,8
ТМ-400	4	2	0,1	12	2880	3264
ААБ -10 3х50	1,840	2	0,1	12	423,936	660,928
Разом					3572,736	4361,728

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{4361,728}{1900 \cdot 1,05} = 2,18. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{684,64}{1900 \cdot 1,1} = 0,32. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1] $H_{\text{тр}} = 2$ чол., $H_{\text{обс}} = 2$ чол

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.15)$$

де $K3$, $K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

C_1 – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{3_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6700 \cdot 1/176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 38,07 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159486,65 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.19)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 38,07 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 684,64 \cdot 50,06 = 34272,85 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p 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 основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 200953,18 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 34272,85 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 44897,43 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{\text{од}} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{\text{оед}} = 200953,18 \cdot 1,15 = 231096,15 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 44897,43 \cdot 1,15 = 51632,04 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{\text{зп}}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{\text{зп}} = \Phi_{\text{об}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{п}} + \beta_{\text{з}} + \beta_{\text{с}}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{\text{п}}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{\text{п}} = 33\%$;

$\beta_{\text{з}}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{\text{з}} = 1,5\%$;

$\beta_{\text{с}}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{\text{с}} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зпе}} = 231096,15 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 311979,81 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 51632,04 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 69703,26 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. На 100 люд.-год. Трудомісткості ремонту і тех. Обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
Силові трансформатори		630	1000	1600	2500	630	1000	1600	2500
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,5	5091,75	5091,75	5510,25
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,5	16,5	16,5	16,5
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452	13788,3	13788,3	14124,6
Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,16	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,33	136,8	136,8	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчиники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,6	19,5	19,5	23,4
Маслостійка гума, кг	50	0,4	0,5	0,5	0,6	20	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50	0,13	0,09	0,09	0,09	6,5	4,5	4,5	4,5
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	-
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	-
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2				500			
Електроди, кг	16,5	0,1				50			
Разом:						550			

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{\text{м}} = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{л}} \right), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 101460,48$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 831907,74$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.27)$$

$$C_{обс} = 311979,81 + 831907,74 = 1143887,55 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.28)$$

$$C_{пр} = 69703,26 + 101460,48 = 171163,74 \text{ (грн/рік).}$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1855310 = 111318,58 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.30)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (1143887,55 + 171163,74 + 111318,58) = 356592,47 \text{ (грн/рік).}$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	1143887,55	64,16
Витрати на поточний ремонт	171163,74	9,60
Витрати на амортизацію	111318,58	6,24
Інші витрати	356592,47	20
Разом	1782962,33	100

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Річні витрати активної електроенергії по заводу 8078400 кВт·год./рік

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot n \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де I_m – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L ; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

Струм лінії живлення:

$$I_m = \frac{S_m}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_m , А	R , Ом	τ , год./рік	$R_{пит}$, Ом/км	$\Delta E_{л}$, кВт·год.
ЦРП-ТП-1	ААБ-10 3х25	2	0,43	27,70	0,13330	2886,21	0,62	885,60
ЦРП-ТП-2	ААБ-10 3х25	2	0,49	26,70	0,15190	2886,21	0,62	937,63
Разом								1823,23

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_{\phi}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$ і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_{ϕ} - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо всі розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
ТП-1	ТМ-1000	2	2,45	12,2	958,1	1000	59085,42
ТП-2	ТМ-1000	2	2,45	12,2	924,2	1000	57961,98
Разом							117047,40

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_T; \quad (4.36)$$

$$E = 8078400 + 1823,23 + 1117047,40 = 8197270,63 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 8197270,63 = 45084988,46 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

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

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.39)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

C_{Π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\pi} = 1143887,55 + 171163,74 + 111318,58 + 356592,47 = 1782962,327 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 45084988,46 + 1782962,327 = 46867950,79 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{46867950,79 \cdot 100}{8078400} = 5,801 \text{ (грн./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Еа	8078400	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	8197270,63	кВт·год
Плата за електроенергію	П	45084988,46	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{π}	1782962,327	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	46867950,79	грн
Собівартість електроенергії	S	580,16	коп/кВт·год

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП

підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 580,16 коп/кВт·год.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Розділ магістерської кваліфікаційної роботи присвячений розробці вимог з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час впровадження результатів щодо підвищення ефективності функціонування системи електропостачання Вінницької транспортної компанії.

Отже, під час ремонту та обслуговування діючих електроустановок на працівників Вінницької транспортної компанії впливають такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори [1, 2].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної організації об'єкта проектування

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт з вимірювальними приладами, пристроями релейного захисту, автоматики, телемеханіки і зв'язку, з електролічильниками

Для убезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності

розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III — без місцевих оперативних працівників;
- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і

напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання Вінницької транспортної компанії та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані 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;

- при живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

- електрозахисні засоби захисту. Електротехнічний персонал 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. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. До додаткових відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

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 приміщень.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

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 можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

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

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи V, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

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.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Харак-ка зорової роботи	Найменший 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		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5,0 включно	V	в	малий середній великий	світлий середній темний	-	200	1	0,6

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Для забезпечення нормативних значень освітлення передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме світлодіодних ламп;
- необхідна кількість природного світла (великі вікна);
- для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення арматури світильників і ламп від пилу та бруду, а в приміщеннях із значним виділенням пилу, диму та кіптяви - не рідше чотирьох разів на місяць згідно з графіком.

5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Нормативні значення звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – 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

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 (ширми, екрани тощо).

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в роботі, є робота пристроїв під час електромонтажних робіт. Для умов, що розглядаються в роботі параметри вібрацій не повинні перевищувати наведені в таблиці 5.5 середньоквадратичні значення, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$ та логарифмічні рівні, дБ.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Фактори трудового процесу вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [1].

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Таблиця 5.5 Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	<u>2,8</u> 115	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

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

По горизонталі: до 12

По вертикалі: до 8

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальним значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8

Змінність роботи Однозмінна робота

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані тривалості 1 год.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП Вінницької транспортної компанії в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання мають свої слабкі ланки до і є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних

ситуаціях. СЕП є особливо уразливі через велику територію та безліч елементів можливого впливу НС. Електропостачання багатьох об'єктів є стратегічним елементом, тому і важливим є питання забезпечення високої стійкості роботи систем електропостачання, особливо заводів воєнного призначення.

Вплив радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища тощо. Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем електропостачання. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і вигорання обмоток чи загорання трансформаторів.

Після опромінення системи електропостачання в елементах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробною і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Особливо велику загрозу для систем управління СЕП заводів, особливо військового спрямування виробництва має вплив електромагнітного імпульсу, який може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також внести серйозні порушення в роботу цифрових і контрольних пристроїв. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві та вибухів. Ці вторинні фактори надто небезпечні при виникненні на воєнному заваді. Саме тому є необхідність запобігання дії цього фактору на електричне та електронне обладнання СЕП.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в заводу будівельних матеріалів в умовах дії іонізуючих випромінювань

Для визначення граничного значення дози опромінення $D_{\text{грі}}$, для елементів системи, при яких виникають незворотні зміни [11]. Отримані дані заносимо в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Граничні значення експозиційних доз елементів СЕП заводу

№пп блоку	Блоки (елементи) СЕП	$D_{\text{гр}}, P$	$D_{\text{гр}}, P$
1	Блок живлення	10^5	10^4
2	Блок керування (МПК)	5×10^5	
3	Мікросхеми PIC16F877	10^4	
4	Транзистори КТ3102В	10^4	
5	Конденсатори Modulo 10	10^7	
6	Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	10^7	

Проаналізувавши дані таблиці 5.1, визначили, що самим уразливими елементами системи електропостачання з мінімальною дозою $D_{\text{гр}} = 10^4 P$ є такі мікросхеми та діоди. Визначаємо можливу дозу опромінення за формулою:

$$D_{\text{м}} = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{\text{п}}})}{K_{\text{осл}}}, \quad (5.1)$$

де P_1 – максимальне значення рівня радіації ($P_1 = 6,27$ Р/год);

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 131400$ год (5 років));

$t_{\text{п}}$ – час початку опромінення ($t_{\text{п}} = 1$ год).

$K_{\text{осл}}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{\text{осл}} = 2$).

$$D_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 6,27 (\sqrt{131400} - \sqrt{1})}{2} = 2266,55 \text{ (Р)}.$$

Оскільки $D_{\text{гр}} > D_{\text{м}}$, то дана система електропостачання може вважатися стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах за формулою:

$$t_{\text{д}} = \frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1}, \quad (5.2)$$

$$t_o = \frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 6,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,27} = 1595,89 \text{ (год)}.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази $D_m = 2266,55 \text{ Р}$, а допустима - 10^4 Р . Отже, система електропостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить 1595,89 год. при рівні радіації 6,27 Р/год, це більше ніж час морального елементів СЕП.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання заводу будівельних матеріалів в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $E_B = 9,24 \text{ кВ/м}$. $U_{ж} = 220 \text{ В}$; 5 В .

Оцінка стійкості роботи системи електропостачання ведеться в послідовності:

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 9,24 \cdot 10^3 = 9,24 \text{ (В/м)};$$

2. Система електропостачання ПАТ «Маяк» розподіляється на окремі функціональні вузли, зокрема: система живлення, мікропроцесорний блок.

На кожній ділянці визначається максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини l_B і l_{Γ}

На ділянці системи живлення максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини $l_{B.ж} = 0,13 \text{ м}$, $l_{\Gamma.ж} = 0,11 \text{ м}$. На ділянці мікропроцесорного блоку $l_{B.м} = 0,017 \text{ м}$, $l_{\Gamma.м} = 0,021 \text{ м}$.

3. Для кожної ділянці визначаються наведені напруги у струмопровідних частинах.

На ділянці системи живлення:

$$U_{B.ж} = E_{\Gamma} \cdot l_{B.ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{\Gamma.ж} = E_B \cdot l_{\Gamma.ж} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{B.м} = E_{\Gamma} \cdot l_{B.м} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{\Gamma.м} = E_B \cdot l_{\Gamma.м} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{В.Ж} = E_{Г} \cdot I_{В.Ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.Ж} = E_{В} \cdot I_{Г.Ж} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{В.М} = E_{Г} \cdot I_{В.М} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.М} = E_{В} \cdot I_{Г.М} = 9,24 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

4. Визначається допустиме колювання напруги живлення

$$U_{Д} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} \text{ (В)},$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{ДЖ} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{ДМ} = U_{М} + \frac{U_{М} \cdot N}{100} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,2 \text{ (В)}.$$

5. Визначаються коефіцієнти безпеки

$$K_{БВ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{В}}, K_{БГ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{Г}}.$$

Для ділянки живлення

$$K_{БВЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ВЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1,08} = 46,63 \geq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ГЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1760} = -17,63 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

Для ділянки мікропроцесорного блоку

$$K_{БВМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ВМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{0,272} = 33,31 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ГМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{336} = -28,6 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

6. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.7

7. Дані таблиці аналізуємо і робимо висновки.

Коефіцієнти безпеки менше 40 дБ, тому ділянки вважаються нестійкими і необхідно застосовувати екранування.

Табл. 5.7 Результати розрахунків коефіцієнтів безпеки елементів СЕП.

Дільниця СЕП	U _д , В	E _в , В/м	E _г , В/м	U _в , В	U _г , В	K _{БВ} , дБ	K _{БГ} , дБ
Блок живлення	231	11400	11,4	1,08	1760	46,63	-17,63
Мікропроцесорний блок	5,2	11400	11,4	0,272	336	33,31	-28,6

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання заводу будівельних матеріалів в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначається перехідне гасіння енергії електричного поля екраном (А, дБ). Для сталевих екрану визначається за допомогою формули

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, (\text{дБ})$$

де t - товщина стінки екрану, см;

f – частота $f = 15000$ Гц.

Для дільниці живлення

$$A_{ГЖ} = 40 - (-17,63) = 47,63 (\text{дБ}),$$

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{47,63}{5,2\sqrt{15000}} = 0,074 (\text{см}).$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$A_{ГМ} = 40 - (-28,6) = 68,6 (\text{дБ}),$$

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{68,6}{5,2\sqrt{15000}} = 0,11 (\text{см}).$$

В умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнт безпеки СЕП для вертикальних струмопровідних частин дільниці живлення системи був більший за 40 дБ, в цьому випадку СЕП стійка. Для горизонтальних струмопровідних частин коефіцієнт безпеки був менший за 40 дБ. Після застосування сталевих екранів коефіцієнт безпеки став не менше 40 дБ, а тому система електропостачання є стійкою до ЕМІ і може працювати без суттєвих збоїв.

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку курування з використанням екрану товщиною 0,140 см зі сталі, система керування буде

стійкою в умовах дії електромагнітного випромінювання, при екрануванні силових елементів з використанням екрану товщиною 0,102 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного випромінювання.

Отже, після проведених розрахунків визначено, що робота системи електропостачання заводу при заданому рівні радіації 6,27 Р/год буде досить стійка. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування екранування блоків СЕП суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 9,24 кВ/м. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати прилади, які б вимикали радіотехнічні схеми на період впливу ЕМІ.

ВИСНОВКИ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена ряду важливих питань підвищення ефективності системи електропостачання Вінницької транспортної компанії.

В рамках цього була синтезована енергоефективна система живлення, що базувалася на використанні сучасних методів проектування, які входять в систему САПР.

Розрахунки, які зроблені в системі САПР базуються на використанні окремих математичних моделей, які описують процеси прийняття проектних рішень по вибору елементів живлячих мереж, вибору перерізів та кількості кабелів, трансформаторних підстанцій та їх потужності, а також визначення оптимального розташування останніх в загальній системі електропостачання транспортної компанії.

В роботі використано електротехнічне обладнання, що виробляється вітчизняними виробниками та має високу ступінь надійності та ремонтоздатності.

В магістерській кваліфікаційній роботі здійснений аналіз та відповідні розрахунки з енергоефективності інженерних споруд Вінницької транспортної компанії. На конкретному прикладі адміністративної будівлі компанії приведений алгоритм аналізу використання теплових витрат енергії, представленні необхідні теоретичні відомості та надані рекомендації з виконання утеплення споруди, що дасть змогу значно економити витрати тепла з приміщень компанії.

В економічній частині кваліфікаційної роботи визначенні основні величини, що впливають на економічність роботи системи електропостачання, проаналізовані капіталовкладення в систему електропостачання, представленні витрати на ремонтні роботи різних видів та розрахована собівартість електроенергії.

Окремий розділ присвячений розробці актуальних питань охорони праці робітників транспортної компанії та запропоновані необхідні заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Представлені розробки забезпечать необхідний рівень безпечної експлуатації електротехнічного обладнання та обслуговуючого персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд (ДБН 8855-2019).
2. Правила улаштування електроустановок, 2017р., 617 с
3. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X.: Міненерговугілля України, 2014.
4. ДСТУ IEC/TR 60909-4:2008 (IEC/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
5. Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
6. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрального електричного мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с
7. Руководство Mathcad [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.exponenta.ru/soft/Mathcad>
8. Каталог конденсаторних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>
9. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
13. Експлуатація освітлювальних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html
14. Bhim Singh, Sabha Raj Arya, „Design and control of a DSTATCOM for power quality improvement using cross correlation function approach”, International Journal of Engineering, Science and Technology, Vol. 4, No.1, p. 74–86, 2012.
15. Nguyen Van Minh; Bach Quoc Khanh; Pham Viet Phuong, „Comparative simulation results of DVR and D-STATCOM to improve voltage quality in distributed power system”, in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). IEEE Conference Publications, 2017, p.196 – 199.

16. Dinh-Nhon Truong; Van-Thuyen Ngo; Mi-Sa Nguyen Thi, „Voltage stability enhancement of the Bac Lieu wind power system connected to power grid using a STATCOM”, in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). IEEE Conference Publications, 2017, p. 160 – 164.
17. Daorong Lu; Jiangfeng Wang; Jianhui Yao; Sen Wang; Jianxin Zhu; Haibing Hu; Li Zhang, „Clustered Voltage Balancing Mechanism and Its Control Strategy for Star-Connected Cascaded H-Bridge STATCOM”, IEEE Transactions on Industrial Electronics. IEEE Journals & Magazines, Vol. 64, Iss. 10, p. 7623 – 7633, 2017.
18. Yonglei Zhang; XiaoJie Wu; Xibo Yuan, „A Simplified Branch and Bound Approach for Model Predictive Control of Multilevel Cascaded HBridge STATCOM”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 64, Iss. 10, p. 7634 – 7644, 2017.
19. Nguyen Huu Vinh; Le Kim Hung; Nguyen Hung, „Hybrid damping controller for STATCOM to enhance power quality in multi-machine system”, in 2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). IEEE Conference Publication, 2017, p. 140 – 143.
20. Saleh Ziaeinejad; Ali Mehrizi-Sani, „Design Tradeoffs in Selection of the DC-Side Voltage for a D-STATCOM”, IEEE Transactions on Power Delivery. IEEE Early Access Articles, Vol. PP, Iss. 99, p. 1, 2017.
21. Xuefeng Ge; Feng Gao, „Flexible Third Harmonic Voltage Control of Low Capacitance Cascaded H-Bridge STATCOM”, IEEE Transactions on Power Electronics. IEEE Early Access Articles, Vol. PP, Iss. 99, p. 1 – 1, 2017.
22. Arvind R. Singh; Nita R. Patne; Vijay S. Kale; Piyush Khadke, „Digital impedance pilot relaying scheme for STATCOM compensated TL for fault phase classification with fault location”, IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 11, Iss. 10, p. 2586 – 2598, 2017.
23. Abayomi A. Adebisi; K. T. Akindeji, „Investigating the effect of StaticSynchronous Compensator (STATCOM) for voltage enhancement and transmission line losses mitigation”, in 2017 IEEE PES PowerAfrica. IEEE Conference Publications, 2017.

24. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
25. Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000596.html
26. Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» та зміни до додатка № 3 до Закону України "Про Державний бюджет України на 2016 рік" щодо державної підтримки державних вугледобувних підприємств. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1063-19#n2>
27. ДБН А.2.5-23:2010, Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення
28. Закон України «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>
29. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172 / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 51 с.
30. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.
31. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.
32. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
33. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.
34. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 171 с.
35. 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.
36. 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->.
37. 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.
38. 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.
39. 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>.
40. 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>.
41. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
42. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
43. 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>.

44. 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>.

45. Войтюк Ю.П. Лещенко Р.Р. Аналіз енергоефективності інженерних споруд промислових підприємств. LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2025). Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22922> (дата звернення 14.12.2024).

Додатки

Додаток А – Технічне завдання

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 КОМУНАЛЬНОГО
ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Войтюк Ю.П.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕМ-23м

Лещенко Р.С.

(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 310 від 17. 09. 2024р.

Дата початку роботи 02.09.2024р.

Дата закінчення роботи 10.12.2024р.

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

а) мета: підвищити ефективність системи електропостачання Вінницької транспортної компанії.

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

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

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. X : Міненерговугілля України, 2017 р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	1.09.24	17.09.24
4.2 Проведення необхідних 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 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

ДОДАТОК Б – Вихідні дані для проектування

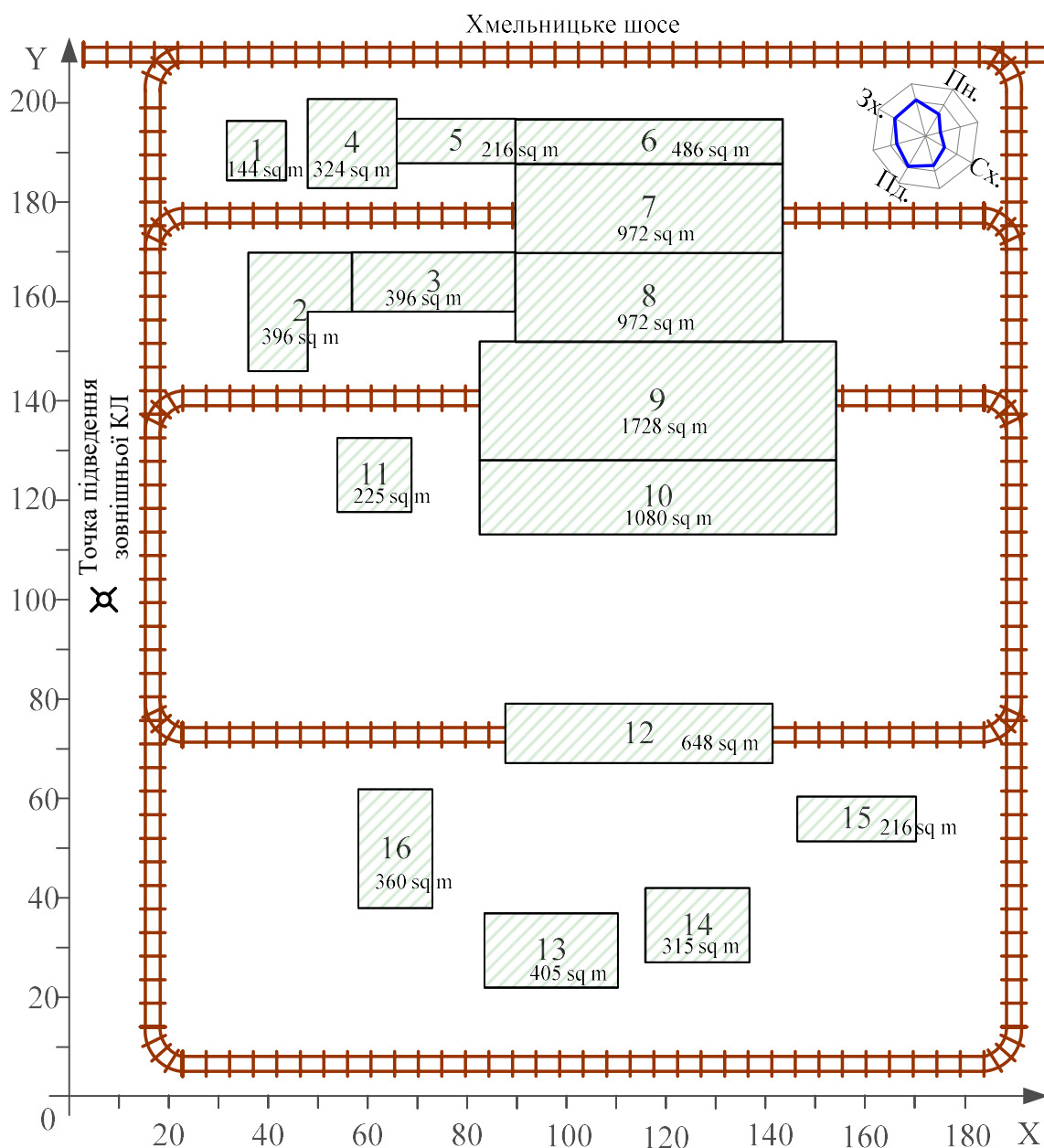


Рисунок Б.1 - Генплан КП «Вінницька транспортна компанія»

Електричні навантаження КП «Вінницька транспортна компанія» подано у таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 - Дані про електричне навантаження КП «Вінницька транспортна компанія»

№	Найменування	Р _н , кВт
1	Продуктовий магазин	4,5
2	Столярний цех	98
3	Електроцех №1	124
4	Електроцех №2	88,7
5	Побутові приміщення	38
6	Управління ВТК	89
7	Цех планового ремонту	226
8	Механічна майстерня	294
9	Цех технічного огляду	41
10	Ремонтно механічний цех	192
11	Пилорама	24
12	Ділянка щоденний оглядів	27
13	Склад	4,5
14	Гараж	2,4
15	Шиномонтажний цех	9
16	Допоміжні будівлі	134,5

Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення ефективності системи електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики та електромеханіки

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 95%

Схожість 5%

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 _____

(підпис)

Лобода Ю.В.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____

(підпис)

Лещенко Р.Р.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Войтюк Ю.П.

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**на тему:****«Підвищення ефективності системи електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»»**

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

Освітня програма: “ Енергетичний
менеджмент»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Лешенко Р.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

Актуальність теми: Комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» є важливим елементом забезпечення соціальних потреб населення міста Вінниці. Тому створення енергоефективної її системи електропостачання є актуальним та забезпечить надійне надання населенню якісних транспортних послуг.

У зв'язку з тим, що ефективність електропостачання залежить від багатьох факторів в МКР розглянуті найбільш важливі з них. Окрім того для створення оптимальних умов праці робітників підприємства розглянуті актуальні питання підвищення енергоефективності будівель та споруд компанії.

Мета роботи: проведення аналізу існуючої системи електропостачання з метою підвищення її ефективності та виконання необхідних розрахунків.

Об'єкт дослідження: система електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Предмет дослідження: створення та модернізація системи електропостачання споживачів транспортної компанії, яка забезпечить якісне надання послуг населенню міста Вінниці з використанням сучасних методів розрахунків.

Задача дослідження: аналіз системи електропостачання та необхідні для цього розрахунки виконуються з використанням системи автоматизованого проектування, що дасть змогу приймати оптимальні рішення, метою яких є підвищення надійності та ефективності системи живлення рухомого складу.

Новизна: питання, які вирішуються в магістерській кваліфікаційній роботі відрізняються своєю оригінальністю, що дозволить підвищити ефективність та економічність функціонування системи електропостачання, що дуже важливо в умовах військового стану.

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

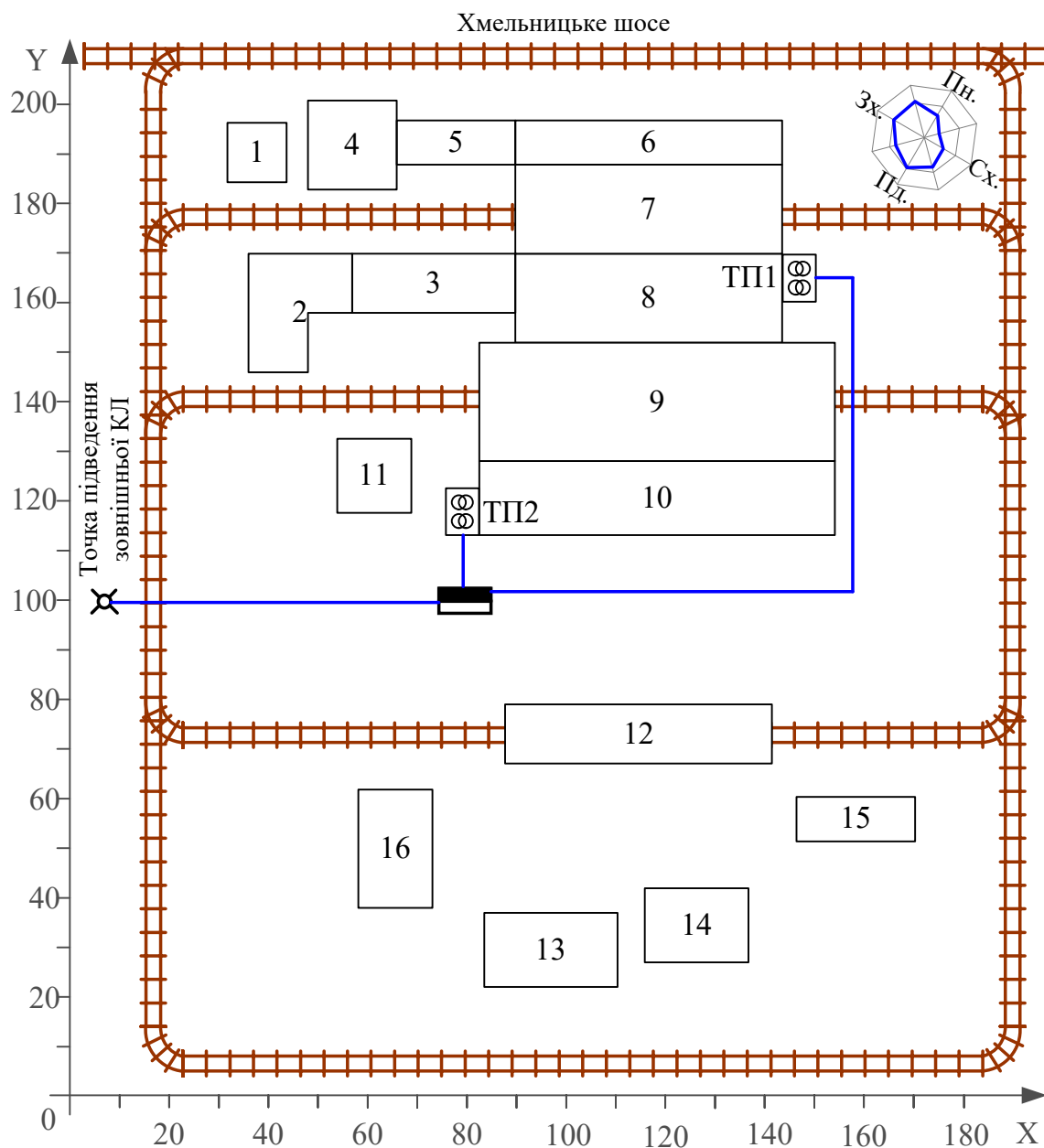


Рисунок Г.1 - Генплан Вінницької транспортної компанії із розташуванням ЦРП-10 кВ та ЦТП

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

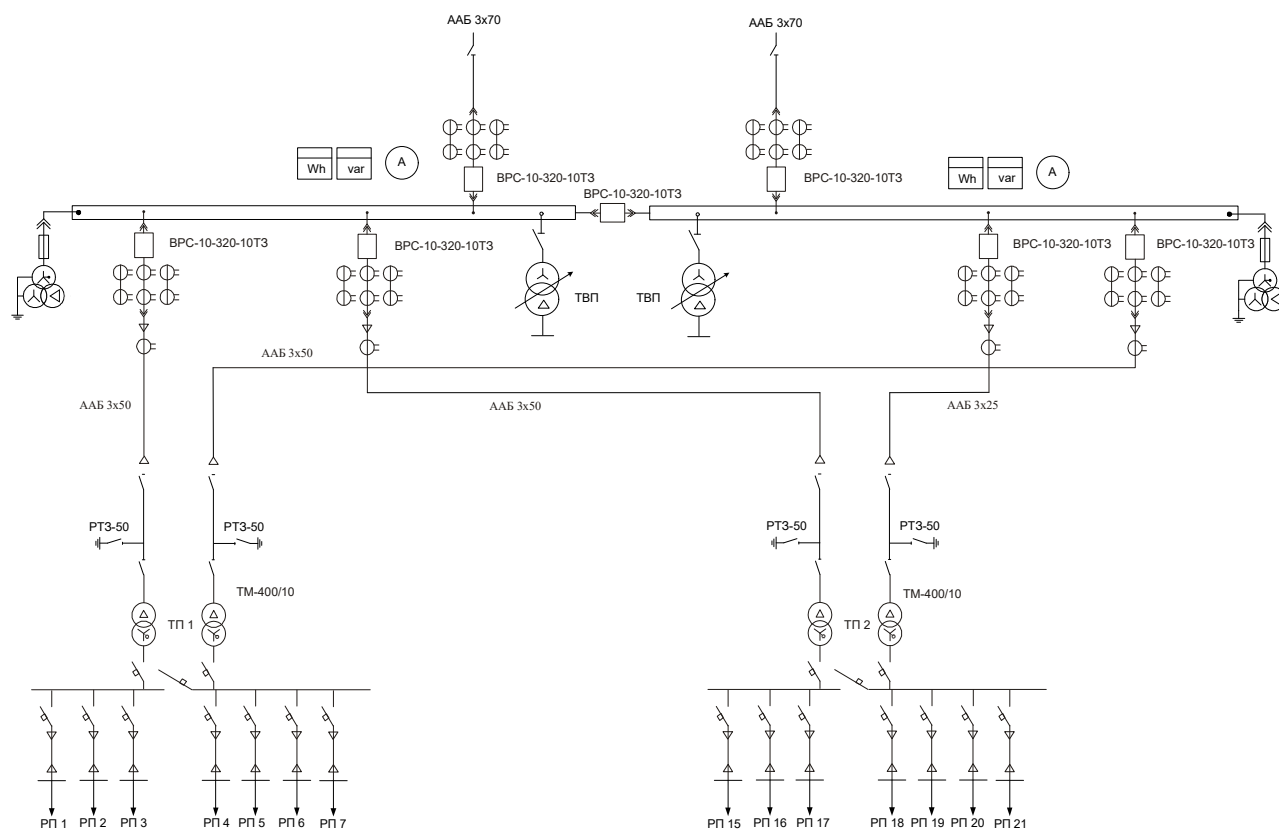


Рисунок Г.2 – Однолінійна схема електропостачання Вінницької транспортної компанії

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

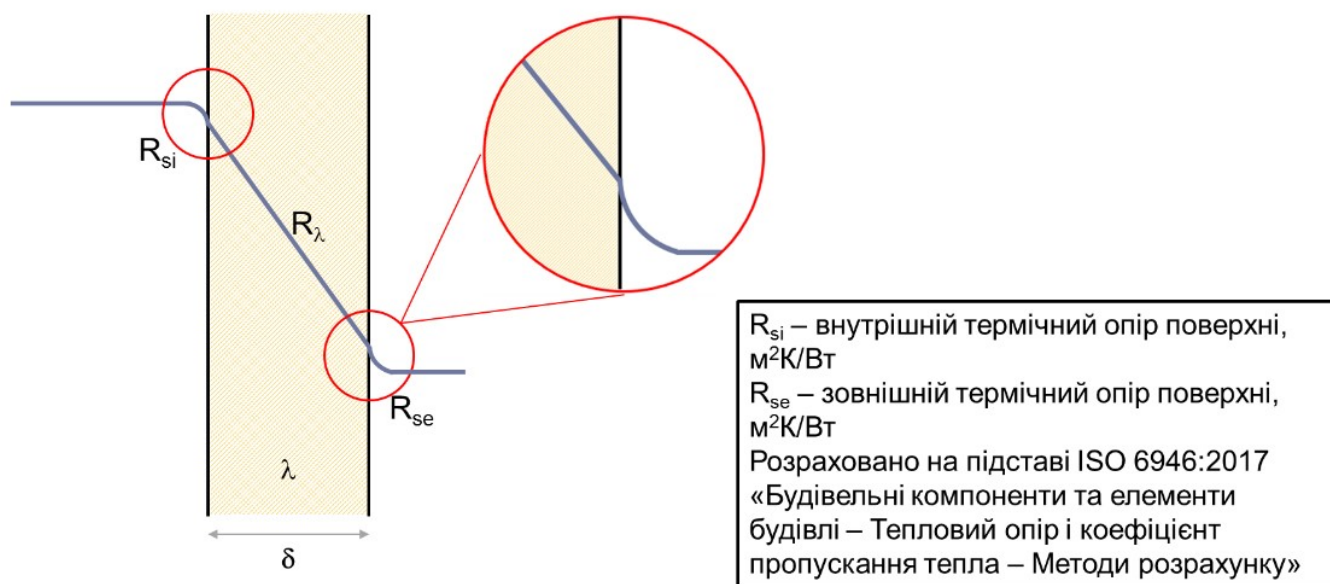


Рисунок Г.3 – Теплообмін один шар зовнішня стіна

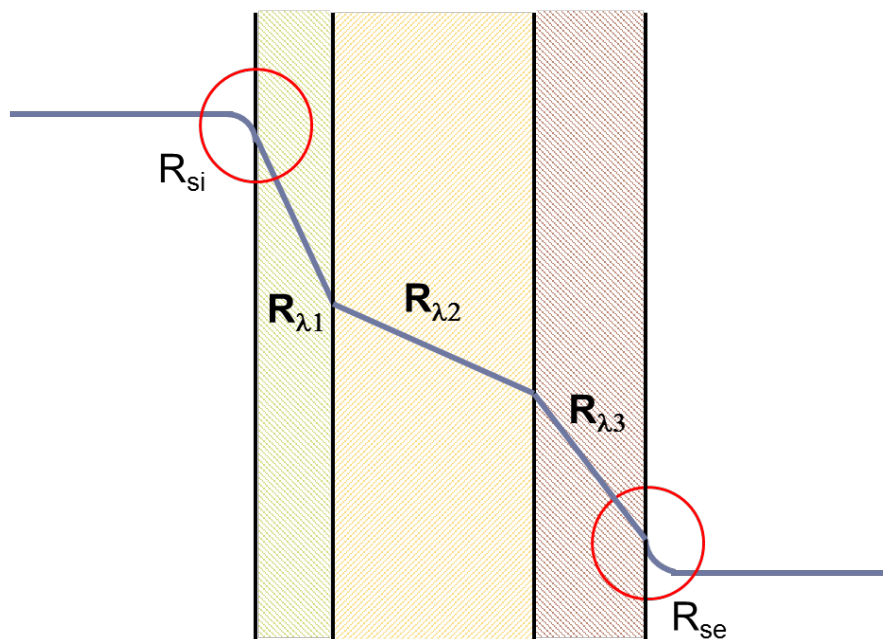


Рисунок Г.4 - Передача теплової енергії через плоску багат шарову стіну

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

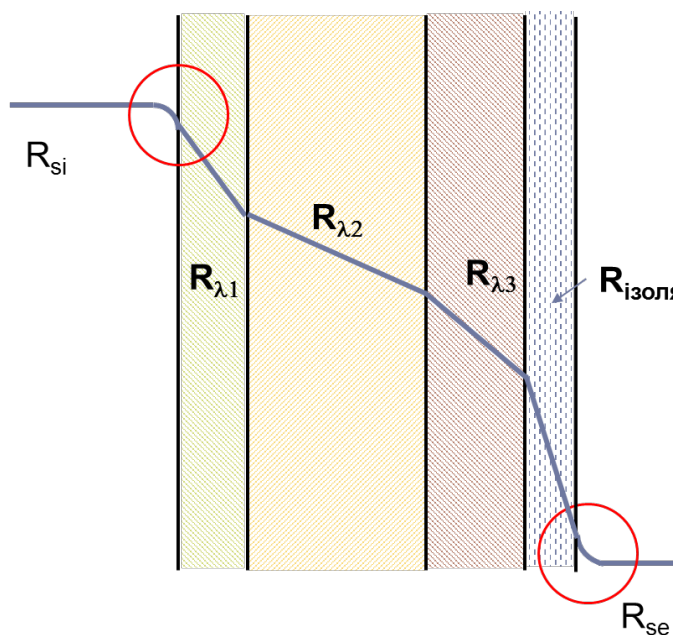


Рисунок Г.5 - Передача теплової енергії через плоску багатошарову стіну з врахуванням термічного опору теплоізоляційного шару

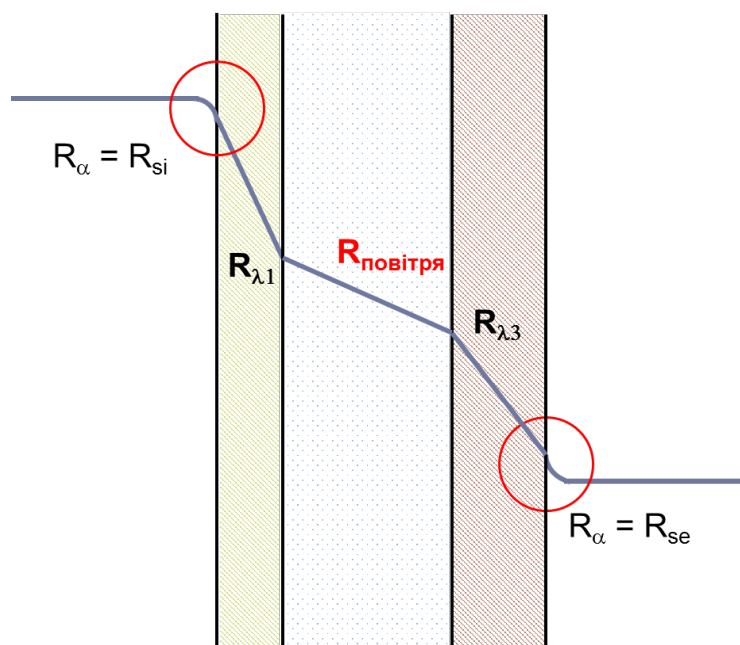


Рисунок Г.6 - Передача теплової енергії через плоску стіну з повітряним шаром

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

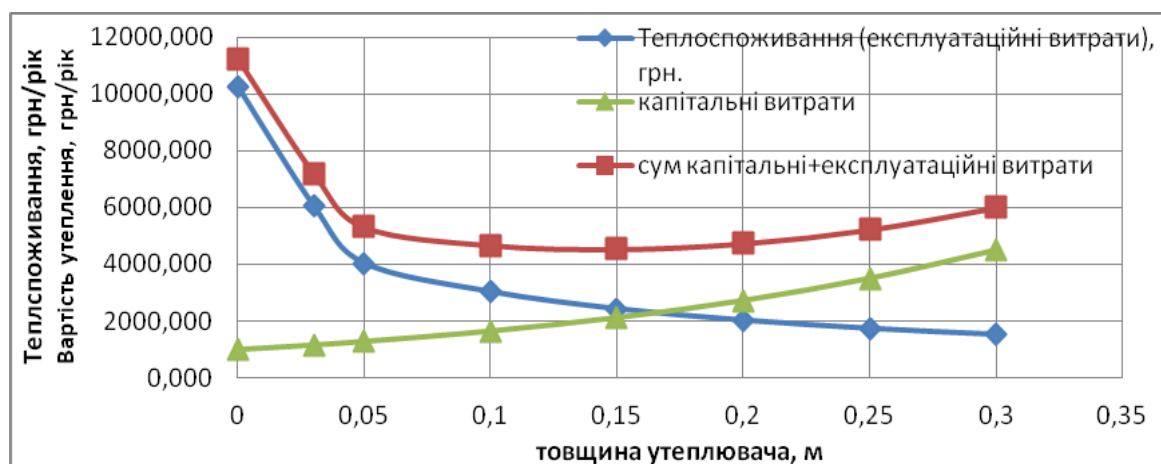


Рисунок Г.7 – Графіки витрат теплової енергії

Таблиця Г.1 – Результати розрахунків по економічній частині

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Еа	8078400	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	8197270,63	кВт·год
Плата за електроенергію	П	45084988,46	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	С _п	1782962,327	грн
Сумарні витрати підприємства	С _{сум}	46867950,79	грн
Собівартість електроенергії	С	580,16	коп/кВт·год

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена ряду важливих питань підвищення ефективності системи електропостачання Вінницької транспортної компанії.

В рамках цього була синтезована енергоефективна система живлення, що базувалася на використанні сучасних методів проектування, які входять в систему САПР.

Розрахунки, які зроблені в системі САПР базуються на використанні окремих математичних моделей, які описують процеси прийняття проектних рішень по вибору елементів живлячих мереж, вибору перерізів та кількості кабелів, трансформаторних підстанцій та їх потужності, а також визначення оптимального розташування останніх в загальній системі електропостачання транспортної компанії.

В роботі використано електротехнічне обладнання, що виробляється вітчизняними виробниками та має високу ступінь надійності та ремонтоздатності.

В магістерській кваліфікаційній роботі здійснений аналіз та відповідні розрахунки з енергоефективності інженерних споруд Вінницької транспортної компанії. На конкретному прикладі адміністративної будівлі компанії приведений алгоритм аналізу використання теплових витрат енергії, представленні необхідні теоретичні відомості та надані рекомендації з виконання утеплення споруди, що дасть змогу значно економити витрати тепла з приміщень компанії.

В економічній частині кваліфікаційної роботи визначенні основні величини, що впливають на економічність роботи системи електропостачання, проаналізовані капіталовкладення в систему електропостачання, представленні витрати на ремонтні роботи різних видів та розрахована собівартість електроенергії.

Окремий розділ присвячений розробці актуальних питань охорони праці робітників транспортної компанії та запропоновані необхідні заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Представлені розробки забезпечать необхідний рівень безпечної експлуатації електротехнічного обладнання та обслуговуючого персоналу.