

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:

### УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІП ДАХ»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

[підпис] Ростецький В.В.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ  
ВНТУ

[підпис] Шулле Ю.А.  
«15» 12 2023 р.

Опонент:

к.т.н., доц кафед. ЕСС  
[підпис] Лесько В.О.  
«15» 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

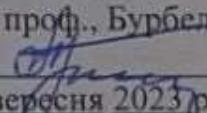
[підпис] проф. Бурбело М.Й.  
(прізвище та ініціали)

«  »    2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 року

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка





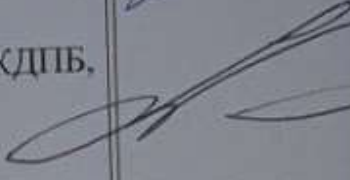

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

  
«18» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**Ростецькому В'ячеславу Валентиновичу**






1. Тема роботи: УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІП ДАХ»  
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна  
затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, №247.
2. Термін подання студентом роботи «04» грудня 2023 року.
3. Вихідні дані до роботи: відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки. Анотації. Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. 3. Підвищення енергоефективності ТОВ «ВІП ДАХ» за рахунок плазмового різання. 4. Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Однолінійна схема електропостачання підприємства. Матеріали роботи.

## 6. Консультанти розділів роботи

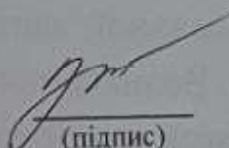
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Шулле Ю.А. доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2023	
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання	10.11.2023	
3	Підвищення енергоефективності ТОВ «ВІП ДАХ» за рахунок плазмового різання	16.11.2023	
4	Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи	28.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.12.2023	

Студент

  
(підпис)

Ростецький В.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Шулле Ю.А.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Войтюк Ю.П.  
(прізвище та ініціали)

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:

### УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІП ДАХ»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
\_\_\_\_\_ Ростецький В.В.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ  
ВНТУ  
\_\_\_\_\_ Шулле Ю.А.  
«  » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Опонент:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

«  » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

\_\_\_\_\_ проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«  » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 року

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«18» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**Ростецькому В'ячеславу Валентиновичу**

1. Тема роботи: УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІП ДАХ»

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна  
затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, №247.

2. Термін подання студентом роботи «4» грудня 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки. Анотації. Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. 3. Підвищення енергоефективності ТОВ «ВІП ДАХ» за рахунок плазмового різання. 4. Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Однолінійна схема електропостачання підприємства. Матеріали роботи.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Шулле Ю.А. доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2023	
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання	10.11.2023	
3	Підвищення енергоефективності ТОВ «ВП ДАХ» за рахунок плазмового різання	16.11.2023	
4	Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи	28.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.12.2023	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ростецький В.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Шулле Ю.А.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис)

Войтюк Ю.П.  
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

## АНОТАЦІЯ

Ростецький В'ячеслав Валентинович. Удосконалення системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «ВІП ДАХ». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 91 с.

На укр. мові. бібліогр.: 44 назв; рис.: 9; табл.: 23.

В магістерській кваліфікаційній роботі розробленні питання зі створення оптимальної системи електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ». Визначенні та розраховані основні технічні характеристики системи електропостачання. Розглянуто питання підвищення енергоефективності ТОВ «ВІП ДАХ» за рахунок плазмового різання. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, економія електроенергії, підстанція, кабельні лінії, коротке замикання.

## ABSTRACT

Rostetskyi Vyacheslav Valentinovich. Improvement of the power supply system of the limited liability company "VIP DAH". Master's qualification work in the specialty 141 – power engineering, electrical engineering, and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2023. 91 p.

In Ukrainian. Bibliography: 44 titles; figures: 9; tables: 23.

In the master's qualification thesis, the issues of creating an optimal power supply system for VIP ROOF LLC were developed. The main technical characteristics of the power supply system were determined and calculated. The issue of increasing the energy efficiency of VIP ROOF LLC due to plasma cutting was considered. The main economic indicators of the power supply system were calculated and measures for labor protection and safety in emergency situations were worked out.

Key words: power supply system, power saving, substation, cable lines, short circuit.



## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Характеристика ТОВ «ВІП ДАХ»	9
1.2 Особливості технологічних процесів	10
1.3 Висновки до розділу 1	17
2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	18
2.1 Вибір потужності силових трансформаторів	18
2.2 Перевірка кабелю напругою 10 кВ	19
2.3 Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ	22
2.4 Вибір запобіжників в КТП-630/10/0,4 кВ	25
2.5 Ошинування 0,4 кВ трансформаторів 10/0,4 кВ	25
2.6 Ввідні комутаційні апарати 0,4 кВ	26
2.7 Вибір комутаційно-захисної апаратури 0,4 кВ	26
2.8 Вибір вимірювальних трансформаторів струму 0,4 кВ	28
2.9 Облік електроенергії	28
2.10 Вибір кабельної лінії 0,4 кВ	29
2.11 Вибір потужності конденсаторної установки	32
2.12 Ізоляція, заземлення та грозозахист	34
2.13 Висновки до розділу 2	36
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОВ «ВІП ДАХ» ЗА РАХУНОК ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ	38
3.1 Плазмове різання металу: сутність процесу	38
3.2 Особливості застосування плазмового різання	39
3.3 Продуктивність та енергоефективність плазмового різання	40
3.4 Особливості різання металу та переваги різання плазмою	42
3.5 Висновки до розділу 3	47
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ..	48

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	48
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	50
4.3 Розрахунок поточних витрат	52
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	58
4.5 Висновки до розділу 4	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання	64
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	67
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП аптечно-медичного закладу в умовах дії загрозливих чинників НС	72
5.4 Висновки до розділу 5	77
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ	84
Додаток А – Технічне завдання	85
Додаток Б – Схема електрична однолінійна ТП-741	88
Додаток В – Схема електрична однолінійна ВРЩ-0,4кВ	89
Додаток Г – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	90
Додаток Д – Матеріали роботи	91

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Сприятливе функціонування підприємства напряму залежить від вірного вибору та ефективного підключення системи електропостачання. Надзвичайно актуальним є обґрунтування підбору раціональних систем електроживлення, сучасного електричного обладнання, провідниково-кабельної продукції, поліпшення використання наявних електричних мереж, підвищення стабільних параметрів електропостачання, скорочення втрат активної складової енергії. Тому магістерська кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню системи електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ».

Для ТОВ «ВІП ДАХ» актуальною задачею є удосконалення системи електропостачання через оптимізацію самої системи електропостачання, а також вибором:

- оптимальної кількості та потужності ТП;
- оптимальних перерізів провідників електромереж;
- оптимальної системи енергозбереження на виробництві.

*Метою* МКР є удосконалення системи електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ» через прийняття оптимальних проектних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП ТОВ «ВІП ДАХ».

*Основні задачі:* оптимальний вибір схем електропостачання підприємства, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

*Об'єкт дослідження* – система електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ».

*Предмет дослідження* – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ».

*Наукова новизна одержаних результатів.* Удосконалено систему електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ», а саме, через автоматизований вибір оптимальних потужностей трансформаторів ТП, перерізів провідників

електричних мереж та створення системи енергозбереження на виробництві.

*Практичне значення одержаних результатів:* в результаті виконання роботи практична реалізація отриманих рішень дозволить суттєво оптимізувати електропостачання і підвищити енергоефективність системи електропостачання ТОВ «ВП ДАХ»: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП ТОВ «ВП ДАХ» нормальним й аварійним електричним режимам, зменшити витрати та втрати електроенергії.

*Апробація результатів роботи.* Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було висвітлено на науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки у 2023 році. За результатами досліджень було опубліковано тези доповідей [1].

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

### 1.1 Характеристика ТОВ «ВПІ ДАХ»

У даній магістерській кваліфікаційній роботі передбачається удосконалення системи електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ». ТОВ «ВПІ ДАХ» займається виготовленням й роздрібною торгівлею залізними виробами, а також будівельними матеріалами та санітарно-технічними виробами у спеціалізованих магазинах. Це не просто магазин опалювальних приладів та матеріалів для даху. Тут пропонується широкий асортимент кровельної продукції, великий вибір якісної металочерепиці із гарантією якості й відповідності нормативам. У ТОВ «ВПІ ДАХ» виконується повністю весь технологічний цикл: від закупівлі сировини до її повного виготовлення у виробі. ТОВ «ВПІ ДАХ» розміщується по вул. Гонти, 94 в м. Вінниця.

В магістерській кваліфікаційній роботі передбачено електропостачання виробничого приміщення ТОВ «ВПІ ДАХ» з встановленою сумарною потужністю 518 кВт. ТОВ «ВПІ ДАХ» по категорії надійності електропостачання відноситься до споживачів 3-ї категорії. Напруга в точці приєднання 10 кВ.

Підключення до мереж АТ «Вінницяобленерго» виконується на контактних з'єднаннях Іс. та Іс. ЗШ-10 кВ приєднання лінійних комірок 10 кВ, які встановлено на Іс. та Іс. РУ-10 кВ ТП-№472, для приєднання живлячих ЛЕП-10 кВ об'єкту (існуюча, без змін).

В магістерській кваліфікаційній роботі, відповідно до технічних умов, передбачається розроблення наступних рішень з електропостачання виробничого приміщення:

- демонтаж існуючого трансформатора ТП № 741;
- перевірка існуючої КЛ-10 кВ від контактних з'єднаннях Іс. та Іс. ЗШ-10 кВ приєднання лінійних комірок 10 кВ, які встановлено на Іс. та Іс. РУ-10 кВ

ТП-№472, для приєднання живлячих ЛЕП-10 кВ об'єкту (існуюча, без змін) до новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ № 741;

- монтаж КТП-630/10/0,4 кВ закритого типу з кабельним вводом високої напруги та кабельним виводом низької напруги;

- улаштування контуру заземлення та захисту від грозових перенапруг новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ;

- будівництво КЛ-0,4 кВ до виробничого приміщення;

- монтаж конденсаторної установки.

## **1.2 Особливості технологічних процесів**

Металочерепиця – це сучасний покрівельний матеріал. За структурою металочерепиця – це лист алюмінію або сталі, що захищений від наскрізної корозії шаром цинку й підготовлений для нанесення кольорового покриття, що формує зовнішній вигляд виробу та надає додатковий захист від корозії металу.

Історія винайдення металочерепиці бере свій початок у шестидесятих роках двадцятого століття. У той час у Фінляндії будинки були покриті металом. Звичайно, що така покрівля максимально відповідала кліматичним особливостям країни, але за екстер'єром програвала красі дахів з черепиці. Фінський майстер Пааво Ранніл створив металочерепицю поєднавши переваги двох покрівельних матеріалів металу та черепиці. Він удосконалив металеві листи для покрівлі. Він зробив нижній край листа у вигляді хвилі асиметричної форми й додав поперечний штамп. Новий матеріал для покриття зовні дуже нагадував керамічну черепицю і мав усі властивості надійного металевого покриття. За технічними характеристиками новий матеріал вийшов дуже вдалим й набув високої популярності. Фінський майстер запустив свій винахід у серійне виробництво, організувавши компанію із виробництва металочерепиці.

Виробництво металочерепиці. Сировина для металочерепиці проходить обробку з допомогою складного технологічного процесу на металургійних

комбінатах. На початковому етапі виробництва основним завданням є вірний вибір сировини. Важливим також є обладнання, що має бути високотехнологічним та сучасним.

Металочерепиця виготовляється із сталі й гаряче оцинковується. Сталь довго та складно обробляється: покривається фосфатом, для захисту від корозії, покривається шаром ґрунтовки, для максимального прилягання покриття. Далі тильну сторону листа для захисту покривають спеціальним безбарвним лаком, а лицьову покривають кольоровим покриттям. Так утворюється необхідна кількість шарів.

Фарбовану сталь в рулонах пропускають під сильним тиском через профільуючі ролики. Вони надають листу металу хвилясту форму. Для максимальної схожості з черепицею по сталевому листу пропускають поперечні хвилі. Після цього йде нарізка металочерепиці на листи й продукція готова до продажу та монтажу.

Металочерепиця ділиться на різні типи і види у залежності від висоти хвилі та відстані між поперечними хвилями. На зовнішній вигляд і властивості металочерепиці впливає також форма листа. Зазвичай дизайн листа повторює форму кладки класичної черепиці. Але сьогодні технології, тенденції дизайну і архітектури, помітно розширюють асортимент форм. Зараз можна придбати готове чи замовити унікальне рішення на будь-який смак і проект.

Виробництво металочерепиці – це складний і кропіткий процес, що вимагає уваги до великої кількості деталей. Основні характеристики металочерепиці, що впливають на її довговічність, пластичність й зовнішній вигляд:

– тип та товщина полімерного покриття – захист від корозії, пластичність, захист від механічних пошкоджень і зовнішній вигляд;

– товщина цинку – захист від корозії;

– товщина сталі – міцність і пластичність.

Будова металочерепиці.

- Сталевий лист:

– товщина сталі 0,35 – 0,4 мм (гнучка, але з коротким терміном експлуатації, 10-15 років, придатна для для тимчасових конструкцій з невеликою площею і низьким механічним навантаженням, низька ціна);

– товщина сталі 0,45 мм (достатній запас міцності, використовується для основного покриття будинків, не використовується на дахах з мінімальним кутом нахилу скатів (12-14 градусів) та в регіонах зі сніжними зимами);

– товщина сталі 0,5 і більше мм (оптимальна характеристика для основної покрівлі, може бути будь-яким кутом скату (але не менше 12 градусів) і площі, термін експлуатації 25-50 років із урахуванням типу полімерного покриття).

- Шар цинку:

– вміст цинку 100 г/м<sup>2</sup> і нижче (низький рівень захисту від наскрізної корозії; сталь чутлива до механічних пошкоджень та навантажень; підходить для тимчасових проектів та об'єктів з невеликою площею покриття);

– вміст цинку 140 г/м<sup>2</sup> (високий рівень захисту металу від корозії; подовжує експлуатацію у 2 рази);

– вміст цинку 200 г/м<sup>2</sup> і більше (оптимальний вміст цинку; ефективний захист від корозії; надійна та якісна металочерепиця; термін служби до 50 років з врахуванням типу полімерного покриття).

- Пасивуючий шар – підготовка для нанесення захисного покриття.

- Ґрунтовка – підготовка для нанесення захисного покриття металочерепиці.

- Емальоване покриття зворотної сторони (двостороннє кольорове покриття сталі і металочерепиці).

- Кольорове покриття – тип і колір покриття відповідають не тільки за зовнішній вигляд, а ще й за додатковий захист від впливу навколишнього середовища.

Типи покриттів металочерепиці:

- поліестер (переваги: надійність при експлуатації у помірному кліматі; широка палітра кольорів; доступна ціна; при дотриманні інструкцій виробника, ефективна протягом рекомендованого терміну експлуатації; є можливість



обрати глянцеви́й чи матови́й поліестер, що підкреслить загальний дизайн об'єкта; недоліки: не рекомендується експлуатація у кліматі з різкими перепадами та/або екстремальними температурами; низька стійкість до вигорання; покриття не стійке до агресивного середовища, а саме: викиди виробництв, птахо- та скотарські ферми, міський смог, постійна вологість, насичене сіллю повітря; потрібен контроль і увага під час переробки, транспортування й монтажу, щоб не пошкодити цілісність покриття).

Стандартний поліестер (товщина 25 мкм, глянцеве покриття, блискуча поверхня; для будь-яких кліматичних умов (але не екстремальних); металочерепиця із цим покриттям пластична і стійка до корозії);

Матовий поліестер (товщина 35 мкм, більш висока стійкість кольору і матове покриття з характерною фактурою).

- поліуретан (переваги: висока стійкість до корозії і впливу ультрафіолету; стійкість до агресивного середовища; не вигоряє під яскравим сонцем; пластичність; стійкість до перепадів та/або екстремальних температур; механічна міцність покриття; матова-шовковиста поверхня; привабливий зовнішній вигляд; недоліки: на 10-15% дорожче поліестеру). Металочерепиця із покриттям PU-Rock – це оптимальне співвідношення ціни та якості, а ще безпроблемна експлуатація протягом декількох десятирічь.

- PVDF – пластичне і міцне полімерне покриття на основі полівінілфториду й акрилу товщиною 28 мкм (переваги: підвищена стійкість до корозії, ультрафіолетового випромінювання, механічних пошкоджень; стійкість до різких і екстремальних перепадів температур; висока пластичність; погана горючість (до 1500 °C); високий опір агресивному середовищу; недоліки: висока ціна). Найчастіше використовується у містах, сільському господарстві та промисловості, а у приватному будівництві застосовується рідко.

- DecoPrint – декоративне покриття із імітацією дерева чи каміння (переваги: товщина 35 мкм; якісний захист металу від наскрізної корозії та механічних пошкоджень; недоліки: висока вартість).

- Пластизол (PVC) виготовляється на основі полівінілхлоріда (переваги: цей

тип покриття дуже товстий і міцний; стійкість до перепадів температур і опадів; стійкість до механічних пошкоджень; недоліки: швидке вигорання кольору; висока ціна).

- металочерепиця на основі мідного листа. Для неї не застосовується полімерне покриття. Така металочерепиця формується і стелиться на дах в чистому вигляді, а із часом покривається патиною. Цей вид металевої черепиці не популярний через дуже високу ціну.

Терміни експлуатації металочерепиці:

- металочерепиця зі сталі товщиною до 0,45 мм і вмістом цинку до 140 г/м<sup>2</sup> прослужить 15-20 років;

- металочерепиця із товщиною металу 0,5+мм і з цинком 200+г/м<sup>2</sup> прослужить 40-50 років.

Об'єкти покриття:

- будинки й інші капітальні споруди (необхідна металочерепиця із максимально товстого листа сталі та шару цинку, а також, стійке до змін клімату та ультрафіолетового випромінювання полімерне покриття; максимальний захист сталі від корозії та механічних пошкоджень покриття; відповідно має бути сталь – від 0,5 мм, вміст цинку – Zn 200 і більше, покриття – поліуретан (PU-Rock), PVDF.)

- тимчасові споруди (необхідна металочерепиця із наступними характеристиками: сталь – 0,4-0,45 мм, вміст цинку – Zn 100-140, покриття – поліестер (глянець, мат)).

Типи монтажу:

- листова металочерепиця (листи довільної довжини та стандартної ширини; випускається під замовлення).

- модульна металочерепиця (покриття дахів з складною геометрією; довжина модулю 0,5-1,5 м; не рекомендується використовувати модульну металочерепицю для покриття прямокутних скатів, можливі перевитрати матеріалу).

Отже, очевидні переваги металочерепиці:

- - довгий термін служби (більше 50 років);
- - естетичність (металева черепиця нічим не відрізняється від звичайної);
- - простий монтаж;
- - економічність і доступність (оптимальне співвідношення ціни і якості).

Виробництво металочерепиці виконується на сучасному обладнанні. А це дає можливість створювати якісне покриття для даху. Штампувальний верстат вважається основним механізмом виробництва, від якого залежить якість виробленої металочерепиці.

Приміщення для виготовлення металічної черепиці обов'язково опалювальне (не нижче +4 градусів), підключене до усіх видів комунікації. В розпорядженні складська та виробнича частини, а також під'їзні шляхи для вантажного автотранспорту. Габарити стандартної лінії 15x2,7x2 м. Особливості зберігання: не можна дозволяти складувати упаковки металочерепиці в багатошарові конструкції для уникнення пошкоджень покриття.



Рисунок 1.1 – Виробництво металочерепиці

Для виробництва металочерепиці існують автоматичне та напівавтоматичне обладнання. Автоматичне обладнання для виробництва металічної черепиці являє собою 100 % автоматизовану лінію, управління якою здійснюється однією людиною. Оператор автоматизованої лінії програмує швидкість конвеєра, задає кількість одиниць виробів, встановлює режим роботи. Далі робота виконується без втручання людини: металевий лист

розмотується та подається у фігурний прес, набуває форму за допомогою згинального верстата, гільйотиною нарізується на частини необхідного розміру. На приймальному столі робочий фасує вироби та відправляє їх на зберігання. Використання обладнання, що оснащено автоматикою, помітно покращує якість кінцевої продукції та загальну продуктивність виробництва. Одна автоматизована лінія розміщується в приміщенні довжиною 20 метрів. Виробництво металочерепиці не токсичне і не шкідливе. Не має ніяких особливих умов для розміщення і виготовлення металочерепиці.

Найпоширеніше обладнання для виробництва металочерепиці:

- розмотувач рулону;
- автоматичний роликовий ніж для обрізки металевих ліній;
- прокатний стан;
- штампувальник-формував хвиль;
- автоматичний укладач;
- приймальний стіл.

Загалом, обладнання для виробництва металочерепиці поділяється на три види:

- лінії традиційного профільного калібрування (традиційний верстат з продуктивністю 6-7 метрів на хвилину; найдешевший варіант обладнання);
- лінії підвищених технічних показників (підвищена продуктивність у 8-9 метрів на хвилину; удосконалені швидким пресом; дозволяють виготовляти декілька видів металочерепиці);
- лінії преміум-класу (дозволяють використовувати тонкі листи сталі 0,4 мм; продуктивність 10-11 метрів на хвилину; оснащені додатковою автоматикою).

Дороге обладнання дозволяє збільшити продуктивність у 2 рази. Якщо взяти дешевий верстат, то продуктивність буде 5 метрів сталі за хвилину. Якщо ж на цьому верстаті був би присутній гідروпривід, то прогін склав би 7 метрів за хвилину. Замінивши асинхронний привід на синхронний можна збільшити продуктивність до 11 метрів сталі на хвилину. Друга перевага обладнання

преміум-класу – це можливість коригування розміру профілю у широкому діапазоні. Отже, переваги використання обладнання преміум-класу: збільшення прибутку, скорочення витрат за рахунок зменшення кількості працівників, збереження електроенергії, збільшення випущеної продукції, розширення асортименту. Це все позитивно впливає на репутацію підприємства і приводить до підвищення її конкурентоспроможності.

### **1.3 Висновок до розділу 1**

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуто основні питання та шляхи по можливому удосконаленню системи електропостачання ТОВ «ВП ДАХ». ТОВ «ВП ДАХ» займається виготовленням та збутом металочерепиці із гарантією якості та відповідності всім нормативам.

Було також розглянуто технологію виготовлення металочерепиці, будову та склад металочерепиці, класифікацію, переваги та недоліки, найпоширеніше обладнання для виробництва металочерепиці.

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

### 2.1 Вибір потужності силових трансформаторів

Вибір потужності силових трансформаторів ТОВ «ВІП ДАХ» здійснюється із врахуванням аварійних та допустимих систематичних перевантажень [2-6].

Згідно Держстандарту у аварійному режимі допустиме перевантаження трансформатора на 40% протягом не більше 5 діб і при цьому коефіцієнт початкового завантаження має бути не більшим 0,93, а час перевантаження не більш 6 годин на добу.

На одно або двохтрансформаторній підстанції без зв'язків на вторинній напрузі потужність трансформатора обираємо по максимальному навантаженню при робочому режимі.

Враховуємо дозволену потужність ТОВ «ВІП ДАХ». Проводимо розрахунок для даного випадку

$$S_{т.ном} = \frac{P_H}{k_3 \cdot \cos\phi} = \frac{518}{0,85 \cdot 0,96} = 634,8 \text{ (кВА)}. \quad (2.1)$$

Дійсне значення номінальної потужності трансформатора  $S_{т.ном}$  приймаємо як найближче до  $S_{т.ном.розр}$  за стандартною шкалою номінальних потужностей силових трансформаторів.

Враховуючи, що підприємство найближчим часом планує розширитися, обираємо силовий трансформатор ТМ потужністю 630 кВА. Зовнішній вигляд КТП-630/10/0,4 кВ подано на рис. 2.1.

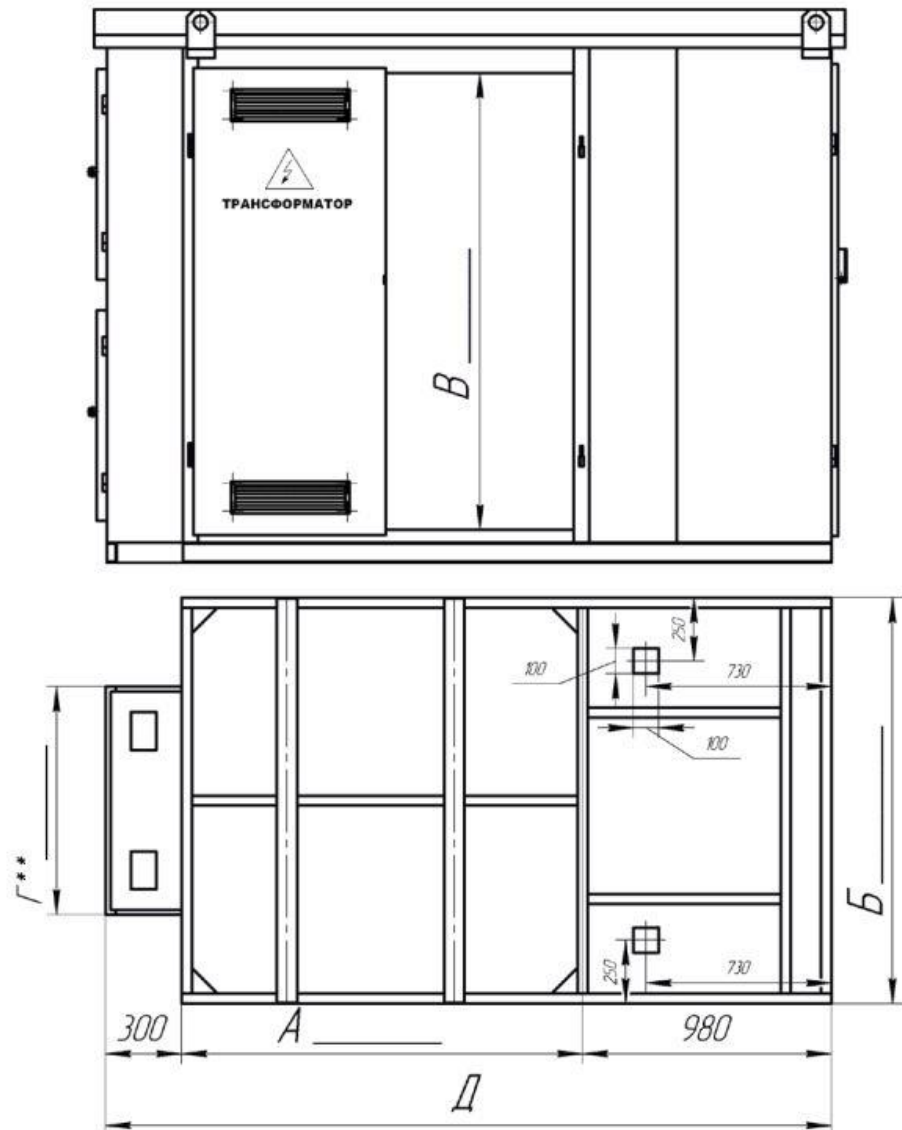


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд КТП-630/10/0,4 кВ.

## 2.2 Перевірка кабелю напругою 10 кВ

Переріз кабелю має прийматися найбільшим, як вимагають перелічені нижче умови [2-6].

1. Кабелі мають задовольняти вимогам у відповідності до гранично-допустимого нагріву із врахуванням нормальних, а також післяаварійних режимів.

Для кабелів із паперовою просоченою ізоляцією (ААБЛУ; АСБЛ), що витримують навантаження менше номінальних та прокладені у землі, можливе

короткочасне перевантаження (КЧП), де  $K_{\text{гран.нав.каб.}}=0,8$  і тоді  $K_{\text{ЧП}}=1,10$  протягом 3 годин. На час ліквідації післяаварійного режиму допускаються перевантаження не більше 1,20 протягом 5 діб при тривалості не більше 6 годин за добу.

На період ліквідації післяаварійного режиму допускається перевантаження до 10% для кабелів з поліетиленовою ізоляцією, а для кабелів з ПВХ ізоляцією допускається перевантаження до 15% на час не більше 6 годин за добу протягом 5 діб. При цьому, допустима температура жили кабелю 10 кВ має бути  $+60^{\circ}\text{C}$ . Для кабелів із ізоляцією з зшитого поліетилену допустима температура жили кабелю  $+90^{\circ}\text{C}$ .

2. Переріз кабелів має бути перевірений по економічній густині струму для нормального режиму роботи, при цьому струм у післяаварійному режимі не враховується.

3. Кабелі мають перевірятися за умовою нагрівання жил струмом короткого замикання (КЗ), тобто за термічною стійкістю струму короткого замикання. Підвищення температури жил кабелів при КЗ призводить до хімічного розкладання ізоляції й різкому зниженню її електричної та механічної міцності, а у результаті – до аварії.

4. Переріз кабелів перевіряється за втратою напруги.

Проведемо розрахунок існуючого кабелю ААШВ-3х120 мм<sup>2</sup>.

1. Перевірка перерізу кабелю ААШВ-3х120 мм<sup>2</sup> за нагрівом у нормальному режимі, післяаварійному режимі, а також режимі в період ремонту.

Розрахунковий струм навантаження на РУ-10 кВ ТП:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_{\text{ном}} \cos \phi} = \frac{518}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 31,19(\text{A}). \quad (2.2)$$

Допустимий струм для перерізу 120 мм<sup>2</sup> – 252 А при прокладанні в ґранті.

Із врахуванням наступних коефіцієнтів до  $I_{\text{д.т.}}$ :

$K_1=1,0$  (середньорічна температура ґрунту –  $20^{\circ}\text{C}$ );

$K_2=1,09$  (для теплового опору ґрунту 1,2 К·м/Вт);

$K_3=1,0$  (для глибини прокладання 0,8м);



$K_4=0,88$  (на кількість працюючих кабелів, що лежать поряд у землі).

Загальний коефіцієнт буде:  $K=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4=0,96$ .

Тоді, фактично допустимий струм  $I_\phi$  для кабелю перерізом  $120 \text{ мм}^2$ , буде:

$$I_\phi = I_{\text{д.т.}} \cdot K; \quad (2.3)$$

$$I_\phi = 252 \cdot 0,96 = 241,92 \text{ (А)};$$

$$I_p = 31,19 \text{ (А)}.$$

Умова  $I_\phi \geq I_p$ ,  $241,92 \geq 31,19 \text{ А}$  виконується.

У післяаварійному режимі струм навантаження буде:

$$I_{\text{рав}} = \frac{1,4 \cdot P_p}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \phi} = \frac{1,4 \cdot 518}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 43,67 \text{ (А)}. \quad (2.4)$$

Умова вибору за нагрівом  $I_\phi \geq I_{\text{р.ав}}$ ;  $241,92 \geq 43,67 \text{ А}$  виконується.

2. Перевірка кабелю ААШВ-3х120 мм<sup>2</sup> по економічній густині струму.

$$S_{\text{ек}} = I_p / J_{\text{ек}} = 31,19 / 1,2 = 25,99 \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (2.5)$$

де  $S_{\text{ек}}$  – переріз по економічній густині струму (мм<sup>2</sup>) у нормальному режиму;

$J_{\text{ек}}$  – 1,2 А/мм<sup>2</sup> – економічна густина струму.

Умова  $25,99 \text{ мм}^2 \leq 120 \text{ мм}^2$  виконується.

3. Перевірка кабелю ААШВ-3х120 мм<sup>2</sup> за термічною стійкістю.

$$s \geq s_{\text{min}} = \frac{I_K \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_T}, \quad (2.6)$$

де  $I_K$  – струм КЗ для даного кабелю в А;

$t_{\text{вим}}$  – сумарний час вимикання струму КЗ, що визначається витримкою часу основного захисту лінії (0,5...2с), а також часом спрацювання високовольтного вимикача і відношенням струму КЗ у початковий момент виникнення КЗ до його усталеного значення;

$C_T$  – термічний коефіцієнт,  $\text{А} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{мм}^2$ , значення якого становить 95 – для кабелів із алюмінієвою жилою.

$$s \geq s_{\text{min}} = \frac{I_K \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_T} = \frac{11300 \sqrt{0,57}}{95} = 89,21 \text{ мм}^2,$$

Умова  $120 \text{ мм}^2 \geq 89,21 \text{ мм}^2$  виконується.

4. Вибір кабелю за втратою напруги.

Згідно ГІД 34.20.178:2005 втрата напруги в КЛ-10 кВ не має перевищувати 8%. Коефіцієнт  $\delta_1=31,6$ .

Момент навантаження:  $M = P \cdot L = 1,6 \cdot 0,05 = 0,08$  МВт·км.

$\Delta U = \delta_1 \cdot M (\text{МВт} \cdot \text{км}) / F = 31,6 \cdot 0,08 / 120 = 0,02$  %.

Умова за втратою напруги виконується, тобто можна застосовувати існуючий кабель ААШВ-3х120 мм<sup>2</sup>.

### 2.3 Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ

В магістерській кваліфікаційній роботі передбачається встановлення у якості ОПНп-10 кВ ввідної, лінійної комірок й комірки трансформатора напруги обмежувачів перенапруг типу ОПНп-10/12. Технічні характеристики високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ типу ОПНп-10/12 наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ типу ОПНп-10/12

№	Найменування параметра	Значення параметра
1.	Найбільша тривало-допустима робоча напруга [ $U_{\text{нр. опн}}$ ], кВ	12
2.	Номінальна напруга [ $U_{\text{ном опн}}$ ], кВ	10
3.	Струм спрацювання противибухового пристрою ОПН [ $I_{\text{зах.опн}}$ ], кА	10
4.	Залишкова напруга при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 5 кА	36
5.	Залишкова напруга при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 500 А	31
6.	Клас розряду лінії	2

Перевірку вибраного обмежувача перенапруг 10 кВ проводимо у відповідності до СОУ Н ЕЕ 40.1-21677681-67:2012 «Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанови щодо вибору та застосування у розподільчих установах».

Визначення найбільшої тривало-допустимої робочої напруги  $U_{\text{нр опн}}$  й номінальної напруги  $U_{\text{ном опн}}$  [2-6].

Найбільша тривало-допустима робоча напруга  $U_{\text{нр опн}}$  приймається не меншою за найбільшу тривало-допустиму робочу напругу на шинах, що згідно з ГОСТ 1516.3-96 становить  $U_{\text{нр}}=12$  кВ:

$$U_{\text{нр.опн}} \geq U_{\text{нр}}; \quad (2.7)$$

$$12 \text{ кВ} \geq 12 \text{ кВ}.$$

Вибір енергоємності ОПН.

Враховуючи, що відсутні специфічні умови, за яких в обмежувачах може виділятися значна енергія, приймаємо клас розряду лінії – 2.

Визначення залишкових перенапруг ОПН при нормальних імпульсах струмів.

Розрахункові залишкові напруги при комутаційних й грозових перенапругах  $U_{\text{залг}}$  визначаються при нормованих імпульсних струмах. Для грозових перенапруг цим струмом є номінальний розрядний струм  $I_{\text{н}}$  з формою хвилі 8/20 мкс, що становить  $I_{\text{н}} = 5$  кА. А при комутаційних перенапругах для ОПН 10 кВ залишкову напругу  $U_{\text{залк}}$  прийнято визначати при нормованому струмі  $I_{\text{норм.к}} = 500$  А із формою хвилі 30/60 мкс.

Розрахункові значення залишкових напруг на ОПН з деяким наближенням визначимо:

$$U_{\text{зал.к}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{нр}} \cdot K_{30/60}; \quad (2.8)$$

$$U_{\text{зал.г}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{нр}} \cdot K_{8/20};$$

де  $K_{30/60}$  та  $K_{8/20}$  – коефіцієнти «типових кратностей», що визначаються як відношення залишкових напруг на ОПН до найбільшої тривало допустимої робочої напруги ( $K_{30/60} = 1,75$ ;  $K_{8/20} = 2,1$ );

$$U_{\text{зал.к}} = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 1,75 = 29,7 \text{ (кВ)};$$

$$U_{\text{зал.г}} = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 2,1 = 35,6 \text{ (кВ)}.$$

Вибір ОПН за умови вибухобезпеки.

Струм захисної стійкості ОПН визначається за формулою:

$$I_{\text{зах.ОПН}} > I_{\text{мах зах}}, \quad (2.9)$$

де  $I_{\text{зах.ОПН}}$  – максимальне значення струму, що здатний витримати ОПН без будь якого пошкодження;

$I_{\text{мах зах}}$  – максимальне значення струму КЗ із врахуванням коефіцієнту запасу, що визначається за виразом:

$$I_{\text{мах зах}} = k_3 \cdot I_{\text{кз}}, \quad (2.10)$$

де  $I_{\text{кз}}$  – максимальне значення струму КЗ на шинах 10 кВ, буде  $I_{\text{кз}}=1,209$  кА;

$k_3$  – коефіцієнт запасу, буде  $k_3 = 1,1$ .

$$I_{\text{мах зах}} = 1,1 \cdot 1,209 = 1,32 \text{ (кА)},$$

$$10 \text{ кА} > 1,32 \text{ кА}.$$

Узагальнені результати перевірки обраних нелінійних обмежувачів перенапруги 10 кВ приведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Узагальнені результати перевірки характеристик ОПН 10 кВ

Розрахункові значення	Каталожні дані ОПН-10/12
$U_{\text{нр.опн}} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\text{нр.опн}} = 12 \text{ кВ}$
$U_{\text{залг}} = 35,6 \text{ кВ}$	$U_{\text{залг}} = 36 \text{ кВ}$
$U_{\text{залк}} = 29,7 \text{ кВ}$	$U_{\text{залк}} = 31 \text{ кВ}$
$I_{\text{зах}} = 1,32 \text{ кА}$	$I_{\text{зах}} = 10 \text{ кА}$

## 2.4 Вибір запобіжників в КТП-630/10/0,4 кВ

В якості захисних апаратів трансформаторів по стороні 10 кВ встановлюються запобіжники типу ПКТ-012-10-50-31,5 з наступними характеристиками:  $U_H=10$  кВ,  $I_H=50$  А,  $I_{відк}=31,5$  кА.

Перевірка виконується [2-6]:

- за номінальною напругою:

$$U_{ном.м.} \geq U_{ном.р.}; 10\text{кВ} \geq 10\text{ кВ}; \quad (2.11)$$

- за максимальним струмом навантаження:

$$I_H \geq I_{р.мах}; 50\text{ А} \geq 31,19\text{ А}; \quad (2.12)$$

- за струмом відключення:

$$I_{відк} \geq I_{по}; 31,5\text{кА} \geq 2,93\text{ кА}. \quad (2.13)$$

Згідно з результатами перевірки запобіжники відповідають характеристикам та потужності.

## 2.5 Ошинування 0,4 кВ трансформаторів 10/0,4 кВ

В якості ошинування 0,4 кВ для силових трансформаторів 10/0,4 кВ прийняте жорстке ошинування, виконане з алюмінієвого сплаву марки АД31Т 8x80 мм. Ошинування закріплюється на опорних ізоляторах з шагом 2 м. Перевірка виконується за наступними критеріями:

- за струмом в післяаварійному режимі:

$$I_{доп} \geq I_{р.мах}; \quad (2.14)$$

$$1320\text{ А} \geq 676,59\text{ (А)};$$

- за термічною стійкістю жорсткого ошинування:

$$q_{\min} \leq q; \quad (2.15)$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = 244\text{ (мм}^2\text{)},$$

$$244\text{ мм}^2 \leq 640\text{ мм}^2.$$

## 2.6 Ввідні комутаційні апарати 0,4 кВ

В якості ввідних комутаційних апаратів вибрані враховуючи, що зі сторони 10 кВ силових трансформаторів встановлено запобіжники, а в лінійних комірках 0,4 кВ власні автоматичні вимикачі, роз'єднувачі типу РЕ-1943 з наступними характеристиками  $U_H=1000$  В,  $I_H=1600$  А,  $I_{\text{відк}}=20$  кА.

Перевірка виконується [2-6]:

- за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}}; 1000 \text{ В} \geq 380 \text{ В}; \quad (2.16)$$

- за максимальним комутаційним струмом:

$$I_{\text{ПО,доп}} \geq I_{\text{ПО,розр}}; 20 \text{ кА} \geq 12,8 \text{ кА}; \quad (2.17)$$

- за термічною стійкістю:

$$B_K \leq I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}}; 2500 \text{ кА} \cdot \text{с}^2 \leq 491 \text{ кА} \cdot \text{с}^2; \quad (2.18)$$

- за електродинамічною стійкістю:

$$i_{\text{дин.р.}} \geq i_{\text{уд.}}; 100 \text{ кА} \geq 30 \text{ кА}. \quad (2.19)$$

## 2.7 Вибір комутаційно-захисної апаратури 0,4 кВ

Електрична мережа повинна мати захист від струмів короткого замикання, який забезпечить по можливості найменший час відключення і вимоги селективності. Апарати захисту по своїй відмикаючій здатності мають відповідати максимуму струму КЗ на початку захисної ділянки електричної мережі. Номінальні струми уставок автоматичних вимикачів, що служать для захисту окремих ділянок мережі, в усіх випадках потрібно обирати по можливості найменшими по розрахунковим струмам цих ділянок, але так, щоб апарати захисту не відключали електроустановки при короточасних навантаженнях [2-6].

У якості апаратів захисту мають застосовуватися автоматичні вимикачі чи диференційні вимикачі, що реагують на диференційний струм й служать як реле захисту від імпульсних перенапруг.

По можливості апарати захисту необхідно розміщувати у доступних для обслуговування місцях таким чином, щоб була виключена можливість їх механічного пошкодження. Встановлення їх має бути виконано так, щоб при оперуванні із ними або при їх дії були виключені небезпечність для обслуговуючого персоналу й можливість пошкодження предметів, що знаходяться навколо.

Апарати захисту мають встановлюватися безпосередньо у місцях приєднання захисних провідників до живлячої лінії. У випадках необхідності допускається приймати довжину ділянки між живлячою лінією й апаратом захисту відгалудження до 6 м. Не допускається встановлювати апарати захисту у місцях приєднання до живлячої мережі таких ліній управління, сигналізації та вимірювання, відключення яких може призвести до небезпечних наслідків (відключення пожежних насосів, вентиляторів, що запобігають утворенню вибухонебезпечних сумішей).

Електромагнітний розчеплювач автомата треба перевірити за струмом спрацювання з нерівності

$$I_{c.e} > I_p.; 1000 \geq 820,79 \quad (2.20)$$

де  $I_{c.e}$  – струм спрацювання електромагнітного розчеплювача;

$I_p$  – розрахунковий робочий струм.

$$P = 518 \text{ (кВт);}$$

$$U = 380 \text{ (В);}$$

$$I = 518000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,96 = 820,79 \text{ (А).}$$

Отже, встановлюємо згідно технічних умов на ввіді в трансформаторній підстанції вимикач автоматичний ВА 88-43 з розрахунковим струмом  $I_n = 1000 \text{ А}$ .

## 2.8 Вибір вимірювальних трансформаторів струму 0,4 кВ

Згідно із ПУЕ при мінімальному навантаженні приєднання вторинний струм має становити не менше 5% від номінального струму лічильника [2-6]. Номінальний вторинний струм складає 5А.

Струм мінімального навантаження:

$$I_{1\min} = \frac{S_{\min}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}; I_{1\min} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 76,06 \text{ (A)}; \quad (2.21)$$

Вторинний струм при мінімальному навантаженні:

$$I_{2\min} = \frac{I_{1\min}}{K_1}; I_{2\min} = \frac{76,06 \cdot 5}{1000} = 0,38 \text{ (A)}. \quad (2.22)$$

Ставлення вторинного струму до номінального у відсотках складе:  $(0,38/5) \cdot 100\% = 7,6 \geq 5\%$  - умова виконується.

Отже, трансформатор струму 1000/5 відповідає вимогам та передбачено встановити в РУ-0,4кВ ТП № 741.

## 2.9. Облік електроенергії

Для ТОВ «ВІП ДАХ» систему обліку необхідно встановити на вводі 0,4 кВ силового трансформатора ТП № 741 та для обліку прийняти багатофункціональний лічильник типу АСЕ 6000 з впровадженням системи АСКОВЕ, який підключається через трансформатори струму типу Т-0,66 класу точності 0,5S. Передбачено вільний доступ персоналу оператора системи розподілу та працівників Держенергонагляду в тому числі до системи обліку.



## 2.10 Вибір кабельної лінії 0,4 кВ

Вибір перерізу кабелю здійснюється по розрахунковому струму, який обраховується за формулою [2-6]:

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi, \quad (2.23)$$

де  $P$  – встановлена потужність споживача, Вт;

$U$  – номінальна напруга приєднання, В;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності.

Тоді, за даними формулами можна провести розрахунок вибору перерізу кабелю:

$$P = 518 \text{ (кВт);}$$

$$U = 380 \text{ (В);}$$

$$I = 518000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,96 = 820,79 \text{ (А).}$$

По даному значенню струму в каталозі обираємо три кабелі 3хАВВГ 4х240 мм<sup>2</sup> з струмом 337 А при прокладанні в землі.

Кабель, який вибраний за умовами нагріву потрібно також перевірити на допустиму втрату напруги. Згідно із ПУЕ для силових мереж відхилення напруги найбільш віддалених електроприймачів від номінального значення має складати не більше  $\pm 5\%$ .

Перевірка мереж трифазного струму за допустимою втратою напруги  $\Delta U_{\text{доп}}$  виконується по формулі:

$$\Delta U = A \cdot P_{\text{уст}} \cdot L \cdot (r_0 + x_0 \cdot \text{tg} \varphi), \quad (2.24)$$

де  $A = 1/10U_{\text{н}}^2$

$U_{\text{н}}$  – номінальна міжфазна напруга (кВ);

$A = 0,69$  при  $U_{\text{н}} = 0,38$  кВ;

$A = 4,13$  при  $U_{\text{н}} = 0,22$  кВ;

$P_{\text{уст}}$  – встановлена потужність (кВт);

$L$  – довжина ділянки мережі (км);

$r_0$  – питомий активний опір ділянки мережі (Ом/км);

$x_0$  – питомий реактивний опір ділянки мережі (Ом/км);

$\operatorname{tg} \varphi$  – коефіцієнт потужності.

Виконаємо розрахунок втрати напруги для даного випадку:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq 0,69 * 518 * 0,08 * (0,125 + 0,1 * 0,125)$$

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq 3,93$$

Допустима втрата напруги складає 5%, тобто  $5 \geq 3,93$  – лінія має допустиме відхилення напруги.

При перевірці спрацювання захисту лінії по термічному струму при однофазному КЗ має виконуватись умова:

$$3 I_{\text{к.р.}} < I_{\text{кз}}, \quad (2.25)$$

де  $I_{\text{к.р.}}$  – струм комбінованого розчеплювача;

$I_{\text{кз}}$  – однофазне КЗ.

Однофазне коротке замикання це вид КЗ при якому значення струму найменше і тоді, якщо однофазне КЗ буде задовільняти вимогу, то і всі інші види к.з також.

$I_{\text{кз}}$  визначається за формулою:

$$I_{\text{кз}} = U_{\text{ф}} / (k \cdot l), \quad (2.26)$$

де  $U_{\text{ф}}$  – фазна напруга;

$k$  – коефіцієнт що враховує опори, залежить від матеріалу жил кабелю та його перерізу;

$l$  – довжина кабелю.

Якщо рівність не виконується, то потрібно обирати більший переріз кабелю.

## Таблиця 2.3 – Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ

Перевірка спрацювання захисту при однофазному КЗ

Таблиця 1

Точка КЗ	Трансформатор			Кабель								Струм однофазного КЗ ( $I_k(1) = U_{ф} / (Z_{\Sigma} + Z_T/3)$ )	Струм плавкої вставки вимикача, А	Виконання умови $I_k(1) > 3I_{уст}$
	Тип	Потужність, кВа	Повний опір, Ом	Марка	Переріз	Питомий опір, Ом/км				Довжина траси, км	Повний опір петлі "фаза-нуль", Ом			
						Фазного дроту		Нульового дроту						
						активний	реактивний	активний	реактивний					
1	ТМ	630	0,13	АВВГ	4x 240	0,125	0,1	0,125	0,1	0,08	0,03	3191	400	3191 > 1200

Оскільки умова виконується, то переріз кабелю підходить і буде  $3 \times \text{АВВГ } 4 \times 240 \text{ мм}^2$ .

Схема плану розташування електрообладнання подана на рис. 2.2.

Однолінійна схема електрична ТП-741 показана на рис. 2.3.

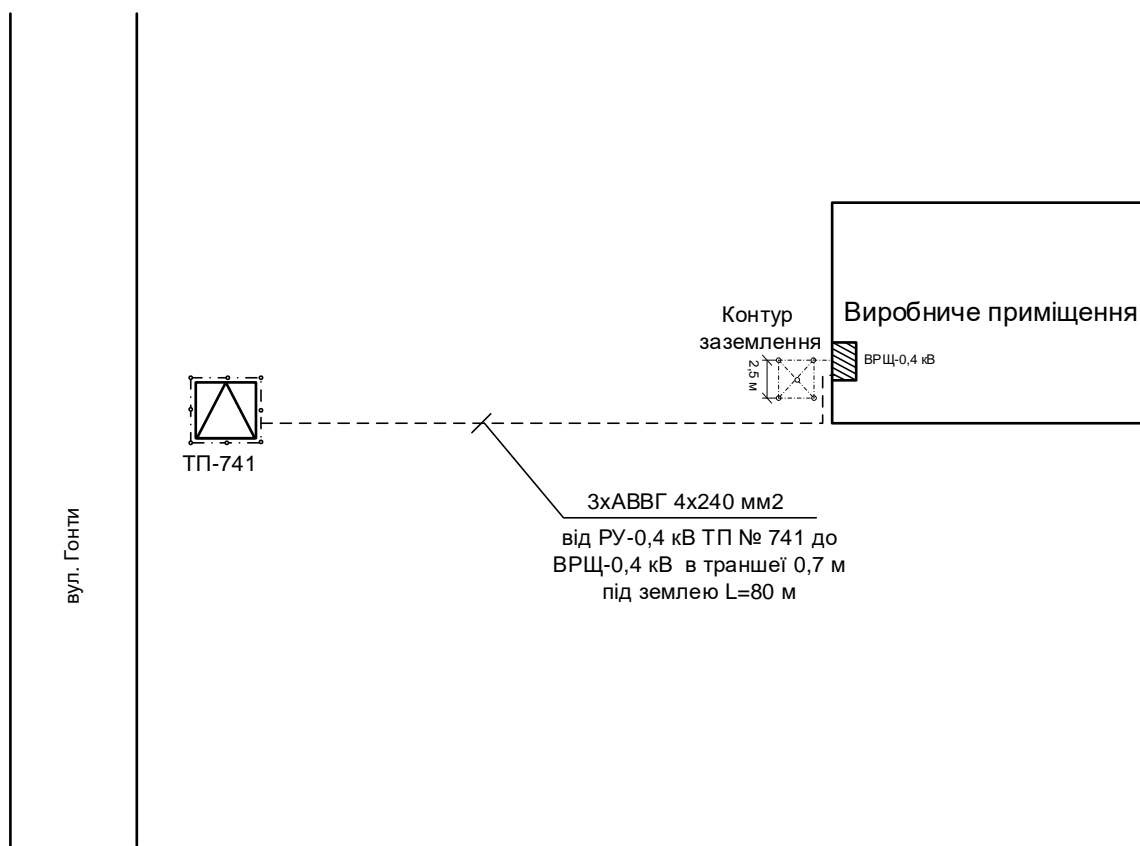


Рисунок 2.2 – Схема плану розташування електрообладнання

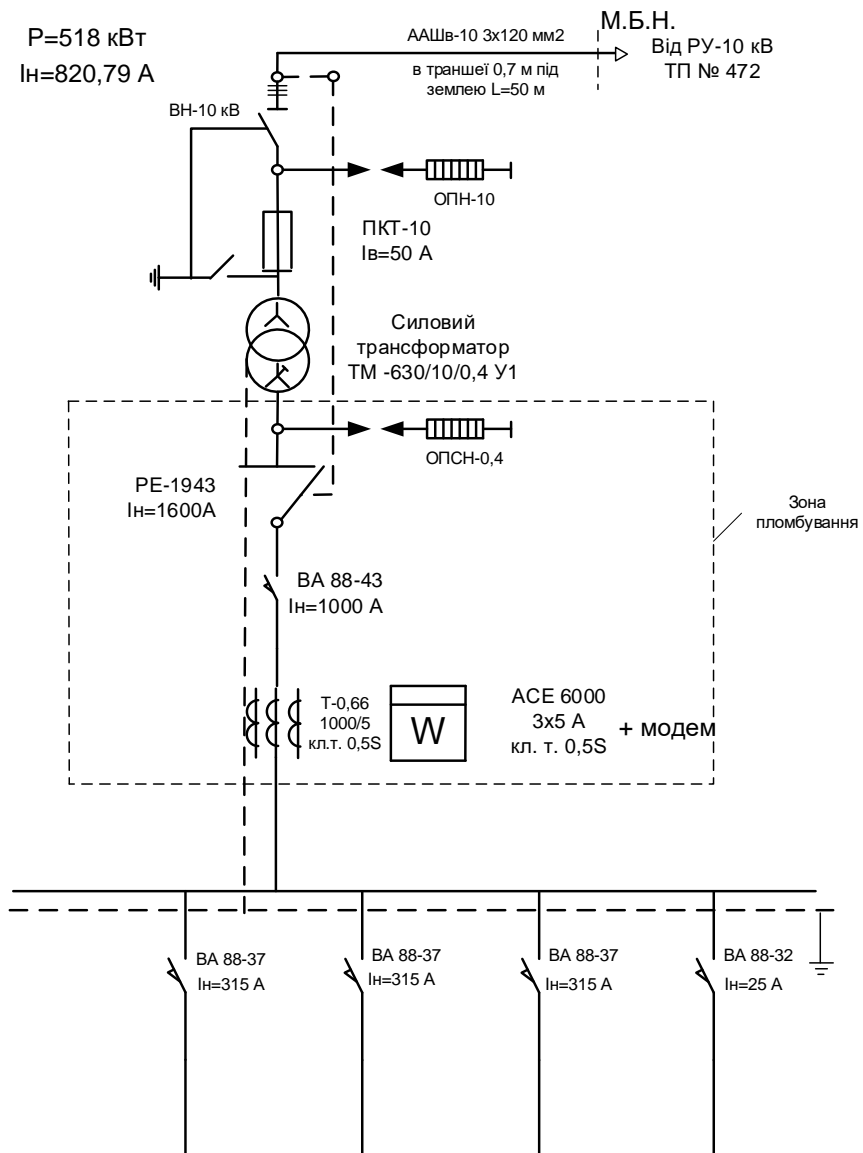


Рисунок 2.3 – Схема електрична однолінійна ТП-741

## 2.11 Вибір потужності конденсаторної установки

Визначимо ємність реактивної потужності  $Q_c$ , що необхідна для досягнення заданого  $\cos \varphi$ , за формулою:

$$Q = P_{вст} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \quad (2.26)$$

де  $P_{вст}$  – встановлена потужність електроприймачів;

$\varphi_1, \varphi_2$  – кути зсуву фаз.

$$P_{вст} = P_{зам} = 518 \text{ (кВт)}.$$

Повну потужність електроприймачів визначимо за формулою:

$$S_{вст} = P_{вст} / \cos \varphi = 518 / 0,75 = 610 \text{ (кВАр)};$$

$\cos \varphi_1=0,7$ , тоді  $\operatorname{tg} \varphi_1=1,02$ .

Прийmemo нормативний  $\cos \varphi_2=0,96$ , для нього  $\operatorname{tg} \varphi_2=0,29$ .

$$Q_k=518 \cdot (1,02-0,29)=378,14 \text{ (кВАр)}.$$

Обираемо конденсаторну установку УК-Е-0,4-380/8-10-21УЗ із потужністю 380 кВАр.

Схема підключення конденсаторної установки подана на рис. 2.4.

Схема електрична однолінійна ВРЩ-0,4кВ показана на рис. 2.5.

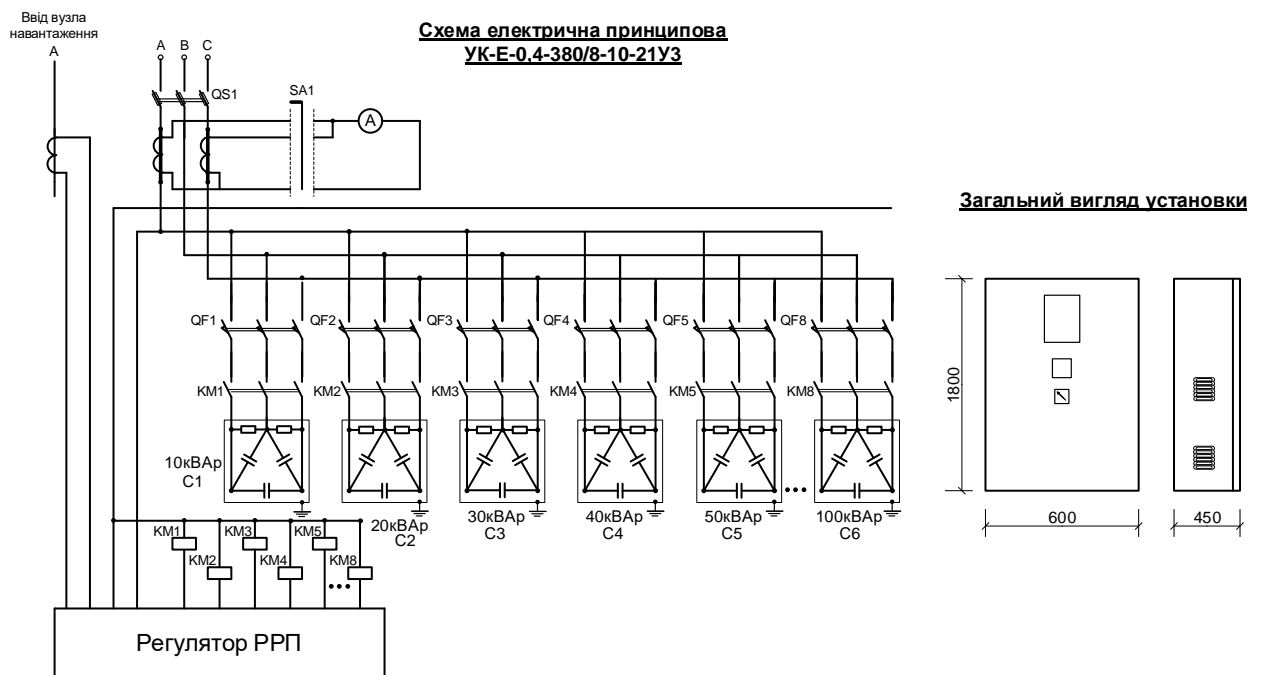


Рисунок 2.4 – Схема підключення конденсаторної установки

Від РУ-0,4 кВ КТП -630/10/0,4 кВ  
№ 741 (див арк. 3.1)

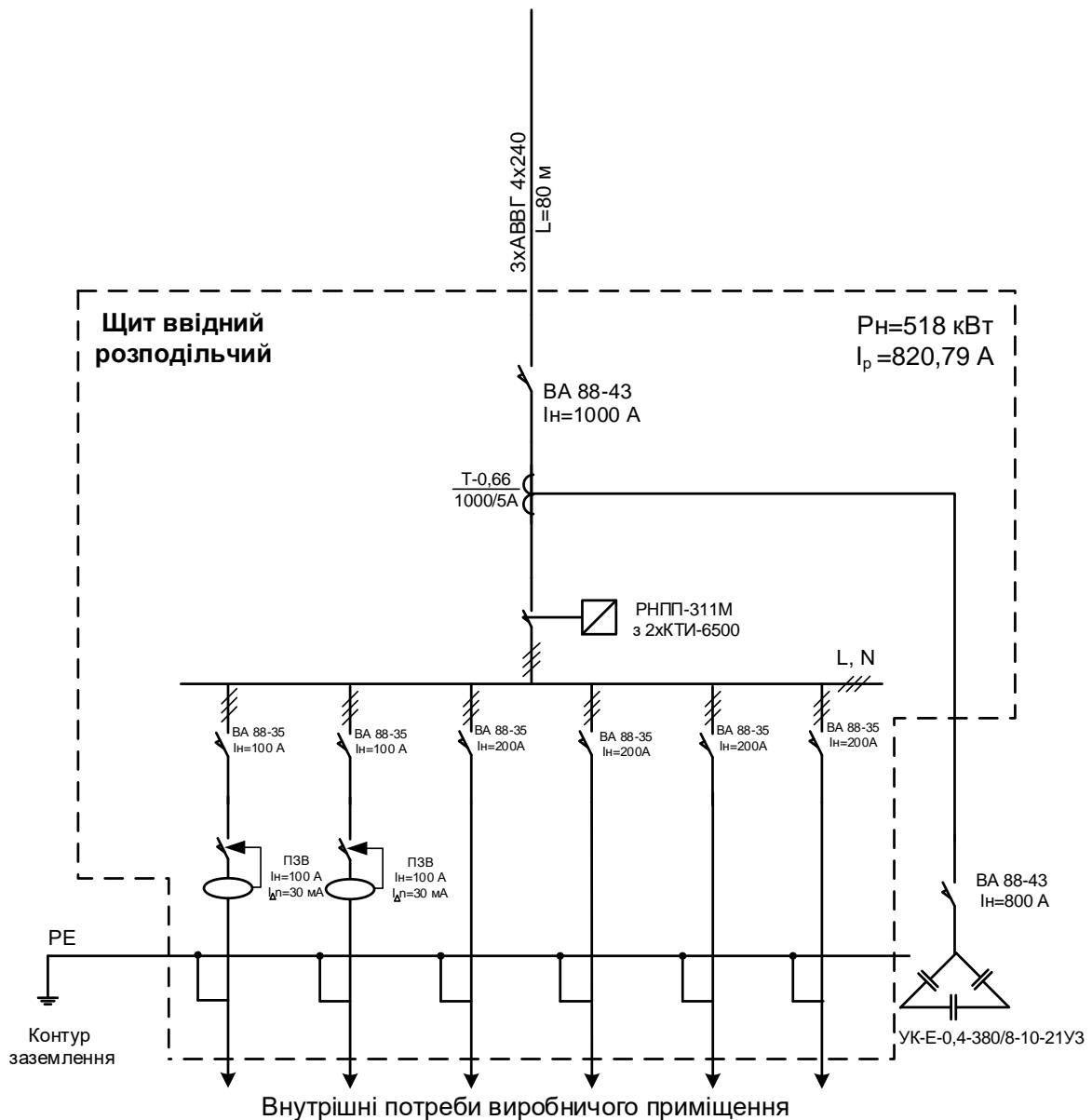


Рисунок 2.5 – Схема електрична однолінійна ВРЩ-0,4кВ

## 2.12 Ізоляція, заземлення та грозозахист

Заземлюючий пристрій підстанції ТОВ «ВП ДАХ» влаштовується із урахуванням наявності на території підстанції [2-6]:

- електричних мереж до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю;
- електричних мереж до 1 кВ із ізольованою нейтраллю;
- електричних мереж понад 1 кВ із ізольованою нейтраллю.

У відповідності до вимог глави 1.7 ПУЕ:2017, заземлюючий пристрій підстанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою та ізольованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ із ізольованою нейтраллю. Відповідно до пункту 1.7.92 та пункту 1.7.96 ПУЕ:2017 опір заземлюючого пристрою має складати не більше 4 Ом.

Передбачено влаштування контуру заземлення опор ПЛ-10 кВ та роз'єднувача з опором розтікання струму до 10 Ом, до якого приєднуються нульовий провід мережі та елементи конструкції опор.

Залізобетонні опори мають мати металевий зв'язок між металоконструкціями та арматурою стояків, підкосів та відтяжок.

Передбачено влаштування контуру заземлення КТП-630/10/0,4 кВ з опором розтікання струму до 4 Ом, до якого приєднано елементи металоконструкцій обладнання, що встановлюється. Заземленню підлягають нейтраль та корпус трансформатора, а також інші металеві частини, що можуть опинитися під напругою в разі пошкодження ізоляції.

Для захисту електрообладнання та кабельної продукції від грозових перенапруг в ВРЩ - 0,4 кВ, а також для захисту КЛ-10 кВ встановити нелінійні обмежувачі перенапруги.

На рис. 2.6 наведено план заземлення.

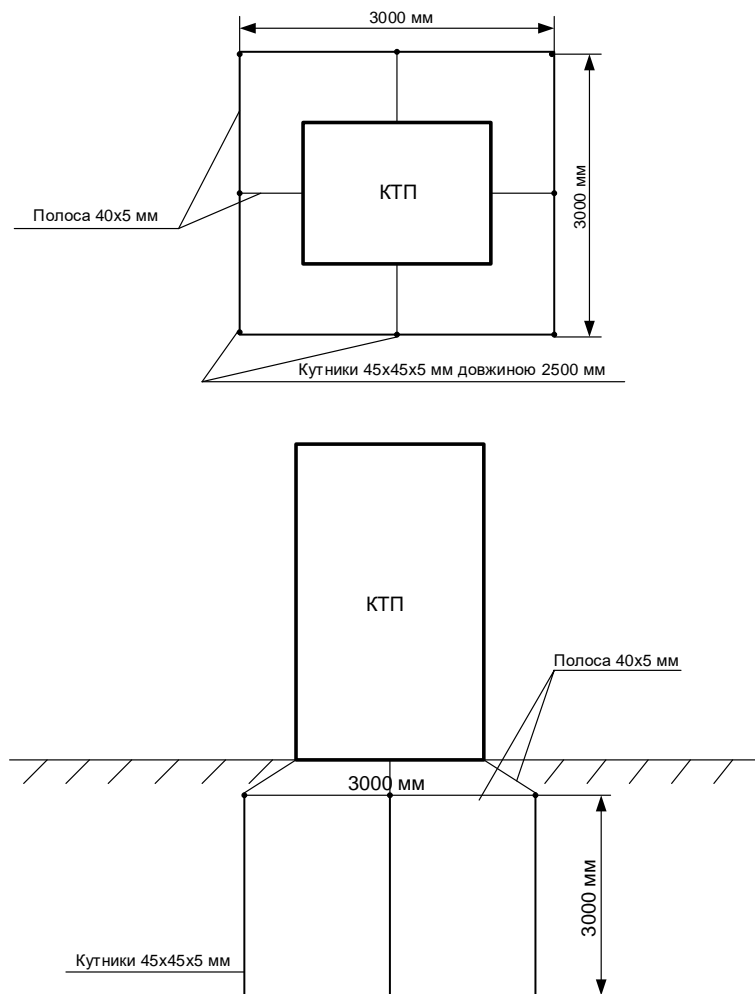


Рисунок 2.6 – Схема плану розташування заземлення КТП

### 2.13 Висновки до розділу 2

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз та оптимізацію системи електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ». Для цього були розроблені наступні рішення:

- демонтаж трансформатора існуючої ТП № 741;
- виконати перевірку існуючої КЛ-10 кВ від контактних з'єднаннях Іс. та Пс. ЗШ-10 кВ приєднання лінійних комірок 10 кВ, які встановлено на Іс. та Пс. РУ-10 кВ ТП-№472, для приєднання живлячих ЛЕП-10 кВ об'єкту (існуюча, без змін) до новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ № 741;
- монтаж КТП-630/10/0,4 кВ закритого типу з кабельним вводом високої напруги та кабельним виводом низької напруги;



- улаштування контуру заземлення та захисту від грозових перенапруг новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ;

- будівництво КЛ-0,4 кВ до виробничого приміщення;

- монтаж конденсаторної установки;

- ввідний рубильник, вимикач автоматичний та лічильник електроенергії підлягають пломбуванню з обмеженням доступу до відкритих струмоведучих частин;

- для обліку електроенергії передбачено двонаправлений лічильник трансформаторного включення по струму типу АСЕ 6000 разом з модемом, класу точності 1,0, що встановлений в РУ-0,4 кВ ТП № 741;

- РУ-0,4 кВ передбачено встановлення на вводі рубильника та вимикача автоматичного згідно дозволеної потужності. У ВРЩ-0,4 кВ об'єкта для захисту електроустановки встановлені вимикач автоматичний, пристрій захисного відключення, що реагує на диференційний струм й реле захисту від імпульсних перенапруг РНПП-311М із магнітним пускачем. На відхідні лінії встановлені вимикачі автоматичні;

- для компенсації реактивної потужності передбачається встановлення конденсаторної установки типу УК-Е-0,4-380/8-10-21У3 на напругу 0,4 кВ потужністю 380 кВАр в ВРЩ-0,4 кВ приміщення;

- при монтажі електричного обладнання мають виконуватися загальні правила техніки безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009 й інших нормативних норм та правил по охороні праці й техніки безпеки;

- всі металеві не струмоведучі частини обладнання потрібно заземлити.

Отже, удосконалена система електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ» за рахунок прийнятих оптимальних проектних рішень стане більш енергоефективною і це дозволить суттєво покращити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП ТОВ «ВІП ДАХ».

## 3 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОВ «ВП ДАХ» ЗА РАХУНОК ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ

### 3.1 Плазмове різання металу: сутність процесу

Плазмове різання – це вид плазмової обробки металів, при якому у якості різального інструменту використовується струмінь плазми. Плазмове різання ефективний спосіб розрізання листового металу в порівнянні із газокисневим, лазерним й гідроабразивним різанням з товщиною металу 3 – 50 мм. Переваги плазмового розрізання: висока швидкість різання; висока якість поверхні розрізу; можливість виготовлення з листового матеріалу деталей складної геометричної форми.

Плазмове різання належить до способів термічного розрізання металів й характеризується складними явищами перетворення електричної енергії джерела струму у теплову енергію плазмової дуги. Далі відбувається інтенсивне стиснення стовпа плазмової дуги у формуючій камері плазмотрона та наскрізне проплавлення (розрізання) плазмовою дугою із видуванням розплавленого металу з порожнини розрізу. Метал охолоджується після завершення розрізання. Відбувається локальна термообробка металів у зоні впливу плазмової дуги.

Фізики з США Ірвінг Ленгмур та Леві Тонко у 1929 році вперше назвали плазмою іонізований газ в газорозрядній трубці. З 1950-х років плазму почали використовувати для розрізання металу. Сьогодні ця технологія за популярністю перевершує усі інші способи різання металу.

Плазмове різання в кілька десятків разів перевищує продуктивність фрезерування. Точність розмірів та форм вирізаних виробів може бути дуже високою. Є можливість розрізання деталей під кутом шляхом відповідної установки сопла. За допомогою лазерного різання можливе розрізання листів товщиною до 8-10 мм. Перевагою ж плазмового різання, у порівнянні з лазерним, є можливість обробки значно товстішого металу (до 200 мм) і мати

хорошу якість розрізу. Газокисневе розрізання також значно поступається плазмовому при малих та середніх товщинах металу.

### 3.2 Особливості застосування плазмового різання

Основним способом розрізання листового металопрокату є повітряно-плазмове різання, що за продуктивністю й якістю вирізаних поверхонь істотно перевершує усі інші способи розрізання металу (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Порівняння термічних способів розрізання металопрокату

Показник	Термічні способи розрізання		
	Газокисневе	Лазерне	Плазмове
Область застосування	Метали та їх сплави, нержавіючі сталі, кольорові метали, залізобетон	Майже будь-які матеріали	Майже всі метали та їх сплави
Товщина металу (мм)	до 2000	до 20	до 200
Ширина різку (мм)	до 10	0,1-1	2-7
Якість різку	низька	висока	середня
Продуктивність	низька	висока	висока
Зона термічного впливу	велика	середня	велика
Собівартість	низька	висока	середня

При плазмовому розрізанні метал розрізається (проплавляється) потужним дуговим розрядом, що локалізований на малій ділянці поверхні металу із подальшим видаленням розплаву з зони розрізу високошвидкісним газовим потоком. При плазмовому розрізанні струмінь плазми служить ріжучим інструментом. Температура плазми досягає 10000...50000°C залежно від складу, витрат плазмоутворюючого середовища та ступеня обтиснення плазмового струменя. Шляхом обтиснення стовпа дуги в каналі сопла отримують струмінь плазми. Питома потужність плазмового струменя досягає 104...2x10<sup>6</sup>Вт/см<sup>2</sup>, що достатньо для розплавлення будь-якого твердого тіла. В результаті збільшення напруженості електричного поля у обтисненій частині стовпа різко зростає температура у центральній частині струменя.

### 3.3 Продуктивність та енергоефективність плазмового різання

Швидкість розрізання є одним із ключових параметрів, що визначає продуктивність процесу плазмового різання. Для розрахунку швидкості плазмового різання є рівняння, що засноване на обліку складових енергетичного балансу і на припущенні, що рідкий метал, який знаходиться при температурі плавлення, здувається потоком плазми із кромки металу, що розрізає.

Швидкість розрізання  $v$  металу із товщиною  $s$  та щільністю  $\gamma$  при утворенні порожнини розрізу шириною  $h$  та при тепловій дії дуги напругою  $U$  й силі струму  $I$  буде:

$$v = \frac{0,24 \cdot I \cdot U \cdot \eta - q_T}{\gamma \cdot h \cdot s \cdot \Delta Q}, \quad (3.1)$$

де  $\eta$  – ефективний коефіцієнт корисної дії дуги;

$q_T$  – інтенсивність теплопередачі у метал;

$\Delta Q$  – приріст теплової енергії в метал.

Даний вираз показує закономірності процесу плазмового розрізання:

1. Швидкість плазмового різання зумовлюється потужністю дуги. В цьому головна відмінність та перевага по продуктивності плазмового різання по відношенню до кисневого розрізання, швидкість якого пов'язана із кінетикою хімічних перетворень.

2. Швидкість плазмового різання прямо пропорційна потужності дуги та обернено пропорційна товщині й щільності металу, що розрізається.

3. Потужність ріжучої дуги має бути більше чи дорівнювати деякій критичній величині, при якій забезпечується проплавлення металу певної товщини із урахуванням втрат від теплопередачі у лист, що розрізається. Зі збільшенням швидкості розрізання, за інших рівних умов, у певний момент часу можливе припинення наскрізного прорізання металу.

4. Обидві складові потужності (сила струму та напруга) ріжучої дуги не рівноцінні за інтенсивністю впливу на швидкість різання. На підставі

експериментальних досліджень встановлено, що збільшення напруги більш ефективно впливає на швидкість розрізання, аніж збільшення сили струму. Величина напруги на дузі обумовлює глибину її занурення в розрізаний метал. Зі збільшенням товщини металу збільшення напруги дозволяє розрізати метал так званою «жорсткою» ріжучою дугою (велика витрата газу через вузьке сопло), що сприяє підвищенню швидкості та якості розрізання.

Усі параметри технологічного процесу та режимів плазмового розрізання (точність, продуктивність, економічність) напряду пов'язані із властивостями та товщиною металу, що розрізається (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Параметри технологічного процесу та режимів плазмового розрізання

Тип металу	Товщина (мм)	Діаметр сопла (мм)	Струм різі	Швидкість різі (м/хв)	Середня ширина різі (мм)	Робочий тиск стисненого повітря (МПа)
Вуглецева сталь	1-5	1,1	20-35	1,4-1,2	1,2-1,4	0,5
	5-10	1,1-1,4	40-50	1,4-1,3	1,2-1,4	0,6
	10-15	1,4	50-65	1,0-1,1	1,4-1,8	
	15-20	1,7	65-90	0,8-0,7	1,7-2,2	0,8
	20-35	1,9	90-100	0,4-0,2	2,0-2,5	
Нержавіюча сталь	2-5	1,1-1,4	20-40	3,0-2,8	1,5-2	0,6
	5-10	1,4-1,7	40-60	2,8-0,9	2-2,5	0,75
	10-15	1,7	60-80	0,9-0,65	2,5-3,0	0,8
	15-25	1,9	80-90	0,65-0,3	3,0-3,2	
Алюміній	2-15	1,4	20-40	1,5-0,4	1,5-2	0,6
	10-20	1,7	40-75	0,6-0,3	2-2,5	0,8
	20-25	1,9	80-90	0,65-0,3	3,0-3,2	

Сучасні системи розрізання металу більш компактні та легкі і відрізняються високою ефективністю та потужністю, забезпечуючи вищі швидкості різання, ніжраніше.

Раніше найпопулярніший варіант різання металу був механічний. Він відрізняється невисокою ціною та простотою виконання. Серед найдоступніших механічних методів – різання металу гільйотиною. Із переваг –

мінімальні втрати і витрати, а із недоліків – можлива деформація листів, нерівність розрізу, додаткові припуски та неточність рубки, неможливість вирізання деталей складної форми, можливе неповне різання, отримання рваних країв зрізу. Для різання металопрокату гільйотини використовуються дедалі менше. Сучасні плазмові верстати видають таку продуктивність і якість різання металопрокату, що потреба в простій механічній рубці скорочується.

### **3.4 Особливості різання металу та переваги різання плазмою**

Змінюючи склад плазмоутворюючого середовища та технологічні параметри процесу можна впливати не тільки на показники якості поверхні розрізу, а й на фізико-механічні властивості матеріалу (країв розрізу) шляхом керування їх структурним і фазовим складом, глибиною модифікованого шару. При розрізанні сталі найбільше застосування отримало плазмоутворююче середовище – стиснене повітря (найпоширеніший та економічно-ефективний газ, основними компонентами якого є азот і кисень).

Плазмові різання виконують дугою прямої чи непрямої (побічної) дії. Саме по цій ознаці розрізняють плазмові пальники (плазмотрони). Принцип дії плазмотронів, не зважаючи на різноманітність їх конструкцій, однаковий і заснований на примусовому охолодженні й стисканні стовпа дуги рідиною чи потоком газу.

Найпоширенішими є плазмотрони у яких електрод є катодом. Анодом є сопло в момент збудження й метал в процесі різання. Дуга збуджується між електродом та соплом, проходить через сопло під тиском робочого газу, який подається у камеру (рис. 3.1). Анодна пляма дуги переміщується по внутрішній поверхні каналу сопла й стовп є жорстко стабілізованим по осі сопла.

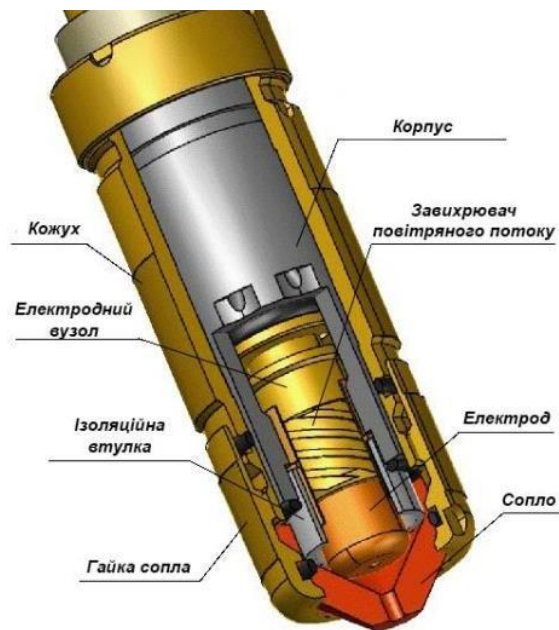


Рисунок 3.1 – Конструкція плазмотрону

Проходячи через стовп дуги частина робочого газу нагрівається, іонізується та виходить із сопла плазмотрона у вигляді плазмового струменя. У плазмотронах щільність струму дуги сягає  $100 \text{ А/мм}^2$ . Плазмова дуга, як елемент електричного кола, характеризується електричними параметрами (напругою і струмом), а як джерело тепла характеризується тепловими параметрами (температурою і тепломісткістю).

При розрізанні листа товщиною  $\delta$  анодна область занурена в порожнину розрізу на відстань  $h_a$  від верхньої площини металопрокату, що розрізається. У цьому випадку ділянка оплавлення може бути розділений на три частини. Перша ділянка розташована між верхньою площиною металопрокату, що розрізається та анодною областю, друга обмежена розмірами анодної області, а третя знаходиться між анодною областю і нижнім краєм металопрокату (рис. 3.2).

На першій ділянці в лінію розрізу тепловий потік поступає від стовпа дуги. На другій ділянці виділяється тепло, яке визначається анодним падінням напруги. На третій ділянці тепло поступає і за рахунок перегріву розплавленого металу на перших двох ділянках, і за рахунок тепла, яке поступає в металопрокат із газового потоку, нагрітого в дузі.

Пасивна частина теплового балансу на перших двох ділянках визначається тепловідводом в металопрокат, що розрізається. Активна частина визначається виділенням тепла в стовпі дуги, що занурений у порожнину розрізу, і виділенням тепла у анодній області.

На склад газової фази й синтез хімічних сполук, що утворюються у плазмовому середовищі, також впливає полярність струму різання. При роботі плазмотрона на зворотній полярності тепловкладення в електрод-анод визначається струмом дуги й мало залежить від вимірів інших параметрів. Тепловкладення у електрод-анод слід прийняти однаковим для обох випадків.

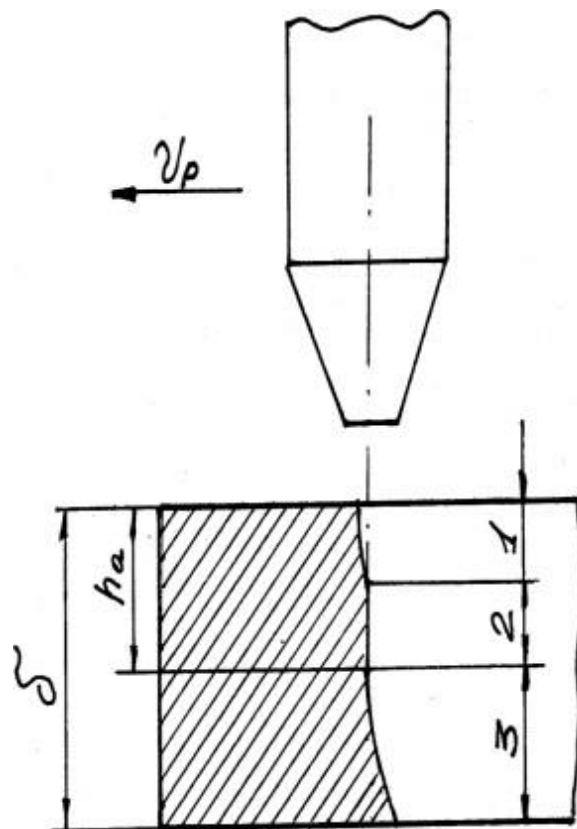


Рисунок 3.2 – Схема плавлення на поверхні розрізу:

глибина занурення анодної області ( $h_a$ ); тепловий потік від стовпа дуги (1); тепловий потік анодної плями (2); тепловий потік розплавленого металу і газового потоку (3).

На перших двох ділянках температура газу падає повільно. За анодною областю температура газу падає швидше, оскільки не має джерел нагріву.



Тепловкладення при різанні у соплову частину плазмотрона не перевищує 0,5 кВт. Питомий тепловий потік на внутрішній поверхні отворів стабілізуючого сопла у три рази менше в порівнянні із основним соплом й охолодженням обох сопел потоком повітря. Наявність стабілізуючого сопла не пред'являє додаткових вимог до системи охолодження плазмотрона.

Теплові навантаження на плазмотрон в цілому й на теплонавантажені елементи при повітряно-плазмовому різанні (ППР) на прямій полярності та плазмовому різанні на зворотній полярності практично однакові. При певних режимах плазмової різки на зворотній полярності тепловий потік у оброблюваний виріб може досягати значень, порівнянних із тепловим потоком при роботі на прямій полярності. Результати досліджень показують високий ККД процесів плазмової обробки на зворотній полярності. І це пояснюється підвищенням теплової потужності, яка переходить у виріб плазмовим потоком.

При оцінці теплової ефективності процесу різання можна скористатися результатами оцінки енергетичного балансу стислої дуги зворотної полярності.

Втрати потужності у плазмотрон й навколишнє середовище незначні та не перевищують у сумі 12-15% від  $P_d$ . Теплову потужність, витрачену на різання металу, можна визначити знаючи швидкість різання та ширину розрізу.

Зараз використовуються плазмотрони для різання в повітряному плазмоутворюючому середовищі із плоскими плівковими катодами із цирконієвими чи гафнієвими осьовими циліндричними вставками. У якості плазмоутворюючих середовищ для обробки низьковуглецевих, низьколегованих й середньолегованих сталей використовують повітря, кисень, азот та його суміші із воднем. Застосування плазмоутворюючих сумішей, до складу яких входить кисень, дозволяє використовувати при різанні як електричну, так і хімічну енергію. У цьому випадку різання є частково процесом виплавки й частково процесом вигорання металу з порожнини розрізу. Кисень у складі повітря забезпечує введення додаткової енергії за рахунок протікання екзотермічної реакції з розплавленою сталлю. Додаткова

енергія дозволяє підвищувати швидкість різання приблизно на 25% у порівнянні із різанням азотом.

Продуктивність плазмового різання металів може бути виражена через співвідношення ефективної потужності, яка йде на розплавлення металу, що може забезпечити ріжучий плазмотрон, до величини питомої потужності, яка необхідна на розплавлення одиниці маси металу.

Вплив основних вхідних параметрів процесу плазмового різання на продуктивність інтегрально враховує ефективний ККД нагрівання металу, що зростає при збільшенні потужності плазмотрону.

Збільшення величини струму різання сприяє підвищенню тепловкладення за постійної швидкості різання, що приводить до зростання ширини ЗТВ та товщини білого шару. Підвищення напруги на дузі сприяє заглибленню анодної плями й збільшенню ділянки нагріву поверхні розрізу теплом плазмової дуги.

У зв'язку із високою швидкістю переміщення точкового джерела нагріву вздовж поверхні різку спостерігається формування фронту тепла з значним градієнтом температур на відносно вузькій ділянці, що прилегла до поверхні розрізу. У приповерхневому шарі краю розрізу протікають процеси, що супроводжуються змінами хімічного складу, структури і механічних властивостей сталі.

Отже, можна назвати ряд переваг плазмового різання:

1. Низькі експлуатаційні витрати:

- скорочення експлуатаційних витрат та підвищений час безперебійної роботи за рахунок тривалого терміну служби витратних деталей;
- функція визначення закінчення терміну служби витратних деталей, яка запобігає пошкодженню різачка й заготовки, що може виникнути у результаті автоматичного припинення подачі живлення при зносі електрода;
- висока енергоефективність, що скорочує споживання електроенергії.

2. Простота використання для різки:

- немає необхідності змінювати тиск газу, оскільки є технологія, що постійно забезпечує його правильне налаштування, визначає закінчення

терміну служби електрода, автоматично відключаючи живлення різачка щоб уникнути можливого пошкодження інших деталей або металопрокату;

- узгоджений запуск і більша надійність різачка;
- контактна різка на максимальній потужності з використанням екрану, який скорочує утворення окалини для більш однорідної різки.

3. Виконання важких завдань з максимальною продуктивністю:

- максимально можлива продуктивність в середовищах із найбільш складними умовами;
- висока стійкість до ударів та термостійкість.

### **3.5 Висновки до розділу 3**

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто актуальне питання підвищення енергоефективності ТОВ «ВП ДАХ» за рахунок плазмового різання металопрокату із якого на підприємстві роблять металочерепицю. Виготовлення якісної металочерепиці посідає важливе місце в технологічному процесі ТОВ «ВП ДАХ». Наявність сучасного обладнання для розрізання металопрокату дозволяє підприємству виготовляти якісну продукцію, а також оптимізує витрати матеріалу і трудомісткість, що позитивно впливає на економічну складову.

На відміну від енергозбереження (збереження енергії, заощадження), що спрямоване на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (ефективне енергоспоживання) – це доцільне використання енергії. Плазмова різка металопрокату ідеально справляється із цією задачею для ТОВ «ВП ДАХ».

## 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 [8].

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  $V = 22,5$  (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу  $Ч = 20$ ;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби  $Z_{\text{пл}}$ , грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції  $d = 12\%$ ;
- первісна або балансова вартість основних фондів  $\Phi = 8,5$  млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень:  $E_{\text{н}} = 0,1$ ;
- нормований термін окупності, років:  $T_{\text{ок}} = 10$ .
- середньомісячна зарплата одного працівника  $Z = 6700$  грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$Z_{\text{пл}} = Z \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6700 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,0804 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot Z_{\text{пл}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 20 \cdot 0,0804}{0,12} = 18,49 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 22,5 - 18,49 = 4 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{8,5}{4} = 2,1 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 2,1 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

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

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки [8]:

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	ТМ-630	1	518

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ПС-ТП1	0,05	ААШВ-3х120 мм <sup>2</sup>	1
ТП1-ВРЩ 0,4	0,08	АВВГ 4х240 мм <sup>2</sup>	3

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам: 5,5 грн/кВт·год

2. Прийняти норму амортизації – 6%,

3. Нарахування:

– в пенсійний фонд – 33,3%,

– у фонд зайнятості – 1,5%,

– на соціальне страхування – 1,5%.

#### 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [8].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.5)$$

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

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

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{пит}$ , тис.грн	$K_{прок}$ , тис.грн	$K_{л}$ , тис.грн
ПС-ТП1	ААШВ-3х120	1	0,05	1250	62,5	65,625
ТП1-ВРЩ 0,4	АВВГ 4х240	3	0,08	750	37,5	183
Разом						248,625

Капітальні вкладення для електричних підстанцій:

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

де  $K_{псі}$  – 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 [8].

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМ-630	1	340	68	408
Трансформатор струму на напругу 0,4 кВ	Т-0,66 1000/5	1	2,1	0,42	2,52
Разом:					410,52

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів та роз'єднувачів. Відповідно до однолінійної схеми, кількість вимикачів ВА 88-43 0,4 кВ – 2 шт., кількість вимикачів ВА 88-37 0,4 кВ – 3 шт., кількість вимикачів ВА 88-35 0,4 кВ – 6 шт., кількість вимикачів ВА 88-32 0,4 кВ – 1 шт., кількість роз'єднувачів РЕ-1943 – 1 шт. Вартість вимикача ВА 88-43 0,4 кВ 60 тис. грн. Вартість вимикача ВА 88-37 0,4 кВ 7 тис. грн. Вартість вимикача ВА 88-35 0,4 кВ 3,5 тис. грн. Вартість вимикача ВА 88-32 0,4 кВ 2 тис. грн. Вартість роз'єднувача РЕ-1943 – 11 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів та роз'єднувачів:

$$K_B = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 7 + 6 \cdot 3,5 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 11 = 175 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами та роз'єднувачами:

$$K_{\text{пс}} = 410,52 + 175 = 585,52 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 248,625 + 582,52 = 834,145 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

### 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  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [8];

$h$  – 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 [8];

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

$h$  – 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. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Роз'єднувач	1	1	18	18	12	2	24
Вимикачі	12	1	24	288	12	2	288
ТМ-630	1	0,33	100	33	12	8	96
ТС Т-0,66 1000/5	1	1	16	16	12	1	12
Кабельна лінія 3х120	0,05	1	9	0,45	1	3	0,15
Кабельна лінія 4х240	0,24	1	76,8	18,432	1	16,8	4,032
Разом		2		373,88			424,182

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	трудомісткість обслуговування люд.год.
Роз'єднувач	1	2	0,1	12	43,2	67,2
Вимикачі	12	2	0,1	12	691,2	979,2
ТМ-630	1	2	0,1	12	240	336
ТС Т-0,66 1000/5	1	2	0,1	12	38,4	50,4
Кабельна лінія 3х120	0,05	2	0,1	12	1,08	1,23
Кабельна лінія 4х240	0,24	2	0,1	12	44,24	48,27
Разом					1058,12	1482,29

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{1482,29}{1900 \cdot 1,05} = 0,75, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{373,88}{1900 \cdot 1,1} = 0,18. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ  $N_{\text{тр}} = 2$  чол.,  $N_{\text{обс}} = 2$  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:

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

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, [8];

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

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

$$C_1 = 6700 \cdot 1 / 176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

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

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 енергоустановок, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

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

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_1, \quad (4.20)$$

де  $K4, K5$  – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [8].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

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

$$\Phi_p = 373,88 \cdot 50,06 = 18716,41 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oc} = 159486,65 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200953,17 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 18716,41 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 24518,49 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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:

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

$$\Phi_{осд} = 200953,17 \cdot 1,15 = 231096,15 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 24518,49 \cdot 1,15 = 28196,26 \text{ (грн./рік)}.$$

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 ( $C_{зп}$ ) розраховуються так, грн./рік:

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

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

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

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

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

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

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 28196,26 \cdot \left( 1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 38064,96 \text{ (грн./рік)}.$$

#### 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

Вид обладнання	Вартість матеріалу, грн
Трансформатор ТМ-630	34000
Трансформатор струму Т-0,66 1000/5	1000
КЛ	2900

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{м} = 0,01 \cdot \left( \sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.26)$$

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,

$C_{\text{ЛЮ}}$  – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт:  $C_{\text{мпр}} = 11927,58$  (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування:  $C_{\text{мто}} = 116179,47$  (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{\text{обс}} = 311979,806 + 116179,47 = 428159,27 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 38064,96 + 11927,58 = 49992,54 \text{ (грн/рік).}$$

#### 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.

$$C_a = 0,06 \cdot 834145 = 50048,70 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

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

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (428159,27 + 49992,54 + 50048,70) = 132050,13 \text{ (грн/рік)}.$$

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	428159,27	64,85
Витрати на поточний ремонт	49992,54	7,57
Витрати на амортизацію	50048,70	7,58
Інші витрати	132050,13	20,00
Разом	660250,63	100,00

#### 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 установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

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

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

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

$K_{п}$  – коефіцієнт попиту.

Визначаємо річні витрати активної електроенергії для виробничого приміщення. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	T <sub>м</sub> , год.	cos φ	P <sub>p</sub> , кВт	E <sub>a</sub> , кВт·год./рік
Виробниче приміщення	2	4000	0,96	518	2072000

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

де  $I_{\text{м}}$  – максимальний струм у лінії, А;

$\tau$  – 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 [8].

Струм лінії живлення, А:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}. \quad (4.34)$$

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	$I_{\text{м}}$ , А	$R$ , Ом	$\tau$ , год./рік	$\Delta E_{\text{л}}$ , кВт·год.
ПС-ТП1	ААШВ-3х120	1	0,05	31,15	0,0129	2405,29	90,34
ТП1-ВРЩ 0,4	АВВГ 4х240	3	0,08	819,81	0,0034	2405,29	16683,03
Разом							16773,37

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

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left( \frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$  і  $\Delta P_{хх}$  – 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);

$S_f$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_n$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_{хх}$ , кВт	$\Delta P_{кз}$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_n$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-630	1	1,31	8,5	518	630	25297,38
Разом							25297,38

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

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

$$E = 2072000 + 16773,37 + 25297,38 = 2114070,75 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$П = 5,5 \cdot 2114070,75 = 11627389,14 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

#### 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  $\Pi$  – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\Pi}$  – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

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

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

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;

$C_{\text{а}}$  – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 428159,27 + 49992,54 + 50048,7 + 132050,13 = 660250,64 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 11627389,14 + 660250,64 = 12287639,77 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{12287639,77 \cdot 100}{2072000} = 5,93 \text{ (грн./кВт}\cdot\text{год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	2072000	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	2114070,75	кВт·год
Плата за електроенергію	$\Pi$	11627389,14	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\Pi}$	660250,63	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	12287639,77	грн
Собівартість електроенергії	$S$	593,03	коп/кВт·год

#### **4.5 Висновки до розділу 4**

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП ТОВ «ВП ДАХ» та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 593,03 коп/кВт·год.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в процесі підвищення ефективності функціонування системи електропостачання ТОВ «ВП ДАХ».

Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює реконструкцію та експлуатацію системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [21, 22].

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, переважно аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний 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 експлуатації об'єкта**

### **5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць**

Все силове обладнання заводу повинно відповідати вимогам нормативних документів і на них повинна бути експлуатаційна документація, а крани та інші машини, що придбані за кордоном – повинні мати сертифікат відповідності вимогам безпеки праці. Забороняється експлуатація засобів механізації без передбачених їх конструкцією огорож, блокувань, систем сигналізації та інших засобів колективного захисту працюючих. До управління і обслуговування машин і механізмів допускаються особи (працівники), що отримали відповідну професійно-технічну підготовку, пройшли навчання і перевірку знань із безпеки праці.

Персонал, який експлуатує засоби механізації, оснащення, пристрої та ручні машини, до початку робіт повинен бути навчений безпечним методам та способам робіт відповідно до інструкцій заводу-виробника та інструкції з охорони праці. Робочі місця, засоби підмоцнування (риштування, помости, робочі площадки тощо, які забезпечують безпеку виконання робіт на висоті) повинні відповідати вимогам будівельних норм і правил. Під час виконання будівельно-монтажних робіт необхідно застосовувати переважно інвентарні засоби підмоцнування.

За відсутності вказівок щодо закріплення риштувань їх кріплення до стін споруди необхідно здійснювати не менше ніж через один ярус для верхніх стояків, через два прогони для верхнього ярусу й одного кріплення на кожних

50 м<sup>2</sup> проекції поверхні риштувань на фасад споруди. Не допускається кріплення риштувань до парапетів, карнизів, балконів, інших виступних частин споруди.

Робочі навантаження на риштування в процесі виконання робіт не повинні перевищувати визначених технічною документацією. За необхідності передавання на риштування додаткових навантажень (від підйомників, вантажопідіймальних площадок тощо) їх конструкцію необхідно перевірити на ці навантаження. У місцях піднімання людей на риштування повинні бути вивішені плакати, на яких зазначено схеми навантажень, їх величини, а також схеми евакуації працівників на випадок аварійних ситуацій.

Засоби підмоцнування повинні бути зроблені з рівних робочих настилів із зазором між дошками не більше ніж 5 мм, а у разі розміщення настилу на висоті 1,3 м та вище встановлювати огорожі з суцільною бортовою обшивкою по низу. Висота огорожі повинна бути не менше ніж 1,1 м, бортові обшивки - не менше ніж 0,15 м, відстань між горизонтальними елементами огорожі - не більше ніж 0,5 м. Засоби підмоцнування, які використовуються під час робіт у місцях, під якими здійснюються інші роботи або є прохід, необхідно виконувати настилами без зазорів. Риштування та помості висотою до 4 м допускаються в експлуатацію після їх приймання керівником робіт та реєстрації в журналі робіт, а вище ніж 4 м- після приймання комісією, призначеною особою, яка відповідає за забезпечення охорони праці в організації, та оформлення відповідного акту.

Під час виконання робіт із риштувань висотою понад 6 м і більше повинно бути улаштовано не менше ніж два настили: робочий (верхній) і захисний (нижній); кожне робоче місце на риштуваннях, що прилягає до будинку чи споруди, повинно бути захищене зверху настилом, розташованим на висоті не вище ніж 2 м від робочого настилу. Якщо під час виконання робіт рух людей чи транспорту під риштуваннями і поблизу від них не передбачається, улаштування захисного (нижнього) настилу не обов'язкове.

Для забезпечення 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.

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.

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. 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.

### 5.1.2 Електробезпека

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як виконуються назовні.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [24, 25]:

- 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;

- персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби до 1000 В. Основні: ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками; додаткові: діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати та 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. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1. Мікроклімат

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

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [26]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в табл. 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [27]:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	ІІб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	ІІб	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 [26] наведено в табл. 5.2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Вуглець (ІІ) оксиду	20		4



Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [27]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилю в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

### 5.2.3. Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [28] розряд зорової роботи IV, підрозряд «Г».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка 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 включно	V	Г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	1	0,6

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

### 5.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні

шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [29] (табл. 5.4).

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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

#### 5.2.5 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [30] і наведені в табл.5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

#### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [21]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю мязів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба,

незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

## 2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

## **5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС**

Існує ймовірність впливу на пристрої СЕП електромагнітних та іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на електро-радіоелементи викликає зворотні та незворотні процеси, внаслідок яких може бути порушена робота елементів схеми, що призводить до виходу з ладу апаратури.

Надзвичайна ситуація є наслідком сукупності виняткових обставин, що склалися у відповідній зоні в результаті надзвичайної події техногенного, природного, антропогенного та воєнного характеру, а також під впливом можливих надзвичайних умов.

Надзвичайні ситуації, які можуть виникати на території України і здійснювати негативний вплив на функціонування об'єктів економіки та життєдіяльність населення, поділяються за такими основними ознаками: за сферою виникнення; за галузевою ознакою; за масштабами можливих наслідків.

Проникаюча радіація - це гамма-випромінювання і потік нейтронів. Ступінь тяжкості променевого ураження головним чином залежить від поглиненої дози. При дії проникаючої радіації на людей може виникнути променева хвороба різного ступеня. Матеріали, що володіють захисними властивостями, активно використовуються в будівництві захисних споруд.

Радіоактивне забруднення є четвертим фактором, на який припадає близько 10 % енергії ядерного вибуху. Під час ядерного вибуху утворюється велика кількість радіоактивних речовин, які, осідаючи з димової хмари на поверхню землі, забруднюють повітря, місцевість, воду, а також всі предмети, що знаходяться на ній, споруди, лісові насадження, сільськогосподарські культури, урожай, незахищених людей і тварин.

При проходженні потоку гамма-опромінення через елементи РЕА, в них виникають вільні носії електричних зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може призвести до збою в роботі пристрою.

Особливо чутливими до радіації елементами є елементи з високим вмістом металів, яким в свою чергу властива висока концентрація вільних носіїв зарядів.

Таким чином радіація в РЕА викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можлива зміна майже всіх електричних та експлуатаційних характеристик, що залежать від проходження процесів іонізації, порушення структури матеріалів, що призводить до пошкодження апаратури.

Під час дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ) у тілах, що проводять електричний струм на частку секунди (час дії ЕМІ) виникає імпульс електричного струму і з'являється різниця потенціалів відносно землі. Під дією цих напруг може відбутись пошкодження РЕА, ліній зв'язку, вихід з ладу запобіжників і т.д.

5.3.1 Визначення області працездатності СЕП в умовах дії іонізуючого випромінювання

В РЕА використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та інші). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Визначаємо потужність експозиційної дози для кожного елементу і знаходимо елемент, який найбільш чуттєвий до дії іонізуючого випромінювання.

Таблиця 5.6 – Стійкість елементів до радіації.

№	Блоки елементів	Елементи РЕА СЕП	Найменування	Ргр.і, р/год	Ргр, р/год
1	Основний пристрій	Конденсатори	К50-35, К10-17	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>
		Резистори	С2-23	10 <sup>6</sup>	
		Транзистори	КТ3102А	10 <sup>5</sup>	
		Мікросхеми	FT232RL, AT24C512	10 <sup>4</sup>	
2	Система керування	Діоди	АЛ307	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
		Сенсорна панель	SBL6	10 <sup>5</sup>	

Аналізуючи дані таблиці, визначаємо, що найбільшого впливу зазнають мікросхеми та діелектричні матеріали. В них незворотні дії виникають при рівні  $p_i$ , яка для пристрою в цілому є граничною, отже,  $p_{гран}=10^4$  Рад/с.

В якості критерію стійкості роботи РЕА використовують значення рівня радіації гамма-випромінювання, яке розраховується за формулою:

$$p'_{гран} = p_{гран} \cdot K_H \cdot K_{посл} [P / год], \quad (5.1)$$

де  $p_{гран}$  – межа стійкості роботи СЕП, Рад/с;

$K_H$  – коефіцієнт надійності елементної бази,  $K_H = 0,9 \dots 0,95$ ,  
приймаємо  $K_H = 0,92$ ;

$K_{посл}$  – коефіцієнт послаблення радіації, із завдання:  $K_{посл} = 2$ .

Тоді:

$$p'_{гран} = 10^4 \cdot 0,92 \cdot 2 = 1,84 \cdot 10^4 \text{ (P / год)}.$$

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

$$t_{доп} = \frac{D_{зр} \cdot K_{посл} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2P_1} \quad (5.2)$$

$$t_{доп} = \frac{10^4 \cdot 7 + 2 \cdot 17,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 17,8} = 1967,292 \text{ Год}$$

5.3.2 Визначення області працездатності в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи пристрою в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнт безпеки [38], який визначається за формулою:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_\partial}{U_\Gamma} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де  $U_\Gamma$  – напруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань горизонтальних струмопровідних частин плати, В;

$U_\partial$  – допустиме коливання напруги живлення, В.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення

$$U_\partial = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} \cdot \Delta \quad (5.4)$$

де  $U_{жс}$  – напруга живлення СЕП ( $U_{жс} = 30\text{В}$ );

$N$  - допустиме коливання напруги живлення ( $N \pm 5\%$ ).

$$U_\partial = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Плата пристрою розташована в горизонтальній площині. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях з рівності:

$$20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{\Gamma}} = 40 \quad (5.5)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\partial}}{100} [\text{кВ}], \quad (5.6)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{31,5}{100} = 0,315 (\text{кВ}).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{В}} \cdot l_{\Gamma}, \quad (5.7)$$

звідки

$$E_{\text{В}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} [\text{кВ} / \text{м}], \quad (5.8)$$

де  $l_{\Gamma}$  – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми, м ( $l_{\Gamma} = 0,1\text{м}$ ).

$$E_{\text{В}} = \frac{0,315}{0,1} = 3,15 (\text{кВ} / \text{м}).$$

Згідно з розрахунками СЕП здатна працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу при напруженості вертикальної складової електричного поля  $E_{\text{В}} \leq 3,15 \text{ кВ/м}$ .

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що СЕП здатна стійко працювати в середині будівлі ангарного типу, яка має коефіцієнт послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до  $1,84 \cdot 10^4 \text{ Р/год}$ .

Також в даному розділі було визначено область працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елемента, яка в цілому для пристрою є граничною і складає:  $p_{\text{гран}} = 10^4 \text{ Р/год}$ .



## 5.4 Висновки до розділу 5

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення оптимальних умов роботи ТОВ «ВП ДАХ».

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що СЕП ТОВ «ВП ДАХ» здатна стійко працювати в середині будівлі ангарного типу, яка має коефіцієнт послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до  $1,84 \cdot 10^4$  Р /год.

Також, в даному розділі було визначено область працездатності СЕП в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елемента, яка в цілому для пристрою є граничною і складає:  $p_{гран} = 10^4$  Р/год.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз та оптимізацію системи електропостачання ТОВ «ВІП ДАХ». Для цього були розроблені наступні рішення:

- демонтаж трансформатора існуючої ТП № 741;
- монтаж КТП-630/10/0,4 кВ закритого типу з кабельним вводом високої напруги та кабельним виводом низької напруги;
- улаштування контуру заземлення та захисту від грозових перенапруг новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ;
- будівництво КЛ-0,4 кВ до виробничого приміщення;
- монтаж конденсаторної установки;
- ввідний рубильник, вимикач автоматичний та лічильник електроенергії підлягають пломбуванню з обмеженням доступу до відкритих струмоведучих частин;
- для обліку електроенергії передбачено двонаправлений лічильник трансформаторного включення по струму типу АСЕ 6000 разом з модемом, класу точності 1,0, що встановлений в РУ-0,4 кВ ТП № 741;
- РУ-0,4 кВ передбачено встановлення на ввіді рубильника та вимикача автоматичного згідно дозволеної потужності. У ВРЩ-0,4 кВ об'єкта для захисту електроустановки встановлені вимикач автоматичний, пристрій захисного відключення, що реагує на диференційний струм й реле захисту від імпульсних перенапруг РНПП-311М із магнітним пускачем. На відхідні лінії встановлені вимикачі автоматичні;
- для компенсації реактивної потужності передбачається встановлення конденсаторної установки типу УК-Е-0,4-380/8-10-21У3 на напругу 0,4 кВ потужністю 380 кВАр в ВРЩ-0,4 кВ приміщення;
- при монтажі електричного обладнання мають виконуватися загальні правила техніки безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009 й інших нормативних норм та правил по охороні праці й техніки безпеки;

- всі металеві не струмоведучі частини обладнання потрібно заземлити.

Отже, удосконалена система електропостачання ТОВ «ВП ДАХ» за рахунок прийнятих оптимальних проектних рішень стане більш енергоефективною і це дозволить суттєво покращити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП ТОВ «ВП ДАХ».

Було розглянуто актуальне питання підвищення енергоефективності ТОВ «ВП ДАХ» за рахунок плазмового різання металопрокату із якого на підприємстві роблять металочерепицю. Виготовлення якісної металочерепиці посідає важливе місце в технологічному процесі ТОВ «ВП ДАХ». Наявність сучасного обладнання для розрізання металопрокату дозволяє підприємству виготовляти якісну продукцію, а також оптимізує витрати матеріалу і трудомісткість, що позитивно впливає на економічну складову. На відміну від енергозбереження (збереження енергії, заощадження), що спрямоване на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (ефективне енергоспоживання) – це доцільне використання енергії. Плазмова різка металопрокату ідеально справляється із цією задачею для ТОВ «ВП ДАХ».

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 593,03 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на ТОВ «ВП ДАХ» та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ростецький В.В., Шулле Ю. А. Удосконалення системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «ВІП ДАХ». ЛІІ Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19641/16255> (дата звернення 07.12.2023).
2. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.
3. Барібін Ю.Г., Бабахаян І.С., Бейдер А.А. Довідник по проектуванню електропостачання: довідник. 1990. 576 с.
4. Правила улаштування електроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.
5. Неклепаєв Б. Н., Крючков И. П. Электрична частина станцій і підстанцій: навч. посіб. Москва, 1989. 607 с.
6. Довідник по проектуванню електричних мереж і електрообладнання / за ред. Ю.Г.Барібін.: Енергоатомвидав, 1991. 464 с.
7. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95 с.
8. Демов О.Д., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.
9. Силові трансформатори. Веб-сайт URL: <http://www.lvmarket.com.ua/silovi-transformatori> (дата звернення 02.12.2023).
10. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://ltke.com.ua/ua/dovidnik-spozhivacha/osnovni-pokazniki-yakosti-elektroenergi%D1%97-ta-nadijnist-elektropostachannya> (дата звернення 02.12.2023).
11. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://kiroe.com.ua/pokazniki-yakosti-elektroenergi> (дата звернення 02.12.2023).
12. Вимикачі навантаження Веб-сайт URL: <http://001.com.ua/uk/vumykachi-navantazhennya-s756> (дата звернення 02.12.2023).
13. Каталог конденсаторних установок. Веб-сайт URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 02.12.2023).

14. Кабельно-провідникова продукція. Веб-сайт URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 02.12.2023).
15. Експлуатація освітлювальних установок Веб-сайт URL: [http://life-prog.ru/ukr/1\\_954\\_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html](http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html) (дата звернення 02.12.2023).
16. Порівняння аналізів життєвого циклу компактних люмінесцентних ламп і ламп розжарювання на основі номінального терміну служби компактних люмінесцентних ламп. Веб-сайт URL: <https://p2infohouse.org/ref/47/46011.pdf> (дата звернення 02.12.2023).
17. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDТ) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
18. Підтримка MS Office. Веб-сайт URL: <http://office.microsoft.com/uk-ua/support> (дата звернення 02.12.2023).
19. Камінський А.В., Мокін Б.І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ. Вінниця, 2005. 122с
20. 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.
21. 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](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073). (дата звернення 02.12.2023).
22. 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- (дата звернення 02.12.2023).
23. 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.
24. 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.
25. 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> (дата звернення 02.12.2023).
26. 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> (дата звернення 02.12.2023).
27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
29. 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> (дата звернення 02.12.2023).
30. 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> (дата звернення 02.12.2023).
31. Боротьба з шумом на виробництві: Довідник / За ред. Е.Я.Юдіна. - М.: Машинобудування, 1985. 400 с.
32. Довідник по охороні праці на промисловому підприємстві /К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов. К.: Техника, 1991. 285 с.
33. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL:

<https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 01.12.2023).

34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759) (дата звернення 01.12.2023).

35. Методичні рекомендації «Санітарно-гігієнічні вимоги щодо використання систем променевого опалення в виробничих приміщеннях» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacii-sanitarno-gigien-doc17891.html>. (дата звернення 01.12.2023).

36. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>. (дата звернення 01.12.2023).

37. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація: веб-сайт. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 01.12.2023).

38. ДСТУ Б В.1.1-36. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек: веб-сайт. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759) (дата звернення 01.12.2023).

39. ДБН В.1.1-7. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf) (дата звернення 01.12.2023).

40. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення 01.12.2023).

41. Охорона праці: Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. К. : Основа, 1998. 224 с.

42. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. Вінниця: Планер, 2007. 171 с.

43. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. Вінниця: ВДТУ, 2003. 125 с.

44. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. Вінниця: ВНТУ, 2005. 139 с.

# Додатки



Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

### **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З  
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВПІ ДАХ»**

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-22м

Ростецький В.В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2023 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 247 від 18.09.2023р.

Дата початку роботи 19.09.2023р.

Дата закінчення роботи 04.12.2023р.

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

а) мета: удосконалення системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «ВП ДАХ»

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 Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Енергетичний менеджмент») / Уклад. О. В. Бабенко, Ю. А. Шульє. Вінниця : ВНТУ, 2023. 52 с.

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

3.3 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.

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	1.09.23	17.09.23
4.2 Проведення необхідних розрахунків	17.09.23	20.10.23
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.23	17.11.23
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.23	4.12.23

#### 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

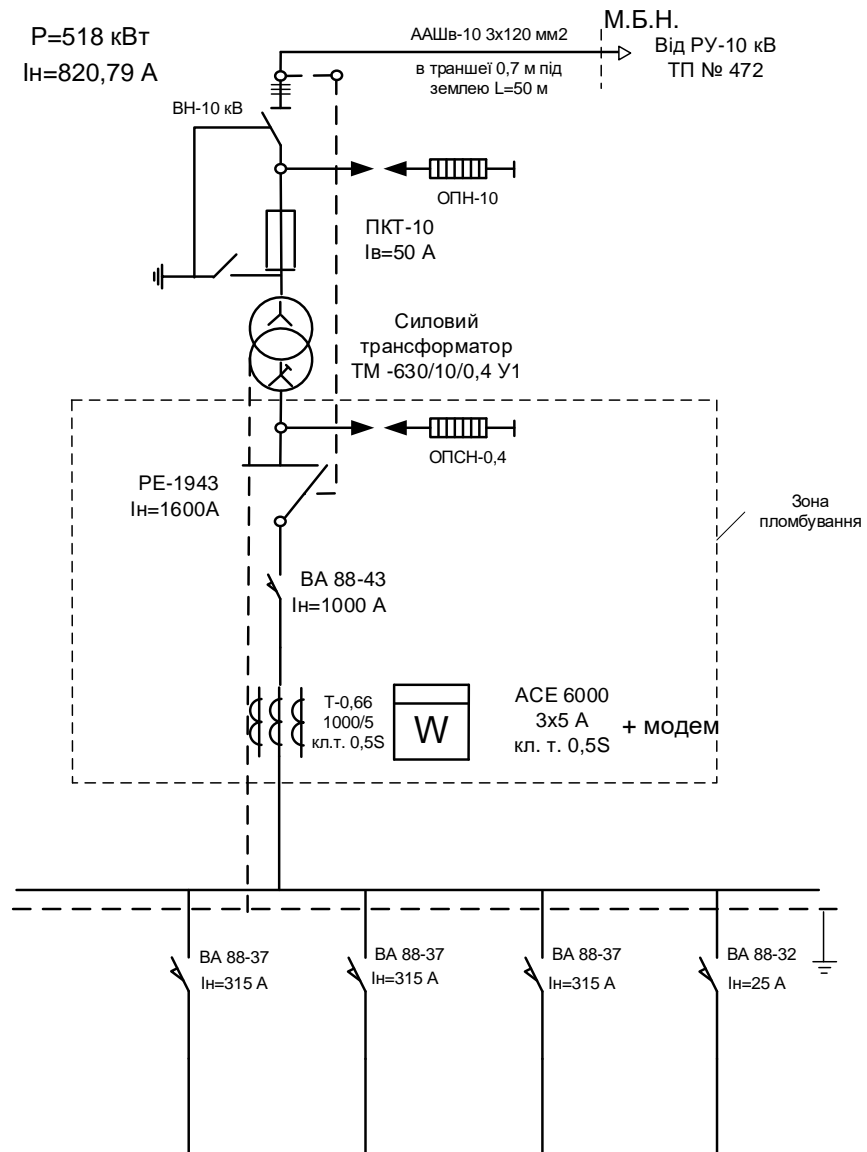
Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

## Додаток Б

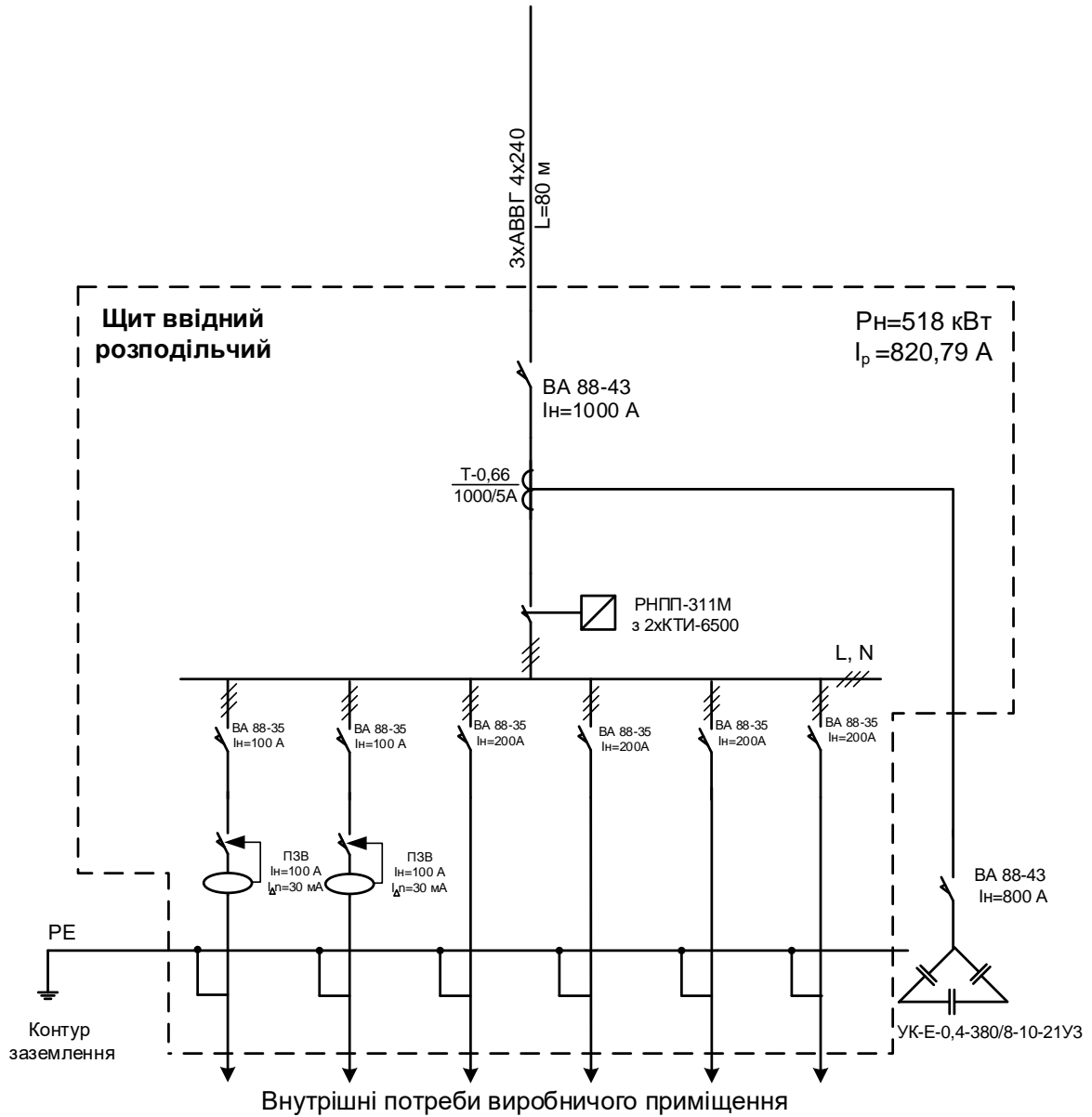
## Схема електрична однолінійна ТП-741



## Додаток В

## Схема електрична однолінійна ВРЩ-0,4кВ

Від РУ-0,4 кВ КТП -630/10/0,4 кВ  
№ 741 (див арк. 3.1)



Додаток Г  
 ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
 НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ  
 ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІП ДАХ»

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 83,5% Схожість 16,5%

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 \_\_\_\_\_ Лобода Ю.В.  
 (підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи \_\_\_\_\_ Ростецький В.В.  
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шулле. Ю.А.  
 (підпис) (прізвище, ініціали)

## ДОДАТОК Д

### Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
(повне найменування факультету)  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
(повна назва кафедри)

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
 на тему:  
**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З  
 ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВПІ ДАХ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-22м

Ростецький В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Шуцле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2023

*Актуальність теми.* Сприятливе функціонування підприємства напряму залежить від вірного вибору та ефективного підключення системи електропостачання. Надзвичайно актуальним є обґрунтування підбору раціональних систем електроживлення, сучасного електричного обладнання, провідниково-кабельної продукції, поліпшення використання наявних електричних мереж, підвищення стабільних параметрів електропостачання, скорочення втрат активної складової енергії. Тому магістерська кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню системи електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ».

Для ТОВ «ВПІ ДАХ» актуальною задачею є удосконалення системи електропостачання через оптимізацію самої системи електропостачання, а також вибором:

- оптимальної кількості та потужності ТП;
- оптимальних перерізів провідників електромереж;
- оптимальної системи енергозбереження на виробництві.

*Метою* МКР є удосконалення системи електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ» через прийняття оптимальних проектних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП ТОВ «ВПІ ДАХ».

*Основні задачі:* оптимальний вибір схем електропостачання підприємства, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

*Об'єкт дослідження* – система електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ».

*Предмет дослідження* – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ».

*Наукова новизна одержаних результатів.* Удосконалено систему електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ», а саме, через автоматизований вибір оптимальних потужностей трансформаторів ТП, перерізів провідників електричних мереж та створення системи енергозбереження на виробництві.

*Практичне значення одержаних результатів:* в результаті виконання роботи практична реалізація отриманих рішень дозволить суттєво оптимізувати електропостачання і підвищити енергоефективність системи електропостачання ТОВ «ВПІ ДАХ»: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП ТОВ «ВПІ ДАХ» нормальним й аварійним електричним режимам, зменшити витрати та втрати електроенергії.

*Апробація результатів роботи.* Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було висвітлено на науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки у 2023 році. За результатами досліджень було опубліковано тези доповідей.

## Загальні відомості про підприємство

ТОВ «ВПІ ДАХ» займається виготовленням й роздрібною торгівлею залізними виробами, а також будівельними матеріалами та санітарно-технічними виробами у спеціалізованих магазинах. Це не просто магазин опалювальних приладів та матеріалів для даху. Тут пропонується широкий асортимент кровельної продукції, великий вибір якісної металочерепиці із гарантією якості й відповідності нормативам. У ТОВ «ВПІ ДАХ» виконується повністю весь технологічний цикл: від закупівлі сировини до її повного виготовлення у виробі. ТОВ «ВПІ ДАХ» розміщується по вул. Гонти, 94 в м. Вінниця.

В магістерській кваліфікаційній роботі передбачено електропостачання виробничого приміщення ТОВ «ВПІ ДАХ» з встановленою сумарною потужністю 518 кВт. ТОВ «ВПІ ДАХ» по категорії надійності електропостачання відноситься до споживачів 3-ї категорії. Напруга в точці приєднання 10 кВ.

В магістерській кваліфікаційній роботі, відповідно до технічних умов, передбачається розроблення наступних рішень з електропостачання виробничого приміщення:

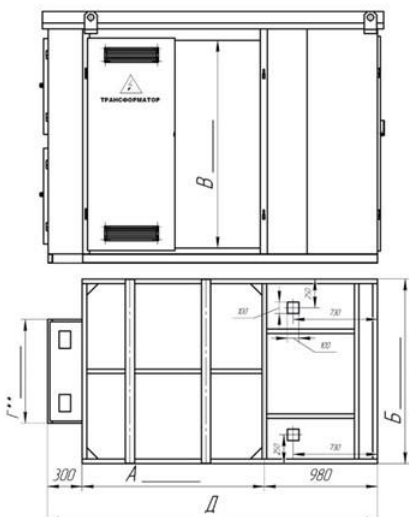
- демонтаж існуючого трансформатора ТП № 741;
- перевірка існуючої КЛ-10 кВ від контактних з'єднань до новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ № 741;
- монтаж КТП-630/10/0,4 кВ закритого типу з кабельним вводом високої напруги та кабельним виводом низької напруги;
- улаштування контуру заземлення та захисту від грозових перенапруг новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ;
- будівництво КЛ-0,4 кВ до виробничого приміщення;
- монтаж конденсаторної установки.

3

## Вибір потужності силових трансформаторів

Обираємо силовий трансформатор ТМ потужністю 630 кВА.

$$S_{\text{т.калі}} = \frac{P_{\text{н}}}{k_{\text{з}} \cdot \cos \phi} = \frac{518}{0,85 \cdot 0,96} = 634,8 \text{ (кВА)}$$



Зовнішній вигляд КТП-630/10/0,4 кВ

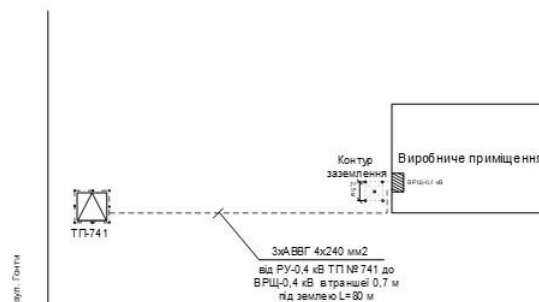
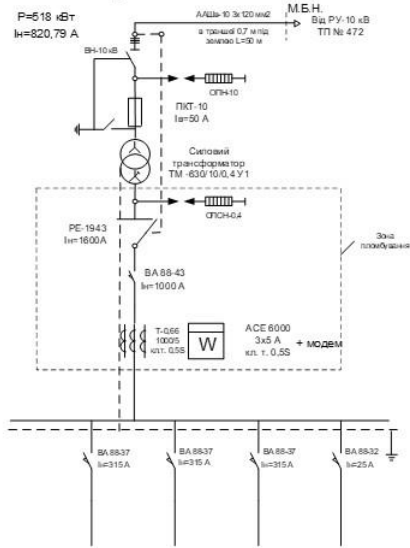


Схема плану розташування електрообладнання ТОВ «ВПІ ДАХ»

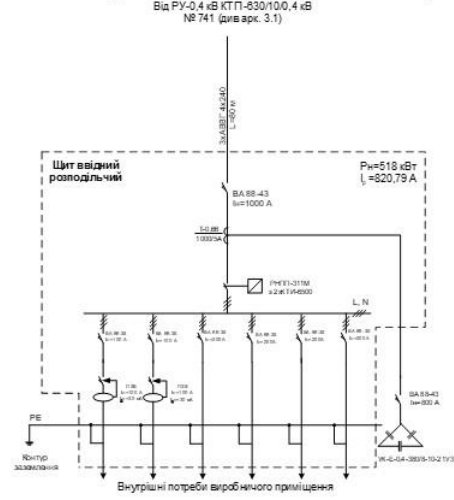
4



**Схема електрична однолінійна ТП-741**



**Схема електрична однолінійна ВРЩ-0,4кВ**



ТОВ «ВП ДАХ» заживлено кабелем ААШв-3х120 мм<sup>2</sup> напругою 10 кВ, довжиною 50 м у траншеї.

В схемі електропостачання запропоновано встановити високовольтний нелінійний обмежувач перенапруг 10 кВ типу ОПН-10/12.

В якості захисних апаратів трансформаторів по стороні 10 кВ встановлюються запобіжники типу ПКТ-012-10-50-31,5 з наступними характеристиками:  $U_N=10$  кВ,  $I_N=50$  А,  $I_{відк}=31,5$  кА.

В якості ввідних комутаційних апаратів вибрані враховуючи, що зі сторони 10 кВ силових трансформаторів встановлено запобіжники, а в лінійних комірках 0,4 кВ власні автоматичні вимикачі, роз'єднувачі типу РЕ-1943 з наступними характеристиками  $U_N=1000$  В,  $I_N=1600$  А,  $I_{відк}=20$  кА.

Встановлюємо на ввіді в трансформаторній підстанції вимикан автоматичний ВА 88-43 з розрахунковим струмом  $I_N=1000$  А.

Для системи обліку необхідно встановити на ввіді 0,4 кВ силового трансформатора ТП № 741 багатофункціональний лічильник типу АСЕ 6000 з впровадженням системи АСКОЕ, який підключається через трансформатори струму типу Т-0,66 класу точності 0,5S.

Кабельна лінія 0,4 кВ буде 3xАВВГ 4x240 мм<sup>2</sup>.

**Вибір потужності конденсаторної установки**

Визначимо ємність реактивної потужності  $Q_c$ , що необхідна для досягнення заданого  $\cos \phi$ , за формулою:

$$Q = P_{вст} \cdot (\operatorname{tg} \phi_1 - \operatorname{tg} \phi_2),$$

де  $P_{вст}$  – встановлена потужність електроприймачів;

$\phi_1, \phi_2$  – кути зсуву фаз.

$$P_{вст} = P_{зам} = 518 \text{ (кВт)}.$$

Повну потужність електроприймачів визначимо за формулою:

$$S_{вст} = P_{вст} / \cos \phi = 518 / 0,75 = 610 \text{ (кВАр)};$$

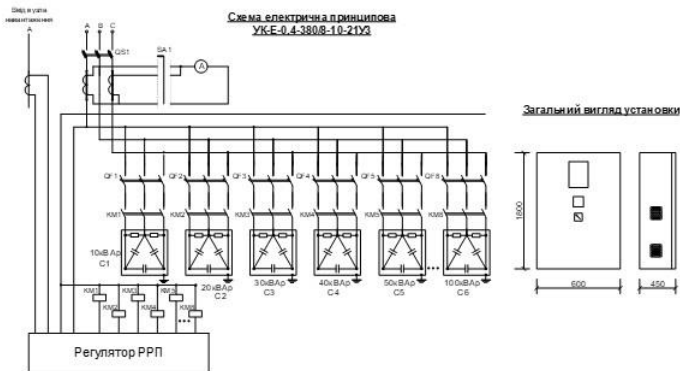
$$\cos \phi_1 = 0,7, \text{ тоді } \operatorname{tg} \phi_1 = 1,02.$$

Прийmemo нормативний  $\cos \phi_2 = 0,96$ , для нього  $\operatorname{tg} \phi_2 = 0,29$ .

$$Q_k = 518 \cdot (1,02 - 0,29) = 378,14 \text{ (кВАр)}.$$

Обираємо конденсаторну установку УК-Е-0,4-380/8-10-21УЗ із потужністю 380 кВАр.

**Схема підключення конденсаторної установки**



## Ізоляція, заземлення та грозозахист

У відповідності до вимог глави 1.7 ПУЕ:2017, заземлюючий пристрій підстанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах із глухозаземленою та ізольованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ із ізольованою нейтраллю. Відповідно до пункту 1.7.92 та пункту 1.7.96 ПУЕ:2017 опір заземлюючого пристрою має складати не більше 4 Ом.

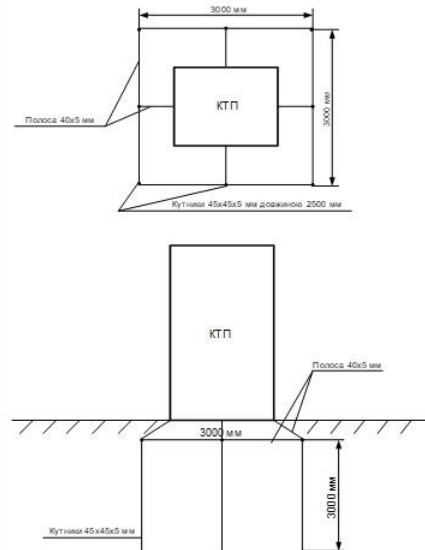
Передбачено влаштування контуру заземлення опор ПЛ-10 кВ та роз'єднувача з опором розтікання струму до 10 Ом, до якого приєднуються нульовий провід мережі та елементи конструкції опор.

Залізобетонні опори мають мати металевий зв'язок між металоелементами та арматурою стояків, підкосів та відтяжок.

Передбачено влаштування контуру заземлення КТП-630/10/0,4 кВ з опором розтікання струму до 4 Ом, до якого приєднано елементи металоелементів обладнання, що встановлюється. Заземленню підлягають нейтраль та корпус трансформатора, а також інші металеві частини, що можуть опинитися під напругою в разі пошкодження ізоляції.

Для захисту електрообладнання та кабельної продукції від грозових перенапруг в ВРЩ - 0,4 кВ, а також для захисту КЛ-10 кВ встановити нелінійні обмежувачі перенапруги.

### Схема плану розташування заземлення КТП



7

## Підвищення енергоефективності ТОВ «ВШ ДАХ» за рахунок плазмового різання

Плазмове різання – це вид плазмової обробки металів, при якому у якості різального інструменту використовується струмінь плазми. Плазмове різання ефективний спосіб розрізання листового металу в порівнянні із газокисневим, лазерним й гідроабразивним різанням з товщиною металу 3-50 мм. Переваги плазмового різання: висока швидкість різання; висока якість поверхні розрізу; можливість виготовлення з листового матеріалу деталей складної геометричної форми.

### Порівняння термічних способів розрізання металопрокату

Показник	Термічні способи розрізання		
	Газокисневе	Лазерне	Плазмове
Область застосування	Метали та їх сплави, нержавіючі сталі, кольорові метали, залізобетон	Майже будь-які матеріали	Майже всі метали та їх сплави
Товщина металу (мм)	до 2000	до 20	до 200
Ширина різі (мм)	до 10	0,1-1	2-7
Якість різі	низька	висока	середня
Продуктивність	низька	висока	висока
Зона термічного впливу	велика	середня	велика
Собівартість	низька	висока	середня

### Параметри технологічного процесу та режимів плазмового розрізання

Тип металу	Товщина (мм)	Діаметр сопла (мм)	Струм різі	Швидкість різі (м/хв)	Середня ширина різі (мм)	Робочий тиск стисненого повітря (мПа)
Вуглецева сталь	1-5	1,1	20-35	1,4-1,2	1,2-1,4	0,5
	5-10	1,1-1,4	40-50	1,4-1,3	1,2-1,4	0,6
	10-15	1,4	50-65	1,0-1,1	1,4-1,8	
	15-20	1,7	65-90	0,8-0,7	1,7-2,2	
Нержавіюча сталь	20-35	1,9	90-100	0,4-0,2	2,0-2,5	0,8
	2-5	1,1-1,4	20-40	3,0-2,8	1,5-2	0,6
	5-10	1,4-1,7	40-60	2,8-0,9	2-2,5	0,75
	10-15	1,7	60-80	0,9-0,65	2,5-3,0	0,8
15-25	1,9	80-90	0,65-0,3	3,0-3,2		
Алюміній	2-15	1,4	20-40	1,5-0,4	1,5-2	0,6
	10-20	1,7	40-75	0,6-0,3	2-2,5	0,8
	20-25	1,9	80-90	0,65-0,3	3,0-3,2	

8

## Підвищення енергоефективності ТОВ «ВП ДАХ» за рахунок плазмового різання

### Конструкція плазмотрону

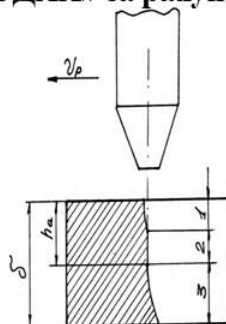


Схема плавлення на поверхні розрізу:  
 глибина занурення анодної області ( $h_a$ );  
 тепловий потік від стовпа дуги (1);  
 тепловий потік анодної плями (2);  
 тепловий потік розплавленого металу і газového потоку (3).

В роботі було розглянуто актуальне питання підвищення енергоефективності ТОВ «ВП ДАХ» за рахунок плазмового різання металопрокату із якого на підприємстві роблять металочерепицю. Виготовлення якісної металочерепиці посідає важливе місце в технологічному процесі ТОВ «ВП ДАХ». Наявність сучасного обладнання для розрізання металопрокату дозволяє підприємству виготовляти якісну продукцію, а також оптимізує витрати матеріалу і трудомісткість, що позитивно впливає на економічну складову.

На відміну від енергозбереження (збереження енергії, заощадження), що спрямоване на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (ефективне енергоспоживання) – це доцільне використання енергії. Плазмова різка металопрокату ідеально справляється із цією задачею для ТОВ «ВП ДАХ».

9

## Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 593,03 коп/кВт·год.

### Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	428159,27	64,85
Витрати на поточний ремонт	49992,54	7,57
Витрати на амортизацію	50048,70	7,58
Інші витрати	132050,13	20,00
Разом	660250,63	100,00

### Результати розрахунків основних економічних показників спроектованої СЕП

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	2072000	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	2114070,75	кВт·год
Плата за електроенергію	$\Pi$	11627389,14	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\pi}$	660250,63	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	12287639,77	грн
Собівартість електроенергії	$S$	593,03	коп/кВт·год

10

### Висновок

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз та оптимізацію системи електропостачання ТОВ «ВПД ДАХ». Для цього були розроблені наступні рішення:

- демонтаж трансформатора існуючої ТП № 741;
- монтаж КТП-630/10/0,4 кВ закритого типу з кабельним вводом високої напруги та кабельним виводом низької напруги;
- улаштування контуру заземлення та захисту від грозових перенапруг новопроектованої КТП-630/10/0,4 кВ;
- будівництво КЛ-0,4 кВ до виробничого приміщення;
- монтаж конденсаторної установки;
- ввідний рубильник, вимикач автоматичний та лічильник електроенергії підлягають plombуванню з обмеженням доступу до відкритих струмоведучих частин;
- для обліку електроенергії передбачено двонаправлений лічильник трансформаторного включення по струму типу АСЕ 6000 разом з модемом, класу точності 1,0, що встановлений в РУ-0,4 кВ ТП № 741;
- РУ-0,4 кВ передбачено встановлення на ввіді рубильника та вимикача автоматичного згідно дозволеної потужності. У ВРЩ-0,4 кВ об'єкта для захисту електроустановки встановлені вимикач автоматичний, пристрій захисного відключення, що реагує на диференційний струм й реле захисту від імпульсних перенапруг РНПП-311М із магнітним пускачем. На відхідні лінії встановлені вимикачі автоматичні;
- для компенсації реактивної потужності передбачається встановлення конденсаторної установки типу УК-Е-0,4-380/8-10-21У3 на напругу 0,4 кВ потужністю 380 кВАр в ВРЩ-0,4 кВ приміщення;
- при монтажі електричного обладнання мають виконуватися загальні правила техніки безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009 й інших нормативних норм та правил по охороні праці й техніки безпеки;
- всі металеві не струмоведучі частини обладнання потрібно заземлити.

Отже, удосконалена система електропостачання ТОВ «ВПД ДАХ» за рахунок прийнятих оптимальних проектних рішень стане більш енергоефективною і це дозволить суттєво покращити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП ТОВ «ВПД ДАХ».

Було розглянуто актуальне питання підвищення енергоефективності ТОВ «ВПД ДАХ» за рахунок плазмового різання металопрокату із якого на підприємстві роблять металочерепицю. Виготовлення якісної металочерепиці посідає важливе місце в технологічному процесі ТОВ «ВПД ДАХ». Наявність сучасного обладнання для розрізання металопрокату дозволяє підприємству виготовляти якісну продукцію, а також оптимізує витрати матеріалу і трудомісткість, що позитивно впливає на економічну складову. На відміну від енергозбереження (збереження енергії, заощадження), що спрямоване на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (ефективне енергоспоживання) – це доцільне використання енергії. Плазмова різка металопрокату ідеально справляється із цією задачею для ТОВ «ВПД ДАХ».

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 593,03 коп/кВт год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на ТОВ «ВПД ДАХ» та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.