

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

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Дослідження системи електропостачання Приватного  
акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» з розробкою  
захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-18м  
спеціальності 141 – Електротехнічні  
системи електроспоживання

\_\_\_\_\_Пустовий І. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к. т. н. Кравець О. М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

спеціальності 141 – Електротехнічні системи електроспоживання

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ЕСЕЕМ**

проф. М. Й. Бурбело

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Пустовому Івану Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» з розробкою захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц.

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

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

1 Загальні відомості про підприємство. 2 Оптимізація системи електропостачання підприємства шляхом математичного моделювання. 3 Захист підземних комунікацій від блукаючих струмів. 4 Економічна частина дипломної роботи. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.Список використаних джерел. Додатки.

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

Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання. Корозія підземної труби під дією блукаючих струмів. Методи визначення присутності блукаючих струмів в ґрунті. Способи захисту підземних металевих споруд від корозії під дією блукаючих струмів. Способи захисту підземних металевих споруд від корозії під дією блукаючих струмів. Установки для електродренажу.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		
Нормоконтроль	Лобода Ю. В., асистент		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу		
2	Синтез зовнішньої СЕП		
3	Науково дослідна частина		
4	Економічна частина		
5	Охорона праці		
6	Графічна частина	1	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)Пустовий І. А.  
(прізвище та ініціали)Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)Кравець О. М.  
(прізвище та ініціали)Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

### АНОТАЦІЯ

Пустовий І. А. Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» з розробкою захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів. МКР. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця : ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. – 102 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо підвищення економічності системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат».

Магістерська кваліфікаційна робота отримана на основі даних, отриманих підчас проходження практики на підприємстві.

В роботі розглянуто систему електропостачання підприємства в цілому, вибір кількості і потужності ТП з урахуванням річних приведених затрат.

В науково-дослідній частині роботи розглянуто розробку захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, електропостачання, якість електроенергії, блукаючі струми, захист комунікацій.

Рисунків - 27

Таблиць - 31

Бібліографій – 32

УДК 621.311

## АННОТАЦИЯ

Пустовой И. А. Исследование системы электроснабжения Частного акционерного общества «Винницкий масложировой комбинат» с разработкой защиты подземных коммуникаций от блуждающих токов. МКР. Специальность 141 - Электроэнергетика, электротехника и электромеханика. - Винница: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. - 102 с.

В магистерской квалификационной работе рассмотрены вопросы повышения экономичности системы электроснабжения Частного акционерного общества «Винницкий масложировой комбинат».

Магистерская квалификационная работа получена на основе данных, полученных во время прохождения практики на предприятии.

В работе рассмотрена система электроснабжения предприятия в целом, выбор количества и мощности ТП, релейная защита и автоматика.

В научно-исследовательской части работы рассмотрены разработку защиты подземных коммуникаций от блуждающих токов.

Рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: система электроснабжения, электроснабжения, качество электроэнергии..

Рисунков – 27

Таблиц - 31

Библиографов - 32

ВСТУП .....	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО .....	11
1.1 Аналіз технологічних процесів.....	11
1.2 Оцінка категорії з надійності електропостачання. Відомості про електричні навантаження. ....	15
2    РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА .....	18
2.1 Визначення середніх та розрахункових навантажень цехів та заводу методами коефіцієнтів попиту та використання з допомогою математичного моделювання в електронному процесорі EXCEL .....	18
2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП.....	21
2.3 Визначення оптимальних перерізів зовнішньої лінії живлення .....	26
2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ – 10 кВ .....	30
2.5 Визначення оптимальних координат розміщення підстанцій СЕП ..	34
3 ЗАХИСТ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ ВІД БЛУКАЮЧИХ СТРУМІВ .....	39
3.1 Загальні поняття .....	39
3.2 Вплив блукаючих струмів на підземні споруди .....	43
3.3 Методи визначення присутності блукаючих струмів в ґрунті.....	45
3.3.1 Вимірювання потенціалу ґрунту і підземної споруди .....	45
3.3.2 Вимірювання електричного поля в ґрунті.....	47
3.4 Технічні засоби захисту від блукаючих струмів .....	48
3.4.1 Установки для електродренажу.....	50

	7
3.4.2 Анодний захист .....	54
3.4.3 Катодний захист .....	57
3.4.4 Протекторний захист .....	60
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	63
4.1 Визначення капітальних вкладень .....	63
4.2 Річні витрати і втрати електроенергії .....	65
4.3 Розрахунок оплати за електроенергію .....	68
4.4 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу. Розрахунок фонду заробітної плати .....	69
4.4.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу .....	69
4.4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі .....	71
4.4.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються .....	74
4.4.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	77
4.5 Розрахунок собівартості електроенергії .....	79
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .	81
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта .....	82
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	84
5.2.1 Мікроклімат .....	84
5.2.2 Склад повітря робочої зони .....	85
5.2.3 Освітлення робочої зони .....	86
5.2.4 Виробничий шум.....	88
5.2.5 Виробничі вібрації .....	89
5.2.6 Психофізіологічні фактори .....	91

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» в умовах дії загрозливих чинників НС. .... 93

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» в умовах дії іонізуючого випромінювання ..... 94

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» в умовах дії електромагнітного імпульсу..... 95

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 100

Додаток А..... 103

Додаток Б – Генплан підприємства..... 108

Додаток В – Однолінійна схема підприємства ..... 109

Додаток Г – Корозія підземної труби під дією блукаючих струмів ..... 110

Додаток Д - Методи визначення присутності блукаючих струмів в ґрунті..... 111

Додаток Ж – Схема з'єднань катодного станції..... 113

Додаток З – Види анодних заземлювачів ..... 114

Додаток З – Принцип дії протектора марки ПМР: а - в початковий період; б - після експлуатації..... 115



## ВСТУП

Актуальність теми. На даний час для промислових підприємств особливо актуальне оптимізація виробничих процесів особливо в тих умовах де собівартість продукції напряму залежить від вартості енергоносіїв, в умовах постійного їх зростання і фінансової кризи застосування енергозберігаючих заходів є одним з найефективніших засобів зниження собівартості продукції, що виробляється підприємством, а також збільшення конкурентоспроможності при діючих ринкових відносинах.

Оптимізацію роботи системи електропостачання необхідно проводити кожних декілька років особливо при значному зростанні вартості енергоносіїв. Зниження втрат електроенергії в мережах в умовах паливно-енергетичного дефіциту є актуальною та набуває наукового значення. В провідних країнах світу втрати електроенергії становлять 3-6%, так і для енергетики України, де в мережах окремих підприємства та енергопостачальних компаній цей показник сягає 20%. Електроенергетичне господарство сучасних промислових підприємств являє з себе складний комплекс, який включає в себе велику кількість різних за типом і потужністю споживачів електроенергії, трансформаторних і перетворювальних підстанцій, електричних мереж напругою від 0,4 до 110 кВ. Тому в кожному підприємстві необхідний детальний аналіз системи електропостачання який дозволяє визначити, з економічної точки зору, необхідність заміни застарілого обладнання, що в подальшому буде спостерігатись зменшення втрат електричної енергії.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення математичних моделей системи електропостачання та на основі їх аналізу подання пропозиції по зниженню втрат електричної енергії за рахунок використання сучасних засобів та пристроїв. Провести аналіз системи електропостачання підприємства на основі актуальних методів, при цьому виконати розрахунки зовнішньої та внутрішньої електромережі, електричних навантажень, здійснити вибір електрообладнання та розрахувати місце

розташування трансформаторних підстанцій, розрахувати компенсацію реактивної потужності та вибрати необхідні компенсуючі пристрої що забезпечить надійне та найбільш економічне електропостачання.

Основними задачами при проектуванні системи електропостачання являються задачі:

- оптимізації шляхом вибору найбільш оптимальної (економічної) напруги, визначення електричних навантажень, дотримуючись вимог по надійності системи електропостачання;

- задачі оптимального вибору потужності та кількості трансформаторів, засобів компенсації реактивної потужності.

Об'єкт дослідження – зменшення втрат електроенергії за рахунок аналізу та вдосконалення системи електропостачання окремих електроприймачів та підприємства в цілому.

Предмет дослідження – є методи та засоби зменшення втрат в промисловості та захист існуючого обладнання від блукаючих струмів.

Методи досліджень. У магістерській роботі використовуються загально прийняті методи розрахунку.

Наукова новизна. Впровадження математичні моделі визначення оптимальних параметрів елементів СЕП.

Практична цінність. Вінницький олієжировий комбінат має досить розгалужену мережу підземних інженерних комунікацій, до яких відносяться системи водо та теплопостачання, газові мережі, системи електричних кабельних каналів та різні технологічні лінії. Всі ці мережі прокладені в ґрунтах, які мають різний хімічний склад, що накладає особливі умови при їх експлуатації. Складність останньої полягає ще і в тому, що підприємство має досить потужну систему залізничного сполучення тому захист цих мереж є досить важливим питанням.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Підприємство ПАТ "ВОЖК" відноситься до олійножирової промисловості з сучасним обладнанням, найбільшим у своїй галузі на території Вінницької області. Спеціалізується на первинній переробці соняшнику і сої та виробництві рослинних масел, рослинних жирів і майонезів. Виробнича потужності комбінату складає до 170 тис. тонн олійних культур на рік. Юридична адреса замовника: Україна, 21006, м. Вінниця, Немирівське шосе, 26. Підприємство є колективною власністю. На підприємстві діють такі системи:

- система електропостачання;
- система водопостачання та каналізації;
- система теплопостачання;
- система вентиляції, підігріву повітря та кондиціонування;
- внутрішнє освітлення;
- будинки і споруди;
- система обліку і контролю споживання енергоносіїв і води.

ПАТ Вінницький ОЖК випускає такі основні види продукції: олія рафінована дезодорована нерафінована олія, жир кондитерський, жир кулінарний, саломаси, маргаринові напівфабрикати. Також реалізуються побічні продукти виробництва, а саме: шрот, кисень газоподібний технічний. Продукція має відповідні сертифікати якості Вінницького ДЦСМС. Підприємство забезпечене всіма необхідними держстандартами і НТД, чинними на території України на сировину, матеріали і готову продукцію.

### 1.1 Аналіз технологічних процесів

До складу Вінницького олійножирового комбінату входять два заводи: гідрогенезаційний, олієекстракційний завод.

До підприємства сировину постачають переважно із Вінницької, Хмельницької Черкаської, Сумської та іншими областями України. На олієекстракційному заводі відбувається безпосереднє первинна обробка

сировини в масло. В залежності від пори року сировиною для виробництва олії може бути: соняшник чи ріпак. Особливим попитом останнім часом почала користуватися олія із ріпаку, але все ж таки основною сировиною є соняшник. Середньодобова переробка насіння соняшнику складає 450 тон.

Насіння піддається первинному очищенню від домішок і поступає на склад насіння, де в процесі зберігання здійснюється його попереднє просушування. Потім по транспортерам, які розташовані в галереях, насіння поступає в рушально-віячний цех. Тут машини-рушки лущать насіння і відділяють ядра від лузги.

Відходи соняшника (лузга) пневматичному трубопроводу поступає в цех грануляції комбікормової промисловості, розташованому за територією комбіната, де лузку перетворюють на муку. Прожарені ядра поступають в формопресовочний цех, де підлягають пресуванню(віджиманню). Олія отримана таким способом, “пресова”, поступає на олієзливну станцію. Залишки насіння після пресування містять до 25% олії і піддаються екстракції. Вони проходять через спеціальні плющильні вальці і потім поступають в екстрактори де протиструмом бензину гексанової фракції відбувається відділення олії що залишилася. Промиті бензином залишки, що містять 1,3% олійності, поступають на склад шроту, а потім до цехів грануляції, де з них та лузги виробляють комбікормові гранули.

Олія отримана шляхом екстракції називається “технічною”. Після вторинної переробки дана сировина підлягає для виробництва мила та гліцерина та також поступає на олієзливну станцію.

Сировиною гідрогенезаційного заводу є отримана на олієекстракційному заводі олія. З зливної станції по олієпроводу олія поступає на гідрозавод.В цеху „ $\alpha$ - лаваль” відбувається рафінація(очищення) та дезодорація пресової та технічної олії, яка поступає туди із олієзливної станції. Частина переробленої тут олії поступає в цех фасування олії та на склад, частина на олієзливну станцію для відвантаження в автомобілі та залізничні цистерни.

Частина рослинної жир, що отримується гідрогенезаційним заводом з'єднується з воднем для перетворення в твердий білий жир саломас. В автоклавному цеху водень, каталізатор та тепло перетворюють соняшникову рослинний жир в саломас в результаті хімічної реакції, при якій відбувається насичення жирних кислонасичених кислот. В каталізаторному цеху виготовляють мідно-нікелевий каталізатор, який необхідний для отримання саломаса, для чого також використовується олія. Саломас ділиться на харчовий та технічний. Харчовий поступає в рафіновочний цех, де з нього отримують напівфабрикат маргарину, кондитерсьей жир, гідрожир.

В електролізному цеху методом електролізу водяного розчину отримують водень який в свою чергу використовуються в виробництві. Електроліз проходить в спеціальних установках – електролізерах. Після розщеплення водяного розчину отриманий водень поступає в спеціальну ємність – газгольдер, а по мірі необхідності по спеціальному трубопроводу на гідрогенезаційний завод. Кисень поступає в свій газгольдер, з якого іде на киснево-наповнюючу станцію, де відбувається заправка кисневих балонів.

Інші цехи комбінату: ремонтно-механічний, електроцех, ремонтно-будівельний та інші можна вважати допоміжними, які забезпечують неперервний технологічний процес в олієекстракційному заводі та гідрогенезаційному заводі.

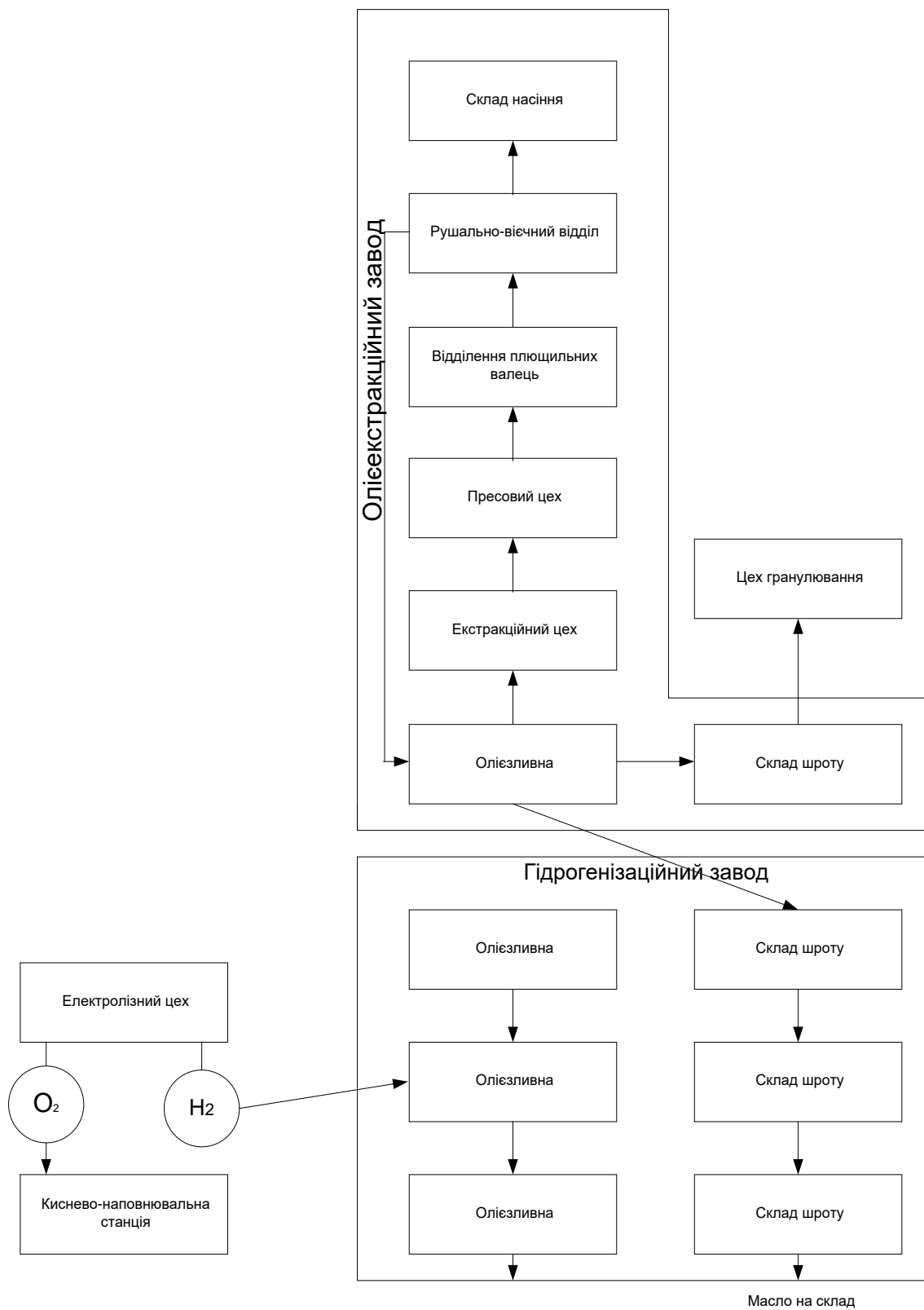


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу

## 1.2 Оцінка категорії з надійності електропостачання. Відомості про електричні навантаження.

Олійно-жировий комбінат має досить велику кількість цехів і відповідно має досить складну систему електропостачання. Із ростом цін на електроенергію підприємстві декілька разів здійснювалась реконструкція виробництва і відповідно змінювалась СЕП. У зв'язку зі значним розширенням виробництва та, відповідно збільшенням споживання електроенергії, за останні 10 років побудована нова ГПП, де встановлені трансформатори 3 ТМ 2500 кВА напругою 10/6 кВ. Також з'явилося значна кількість електроспоживачів I категорії за надійністю.

Частина діючої системи електропостачання, яка живиться від шин 6 кВ ТЕЦ, є фізично та морально застарілою. Тому в даній роботі основна увага приділяється на розробці СЕП комбінат в цілому. Тобто з урахуванням сучасних навантажень буде здійснено вибір мереж 10 кВ та потужності трансформаторів і комутаційного обладнання.

Переважну частину електроприймачів цехів, що проектується, складають приймачі які працюють в тривалому режимі. За надійністю електропостачання підприємство в відноситься до I, II та III категорій.

I – ша категорія:

1. Системи пожежогасіння;
2. Системи вентиляції вибухонебезпечних зон;
3. Системи зворотнього водопостачання.

II – га категорія:

1. Технологічне обладнання.

III – тя категорія:

1. Автотранспортний цех;
2. Рембуд цех;
3. Їдальня.

Вінницький олійножировий комбінат живиться від підстанції

"Технологічна" - 110/10 яка знаходиться на відстані 2,5 км, рівні напруг в максимальному та мінімальному режимах навантаження становлять 10,5 кВ та 10 кВ.

На Вінницькому олійножировому комбінаті переважно всі споживачі електроенергії споживають трифазний струм промислової частоти. Більшість споживачів електроенергії на підприємстві - це вентилятори, насоси, різні преси, пакувальні верстати, а також фрезерні, шліфувальні, стругальні, наждачні і свердлувальні станки, що споживають струм промислової частоти 50 Гц на напрузі 380 В.

Генплан Вінницького олійножирового комбінату зображено на рис. 1.2 , а відомості про його виробничі підрозділи наведені в таблиці 1.1



Рисунок 1.2 – Генплан підприємства



Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження заводу

№	Вузли живлення ЕП	Р <sub>н</sub> ,кВт
1	Пожежне депо	130
2	Медпункт	70
3	Гараж,рембудцех зі складами	30
4	Склад готових виробів	150
5	Насосна станція	130
6	Електролізний цех	780
7	Будівля очистки стоків	90
8	Склад №4	150
9	Будівля відділення флотації	110
10	Їдальня	80
11	Адміністративний корпус	50
12	Дільниця монтажу устаткування	70
13	Електроцех	285
14	Склад	110
15	Склад – модуль	120
16	Склад №7	150
17	Гідрозавод з прибудовами	805
18	Механічна майстерня	390
19	Екстракційний завод	890
20	Насосна станція	125
21	Склад – модуль	180
22	Адмінбудівля тепловозного депо	70
23	Тепловозне депо	50
24	Тарний цех	170
25	Миловарний завод	750
26	Цех фасування олії	120
28	Насосна станція бензосховища	120
29	Залізнична вагова	20
30	Будівля залізничної вагової	45
31	Олієзливна станція	240
32	Елеватор шрота	355
33	АЗС	800
34	Склад насіння	655
35	Елеватор насіння	453
36	Котельня	540
37	Місця від важення відходів	180
38	Автогараж №1	135
39	Побутовий корпус	105

## 2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Визначення середніх та розрахункових навантажень цехів та заводу методами коефіцієнтів попиту та використання з допомогою математичного моделювання в електронному процесорі EXCEL

При розрахунку силових навантажень однією із важливих задач має правильне визначення електричного навантаження в усіх елементах СЕП. Завищення навантаження може привести до збільшення затрат на побудову елементів системи електропостачання, збільшенню вартості будівництва; заниження навантаження - до зменшення пропускної здатності електричної мережі і може призвести до порушення нормальної роботи силових електроприймачів.

Методом коефіцієнта використання визначається середня потужність визначається, а Розрахункова потужність – методом коефіцієнта попиту.

Автоматизований розрахунок виконано в табличній формі за допомогою електронного процесору EXCEL.

Складана електронна таблиця створена для обчислення не тільки розрахункових, але й середніх навантажень окремих вузлів, цехів та заводу в цілому з урахуванням не тільки силового, але й освітлювального навантаження.

Опишемо математичну модель розрахунку навантажень методом коефіцієнта попиту.

$P_n$  - номінальна активна потужність цеху ,кВт;

$K_n$  - коефіцієнт попиту;

$K_e$  - коефіцієнт використання;

$\cos\varphi$  -коефіцієнт потужності;

$K_{no}$  - коефіцієнт попиту освітлення;

$P_{num}$  - потужність освітлення на  $1 \text{ м}^2$ , кВт/м<sup>2</sup>;

$F$  - площа цеху, м<sup>2</sup>;

$P_{po}$  - розрахункова активна потужність освітлення, кВт;

$Q_{po}$  - розрахункова реактивна потужність освітлення, квар;

$P_c$  - середня активна потужність цеху, кВт;

$Q_c$  - середня реактивна потужність цеху, квар;

$P_p$  - розрахункова активна потужність цеху враховуючи навантаження, кВт;

$S_p$  - повна розрахункова потужність цеху, кВА;

$S_c$  - повна середня потужність цеху, кВА;

$S_{p\text{сум}}$  - повна розрахункова потужність заводу, кВА;

$S_{c\text{сум}}$  - повна середня потужність заводу, кВА;

$\rho$  - питома густина навантаження, кВА/м<sup>2</sup>.

На рисунку 2.1 подані вхідні та вихідні дані по розрахункам навантажень методом коефіцієнту попиту та коефіцієнта використання.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1			Код=	0,9							Uн=	10	cos(φ)=	0,9										
2	№	Найменування цеху	Рн,кВт	cos	tg	Кп	Кв	F,м²	Кпо	Рпит,кВт/м²	Рро,кВт	Qро	Кпра	Рср,кВт	Qср,кВАр	Scр,кВА	Iср,А	Рр,кВт	Qр,кВАр	Sp,кВА	Iр,А	ρ		
3	1	Адміністративний	64	0,85	0,61974	0,75	0,6	459,8	0,9	0,016	8,93851	4,32912	1,35	47,3385	33,6669	58,0895	3,3538	56,9385	34,0768	66,3568	3,83111196	0,14432		
4	2	Склад шрота	45	0,75	0,88192	0,5	0,4	134,6	0,6	0,013	1,15487	0,55933	1,1	19,1549	17,4523	25,9132	1,4961	23,6549	20,4025	31,238	1,80352735	0,23208		
5	3	Котельня	630	0,8	0,75	0,5	0,4	291,6	0,85	0,013	3,5444	1,71663	1,1	255,544	193,375	320,463	18,502	318,544	237,967	397,616	22,9563826	1,36357		
6	4	Зерновий склад	90	0,8	0,75	0,5	0,4	322	0,6	0,013	2,76276	1,33807	1,1	38,7628	30,4101	49,2679	2,84448	47,7628	35,0881	59,266	3,42172159	0,18406		
7	5	Олівзяна	170	0,9	0,48432	0,8	0,65	432	0,85	0,013	5,25096	2,54316	1,1	115,751	58,6039	129,741	7,49059	141,251	68,411	156,946	9,06125331	0,3633		
8	6	Електролізний цех	1200	0,85	0,61974	0,75	0,65	432	0,95	0,015	6,7716	3,27964	1,1	786,772	490,877	927,345	53,5403	906,772	561,05	1066,31	61,5632824	2,4683		
9	7	Електроцех	110	0,76	0,85516	0,8	0,7	691,2	0,95	0,013	9,38995	4,54776	1,1	86,39	78,4252	116,678	6,7364	97,39	79,802	125,909	7,26937958	0,18216		
10	8	Напорна флотажія	120	0,85	0,61974	0,7	0,6	198	0,85	0,015	2,77695	1,34494	1,1	74,777	47,6875	88,6887	5,12045	86,777	53,4035	101,893	5,88279097	0,51461		
11	9	Цех фасування олії	307	0,8	0,75	0,6	0,5	172,8	0,85	0,016	2,8201	1,36583	1,2	156,32	118,606	196,223	11,3289	187,02	139,516	233,326	13,471103	1,35027		
12	10	Механічна майстерн	112	0,8	0,62	0,75	0,6	291,6	0,95	0,016	4,87555	2,36134	1,1	72,0756	47,0482	86,0722	4,96938	88,8756	54,4413	104,224	6,01739783	0,35742		
13	11	Насосна станція	120	0,75	0,88192	0,65	0,5	99,6	0,85	0,015	1,39689	0,67654	1,1	61,3969	54,8235	82,3116	4,75226	79,3969	69,4661	105,496	6,09081337	1,0592		
14	12	Другий підйом	150	0,8	0,75	0,75	0,6	45	0,6	0,016	0,4752	0,23015	1,1	90,4752	68,0865	113,232	6,53747	112,975	84,6051	141,143	8,14891142	3,13652		
15	13	Матеріальний склад	30	0,85	0,61974	0,5	0,4	771,1	0,6	0,011	5,59819	2,71133	1,1	17,5982	13,6177	22,2517	1,2847	20,5982	12,0075	23,8425	1,37654772	0,03092		
16	14	Елеватор шрота	120	0,7	1,0202	0,7	0,6	250,9	0,7	0,011	2,12512	1,02924	1,1	74,1251	76,652	106,63	6,15631	86,1251	86,7264	122,225	7,05667596	0,48715		
17	15	Ідрогенізаційний це	1150	0,65	1,16913	0,8	0,6	1638	0,95	0,014	23,9639	11,6063	1,1	713,964	846,323	1107,25	63,9272	943,964	1087,21	1439,82	83,1280862	0,87901		
18	16	Міловарний цех	780	0,8	0,75	0,7	0,6	2196	0,95	0,015	34,4223	16,6715	1,1	502,422	393,488	638,17	36,8448	580,422	426,171	720,078	41,5737168	0,3279		
19	17	Екстракційний цех	500	0,85	0,61974	0,7	0,6	291,6	0,95	0,015	4,57083	2,21375	1,1	304,571	190,97	359,49	20,7551	354,571	219,124	416,816	24,0649067	1,42941		
20	18	Пресовий цех	450	0,8	0,75	0,7	0,5	63	0,95	0,14	9,2169	4,46395	1,1	234,217	180,127	295,471	17,059	324,217	240,714	403,807	23,3137873	6,40963		
21		По заводу в цілому	6148					8780,8			130,055	62,9885		3651,66	2940,24	4688,24	270,676	4024,54	3165,46	5120,25	295,618052			

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

Задаємо імена потрібним коміркам, які наведемо в таблиці 2.1, а також приведемо табличну та математичну мадель розрахунку, які ми будемо використовувати для розрахунку навантажень підприємства

Результати:

1. Повна середня потужність заводу складає 4688 кВА;
2. Повна розрахункова потужність заводу складає 5120 кВА.

## 2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП

Головним критерієм для вибору кількості трансформаторів ЦТП відповідність категорії надійності споживача за ПУЕ. Вибрані потужності трансформаторів мають забезпечити живлення елементів заводу в нормальному та післяаварійному режимі роботи виходячи з умови, що при виході з ладу одного трансформатора двотрансформаторної підстанції – інший повинен забезпечити живлення розрахункового навантаження споживачів першої та другої категорії цеху. Показником ефективності вибору потужності трансформаторів, кількості та місць їх розташування є річні приведені затрати в трансформаторну підстанцію. Оскільки цей показник ефективності має від'ємний інгредієнт, то вибрані потужності підстанцій є мінімальне значення приведених затратат.

Для вибору оптимальної потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій за мінімумом затрат в ЦТП створемо математичну модель вибору в електронній таблиці, яка автоматизує перевірку допустимості потужностей трансформаторів та вибирає оптимальний трансформатор з допустимих за вибраним критерієм оптимальності.

На першій ітерації проводиться вибір цехових ТП по питомій густині навантаження, після цього автоматично перевіряються обмеження в нормальному та післяаварійному режимах.

Керованими змінними в даній задачі є потужності цехових ТП.

Область доступних рішень – діапазон всіх стандартних потужностей трансформаторів.

Вибір потужності цехових ТП доцільно проводити за питомою густиною навантаження на 1 м<sup>2</sup>:

$$\rho = S_p / F, \quad (2.1)$$

де  $S_p$  – сумарна розрахункова потужність;

$F$  – сумарна площа цехів.

Виконаємо розподілення навантаження підприємства по ЦТП. При значенню питомої густини більш як 0,2 кВА/м<sup>2</sup>, то доцільно застосовувати трансформатори потужністю 1000, 1600 кВА. Оскільки цехи заводу відносять до II категорії по надійності електропостачання, тому потрібно встановити двотрансформаторні підстанції. Отже, розділимо навантаження цехів між 4 ЦТП.

На рисунку 2.2 подано робочий лист „К-сть ТП”, де зображено результат розподілення потужності цехів між ЦТП.

	D	E	F	G	H
25		ТП-1	ТП-2	ТП-3	ТП-4
26	<b>S<sub>p</sub>,кВА</b>	1439,8207	1357,2025	1456,1308	1463,16
27	<b>P<sub>p</sub>,кВт</b>	943,96394	1137,7349	1174,1055	1201,45
28	<b>Q<sub>p</sub>,кВАр</b>	1087,2055	737,46419	854,36352	831,144
29	<b>S<sub>c</sub>,кВА</b>	1107,2518	1179,5073	1244,2729	1192,26

Рисунок 2.2 – Результат розподілення потужності цехів між ЦТП

У таблиці 2.3. подані формули згідно автоматизованого вибору потужностей з розрахункової таблиці навантажень підприємства (Див. Рис.2.1)

При виборі місця розташування ЦТП необхідно враховувати місце знаходження найбільш потужних цехів, оскільки таким чином ми зможемо зменшити втрати при передачі електричної енергії. Провівши необхідні

розрахунки можна зробити висновок, що необхідно ставить 4 ЦТП, які потрібно установити в наступних цехах: №6, №8, №15, №16.

Для автоматизованого розв'язку цієї задачі з допомогою електронного процесору EXCEL попередньо необхідно визначитись із:

- 1) маркою трансформаторів (ТМ);
- 2) середньою та розрахунковою потужністю по ЦТП  $S_p$ ,  $S_c$ , кВА;
- 3) нормативним коефіцієнтом ефективності капіталовкладень в ЦТП  $E_c$  (приймаємо 0,1);
- 4) коефіцієнтом відрахувань на амортизацію в ЦТП  $E_a$  ( $E_a = 0,036$ );
- 5) питомою вартістю втрат потужності  $V_0$ , грн./кВт (розраховано раніше в загальній базі даних);
- 6) кількістю трансформаторів ЦТП  $k_T$ , шт;
- 7) коефіцієнтом навантаження в нормальному режимі.

Коефіцієнт навантаження в нормальному режимі знайдемо шляхом розрахунків:

а) за таблицею G.1 ДСТУ 3463-96 знаходимо річну температуру для регіону, в якому знаходиться наше підприємство, тобто Вінницька область:  $\theta = 10,7^{\circ}$ ;

б) за таблицею 3 знаходимо поправку для трансформаторів встановлених у приміщенні із доброю циркуляцією повітря, то із врахуванням поправки на температуру охолоджуючого середовища який враховує кількість трансформаторів на ТП, потужності трансформаторів, та їх установці дорівнює  $\theta: 7^{\circ}$ ;

с) знайдемо значення ефективної температури:  $\theta_e = \theta + 7^{\circ} = 17,7^{\circ}$ ;

д) з таблиці 6 для потрібної марки трансформатора знаходимо коефіцієнт навантаження в нормальному режимі за середньорічною температурою:  $k_n = 1$ .

Складаємо математичну модель вибору потужності цехових ТП. Керованою змінною буде  $S_T$  - потужність трансформатора, а показником ефективності  $Z$  – річні приведені затрати в ТП.

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T), \quad (2.2)$$

де  $B_{ТП}(S_T)$  - річна приведена вартість капіталовкладень.

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.3)$$

де  $B_B(S_T)$  - вартість річних втрат електроенергії;

$E_e$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$E_a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_{ТП}(S_T, k_T)$  – капіталовкладення в ТП в залежності від потужності  $S_T$  та кількості  $k_T$  трансформаторів.

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_3^2) \cdot K_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.4)$$

де  $\Delta P_{xx}(S_T)$  – втрати холостого ходу трансформатора потужністю  $S_T$ ;

$\Delta P_{кз}(S_T)$  – втрати короткого замикання трансформатора потужністю  $S_T$ ;

$k_T$  – кількість трансформаторів;

$t$  – тариф за електроенергію;

$\tau$  – число годин максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_T \cdot k_m}. \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} Z_{ТП}(S_m) = & (E_e + E_a) \cdot K_{ТП}(S_m, k_m) + \\ & + \left( \Delta P_{кз}(S_m) \cdot \left( \frac{S_{ТП}^2}{S_m^2 \cdot k_m} \right) + k_m \cdot \Delta P_{xx}(S_m) \right) \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min \end{aligned}$$

При розв'язанні задачі необхідно врахувати наступні обмеження:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{ТПсм}, \quad (2.6)$$

де  $S_{ТПсм}$  – середня потужність ТП;

$S_T$  – потужність трансформатора ТП;



$k_T$  – кількість трансформаторів.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow K_{na} \cdot S_T \geq K_{на} \cdot S_{ТП}, \quad (2.7)$$

де  $k_{па}$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в післяаварійному режимі згідно ДСТУ 3463-96 таблиця Н.1 для максимальної літньої температури цеху, що не перевищує  $30^0$  ( $k_{па} = 1,3$ );

$k_{ппа}$  – частина навантаження ЦТП, яка повинна залишитись в роботі в післяаварійному режимі (погоджується з технологами  $k_{ппа} = 0,85$ ).

Для вибору потужності ЦТП1 складемо електронну таблицю Excel на робочому листі „ЦТП1” (рисунок 3.3).

№	С	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	Вибір оптимальної ЦТП1 за мінімальними приведених затрат для тр-рів ТМ 10/0,4 кВ																				
2																					
3																					
4	<b>Дані нормального режиму</b>																				
5	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=		1439,82								
6	Кількість трансформаторів										Kт=		2								
7	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в н. р.										Kн=		1								
8	<b>Дані післяаварійного режиму</b>																				
9	Коефіцієнт навантаження тр-ра в п. а. режимі										Kпа=		1,3								
10	Доля навантаження в п. а. режимі										Kппа=		0,85								
11	<b>Економічні характеристики</b>																				
12	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo2=		853								
13	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ea=		0,036								
14	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ee=		0,1								
15																					
16																					
17																					
18	№	тип Т-ра	St, кВА	ΔРох, кВт	ΔРкз, кВт	Кт1, тис.грн	Кт2, тис.грн	ΔРпост, кВт	ΔРам, кВт	ΔР, кВт	Обмеження			Складові Затрат		З					
19		ТМ - 63/10	63	0,24	1,28	31,536	76,626	0,48	334,28	334,76	недоп	недоп	не доп	10,42	285,46	----					
20		ТМ - 100/10	100	0,33	1,97	35,496	81,37	0,66	204,20	204,86	недоп	недоп	не доп	11,07	174,69	----					
21		ТМ - 160/10	160	0,51	3,1	40,302	87,56	1,02	125,52	126,54	недоп	недоп	не доп	11,91	107,90	----					
22		ТМ - 250/10	250	0,74	4,2	47,016	95,57	1,48	69,66	71,14	недоп	недоп	не доп	13,00	60,66	----					
23		ТМ - 400/10	400	0,95	5,9	55,638	110	1,9	38,22	40,12	недоп	недоп	не доп	14,96	34,21	----					
24		ТМ - 630/10	630	1,31	8,5	65,232	127,62	2,62	22,20	24,82	доп	недоп	не доп	17,36	21,16	----					
25		<b>V</b> ТМ - 1000/10	1000	2,1	10,5	76,032	150,58	4,2	10,88	15,08	доп	доп	доп	20,48	12,86	33,34	<b>V</b>				
26		ТМ - 1600/10	1600	2,8	18	89,172	187,2	5,6	7,29	12,89	доп	доп	доп	25,46	10,99	36,45					
27		ТМ - 2500/10	2500	3,85	23,5	104,472	214,182	7,7	3,90	11,60	доп	доп	доп	29,13	9,89	39,02					
28	<b>ОПТИМАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНИХ ЗАТРАТ</b>																<b>33,34</b>				
29	<b>ТИП ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІ</b>																<b>ТМ - 1000/10</b>				
30																					

Рисунок 2.3 – Вибір оптимальної потужності ЦТП1 за мінімумом затрат

На основі виконаного в табличній формі розрахунку для вибору оптимальної потужності цехової ТП1, вибираємо трансформатор, потужність якого складає 1000 кВА. Приведені затрати при цьому становлять: 33,34 тис.грн.

Аналогічні розрахунки проводимо для цехових ТП2, ТП3, ТП4. Результати розрахунку приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати розрахунку задачі вибору оптимальної потужності трансформаторів ЦТП

ЦТП	$k_T$	$S_T^*$	З, тис.грн
ЦТП1	2	1000	473
ЦТП2	2	1000	473
ЦТП3	2	1000	473
ЦТП4	2	1000	473

### 2.3 Визначення оптимальних перерізів зовнішньої лінії живлення

Створимо електронну таблицю (рисунок 2.4), де будуть розраховані річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення (ЛЖ). Переріз зовнішньої лінії живлення повинен відповідати мінімуму річних приведених затрат в цю лінію. Керованою змінною в даній задачі є переріз повітряної лінії (ПЛ) -  $x$ . Показником ефективності є річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення. За критерій оптимальності взято мінімум приведених затрат.

Наведемо математичну модель для вибору оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення.

$$Z(x) = \left[ (E_e + E_a) \cdot K_0(x, k_L) + 3 \cdot I_L^2 \cdot r_0(x) \cdot k_L \cdot B_0 \right] \cdot L \rightarrow \min_{x \in X} \quad (2.9)$$

Сформуємо обмеження на керовану змінну:

$$k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_L, \quad (2.10)$$

де  $I_{\text{доп}}(x)$  – допустимий струм ЛЖ перерізом  $x$  для нормальних умов навколишнього середовища та прокладки;

$k_{\text{доп}}$  - коефіцієнт допустимого навантаження, враховує відмінність параметрів середовища від нормованих в ПУЕ (§1.3.22).

$$k_{\text{доп}} = 1$$

$I_L$  - струм окремої лінії:

$$I_{\text{Л}} = \frac{S_{\text{Л}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot k_{\text{Л}}}, \quad (2.11)$$

де  $S_{\text{Л}}$  - повна потужність лінії, кВА;

$k_{\text{Л}}$  – кількість ліній, шт.

Якщо  $k_{\text{Л}} > 1$ ,

$$k_{\text{Па}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq k_{\text{НПа}} \cdot I_{\text{Л}} \cdot k_{\text{Л}}, \quad (2.12)$$

де  $k_{\text{Па}}$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження ЛЖ в післяаварійному режимі (для ПЛ:  $k_{\text{Па}} = 1$ );

$k_{\text{НПа}}$  – частка загального навантаження, яке повинно споживатись в післяаварійному режимі (погоджується з технологіями):  $k_{\text{НПа}} = 1$ .

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{Н}}(x), \quad (2.13)$$

$$\Delta U_{\text{Н}}(x) = \frac{P_{\text{Л}} \cdot r_0(x) + Q_{\text{Л}} \cdot x_0(x)}{U_{\text{НОМ}} \cdot k_{\text{Л}}} \cdot L, \quad (2.14)$$

де  $\Delta U_{\text{доп}}$  – рекомендована допустима втрата напруги в лінії (рекомендації наведено в РД 153-34.0-15.501-00.А4.7):  $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$ ;

$\Delta U_{\text{Н}}(x)$  – втрата напруги в лінії перерізом  $x$  в нормальному режимі роботи;

$P_{\text{Л}}$  – активна потужність навантаження в лінії, кВт;

$Q_{\text{р}}$  – реактивна потужність навантаження в лінії, квар;

$r_0(x)$  – активний питомий опір проводу перерізом  $x$ , Ом/км;

$x_0(x)$  - індуктивний питомий опір проводу перерізом  $x$ , Ом/км;

$L$  – довжина лінії, км.

$$P_{\text{Л}} = P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ГПП}} + \Delta P_{\text{ЦТП}}, \quad (2.15)$$

$$Q_{\text{Л}} = Q_{\text{р}} + \Delta Q_{\text{ГПП}} + \Delta Q_{\text{ЦТП}}, \quad (2.16)$$

$$S_{Л} = \sqrt{P_{Л}^2 + Q_{Л}^2}. \quad (2.17)$$

Якщо  $k_{Л} > 1$ ,

$$\Delta U_{Па}(x) \leq \Delta U_{доП},$$

$$\Delta U_{Па}(x) = \Delta U_{Н}(x) \cdot k_{Л} \cdot k_{НПа}. \quad (2.18)$$

$$x \geq x_{мех},$$

де  $x_{мех}$  - мінімальний переріз лінії за умови механічної міцності для 3 регіону по ожеледиці (ПУЕ §2.5.77, таблиця 2.5.5):  $x_{мех} = 50 \text{ мм}^2$ .

Перевірка за умовами корони необхідна для гнучких провідників при напрузі 35 кВ і вище. Розряд у вигляді корони виникає біля проводів при високих напруженостях електричного поля. Процеси іонізації повітря біля проводу призводять до додаткових втрат енергії, до виникнення радіозавад та утворення озону, який негативно впливає на контактні поверхні.

Розряд у вигляді корони виникає при максимальному значенні початкової критичної напруженості електричного поля, кВ/см:

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right), \quad (2.19)$$

де  $m$  - коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні проводу (для багатопроволочних проводів  $m = 0,82$ );

$r_0$  - радіус проводу, см.

Напруженість електричного поля (максимальне значення) біля поверхні не розщепленого або біля розщеплених проводів, кВ/см:

$$E = K \cdot \frac{0,354 \cdot U_{\max}}{n \cdot r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{ек}}}}, \quad (2.20)$$

де  $K$  - коефіцієнт, який враховує кількість проводів в фазі;

$U_{\max}$  - максимальна допустима напруга установки, кВ;

$n$  - кількість проводів в фазі;

$D_{\text{ср}}$  - середня геометрична відстань між проводами фаз, см (при горизонтальному розташуванні фаз  $D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D$ );

$r_{\text{ек}}$  - еквівалентний радіус розщеплених проводів, см (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Значення  $K$  і  $r_{\text{ек}}$

Показник	Число проводів у фазі			
	1	2	3	4
Коефіцієнт $K$	1	$1 + 2 \cdot \frac{r_0}{a}$	$1 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{r_0}{a}$	$1 + 3 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{r_0}{a}$
Еквівалентний радіус $r_{\text{ек}}$ , см	$r_0$	$\sqrt{r_0 \cdot a}$	$\sqrt[3]{r_0 \cdot a^2}$	$\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot r_0 \cdot a^3}$

Відстань між проводами в розщепленій фазі  $a$  приймається в установках 220 кВ рівною 20-30 см, в установках 330-750 кВ – 40 см.

При горизонтальному розташування проводів напруженість на середньому проводі приблизно на 7% більша за величину.

Проводи не будуть коронувати, якщо найбільша напруженість поля біля поверхні будь-якого проводу не більше  $0,9 \cdot E_0$ . Таким чином, умову виникнення корони можна записати у вигляді

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0.$$

1(4).xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Предупреждение системы безопасности Автоматическое обновление ссылок отключено Параметры...

S14 =ЕСЛИ(0,9\*(30,3\*0,82\*(1+0,299/0,1\*КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(C14/3,14))))>=1,07\*1\*0,354\*1,1\*Uв/(0,1\*(КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(C14/3,14))\*LOG10(500/(КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(C14/3,14))))))

В	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T							
1 <b>Визначення кількості та оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення по мінімуму затрат.</b>																									
2	Загальний струм лінії живлення (А)										13,995	tn=	2	Fкор=	50										
3	Розрахункова активна потужність з врахуванням втрат, кВт										4070,67	Ікз=	1,31216												
4	Розрахункова реактивна потужність з врахуванням втрат, кВАр										3445,07	dУндоп=	5												
5	Сумарний коеф. відрахувань від напівкладень										0,12	С=	90												
6	Питома вартість втрат (грн/кВт)										1705,47	Кдоп=	1												
7	Коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі										0,85	ЕаПл=	0,02												
8	Коефіцієнт перевантаження у післяаварійному режимі										1	Zс=	48,4	Ом											
9	Довжина лінії (км)										1	Zт=	365,997												
10	Кількість ліній(кіл лінії)										2	Fмінмех=	50	для 3 го регіону											
11	Номінальна напруга										110,00	Zліні=	0,70486												
12	Мінімальний переріз к.з.										Fкз=	20,6186	dУн	dУна	dP	Вв	Влж	З	У1	У2	У3	У4	У5	У6	V
13	Варіант	x мм <sup>2</sup>	Ідоп (А)	Кo2(грн/км)	Ro (ом/км)	Xo(Ом/км)	%	%	кВт	тис.грн	тис.грн	тис.грн													
14	1	10	84	0	2,766	0,412	0,05239	0,10478	1,625243	2,7718	0	----	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
15	2	16	111	0	1,801	0,399	0,03597	0,07195	1,058229	1,8048	0	----	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
16	3	25	142	0	1,176	0,385	0,02526	0,05052	0,690993	1,1785	0	----	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
17	4	35	175	0	0,79	0,373	0,0186	0,0372	0,464187	0,7917	0	----	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
18	5	50	210	156,302	0,603	0,365	0,01534	0,03068	0,35431	0,6043	18,7562	38,721	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	V	
19	6	70	265	164,076	0,428	0,354	0,01224	0,02448	0,251484	0,4289	19,6891	40,236	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
20	7	95	330	169,5	0,31	0,343	0,0101	0,02019	0,182149	0,3106	20,34	41,3013	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
21	8	120	390	172,843	0,25	0,336	0,00899	0,01798	0,146895	0,2505	20,7412	41,9834	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
22	9	150	450	184,558	0,199	0,33	0,00805	0,01609	0,116928	0,1994	22,147	44,6928	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
23	10	185	520	192,36	0,158	0,323	0,00726	0,01451	0,092837	0,1583	23,0832	46,4831	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
24	11	240	605	221,432	0,122	0,314	0,00652	0,01304	0,071685	0,1223	26,5718	53,3882	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
25	12	300	710	242,322	0,099	0,307	0,00604	0,01207	0,05817	0,0992	29,0786	58,3557	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	доп	
26											Мінімальні затрати		38,721												
27											Оптимальний переріз		50												
28																									

Рисунок 2.4 – Вибір оптимального перерізу зовнішньої лінії

Кожній комірці яка використовується для розрахунку оптимального перерізу живлячої лінії присвоюємо імена.

На основі виконаного в табличній формі розрахунку для зовнішньої лінії живлення вибираємо АС-50/8 перерізом 50 мм<sup>2</sup>. Приведені затрати при цьому становлять: 138,72 тис.грн.

## 2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ – 10 кВ

Виберемо кількість ліній живлення цехів, враховуючи їх категорію надійності та потужність в нормальному та після аварійному режимі. Споживачі II категорії надійності будемо жити двома кабельними лініями.

Наведемо математичну модель для визначення перерізів КЛ 10 кВ.

Керована змінна  $x$  – переріз КЛ.

Показник ефективності  $Z(x)$  – річні приведені затрати в КЛ.

$$Z(x) = B_{\text{КЛ}}(x) + B_{\text{В}}(x);$$

$$B_{\text{КЛ}}(x) = (E_e + E_a) \cdot K_0(x) \cdot L \cdot k_{\text{Л}};$$

$$B_{\text{В}}(x) = 3 \cdot I_{\text{Л}}^2 \cdot r_0(x) \cdot L \cdot k_{\text{Л}} \cdot B_0; \quad (2.26)$$

$$Z(x) = \left[ (E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_{\text{Л}}^2 \cdot r_0(x) \cdot B_0 \right] \cdot L \cdot k_{\text{Л}} \rightarrow \min_{x \in X}.$$

Сформуємо обмеження на керовану змінну:

$$k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_{\text{Л}}, \quad (2.27)$$

де  $I_{\text{доп}}(x)$  – допустимий струм КЛ перерізом  $x$  для нормальних умов навколишнього середовища та прокладки;

$k_{\text{доп}}$  - коефіцієнт допустимого навантаження, враховує відмінність параметрів середовища від нормованих в ПУЕ (§1.3.22).

$$k_{\text{доп}} = k_c \cdot k_{\text{п}}$$

$k_{\text{п}}$  - коефіцієнт прокладки (ПУЕ §1.3.10, 1.3.11, 1.3.18, таблиця 1.3.23):

$k_{\text{п}} = 0,92$ ; для прокладки кабелів на відстані 200 мм один від одного.

$k_c$  - коефіцієнт середовища (ПУЕ §1.3.9, таблиця 1.3.3):  $k_c = 1$ .

Отже,  $k_{\text{доп}} = k_c \cdot k_{\text{п}} = 0,92 \cdot 1 = 0,92$ .

$I_{\text{Л}}$  - струм окремої лінії:

$$I_{\text{Л}} = \frac{S_{\text{Л}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot k_{\text{Л}}}, \quad (2.28)$$

де  $S_{\text{Л}}$  - повна потужність лінії, кВА;

$k_{\text{Л}}$  – кількість ліній, шт.

Якщо  $k_{\text{Л}} > 1$ ,

$$k_{\text{па}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq k_{\text{нпа}} \cdot I_{\text{Л}} \cdot k_{\text{Л}}, \quad (2.29)$$

де  $k_{\text{па}}$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження КЛ в післяаварійному режимі (ПУЕ §1.3.5, 1.3.6, таблиця 1.3.1):  $k_{\text{па}} = 1,2$ ; - для прокладки в землі на час до 6 годин.

$k_{\text{нпа}}$  – частка загального навантаження, яке повинно споживатись в післяаварійному режимі (погоджується з технологами):  $k_{\text{нпа}} = 0,85$ .

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{н}}(x), \quad (2.30)$$

$$\Delta U_{\text{н}}(x) = \frac{P_{\text{л}} \cdot r_0(x) + Q_{\text{л}} \cdot x_0(x)}{U_{\text{ном}} \cdot k_{\text{л}}} \cdot L, \quad (2.31)$$

де  $\Delta U_{\text{доп}}$  – рекомендована допустима втрата напруги в лінії (рекомендації наведено в РД 153-34.0-15.501-00.А4.7):  $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$ ;

$\Delta U_{\text{н}}(x)$  – втрата напруги в лінії перерізом  $x$  в нормальному режимі роботи;

$P_{\text{л}}$  – активна потужність навантаження в лінії, кВт;

$Q_{\text{р}}$  – реактивна потужність навантаження в лінії, квар;

$r_0(x)$  – активний питомий опір кабелю перерізом  $x$ , Ом/км;

$x_0(x)$  – індуктивний питомий опір кабелю перерізом  $x$ , Ом/км;

$L$  – довжина лінії, км.

$$P_{\text{л}} = P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ЦТП}};$$

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{р}} + \Delta Q_{\text{ЦТП}}; \quad (2.32)$$

$$S_{\text{л}} = \sqrt{P_{\text{л}}^2 + Q_{\text{л}}^2}.$$

Якщо  $k_{\text{л}} > 1$ ,

$$\Delta U_{\text{па}}(x) \leq \Delta U_{\text{доп}},$$

$$\Delta U_{\text{па}}(x) = \Delta U_{\text{н}}(x) \cdot k_{\text{л}} \cdot k_{\text{нпа}}. \quad (2.33)$$

$$x \geq x_{\text{кз}},$$

$$x_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{п}}}}{C},$$



де  $x_{кз}$  – мінімальний переріз лінії в за умовою к.з., мм<sup>2</sup>;

$I_{кз}$  – струм КЗ на початку КЛ, кА;

$t_{ц}$  – приведений час КЗ, с;

$C$  – тепловий коефіцієнт,  $A \cdot c^{1/2}/\text{мм}^2$  (ГОСТ 30323-95 в таблицях 8, 9):

$$C = 90 A \cdot c^{1/2}/\text{мм}^2.$$

Автоматизований розрахунок розподільних кабельних мереж 10 кВ, які живлять ЦТП виконаємо за допомогою табличної форми, зображеної на рисунку 2.5.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
2	Дані нормального режиму																		
3	Напруга, кВ							U=	10										
4	Загальний опір розрахунковий струм окремої лінії, А							Zзаг=	3,4306 Ом										
5	Допустима втрата напруги в, %							dUдоп=	5										
6	Кількість ліній							ккл=	2										
7	Коефіцієнт середовища							ксс=	1										
8	Коефіцієнт прокладки							кпп=	0,92										
9	Коефіцієнт допустимого навантаження							кдоп=	0,92										
10	Довжина лінії в, км							L=	0,2										
11	Струм К.З.							Iкз=	1,68294 кА										
12	Приведений час К.З.							tп=	2										
13								кз=	26,4449										
14																			
15																			
16	Дані післяварійного режиму																		
17	Коефіцієнт перевантаження							кпа=	1,2										
18	Доля навантаження яке не можна відключити							кппа=	0,85										
19	Економічні характеристики																		
20	Питома вартість втрат, грн/кВт							во=	853										
21	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							еє=	0,1										
22	Коефіцієнт відрачування на амортизацію							еа=	2%										
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			

Рисунок 2.5 – Вибір оптимального перерізу КЛ 10 кВ за мінімумом приведених затрат (ГРП ТП1)

Кожній комірці, яка використовується для розрахунку оптимального перерізу КЛ присвоюємо імена.

На основі виконаного в табличній формі розрахунку для вибору оптимального перерізу КЛ 10 кВ за мінімумом приведених затрат ГПП – ЦТП1, вибираємо кабель АСБ-3х95 перерізом 95 мм<sup>2</sup>. Приведені затрати при цьому становлять: 13,1 тис.грн.

Відповідні розрахунки проведено для інших ЦТП. Результати розрахунку приведені в таблиці 2.14

Таблиця 2.3 - Результати розрахунку задачі вибору оптимального перерізу КЛ 10 кВ

ЦТП	Оптимальний переріз, мм <sup>2</sup>	Марка	З, тис.грн
ЦТП1	95	АСБ	13,1
ЦТП2	95	АСБ	12,96
ЦТП3	95	АСБ	113,12
ЦТП4	95	АСБ	3,13

Результати моделювання: Для живлення ЦТП1, ЦТП2, ЦТП3, ЦТП4 обираємо кабель марки АСБ, перерізом 95 мм<sup>2</sup>, (АСБ-3х95).

## 2.5 Визначення оптимальних координат розміщення підстанцій СЕП

Сформуємо математичну модель задачі в загальному вигляді. Вектор керованих змінних -  $(x_0, y_0)$  - координати розміщення ГПП. Показником ефективності рішення виступають річні приведені затрати в систему електропостачання.

Наведемо математичну модель:

$$Z(x_0, y_0) = B_{\text{ж}}(x_0, y_0) + B_{\text{жп}}(x_0, y_0) + B_{\text{л}}(x_0, y_0) + B_{\text{лп}}(x_0, y_0), \quad (2.34)$$

де  $B_{\text{ж}}$  - витрати в зовнішню лінію живлення (ЛЖ), починаючи з точки підводу;

$B_{\text{жп}}$  - витрати на передачу потужності по зовнішній лінії живлення;

$B_{\text{л}}$  - витрати в розподільній мережі;

$B_{\text{лп}}$  - витрати на передачу потужності по розподільним мережам.

$$B_{\text{ж}}(x_0, y_0) = B_{\text{нж}}(x_0, y_0) + B_{\text{зж}}(x_0, y_0, F) = (E_e + E_{\text{аж}}) \cdot \alpha_{\text{ж}} \cdot L_{\text{ж}}(x_0, y_0) + (E_e + E_{\text{аж}}) \cdot K_0(x_0, y_0, F_{\text{ж}}, k_{\text{ж}}) \cdot L_{\text{ж}}(x_0, y_0), \quad (2.35)$$

де  $B_{\text{нж}}$  - витрати незалежні від перерізу ЛЖ;

$B_{зж}$  - витрати залежні від перерізу ЛЖ.

$$B_{жп}(x_0, y_0) = \Delta P_{ж}(x_0, y_0, F_{ж}) \cdot B_0 = 3 \cdot I_{ж}^2 \cdot r_0(F_{ж}) \cdot k_{ж} \cdot L_{ж}(x_0, y_0) \cdot t \cdot \tau;$$

$$I_{ж} = \frac{S_{ж}}{\sqrt{3} \cdot U_{ж} \cdot k_{ж}};$$

$$B_{л}(x_0, y_0) = B_{нл}(x_0, y_0) + B_{зл}(x_0, y_0, F) = \sum_{i=1}^n (E_e + E_a) \cdot \alpha \cdot L_i(x_0, y_0) + \sum_{i=1}^n (E_e + E_a) \cdot K_0(F_i) \cdot k_i \cdot L_i(x_0, y_0); \quad (2.36)$$

де  $B_{нл}$  - витрати незалежні від перерізу КЛ;

$B_{зл}$  - витрати залежні від перерізу КЛ.

$B_{нл}$  не множимо на кількість ліній: вважаємо, що в одній траншеї будуть лежати в середньому два кабелі до різних ТП.

$$B_{лп}(x_0, y_0) = \Delta P_{л}(x_0, y_0, F) \cdot B_0 = \sum_{i=1}^n 3 \cdot I_{лп}^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot L_i(x_0, y_0) \cdot t \cdot \tau. \quad (2.37)$$

Визначимо довжину лінії:

- за евклідовою метрикою (E):

$$\rho((x_0, y_0); (x_i, y_i)) = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}; \quad (2.38)$$

- за неевклідовою метрикою (HE):

$$\rho((x_0, y_0); (x_i, y_i)) = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i|. \quad (2.39)$$

Математична модель буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}
Z(x_0, y_0) = & \left[ (E_e + E_{аж}) \cdot (\alpha_{ж} + K_0(F_{ж}, k_{ж})) + 3 \cdot I_{ж}^2 \cdot r_0(F_{ж}) \cdot k_{ж} \cdot t \cdot \tau \right] \cdot \\
& \cdot \rho((x_0, y_0); (x_{ж}, y_{ж})) + \sum_{i=1}^n \left[ (E_e + E_a) \cdot (\alpha + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot t \cdot \tau \right] \cdot (2.40) \\
& \cdot \rho((x_0, y_0); (x_i, y_i)) \rightarrow \min_{(x_0, y_0) \in X}.
\end{aligned}$$

Обмеження на керовані змінні:

$$\min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \quad (2.41)$$

$$\min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i), \quad (2.42)$$

де  $Z(x_0, y_0)$  – річні приведені затрати в СЕП;

$E_e$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$E_a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_0(F_i)$  – питома вартість КЛ перерізом  $F_i$ ;

$I_i$  – струм окремої КЛ від ЦМ до  $i$ -тої ЦТП;

$r_0(F_i)$  – питомий опір КЛ перерізом  $F_i$ ;

$B_0$  – питома вартість втрат активної потужності в КЛ;

$I_{ж}$  – струм ЖЛ;

$k_{ж}$  – кількість ліній живлячої ПЛ;

$\alpha_{ж}$  – складова питомої вартості ЖЛ на 1 км незалежно від перерізу;

$k_i$  – кількість кабелів від ЦМ до  $i$ -тої ЦТП;

$F_i$  – переріз кабельної лінії;

$\alpha$  – складова питомої вартості КЛ на 1 км незалежно від перерізу;

$n$  – кількість ЦТП;

$x_i, y_i$  – координати  $i$ -тої ЦТП;

$x_0, y_0$  – координати ЦМ;

$\rho((x_0, y_0); (x_i, y_i))$  – відстань від  $i$ -тої ЦТП до джерела живлення;

$\rho((x_0, y_0); (x_{ж}, y_{ж}))$  – відстань від точки живлення до джерела живлення.

В даній задачі довжина КЛ підприємства буде розраховуватись за неевклідовою метрикою, а ЖЛ – за евклідовою, оскільки є можливість прокладки ПЛ по прямій.

Координати ЦТП отримуємо з генплану підприємства.

На рисунку 2.6 зображена таблична форма електронного процесора Excel для визначення центру мережі (вибору оптимального місця розташування ЦРП).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
<b>Вибір оптимального місця розташування за мінімумом приведених затрат в мережу</b>												
Витрати в лінії, що не залежать від їх перерізу, грн/км	<b>a кл</b>	3700	<b>a вл</b>	10000								
Число годин максимальних втрат	<b>t</b>	3411										
Тариф на активну електроенергію, грн/(кВт*год)	<b>t</b>	0,5										
Нормативний коефіцієнт вітрахувань	<b>Ee</b>	0,1										
Коефіцієнт амортизаційних вітрахувань КЛ і ЖЛ	<b>Ea</b>	0,02										
Максимальне значення X	<b>Xmax</b>	410										
Мінімальне значення X	<b>Xmin</b>	0										
Максимальне значення Y	<b>Ymax</b>	270										
Мінімальне значення Y	<b>Ymin</b>	0										

ЖЛ	x, м	y, м	k	L, А	F, мм <sup>2</sup>	Ro, Ом/км	Ko, тис.грн/км	L, км	В тис.грн	Вп тис.грн	З, тис.грн
Від точки піводу живильної лінії	410	200	2	143,19	50	0,126	156,302	0,110	152,095	0,133	152,228
ТП1	300	185	2	43,19	95	0,326	38,79	0,010	5,137	0,062	5,199
ТП2	110	195	2	40,54	95	0,326	38,79	0,190	97,613	1,042	98,655
ТП3	145	145	2	43,50	95	0,326	38,79	0,205	105,318	1,294	106,612
ТП4	295	240	2	43,64	95	0,326	38,79	0,050	25,688	0,318	26,006

<b>Мінімальні затрати</b>		<b>388,70</b>
---------------------------	--	---------------

x, м	y, м
300	195

Рисунок 2.6 – Визначення центру кабельної мережі 10 кВ

Кожній комірці, яка використовується для розрахунку ЦМ присвоюємо імена.

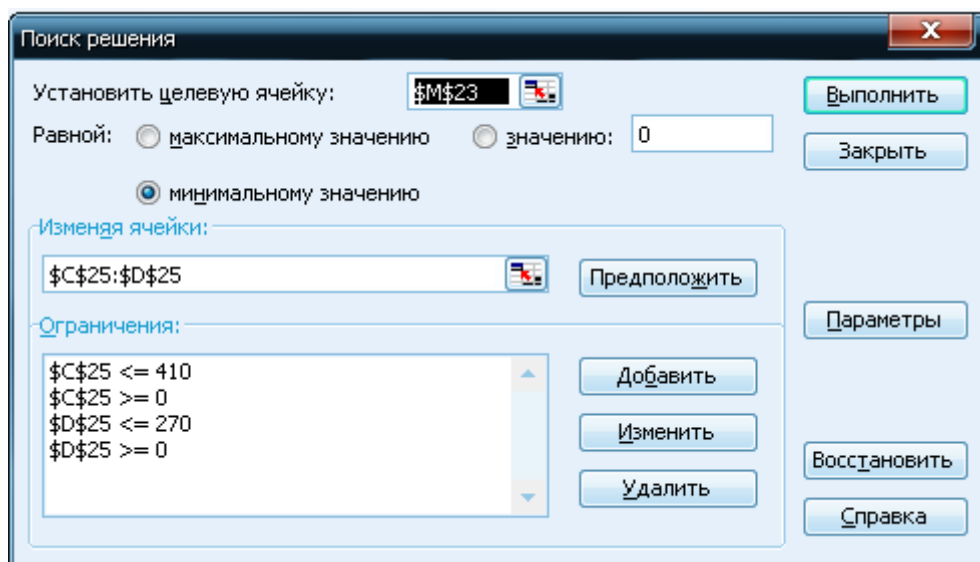


Рисунок 2.7 – Параметры математичної моделі визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

Проектне рішення: ЦРП буде розташовуватися за координатами  $X_0 = 300$  м,  $Y_0 = 195$  м.

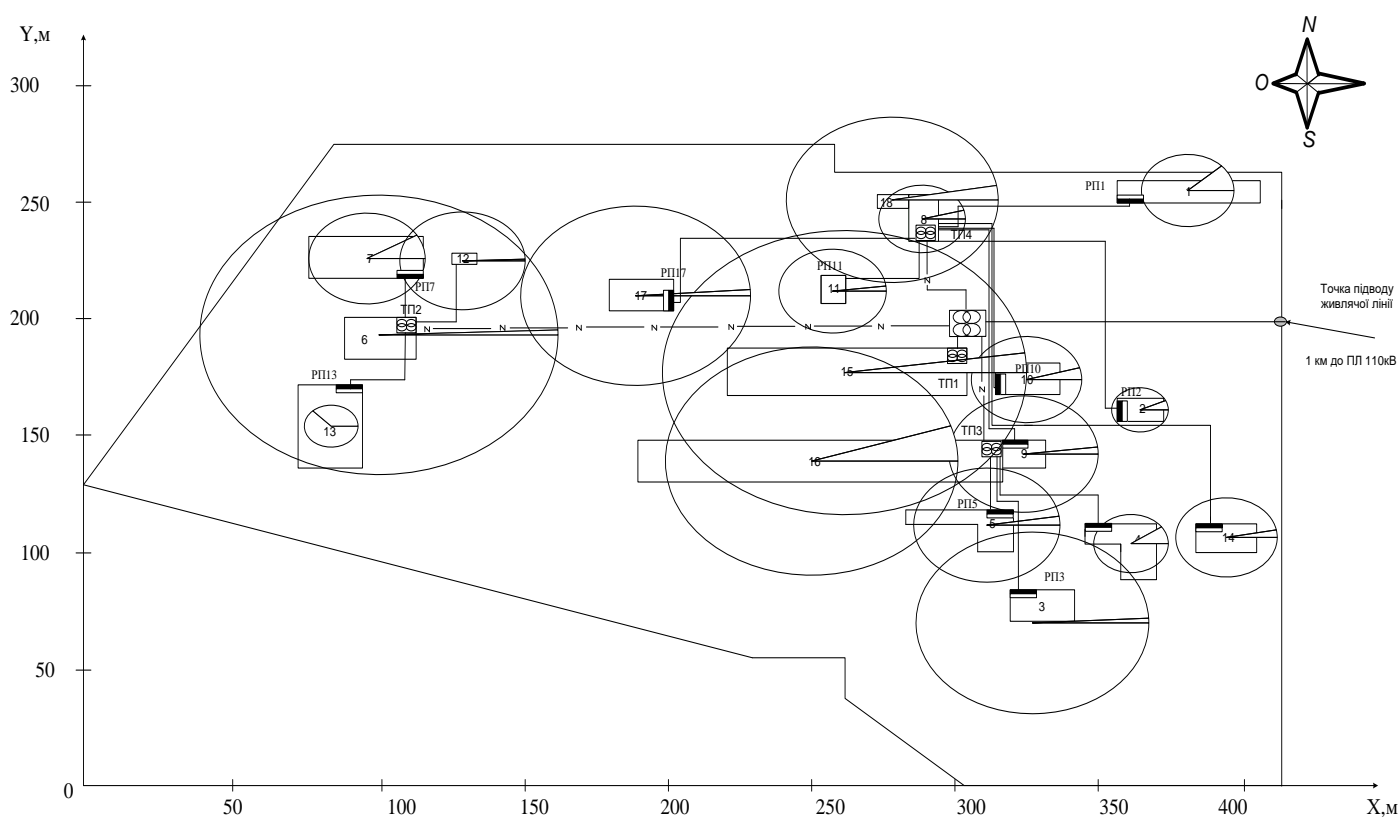


Рисунок 2.8 – Параметры математичної моделі визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

## 3 ЗАХИСТ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ ВІД БЛУКАЮЧИХ СТРУМІВ

### 3.1 Загальні поняття

Електрокорозія – це пошкодження металу під дією зовнішнього джерела струму або блукаючого струму. Прояви електрокорозії у вигляді наскрізних пошкоджень підземних трубопроводів відомі ще з 80–х років ХІХ століття після прокладання підземних ліній метрополітену у Берліні, де рішенням цієї проблеми займався Нернст. Швидкість електрокорозії залежить від виду (постійний, змінний) і параметрів струму (сила, частота), від властивостей металу, властивостей навколишнього середовища (грунту чи водного середовища), до яких відносяться температура, вологість, провідність, наявність агресивних компонентів. Найчастіше електрокорозія викликається так званими блукаючими струмами, джерелом яких можуть бути різні електроустановки [19-23].

Блукаючими струмами називаються струми, що протікають поза основної струмопровідної системи по шляхах, що не призначені для їх протікання. Вони класифікуються по виду джерела і за умовами виникнення. Розрізняють шість типів блукаючих струмів [19-23]:

– Електротягові блукаючі струми. Їх джерелами є струмопровідні колії. При проходженні по рейках електричного струму частина його витікає в землю внаслідок того, що рейки завжди мають природний електричний контакт з ґрунтом. При цьому утворюються великі зони розтікання блукаючих струмів. Частка струму витіку з рейок в землю тим більше, чим більше поздовжній опір рейкових шляхів, чим менше перехідний опір від рейок до ґрунту і чим більше електропровідність ґрунту. Електротягові блукаючі струми виявляються найбільш часто внаслідок великої потужності джерела і тривалості протікання. Також велике значення має потужність споживача електричного струму. Так найбільш інтенсивні анодні зони біля тягової підстанції викликає електропотяг, що розганяється або рухається у гору внаслідок розвитку максимальної потужності електродвигуна.

– Струми витоку з електричних мереж. Вони утворюються внаслідок порушення ізоляції струмоведучих провідників від землі, зокрема, при різних замиканнях на землю, в результаті чого частина струму витікає з мережі в землю, поширюючись в різних напрямках. Величина і зона поширення струмів витоку з електричних мереж залежить в основному від напруги, геометрії мережі, типу короткого замикання та електричних властивостей середовища.

– Струми електромагнітного впливу. Джерелами цих струмів є електричні мережі як змінного, так і постійного струму. Блукаючі струми цього типу виникають в схильній до впливу мережі (електропідривної, вимірювальній, мережі управління та ін.), що знаходиться на якійсь відстані від діючої мережі, в результаті індуктивного (магнітного) і електричного впливу. Магнітний вплив особливо небезпечний при різких змінах струму в діючій мережі, електричний вплив тим сильніше, чим вище потенціал діючої мережі.

– Струми електромагнітних випромінювань. Джерелами таких блукаючих струмів можуть бути різні пристрої, що генерують електромагнітні коливання (передавачі, радіолокаційні установки і т.п.). Величина блукаючого струму, що виникає в схильній до впливу мережі (що грає роль прийомної антени), залежить від потужності джерела, відстані від нього, схильності мережі до впливу та її орієнтації щодо напрямку поширення електромагнітних хвиль.

– Струми електричних розрядів. Джерелами блукаючих струмів цього типу є різні наелектризовані тіла, або тіла, що мають залишковий електричний заряд. Електризація відбувається при механізованому заряджанні шпурів, в результаті сніжних буревіїв, при терті різних матеріалів, наприклад, на одязі робітників і т.п. У результаті електризації тіла накопичують той чи інший електричний заряд. Він може виникнути і без електризації, наприклад, на кабелі після його відключення, якщо кабель не заземлений. При перерозподілі зарядів в системі заряджених тіл протікають струми, величина яких залежить від величини зарядів і електричних параметрів ланцюгів, по яких тече струм.

– Струми грозових розрядів і ударів блискавки. Грозові розряди і удари блискавки також є джерелами блукаючих струмів. Під час грози утворюються



електричні поля великої напруги, обумовлені хмарами, як зарядженими тілами. Крім того, під час руху зарядженої хмари на ділянці землі, під цими хмарами, утворюються протилежно заряджені області, що переміщуються відповідно до переміщення хмар. Перерозподіл або зміна зарядів призводить до протікання струму. При ударі блискавки в наземне спорудження або в землю утворюються великі зони розтікання струму в землі [19-23].

– Телуричні струми. В землі постійно протікають струми природного походження, зумовлені внутрішніми процесами в земній корі – телуричні струми. Густина цих струмів залежить від варіацій магнітного поля землі, геофізичних властивостей середовища, електрохімічних і термоелектричних процесів в гірських породах, вона істотно менша густини струму інших типів. Телуричні струми не становлять реальної небезпеки щодо впливу на електропідривної мережі або інші об'єкти. Проте останнім часом з'являються дані про існування телуричних струмів надзвичайно високої потужності, що короткий час протікають на межі мантиї і земної кори, причому, наслідком таких підземних блискавок можуть бути навіть землетруси [19-23].

Загалом, джерелами блукаючих постійних струмів зазвичай є шляхи електропоїздів (електричні залізниці постійного струму магістральні й приміські, трамваї, метрополітен), лінії промислового і шахтного підземного транспорту, заземлення ліній передачі постійного струму за системою «провід – земля», установки для електрозварювання, системи катодного захисту і установки для нанесення гальванічних покриттів. Джерелами блукаючих змінних струмів, зазвичай, називають заземлення ліній змінного струму або струми, що індуковані в трубопроводах прокладеними поруч з електричними кабелями. Приклад виникнення блукаючого постійного струму від трамвайної лінії, де сталеві рейки використовуються для повернення струму до генераторної станції, показаний на рис.3.1. Як видно із рис.3.1, позитивний полюс джерела живлення підключається до контактного проводу (у метрополітені до контактної рейки), а негативний – до ходових рейок. При такій схемі електропостачання тяговий струм від позитивної шини тягової

підстанції по лінії живлення надходить в контактний провід, а звідти через струмоприймач до двигунів електровоза і далі через рейки у втягуючу лінію й до мінусової шини тягової підстанції. Оскільки рейки не ідеально ізольовані від землі, то частина тягового струму витікає з них в землю.

Величина струму стікання, який називають блукаючим, тим більше, чим менше перехідний опір між рейками і землею, і чим більше поздовжній опір рейок. Тобто, внаслідок поганого контакту рейок на стиках і недостатньою ізоляції їх від землі частина струму виходить в ґрунт і знаходить шляхи з низьким опором, наприклад підземні газо– і водопроводи. На рис. 3.1 навколо підземної труби показана діаграма розподілу потенціалу, з якої видно, що зона труби 6, у яку входить блукаючий струм, має катодну поляризацію, а зона 8, з якої струм повертається у ґрунт і далі до тягової підстанції, – має анодну поляризацію. Оскільки у системі ґрунт–сталь саме залізо є найкращим відновником, то струм у ґрунт виходить у вигляді іонів заліза(II), тобто, метал анодно розчиняється. Якщо в анодній зоні труба захищена неметалевим покриттям з високим електричним опором, то це посилює корозійні руйнування саме наскрізного типу. Причина плягає у тому, що всяке реальне технічне неметалеve покриття характеризується певною величиною водопроникності, внаслідок чого блукаючі струми виходять через малу площу дефектів захисного покриття з дуже високою густиною і зумовлюють прискорене руйнування труби [19-23].

Із рис.3.1 випливає, що при зближенні кабелю зв'язку з рейками електричних залізних доріг, анодна зона на ньому виникає, як правило, поблизу місця підключення втягуючої лінії, а катодна зона змінює своє положення разом зі зміною положення електровоза. На ділянці кабелю, між анодною і катодною зонами, в залежності від місцевих умов і розподілу навантаження, може мати, місце так звана нейтральна зона, в якій не спостерігається ні втікання струму в кабель, ні витікання з нього, або знакозмінна зона, в якій знак потенціалу кабелю по відношенню до ґрунту час від часу змінюється.

Виникнення знакозмінної зони обумовлюється зазвичай наявністю на лінії в районі ділянки зближення кількох електровозів [19].

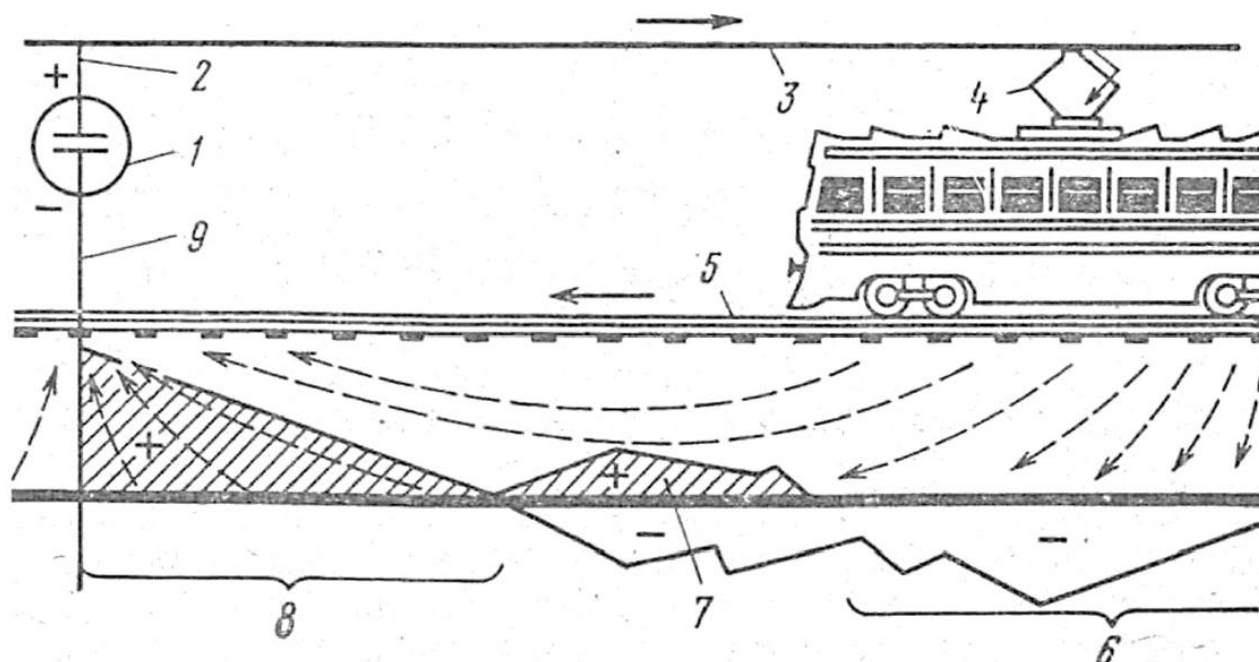


Рисунок 3.1 – Корозія підземної труби під дією блукаючих струмів: (штрихові стрілки — блукаючі струми ; суцільні стрілки — тяговий струм) — тягова підстанція; 2—основна лінія; 3 — контактний провід; 4 — струмоприймач; 5 — рельси; 6— катодна зона; 7 —знакозмінна зона; 8—анодна зона; 9 — втягуюча лінія.

При перетині підземної комунікації з рейковими шляхами електричних залізниць, вона може мати позитивний, негативний або знакозмінний потенціал по відношенню до ґрунту, причому знак потенціалу, як правило, визначається віддаленням місця перетину від втягуючого пункту, режимом руху електровозів на даній гілці, напрямом залягання підземної комунікації до і після ділянки перетину і рядом інших факторів (довжиною ділянки зближення, кутом перетину, перехідним опором між підземною спорудою та землею, поздовжнім опором споруд, питомим опором навколишнього ґрунту та ін.) [19-23].

### 3.2 Вплив блукаючих струмів на підземні споруди

Найчастіше блукачі струми спостерігаються на ділянках станційних колій електричних залізниць, де, як правило, мають місце малий перехідний опір між

рейками і землею і значні тягові пускові струми. Блукаючі струми, що виникають при роботі електричних залізних доріг і трамвая, можуть поширюватися на великі відстані. Чим менший питомий опір землі, тим легше і в більшій кількості блукаючі струми розтікаються з місць, де неможливо створити повноцінний електроізолюючий насип між землею і колією, або з місць, де пошкоджено електричний контакт між рейками колії. Цьому часто сприяють різні аномалії ґрунтів з низьким питомим опором, що залягають нижче. В умовах міста поширенню блукаючих струмів сприяє густа мережа підземних металевих комунікацій різного призначення (газопроводів, теплопроводів, кабелів зв'язку та енергетики і ін.), оскільки такі металеві споруди завдяки своєму низькому опору, порівняно з ґрунтом, відіграють роль колекторів струму, провокуючи вихід блукаючих струмів у землю.

Ділянка рейкового шляху, на якому знаходиться електровоз, має позитивний потенціал по відношенню до навколишньої землі, а ділянку в районі підключення витягуючої лінії тягової підстанції – негативний. Так як на ділянці між двома тяговими підстанціями може перебувати кілька електровозів, то в залежності від їх розташування та величини тягового струму потенціали окремих ділянок рейкової колії будуть змінюватися як за величиною, так і за знаком. Таким чином, в моменти, коли рейки мають позитивний потенціал щодо землі, в результаті витіку струмів відбувається корозія, яка призводить до передчасного зносу рейок і елементів їх кріплення [19-23].

Якщо враховувати, що зазвичай поблизу рейкових шляхів пролягає або перетинається з ними велика кількість підземних металевих комунікацій різного призначення, то цілком допустимо, що частина блукаючого струму на окремих ділянках (катодних зонах) затікає в ці споруди, а потім на інших ділянках (анодних зонах) витікає з них. Виникає як би гігантська електролітична ванна, електродами якої на підземній металевій споруді є ділянки входу (катодні зони) і виходу (анодні зони) струмів. У катодних зонах метал підземної споруди електрично негативний по відношенню до навколишнього середовища, а в анодних, навпаки, – позитивний. Вимушена

зміна природи носія заряду на межі метал–грунтовий електроліт в анодних зонах веде до руйнування підземної комунікації внаслідок виходу з неї іонів металу. Анодний і катодний процеси при блукаючих струмів відбуваються на територіально віддалених один від одного ділянках, протяжність яких може бути досить значною. Інтенсивність процесів блукаючих струмів значно вище, ніж при всіх інших видах корозії [19-23].

### 3.3 Методи визначення присутності блукаючих струмів в ґрунті

#### 3.3.1 Вимірювання потенціалу ґрунту і підземної споруди

Потенціал підземної структури, який вимірюється у порівнянні з мідно–сульфатним електродом, має досягти стаціонарного значення приблизно за 15 хв, якщо у ґрунті відсутні змінні блукаючі струму. Вимірюваний потенціал спорудимає різко і часто змінюватися у зонах виникнення блукаючих струмів в результаті індукованої поляризації, яка носить випадковий характер. Зміни можуть мати місце як в позитивному, так і в негативному напрямку по відношенню до стаціонарного потенціалу. Таким чином, на основі вимірювання потенціалу підземної споруди варіацій вимірюного сигналу можна визначити присутність блукаючих струмів. Вимірювання потенціалу може бути виконано за допомогою вимірювача напруги з високим внутрішнім опором (мінімум 100 кОм), як показано на рис.3.2. Один з виходів вольтметра підключено до підземної конструкції за допомогою кабелю (наприклад, в контрольній–вимірювальних точках або з фітингами, доступними в контрольних камерах). Другий вхід вимірювача підключений до електроду порівняння, який розташований на поверхні землі якомога ближче до місця залягання підземної споруди. В польових умовах частіше застосовують насичений мідно–сульфатний електрод [19-23].

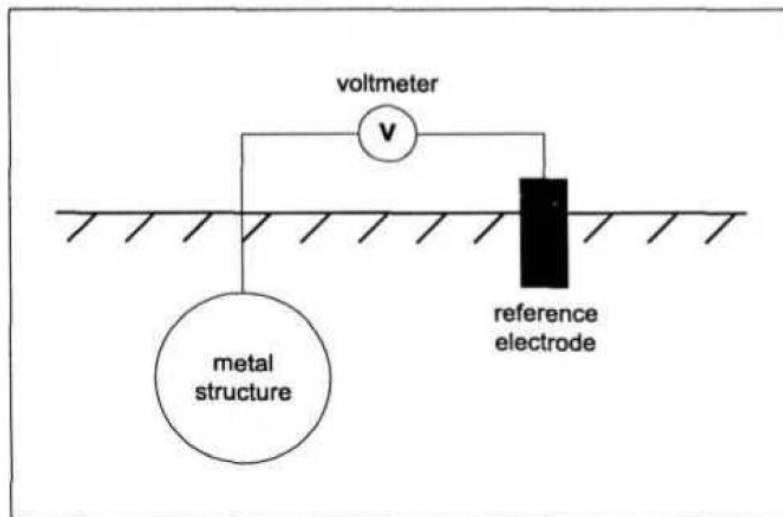


Рисунок 3.2 – Вимірювання потенціалу підземних споруд

Практика показує, що якщо впродовж декількох хвилин різниця між мінімальними і максимальними значеннями потенціалу перевищує 50 мВ, то електролітична корозійна небезпека для підземної комунікації має бути досліджена більш ретельно. Чим більше діапазон випадкових стрибкоподібних змін виміряного потенціалу, тим більше інтенсивність блукаючих струмів в області вимірювань і велика ймовірність їх руйнівної дії. Проте необхідно мати на увазі, що існують також постійні блукаючі струми, або струми, зміна інтенсивності й напрямку яких змінюється набагато повільніше, не процедура вимірювання потенціалу підземної споруди. Тому даний метод принципово не дозволяє стверджувати відсутність блукаючих струмів, але дозволяє однозначно показати їх присутність. У деяких наближеннях можна припустити, що якщо середнє значення потенціалу сталеві структури більш позитивне, ніж  $-400$  мВ в порівнянні з мідно-сульфатним електродом, то існує висока небезпека електролітичної корозії, якщо значення більш негативне, ніж  $-700$  мВ, тоді ніякої небезпеки не існує. Таке твердження добре узгоджується з практичними критеріями катодного захисту, проте не може бути правилом, оскільки середнє значення маскує можливість наявності в одній вузькій зоні високої анодної поляризації, яка стане причиною наскрізних пошкоджень. Найбільш інформативним методом визначення блукаючих струмів є звичайно більш трудомісткий метод, дані для якого дають числені польові вимірювання

потенціалів ґрунту та/або металевої споруди. Наприклад, струм, що виникає від будь-якого джерела, що виходить з підземної труби або входить у неї, може бути розрахований шляхом вимірювання різниці потенціалів між поверхнею ґрунту прямо над трубою і ділянкою ґрунту, трохи віддаленої від труби під прямим кутом до неї. Якщо  $E$  – виміряна різниця потенціалів, то [19-20]

$$E = \frac{\rho j}{2\pi} \ln \frac{y^2 + h^2}{h^2}, \quad (3.1)$$

де  $\rho$  – питомий опір ґрунту;  $h$  – глибина залягання труби;  $y$  – відстань між точками вимірювання потенціалів;  $j$  – загальний струм, що входить або виходить з поверхні труби на одиницю довжини.

### 3.3.2 Вимірювання електричного поля в ґрунті

Блукаючі струми викликають електричне поле в землі, пов'язане з їх протіканням через електролітичне середовище. Зміни цього поля носять випадковий характер, тому наявність блукаючих струмів можна виявити, досліджуючи зміни вектору електричного поля в землі. Зазвичай такі дослідження проводяться шляхом вимірювання падіння напруги з двоканальним реєстратором в землі в двох напрямках  $X$ – $Y$ , перпендикулярних один одному, між ідентичними електродами на відстані приблизно 30 м один від одного (рис.3.3). Постійне значення вектору електричного поля в наземних точках вказує на відсутність динамічних блукаючих струмів в місці вимірювання. Якщо динамічно змінюється виміряне значення, то це вказує на виникнення блукаючих струмів в регіоні. На підставі знаку вектору електричного поля можна визначити напрямок потоку блукаючого струму в цій області [21].

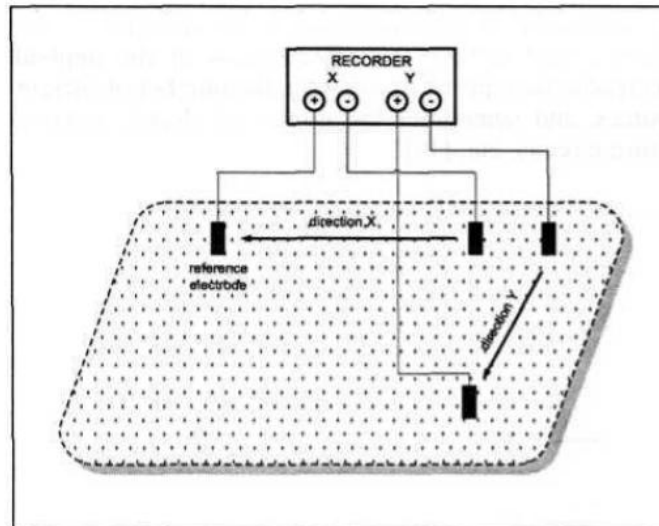


Рисунок 3.3 – Вимірювання розподілу електричного поля в ґрунті

Динамічні зміни потенціалу підземної комунікації або вектору електричного поля в землі вказують тільки на наявність блукаючих струмів. Важко зробити точні висновки про напрям поляризації: анодної чи катодна або знакозмінна. Тим більше неможливо зробити висновки про наявність електродних процесів, що відбуваються на поверхні металевої конструкції.

#### 3.4 Технічні засоби захисту від блукаючих струмів

Заходи захисту підземних металевих споруд від корозії блукаючими струмами за своїм призначенням можуть бути розділені на три великі групи (рис. 3.4): по-перше, заходи з обмеження величин блукаючих струмів у ґрунті від різних джерел (реалізуються безпосередньо на джерелах блукаючих струмів), по-друге, заходи зі зменшення проникнення блукаючих струмів в підземні протяжні металеві споруди, по-третє, заходи захисту від блукаючих струмів, які вже проникли в підземну протяжну споруду. Найбільший ефект досягається у тих випадках, коли реалізуються заходи всіх трьох груп [19-21].



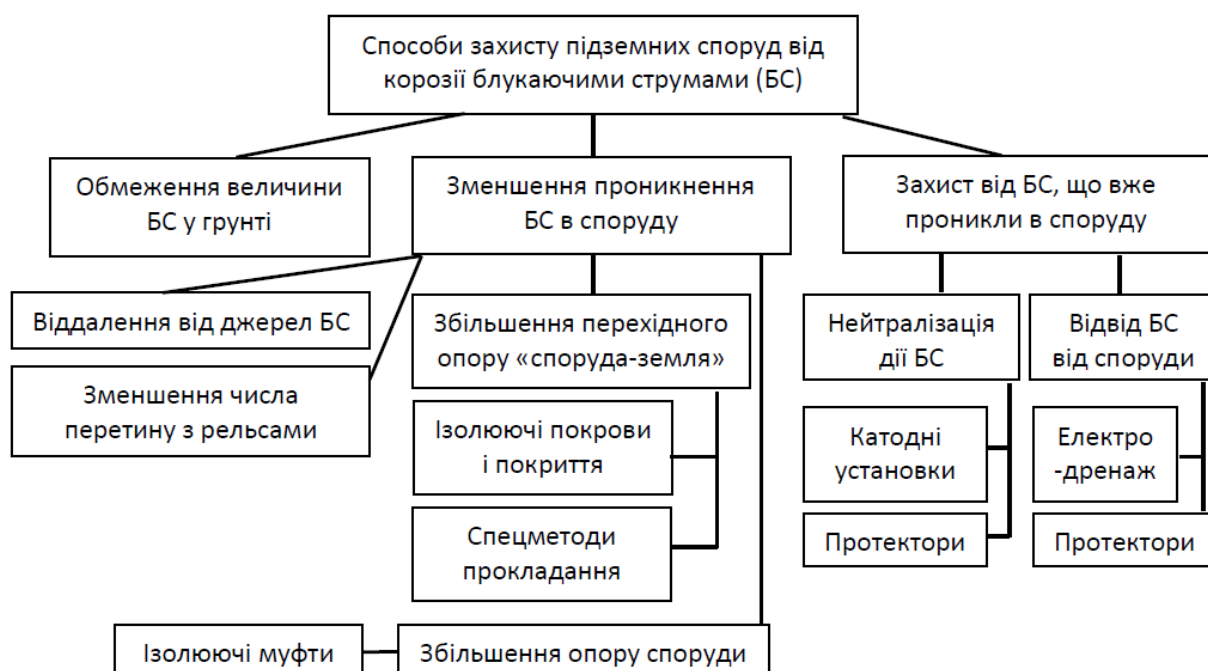


Рисунок 3.4 – Способи захисту підземних металевих споруд від корозії під дією блукаючих струмів

Перша група заходів – обмеження блукаючих струмів у ґрунті можна досягти спеціальними заходами на джерелах блукаючих струмів, які частково або повністю використовують землю як струмопровід, а також на установках промислових підприємств, що споживають постійний струм технологічною метою. До таких джерел відносяться приміські й магістральні залізниці, трамвайні шляхи і метрополітен, електрифіковані залізниці промислового транспорту, лінії передачі енергії постійного струму за схемою «провід – земля», цехи електролізу та гальванічних покриттів і т. п. Обмеження блукаючих струмів в землі практично може бути забезпечене тільки для установок рельсового транспорту (рис.3.1). При цьому блукаючі струми, що створюються рельсовим транспортом постійного струму, можуть бути обмежені шляхом збільшення перехідного опору між рельсами і землею або провідності рельсового шляху, а також реалізацією деяких інших схемних рішень [19-20].

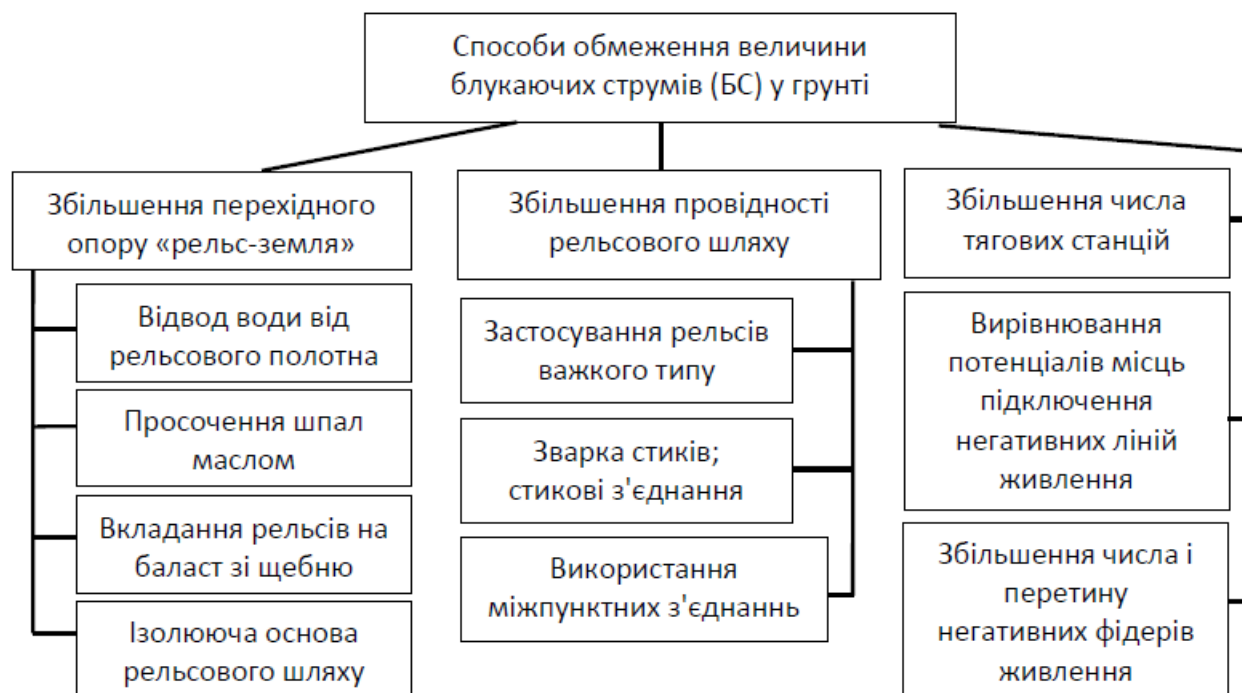


Рисунок 3.5 – Способи обмеження величини блукаючих струмів у землі

Зменшення проникнення блукаючих струмів у підземні металічні споруди досягається шляхом: віддалення останніх від джерел блукаючих струмів, зменшення числа перетинів з рельсами електрифікованого транспорту, збільшення перехідних опорів між підземною металічною спорудою і ґрунтом, а також збільшення прокольного опору самої споруди. Ідеальним рішенням питання зменшення проникнення блукаючих струмів у підземні протяжні металічні споруди є їх на таких відстанях від джерел, за яких вплив блукаючих струмів у землі практично не виявляється. Таке рішення може привести до збільшення протяжності споруди, розміщення її в незручних для прокладання, обслуговування й експлуатації місцях і т. п. У таких випадках найбільш правильно розміщувати споруду на таких відстанях від джерела блукаючих струмів, за яких найбільш дешево й ефективно можна забезпечити електрохімічний захист [21].

### 3.4.1 Установки для електродренажу

Електродренажний захист – найбільш ефективний захист від блукаючих струмів. Основний принцип його полягає в усуненні анодних зон на підземних

спорудах. Це досягається відводом (дренажем) блукаючих струмів з ділянок анодних зон споруд в рельсову частинуланцюга електротяги, яка має негативний або знакозмінний потенціал, або на негативну шину втягуючих ліній тягових підстанцій. Потенціал споруди зміщується при цьому в негативний бік, а анодні зони, викликані відтоком блукаючих струмів, ліквідуються. При цьому катодні зони в місцях входу блукаючих струмів на споруді зберігаються. Очевидно, що електродренаж працює коректно тільки у тому випадку, коли різниця потенціалів «споруда – елемент рельсового шляху» забезпечує споруді потенціал катодного захисту автоматично або задається спеціально додатковим джерелом постійного струму [19].

Для нормального дренажу падіння напруги в дренажному кабелі має бути менше різниці потенціалів «споруда –рельс». Тому застосування дренажного захисту виправдано лише при відносно близькому розташуванні захищеної споруди від рельсів або втягуючих пунктів. За великої довжини дренажного кабелю для зменшення втрат напруги необхідно збільшувати його перетин, що може виявитися економічно недоцільно. У таких випадках рекомендують переходити на захист із застосуванням катодних станцій або протекторних установок.

Електродренажний захист проводять з допомогою установок прямого, поляризованого і посиленого дренажу при мінімальному значенні середньої величини струму, що дренують, який забезпечує захист споруди на потрібній довжині і при заданому значенні захисного потенціалу.

Прямий електричний дренаж (рис.3.7) є найбільш простим за конструкцією й має реостат для регулювання струму, що дренується. Безреостатний дренаж недопустимий внаслідок можливості виникнення струму, який стане небезпечним для споруди, що захищають [20].

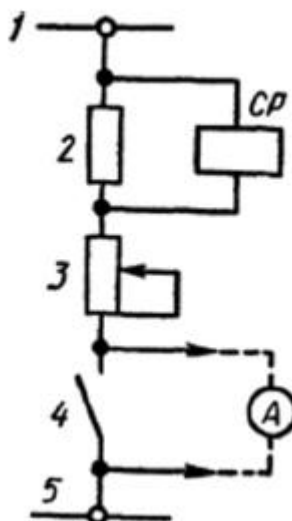


Рисунок 3.6 – Принципова схема прямого електричного дренажу: 1 – рельс; 2 – запобіжник; 3 – змінний резистор; 4 – рубильник; 5 – споруда, що захищають; CP – сигнальне реле; A – амперметр

Прямий електричний дренаж застосовують у тих випадках, коли потенціал споруди  $E_c$  постійно вище потенціалу елемента рельсової мережі  $E_r$ , куда відводиться блукаючий струм. Крім того, щоб запобігти відтоку блукаючих струмів у землю в пункті дренажу з подальшою корозією підземної споруди різниця потенціалів «споруда–рельс»  $\Delta E_{cr}$  має бути більше різниці потенціалів «споруда–земля»  $\Delta E_{cz}$ . Прямий дренаж має двосторонню провідність. Тому він знаходить застосування лише в обмежених випадках, коли гарантовано переважання потенціалу споруди над потенціалом у пункті дренажу, тобто виключена можливість стікання струмів рельсової мережі в споруду [19].

Поляризований дренаж відрізняється від прямого електродренажу однобічною провідністю і застосовується у тих випадках, коли потенціал споруди  $E_c$  по відношенню до потенціалів рельсів  $E_r$  і землі  $E_z$  позитивний або знак змінний (тобто напрям блукаючих струмів змінюється) й одночасно різниця потенціалів «споруда–рельс»  $\Delta E_{cr}$  переважає різницю потенціалів «споруда–земля»  $\Delta E_{cz}$ . Внаслідок своєї однобічної провідності поляризований дренаж заважає зворотному проходженню струму з рельсів у споруду, що

захищають, при переважанні потенціалу рельсів по відношенню до потенціалу споруди [22].

Однобічна провідність поляризованого дренажу досягається застосуванням напівпровідникових діодів (рис.3.7).

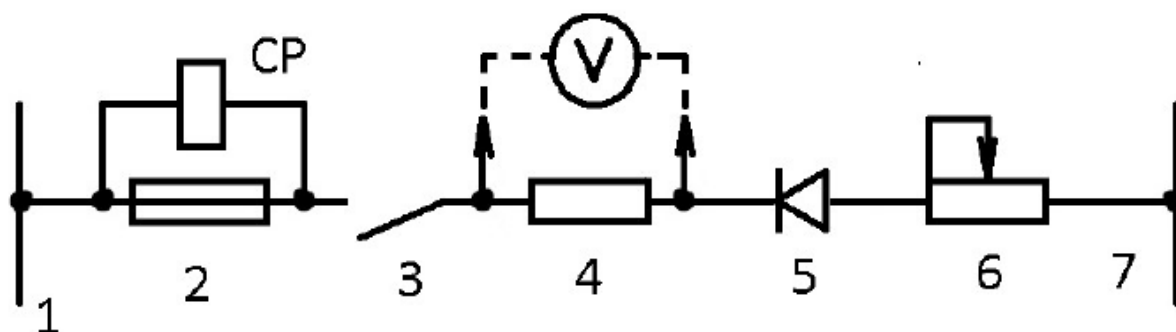


Рисунок 3.7 – Принципова схема поляризованого електричного дренажу: CP – сигнальне реле; V– вольтметр; 1 – рельс; 2 – запобіжник; 3 – вимикач; 4 – шунт; 5 – діод; 6 – змінний опір; 7 – споруда

Відносно високий прямий опір напівпровідникових діодів знижує чутливість електродренажу. Підвищення чутливості може бути досягнуте в схемах з застосуванням германієвих діодів або у схемах з додатковою поляризацією кремнієвого діода від сухого елемента живлення [19].

Для захисту споруд, які розміщені в зоні впливу змінних блукаючих струмів, може бути рекомендовано пристрій, що являє собою звичайний електродренаж, вдосконалений шляхом додатково включених діода, ємності і струмовідвода, завдяки чому об'єкт захисту поляризується постійно, навіть при позитивних потенціалах рельсів (рис.3.8). Схема дозволяє забезпечити електричний захист підземної споруди за рахунок накопичення енергії блукаючих струмів за допомогою ємності, включеної на напругу витoku «рельс–споруда» при негативних потенціалах рельсів і розрядуючості на споруду, що захищають, (форсування захисного струму) при позитивних потенціалах рельсу.

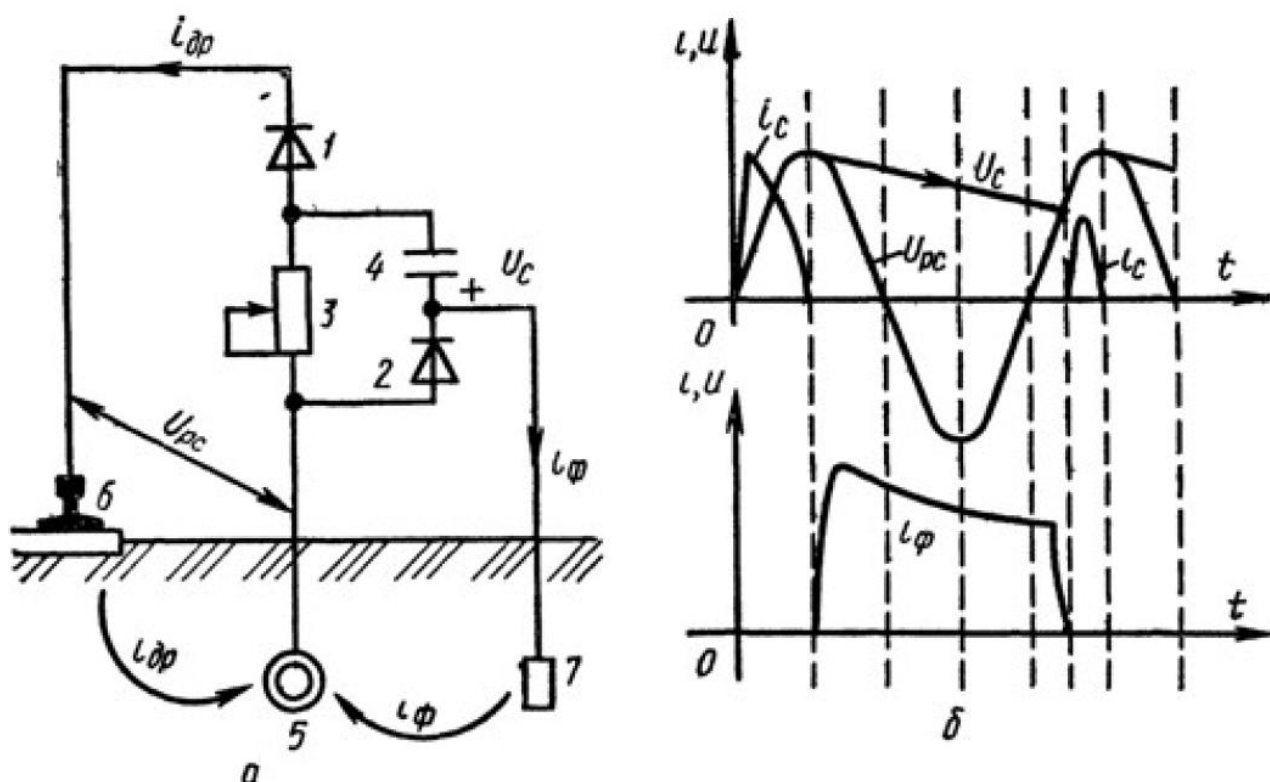


Рисунок 3.8 – Пристрій для захисту споруд у зоні впливу змінних блукаючих струмів (а) і криві напруг і струмів (б): 1,2 – діоди; 3 – змінний опір; 4 – ємність; 5 – споруда; 6 – рельс; 7 – допоміжний електрод (струмовідвод);  $U_C$  – напруга ємності;  $U_{PC}$  – напруга «рельс–споруда»;  $i_{др}$  – струм дренажу;  $i_{\Phi}$  – струм розряду ємності.

### 3.4.2 Анодний захист

Анодний захист застосовують при експлуатації обладнання в середовищах з високою електропровідністю і виготовленого із матеріалів, що досить легко пасивуються – вуглецевих і низьколегованих нержавіючих сталей, титану, високолегованих сплавів на основі заліза. Анодний захист перспективний у випадку обладнання, виготовленого із різнорідних здатних до пасивації матеріалів, наприклад, нержавіючих сталей різного складу [19].

При анодному захисті потенціал активного металу, що розчиняється, зміщують у більш позитивну сторону до досягнення більш стійкого пасивного стану. У результаті відбувається не лише суттєве (в тисячі разів) зниження швидкості корозії металу, але і попереджається падавання продуктів його

розчинення у кінцевий продукт хімічного синтезу. Зміщення потенціалу в позитивну сторону можна здійснити від зовнішнього джерела струму, введенням окисників в розчин або введенням в сплав елементів, що сприяють підвищенню ефективності катодного процесу, що протікають на поверхні.

Обов'язкові елементи анодного захисту (рис.3.9) катод 4, електрод порівняння 2 і регулюючий пристрій 3, що включає джерело постійного струму і регулятор потенціалу. У виняткових випадках, коли протяжність області стійкої пасивності доволі велика, анодний захист може здійснюватись за рахунок підтримання постійної напруги [27].

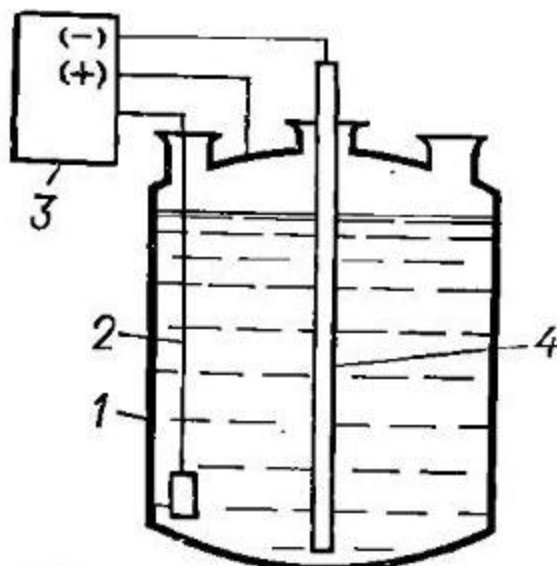


Рисунок 3.9 – Схема апарату з анодним захистом: 1 – апарат; 2 – електрод порівняння; 3 – потенціостат; 4 – катод

Апарати, призначені для роботи з сірчаною кислотою, виготовляють із високолегованих сталей і футерують різними кислотостійкими матеріалами. Порушення футерування призводить до частих ремонтів та забруднення технологічного середовища продуктами корозії. Здатність вуглецевої і нержавіючих сталей до пасивації в сірчаноокислих середовищах дозволяє успішно застосовувати анодний захист для запобігання корозії. Крім того, застосування анодного захисту дає можливість замінити високолеговані сталі

іншими менш дорогими сталями, а також позбутися футерування і тим самим збільшити корисний об'єм апаратів на 20–30% [20, 22].

Для одночасного захисту кількох технологічних апаратів застосовують автоматичні системи анодного захисту. На багатьох підприємствах функціонує автоматична система захисту «Донець–12».

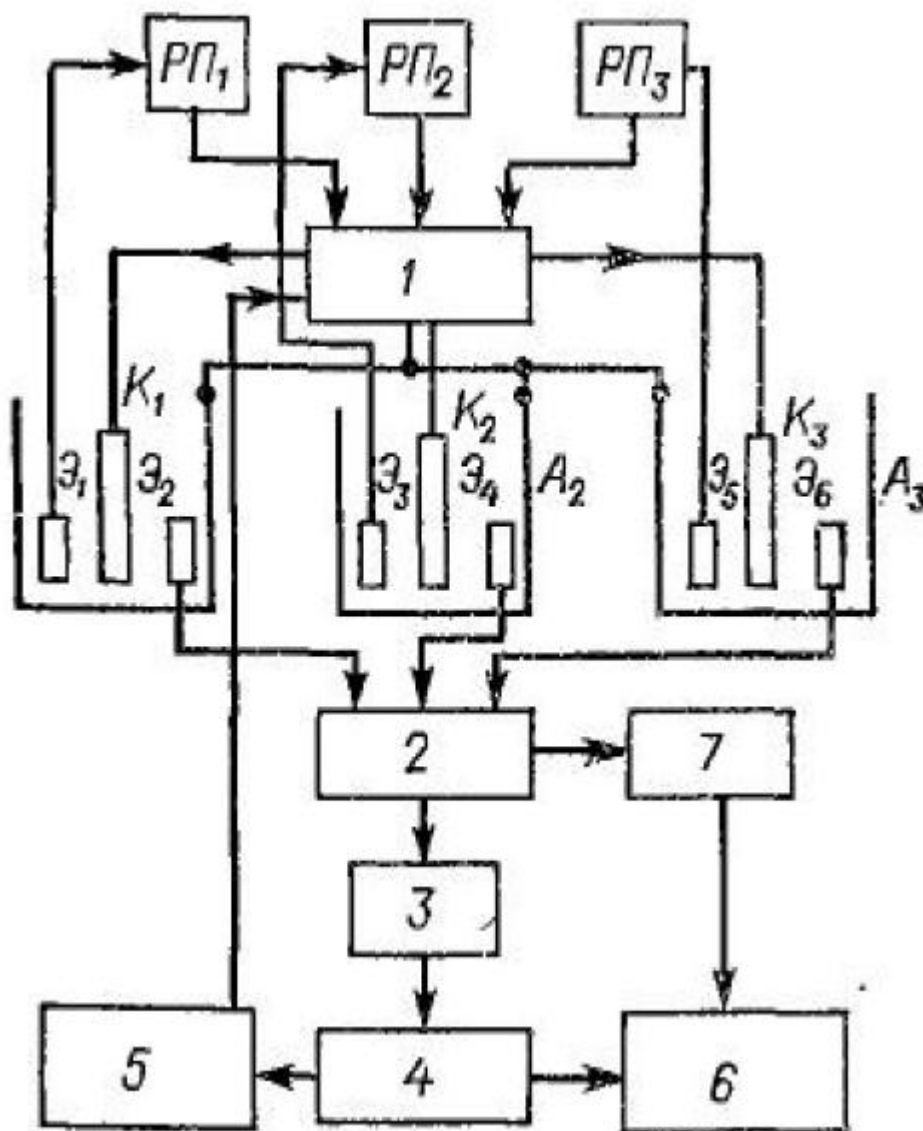


Рисунок 3.10 – Блок-схема автоматичної системи анодного захисту: 1 – блок управління; 2 – оббігаючий пристрій; 3 – високомий перетворювач потенціалу; 4 – міліфольтметр; 5 – резервний регулятор потенціалу; 6 – блок сигналізації; 7 – логічний блок; РП1, РП2, РП3 – регулятори потенціалу; А1, А2, А3 – захищені об'єкти; К1, К2, К3 – катоди; Эп – електроди порівняння.



Роботу систему захисту контролюють по потенціалу захищу ванного об'єкта. У випадку виходу потенціалу із заданих меж відбувається автоматичне підключення до об'єкту резервного регулятора потенціалу. Передбачений також ручні переведення захищувального апарату на резервне джерело струму. Система забезпечує регулювання заданих потенціалів на всіх об'єктах захисту і автоматичний перехід на резервний блок регулювання, плавну установку захисного потенціалу та сили вихідного струму.

### 3.4.3 Катодний захист

Катодний захист є типовим методом електрохімічного захисту металу від корозії. Захисний ефект досягається при катодного поляризації захищається металу від зовнішнього джерела постійного струму до потенціалу певної величини. Для здійснення катодного зсуву потенціалу в поляризующую ланцюг включається додатковий електрод який служить анодом. Катодний захист ефективний тільки в тому випадку, якщо корозійне середовище має досить високу електропровідність.

Катодний захист з використанням поляризації від зовнішнього джерела струму застосовують для захисту обладнання з вуглецевих, низько- і високолегованих, високохромистих сталей, свинцю, олова, цинку, мідних і мідно-нікелевих сплавів, алюмінію і його сплавів, титану і його сплавів. Як правило, це підземні споруди (трубопроводи і кабелі різних призначень, фундаментів, бурове обладнання), обладнання, яке експлуатується в контакт з морською водою (корпуси суден, металеві частини берегових споруд, морських бурових платформ), внутрішні поверхні апаратів і резервуарів хімічної і нафтогазової промисловості.

Часто катодний захист застосовують одночасно з нанесенням захисних покриттів. Зменшення швидкості саморозчинення металу при його зовнішньої поляризації називають захисним ефектом.

Основним критерієм катодного захисту є захисний потенціал. Захисним називається потенціал, при якому швидкість розчинення металу приймає гранично низьке значення, допустимого для даних умов експлуатації.

При організації катодного захисту негативний полюс зовнішнього джерела струму приєднують до металевої конструкції яку потрібно захистити, а позитивний полюс - до допоміжного електроду, що працює як анод (рис. 3.8). У процесі захисту анод руйнується, і його необхідно періодично замінювати.

Джерелами зовнішнього струму при катодного захисту служать станції катодного захисту, обов'язковими елементами яких є:

- перетворювач (випрямляч), що виробляє струм;
- токоподвод до конструкції, що захищається;
- електрод порівняння;
- анодні заземлювачі;
- анодний кабель.

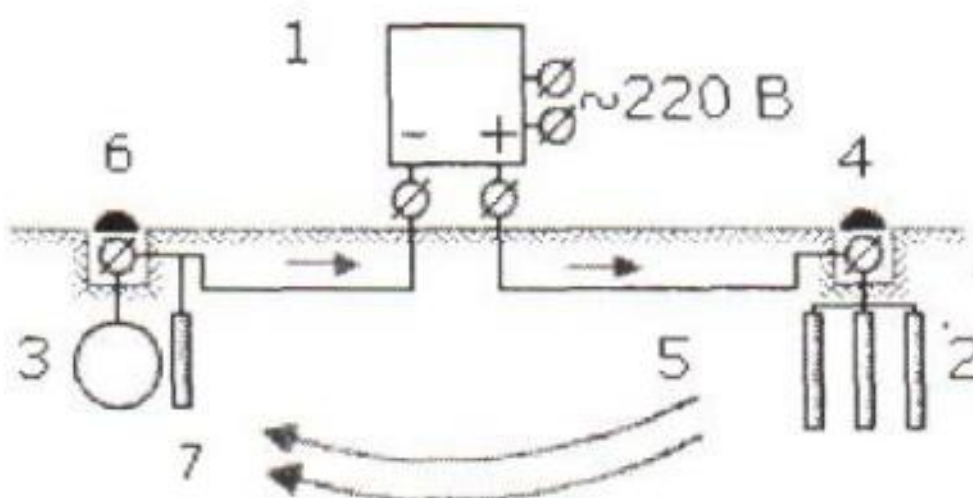


Рисунок 3.11 – Схема з'єднань катодного станції: 1 - перетворювач змінного струму в постійний; 2 – анодний заземлювач; 3 - захищений трубопровід; 4 - контактний пристрій на анодному заземленні; 5 - кабельний модем 6 - контрольно-вимірювальний пункт; 7 - електрод порівняння

Станції катодного захисту бувають регульованими і нерегульованими. Нерегульовані станції катодного захисту застосовуються в тому випадку, коли зміни опору в ланцюзі струму практично відсутні. Зазначені станції працюють в режимі підтримки постійного потенціалу або струму і застосовуються для захисту резервуарів, сховищ, високовольтних кабелів в сталевий броні, трубопроводів та ін.

Регульовані станції катодного захисту використовуються при наявності в системі блукаючих струмів (близькість електрифікованого транспорту), періодичних змін опору розтікання струму (сезонні коливання температури і вологості ґрунтів), технологічних коливань (зміна рівня розчину і швидкості течії рідини). Регульованим параметром може служити ток або потенціал. Частота розташування станцій катодного захисту по довжині, що захищається визначається електропровідністю експлуатаційного середовища. Чим вона вища, тим на більшій відстані один від одного будуть розташовуватися катодні станції.

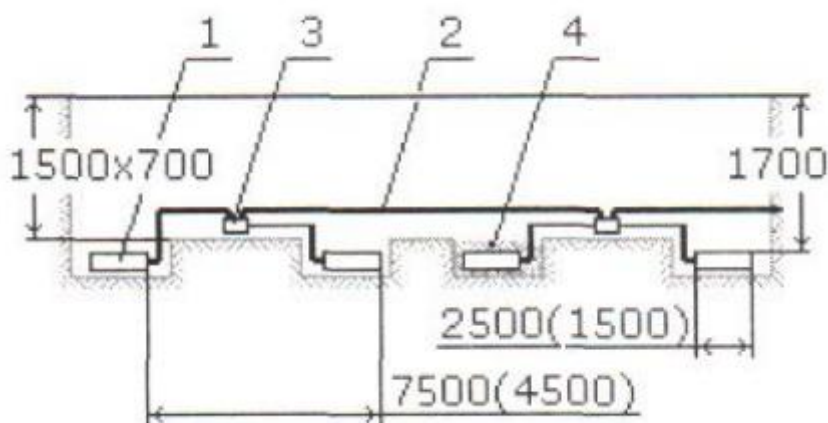


Рисунок 3.12 – Горизонтальний анодний заземлювач: 1 - електрод; 2 - кабель; 3 - розгалужувальна коробка; 4 - дріб'язок засипка в прямку

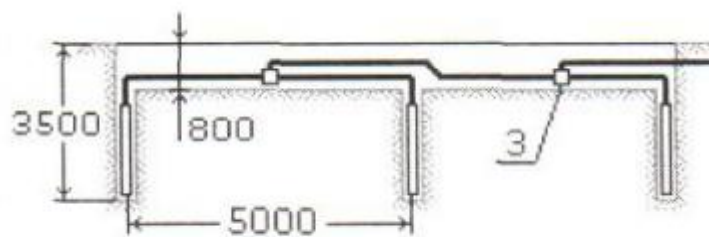


Рисунок 3.13 – Вертикальний анодний заземлювач

Анодні заземлювачі можуть бути горизонтальні та вертикальні.

Потужність станції катодного захисту визначається максимальним опором розтікання струму з анодних заземлювачів. З метою зниження зазначеного опору анодні заземлювачі розташовують або на ділянках ґрунту, що володіють мінімальним опором, або в спеціальних коксових засипках.

#### 3.4.4 Протекторний захист

Протекторна захист за принципом дії є варіантом катодного захисту. Відмінність, по суті, полягає в іншому джерелі катодного поляризації захищеного металу. Протектор, з'єднаний накоротко з захищається конструкцією, створює короткозамкнений гальванічний елемент, який і є джерелом постійного струму. Захищається метал стає катодом, а метал протектора - анодом.

Протектори найчастіше виготовлені зі сплавів цинку, магнію, алюмінію - металів досить недорогих і володіють в порівнянні з іншими металами більш електронегативний рівноважним потенціалом.

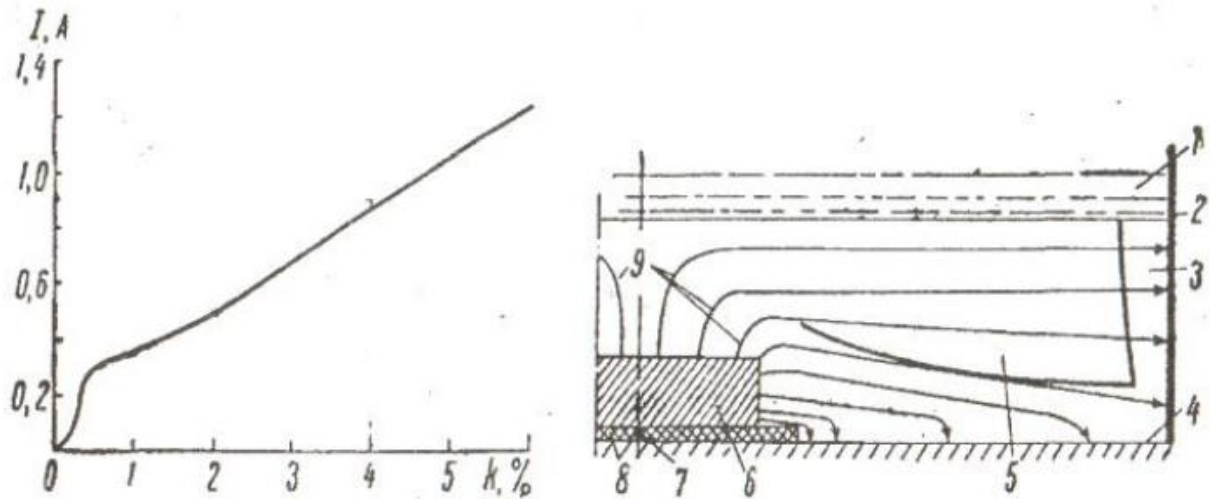


Рисунок 3.13 –Схема дії протекторної захисту: 1 – агресивна сировина; 2 - нижні пояси резервуара; 3 - підтоварна вода; 4 - дно резервуара; 5 - крива розподілу різниці потенціалів; 6 - протектор; 7 - з'єднання протектора з дном; 8 - ізолюючий шар; 9 - силові лінії струму протектора

Протекторна захист найбільш широко застосовується для захисту днищ і нижніх поясів резервуарів, наприклад за допомогою протекторів марки ПМР.

Протектор 1 кріпиться до днища резервуара 5 через ізолюючий шар 4 за допомогою металевого контактної стрижня 2, вміщеного у втулку 3 за допомогою зварки. У початковий період експлуатації (рис. 3.13, а) протектор має форму склянки, після декількох років експлуатації зношуються верхні краї

протектора (Рисунок 3.13, а). протектора (Рисунок 3.13, б).

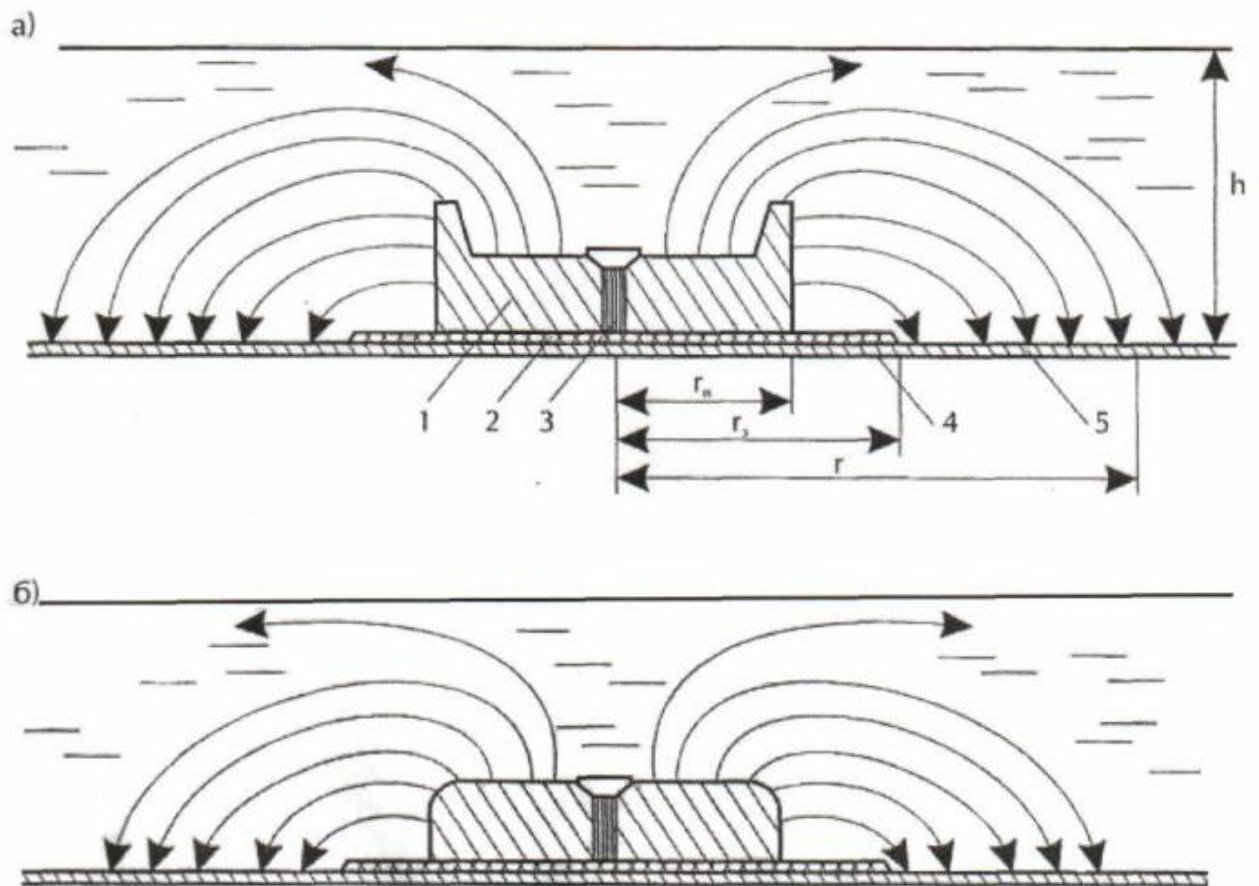


Рисунок 3.14 – Принцип дії протектора марки ПМР: а - в початковий період; б - після експлуатації

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

## 4.1 Визначення капітальних вкладень

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

а) для електричних ліній, грн.:

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

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

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot k_{\text{л}} + K_{\text{прок}}) \cdot L = (47,92 \cdot 2 + 2,73) \cdot 0,01 = 0,98 \text{ (тис.грн)} \quad (4.2)$$

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

Таблиця 4.1 – Розрахунок капіталовкладень для електричних ліній

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$ , тис.грн	$K_{\text{прок}}$ , тис.грн	$K_{\text{л}}$ , тис.грн
ГПП - ТП1	АСБ 3х95	2	0,01	47,82	2,73	0,9837
ГПП - ТП2	АСБ 3х95	2	0,19	47,82	2,73	18,6903
ГПП - ТП3	АСБ 3х95	2	0,205	47,82	2,73	20,1659
ГПП - ТП4	АСБ 3х95	2	0,05	47,82	2,73	4,9185
Всього						44,7584

б) для електричних підстанцій, тис. грн.:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l n_i \cdot K_{\text{оді}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.3)$$

де  $K_{\text{оді}}$  - вартість однієї трансформаторної підстанції (ТП) із трансформаторами визначеного діапазону потужності;  $n$  - кількість ТП даного виду, шт.;  $l$  - число різновидів ТП у схемі електропостачання;  $K_{\text{пост}}$  - постійні

витрати, що мало залежать від потужності підстанції і зв'язані з устроєм території, з створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла і т.д.

Визначимо капіталовкладення для ТП1, тис.грн.:

$$K_{\text{пс1}} = 358,94 + 71,79 = 430,73 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.4)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок капіталовкладень для цехових ТП

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	К <sub>од</sub> , тис.грн	К <sub>пост</sub> , тис.грн	К <sub>пс</sub> , тис.грн
КТП-1	ТМ-1000	2	358,94	71,79	430,73
КТП-2	ТМ-1000	2	358,94	71,79	430,73
КТП-3	ТМ-1000	2	358,94	71,79	430,73
КТП-4	ТМ-1000	2	358,94	71,79	430,73
ГПП	ГПП-110-2x4000	2	4510	902	5412
Всього					7134,92

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

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

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно однолінійної схеми, кількість вимикачів 6 кВ – 10 шт. Вартість вимикача 6 кВ можна прийняти рівною ( 20 -25 ) тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:  $K_B = 10 \cdot 20 = 200$  тис. грн.

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.



$$K = 33,16 + 7134 + 200 = 7379 \text{ тис.грн.}$$

#### 4.2 Річні витрати і втрати електроенергії

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

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

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

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

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

Річна витрата активної електроенергії для продуктового вальцовочного відділення, кВт·год/рік:

$$E_a = 125,39 \cdot 6100 = 764879 \text{ (кВт год./ рік)}. \quad (4.6)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок річних витрат активної електроенергії промислового підприємства

Назва цеху	T, год	Pp, кВт	Ea, кВт·год/рік
1. Адміністративний корпус	2200	22,45	49390
2. Екстракційний цех	6100	390,20	2380220
3. Пресовий цех	6100	185,63	1132343
4. Склад шрота	1500	22,41	33615
5. Рушально-вісчний відділ	6100	304,99	1860439
6. Бензосховище	1500	12,76	19140
7. Котельня	6100	492,48	3004128
8. Олієзливна	6100	119,31	727791
9. Склад зернят	2100	76,45	160545
10. Електролізний цех	3000	1278,1	3834300
11. Електроцех	2500	47,97	119925
12. Вальцовочне відділення	6100	125,39	764879
13. Цех фасування олії «Вінізпак»	6100	27,86	169946
14. Мех.майстерня	2500	55,93	139825
15. Гараж	1500	18,62	27930
16. Рембуд цех	2500	9,01	22525
17. КНС	6100	124,27	758047
18. Насосна станція	6100	91,26	556686
19. Другий підйом	4500	75,25	338625
20. Матеріальний склад	1500	17,12	25680
21. Елеватор шрота	6100	304,22	1855742
22. Їдальня	2200	20,79	45738
23. Гідрогенізаційний завод	6100	814,39	4967779
24. Миловарний завод	6100	782,04	4770444
25. Газгольдери	0	0	0
26. Теплиця	3500	104,52	365820
27. Склад жирів	1500	17,39	26085
28. Склад мила	1500	17,39	26085
29. Матеріальний склад	1500	14,69	22035
30. Склад	1500	15,39	23085
31. Склад СП «Він мил»	1500	18,49	27735
32. Відстійник техн. води	0	0	0
33. Вугільна площадка	0	0	0
34. Градирні	0	0	0
Разом			28256527

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

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

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

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

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

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

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

$\tau$  - час максимальних втрат, год./рік. Його величина визначається по заданій кількості годин використання максимуму  $T_{\text{м}}$  і характеризується наближеними значеннями.

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

Розрахунок проводимо в табличній формі.

Таблиця 4.4 – Розрахунок втрат електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$ , А	$R$ , Ом	$\tau$ , год./рік	$R_{\text{пит}}$ , Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$ , кВт·год.
ГПП - ТП1	АСБ 3х95	2	0,01	20,64	0,00405	4591,78176	0,405	47,5343
ГПП - ТП2	АСБ 3х95	2	0,19	20,64	0,07695	4591,78176	0,405	903,151
ГПП - ТП3	АСБ 3х95	2	0,205	20,64	0,083025	4591,78176	0,405	974,453
ГПП - ТП4	АСБ 3х95	2	0,05	20,64	0,02025	4591,78176	0,405	237,671
Разом								2162,81

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

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

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

Розрахунок заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок втрат в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_k$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_H$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-1000	2	2,4	7,6	943	630	81141,73113
КТП-2	ТМ-1000	2	2,4	7,6	1137	630	98881,53448
КТП-3	ТМ-1000	2	2,4	12	1174	1000	80020,45558
КТП-4	ТМ-1000	2	2,4	12	1201	630	142171,8186
ГПП	ГПП-110- 2x4000	2	11	44	4455	6300	243234,7534
Разом							645450,2932

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

$$E = E_a + E_n + E_T \quad (4.10)$$

$$E = 26730000 + 645450 + 2162 = 27377613,1 \text{ (кВт·год/рік)}. \quad (4.11)$$

#### 4.3 Розрахунок оплати за електроенергію

Плата за електроенергію розраховуємо по одноставковому тарифі .

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

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

$$Ц = 2,76 \cdot 27377613,1 = 75562212,16 \text{ (грн)}, \quad (4.15)$$

де  $E$  - кількість електроенергії, що споживається, врахована по лічильнику;  $v$  – тарифна плата за електроенергію,  $v = 2,76$  грн./кВт·год.

#### 4.4 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу.

##### Розрахунок фонду заробітної плати

##### 4.4.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу

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

Кількість робітників, необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоукомплектування і мереж, визначається виходячи з трудомісткості робіт, що виконуються. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи ППР обладнання і мереж промислової енергетики.

Персонал для ремонтних робіт, чол.:

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

$$H_{\text{ТР}} = \frac{751}{1900 \cdot 1,1} = 0,33. \quad (4.19)$$

Експлуатаційні робітники, чол.:

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

$$H_{\text{обсл}} = \frac{9124}{1900 \cdot 1,05} = 4,55, \quad (4.21)$$

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

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

Згідно ПУЭ приймаємо  $N_{\text{тр}} = 2$  люд.,  $N_{\text{обс}} = 5$  люд.

Планову трудомісткість, люд.-год/рік:

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

де  $\Pi$  - число ремонтів даного виду в рік, на одиницю обладнання;  $t_{\text{норм}}$  - норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год;  $\beta_p$  - поправочний коефіцієнт;  $h$  - кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить цьому виду ремонтних робіт.

Для вимикачів, люд.-год/рік:

$$T_{\text{прі}} = 1 \cdot 11 \cdot 0,67 \cdot 11 = 117,92 \quad (4.23)$$

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

$$\beta_p = \frac{2}{K_{\text{см}}} = \frac{2}{3} = 0,67. \quad (4.24)$$

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

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

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

Для вимикачів, люд.-год/рік:

$$T_{\text{обсi}} = 12 \cdot 16 \cdot 0,13 \cdot 10 = 576$$

#### 4.4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

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

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

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

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

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

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

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

$$\Phi_T = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{чз}} \cdot \Phi_d, \quad (4.26)$$

$$t_{\text{чз}} = ((K3 + K5)/2) \cdot C_I = ((1,18 + 1,36)/2) \cdot 27,12 = 34,44; \quad (4.27)$$

$$\Phi_T = 5 \cdot 0,9 \cdot 34,44 \cdot 1900 = 412246,8 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.28)$$

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

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

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



$$\Phi_c = 999,908 \cdot 35,66 = 27144,7486 \text{ (грн./рік)} \quad (4.30)$$

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

$$t_{чр} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_1 = ((1,27+1,36)/2) \cdot 27,12 = 35,66; \quad (4.31)$$

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

Фонд основної заробітної плати, грн/рік:

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

$$\Phi_{от} = 412246,8 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 519430,968 \text{ (грн/рік);} \quad (4.33)$$

$$\Phi_{ос} = 27144,7486 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 35559,62067 \text{ (грн/рік),} \quad (4.34)$$

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_t$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_c$  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 додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% по відношенню до фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з обліком додаткової заробітної плати складе, грн/рік:

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

$$\Phi_{обт} = 519430,968 \cdot 1,15 = 597345,6132 \text{ (грн/рік);} \quad (4.36)$$

$$\Phi_{обс} = 35559,62067 \cdot 1,15 = 40893,56377 \text{ (грн/рік);} \quad (4.37)$$

де  $\Phi_o$  - фонд основної заробітної плати відповідно експлуатаційних або ремонтних робітників грн/рік.

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

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

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{соц} + \beta_{пенс} + \beta_3}{100}\right) \quad (11.38)$$

$$C_{зпт} = 597345,613 \cdot \left(1 + \frac{4+32+1.5}{100}\right) = 806416,578 \text{ (грн/рік);} \quad (11.39)$$

$$C_{зпо} = 40893,564 \cdot \left(1 + \frac{4+32+1.5}{100}\right) = 55206,31108 \text{ (грн/рік).} \quad (12.40)$$

#### 4.4.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

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

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

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

$$C_{\text{мтр}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{три}} \sum_{j=1}^q m_{\text{три}j} \cdot \Pi_{\text{mj}} = 128481,12(\text{грн/рік}), \quad (4.41)$$

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

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

$$C_{\text{мто}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{три}} \sum_{j=1}^q m_{\text{три}j} \cdot \Pi_{\text{mj}} = 282294,85(\text{грн/рік}). \quad (4.42)$$

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Тому що вартість конкретного виду матеріалу являє собою добуток норми його витрати на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування. Дані розрахунків заносимо до таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок трудомісткості

Матеріал	Ціна матеріалу,	Норми витрат матер. на 100 люд.- год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
	грн.		
Силові трансформатори		1000,00	1000,00
Сталь сортова, кг	13,38	6,00	80,30
Провід установлюваний, м	5,55	0,50	2,78
Мідь-алюміній (гола), кг	124,62	62,00	7726,44
Картон електроізоляційний, кг	60,09	1,40	84,12
Лакотканина (ширина 700мм), м	166,64	0,20	33,33
Кабельний папір, кг	49,14	0,60	29,48
Стрічка кіперна, кг	600,86	40,00	24034,24
Стрічка тафтяна, кг	446,38	18,00	8034,85
Стрічка азбестова, м	13,15	0,05	0,66
Лаки ізоляційні, кг	71,88	1,50	107,82
Емалі ґрунтові, кг	78,85	2,50	197,11
Масло трансформаторне, кг	24,36	0,58	14,13
Бензин, кг	12,36	0,70	8,65
Розчиники кг	34,83	0,80	27,87
Маслостійка гума, кг	89,35	0,40	35,74
Гума профільна, кг	89,35	0,13	11,62
Припій олов'яно-свинцевий, кг	850,63	0,02	17,01
Припій мідно-фосфорний, кг	158,12	0,03	4,74
Електроди, кг	29,37	0,15	4,41
Засоби кріплення, кг	37,41	2,00	74,83
Дріт кручений,	4,88	0,30	1,46
Матеріали обтиску, кг	48,72	0,40	19,49
Разом:			40551,08
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	13,38392	2	26,76784
Електроди, кг	29,39424	0,1	2,939424
Разом:			29,707264

Розрахунок вартості матеріалів включених у норму витрати.

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

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

$$C_{\text{обс}} = 806416,5778 + 282294,8501 = 1088711,428 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.44)$$

витрати по їхньому поточному ремонті, грн/рік:

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

$$C_{\text{тр}} = 55206,31108 + 128481,1248 = 183687,4359 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.46)$$

#### 4.4.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

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

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

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

Амортизаційні відрахування, грн/рік:

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

$$C_a = 0,06 \cdot 44,75835 + 0,06 \cdot 7334,92 + 0,06 \cdot 200 = 454780,701 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.48)$$

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

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

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

$$C_{пр} = 0,25 \cdot (1088711 + 183687 + 454780) = 431794,8912 \text{ (грн/рік)}, \quad (4.50)$$

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

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

Таблиця 4.8 – Визначення відрахувань і інших витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	1088711,428	50,42724915
Витрати на поточний ремонт	183687,4359	8,508087504
Витрати на амортизацію	454780,701	21,06466335
Інші витрати	431794,8912	20
Разом	2158974,456	100

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

$$C_{сум} = Ц + C_{п},$$

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

$$C_{\text{сум}} = 75562212,16 + 2158974,456 = 77721186,62 \text{ (грн./рік)}.$$

#### 4.5 Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

$$S = \frac{77721186,62}{26730000} = 290,76 \text{ (грн./кВтгод)}, \quad (11.52)$$

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

Для наочності результати калькулювання собівартості кіловат-години споживаної підприємством електроенергії рекомендується звести в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Основні показники електроспоживання

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	26730000	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	27377613,1	кВт·год.
Плата за електроенергію	$P_1$	75562212,16	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_p$	2158974,456	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	77721186,62	грн.
Собівартість електроенергії	$S$	290,7638856	коп/кВт·год.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випусковій кваліфікаційній роботі досліджується система електропостачання та розробляється захист підземних комунікацій від блукаючих струмів ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат». Найбільш вразливими є труби холодного та гарячого водопостачання котельні, яка входить до складу ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат». В приміщенні котельні встановлено водогрійні котли, що призначені для відпуску теплової енергії, до яких підведені прямі та зворотні труби системи гарячого водопостачання та опалення. На оперативно-ремонтний персонал котельні, згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

### 1). фізичні:

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- недостатнє природне освітлення;
- підвищений рівень вібрації;
- знижена вологість повітря;

підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;

недостатнє освітлення робочої зони;

- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;

- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання .

### 2). хімічні:

- загальнотоксичні речовини, які діють на нервову систему (окис вуглецю);
- подразнюючі речовини, що діють на очі, ніс, тіло людини (окис азоту,

ангідрид сірчаний).

### 3). психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);

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

#### 4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

Для живлення електропривода обладнання та системи освітлення котельні використовується чотирипровідна трифазна електромережа з глухозаземленим нульовим проводом напругою 380 х 220В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Для зручного і безпечного обслуговування котлів, повинні бути встановлені постійні площадки і сходи з перилами висотою не менше 0,9 м з суцільною обшивкою низом не менше 100 мм.

Перехідні площадки і сходи повинні мати перила з обох боків. Площадка довжиною 5м повинні мати не менше двох сходів, розміщених в протилежних кінцях. Проходи в котельні повинні мати вільну висоту не менше 2 м.

Забороняється встановлення в одному приміщенні з котлами устаткування, що не має прямого відношення до обслуговування або ремонту котлів або до технології гарячої води.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

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

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

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При

його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

### 3) Електрозахисні засоби захисту

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

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

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

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

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

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

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

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

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

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Відповідно до [15] параметри мікроклімату, що нормуються: температура ( $t^{\circ}\text{C}$ ) і відносна вологість повітря (W, %), швидкість його переміщення (м/с), потужність теплових випромінювань ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

Допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт Пб) відповідно до [15] наведені в табл.4.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату відповідно до [15]

Період року	Категорія робіт	Допустима температура на робочих місцях, °C		Допустима відносна вологість на постійних та непостійних робочих місцях	Допустима швидкість руху кисню на постійних та непостійних робочих місцях, м/с
		Постійних	Непостійних		
Холодний	Середньої важкості Пб	15-21	13-23	75	не більш 0,4
Теплий	Середньої важкості Пб	16-27	15-29	70 при 25 °C	0,2-0,5

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату у приміщенні влаштовується припливно-витяжна вентиляція.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Котельня працює на природньому газі. При згоранні газоподібного палива виділяються такі шкідливі речовини, як оксиди вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид та інші.

Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від нагрівних поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> – при випромінюванні не більше 25 % поверхні тіла.

З метою профілактики теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 45 °C [16].

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони ТЕЦ не повинна перевищувати ГДК, згідно із ГОСТ 12.1.005-88[15]. В таблиці 5.2 наведено ГДК шкідливих речовин, що є забруднювачами повітря робочої зони ТЕЦ.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери (ГДК)

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Азоту двоокис NO <sub>2</sub>	0,085	0,085	2
Ангідрид сірчаний SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	3
Вуглець (окис CO)	3	1	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони у приміщенні влаштовується припливно-витяжна вентиляція.

### 5.2.3 Освітлення робочої зони

Приміщення котельні повинно бути забезпечене природнім освітленням, а в нічний час – електричним освітленням.

Місця, які з технічних причин не можна забезпечити природнім освітленням, повинні мати електричне освітлення. Освітленість повинна відповідати ДБН В.2.5-28-2006 “Природне та штучне освітлення”[17].

Крім робочого освітлення в котельнях повинно бути аварійне електричне освітлення.

Робоче і аварійне освітлення, електричне устаткування і його заземлення повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок.

Характеристика зорової роботи – загальні спостереження за проведенням виробничого процесу (постійне).

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або  $e$ :

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

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

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

Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості визначається за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (5.2)$$

де  $e_N$  – значення КПО;

$m_N$  – коефіцієнт теплового клімату;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

$$e_N = 2 \cdot 0,9 = 1,8\%$$

Оператори котельні ведуть постійний нагляд за ходом технологічного процесу, слідкують за показаннями приладів. Характеристика зорової роботи персоналу – середньої точності. Контраст об'єкту розпізнавання з фоном – середній, фон – світлий. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, розряд зорової роботи VI, підрозряд «г». При штучному загальному освітленні освітленість – 150 лк, при комбінованому освітленні – освітленість – 300 лк.

В котельній природне освітлення верхнє і бокове. Штучне освітлення машинного залу загальне і здійснюється за допомогою газорозрядних ламп.

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

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

Підлягають обов'язковому обладнанню аварійним освітленням наступні місця[12]:

- а) фронт котлів, а також приходи між котлами, позаду котлів і над котлами;
- б) щити та пульти управління;
- в) водовказівні і вимірювальні прилади;

- г) зольні приміщення;
- д) вентиляторні площадки;
- е) димососні площадки;
- ж) приміщення для баків та деаераторів;
- з) устаткування водопідготовки;
- і) площадки і драбини котлів;
- к) насосні приміщення;

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення грає важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення.

Експлуатація електричних пристроїв включає [12]:

- регулярне очищення віконних проїм будівель від забруднень;
- своєчасну заміну перегорілих ламп і контроль за рівнем напруги в освітлювальній мережі;
- реалізацію заходів, що сприяють зменшенню забруднення скла, як, наприклад, покриття скла спеціальними прозорими плівками, що легко видаляються при очищенні тощо;
- підвищення загального рівня культури експлуатації будівель, що забезпечує чистоту повітря у приміщенні і відсутність викиду в атмосферу пилу, а також регулярне фарбування та побілку.

Очищення скла у приміщеннях, де ведуться роботи з незначними виділеннями пилу, провадяться не рідше одного разу в рік, а побілка стелі і стін приміщень не рідше одного разу в три роки [12].

Очистку світильників рекомендується проводити не рідше двох разів на місяць. Ця робота може бути доручена тільки електромонтерам і повинна провадитися при відключеній напрузі в електромережі.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму в приміщенні котельні, де знаходиться ГПД, є шум від двигунів і вентиляторів, димососів.



В таблиці 5.3 наведено допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочому місці

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку на робочому місці.

Робоче місце	Рівні звуку тиску, в дБ в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Діючий рівень звуку в приміщенні становить 76 – 78 (А), що знаходиться в межах норми.

Захист від шуму повинен досягатись розробкою шумобезпечної техніки застосуванням засобів індивідуального захисту, а також будівельно-акустичними методами.

Основні технічні міри по зменшенню шуму:

- правильність проектування масивних фундаментів під віброактивне обладнання (дробилки, сепаратори, нагнітачі) з урахуванням динамічних навантажень;
- ізоляція фундаментів під віброактивне обладнання від несучих конструкцій та інженерних комунікацій;
- застосування віброзатримуючих гнучких вставок на вихлопі з нагнітачів;
- застосування вібропоглинаючого резинового покриття;
- звукоізоляція шумних машин кожухами.

### 5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелом вібрації в першу чергу є насоси, вентиляційні установки, котли для спалювання газу, ГПД. Від працюючого устаткування, системи вентиляції на працюючих може діяти негативний виробничий фактор - вібрація.

Систематичний вплив вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я і може стати причиною погіршення здоров'я. Вона впливає на нервову

систему, серце, вестибулярний апарат, може порушити обмін речовин, сон людини і т.д.

Загальна вібрація на виробничій дільниці по джерелу виникнення відноситься до категорії третього типу «а» - технологічна, критерій оцінки - межа зниження продуктивності праці. Ця вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або передається на робочі місця, де немає джерела вібрації.

Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

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

\* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації,  $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$ , в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами боротьби з вібрацією устаткування є зниження вібрації впливом на джерело збудження, відхилення від режиму резонансу, динамічне гасіння коливань. Для зменшення вібрації обладнання встановлюється на гумові віброізолятори.

Існують наступні методи боротьби з вібрацією[12]:

- віброізоляційний захист (зменшення передачі вібрації від джерела збудження за допомогою віброізоляторів);
- віброгасіння (зменшення рівня вібрації від джерела збудження за допомогою введення в систему додаткових реактивних опорів);
- вібропоглинання (застосовується для зменшення вібрації кожухів, коливання яких виникає в резонансовому режимі).

Вентилятори з електроприводом установлені поза будівлями на масивні фундаменти.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

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

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни. Знаходження в позі стоячи до 60% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 870

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 51 – 100

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

По горизонталі: до 8

По вертикалі: до 4

Інтелектуальні навантаження: Рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій, Обробка, виконання завдання та його перевірка, Робота за встановленим графіком з можливим його коректуванням у ході діяльності

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 25-50

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 75-175

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 5- 10

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 2-3

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 16-20

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 10-6

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 100-25

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 76-90

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8 – 9

Змінність роботи Двозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, недостатньої тривалості: від 3% до 7% часу зміни

### 5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» в умовах дії загрозливих чинників НС.

Завжди існують ймовірність впливу на систему електропостачання факторів ураження при надзвичайних ситуаціях, зокрема, іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу. Вплив іонізуючого випромінювання на електрорадіоелементи викликає зворотні та незворотні процеси, внаслідок яких може бути порушена робота елементів схеми, що призводить до виходу з ладу блоків СЕП.

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 ситуацій.

Особливо чутливими до радіації елементами є елементи з високим вмістом металів, яким в свою чергу властива висока концентрація вільних носіїв зарядів. Тож в РЕА іонізуючі випромінювання викликають 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 короткий час 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. Одними з найнебезпечніших факторів є вторинні – пожежі і вибухи на підприємстві. Саме тому необхідно провести оцінку безпеки роботи СЕП у НС.

### 5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» в умовах дії іонізуючого випромінювання

В РЕА використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки.

Визначаємо потужність експозиційної дози для кожного елементу і знаходимо елемент, який найбільш чутливий до дії іонізуючого випромінювання. Дані заносимо в табл. 5.5.

Таблиця 5.5- Стійкість елементів СЕП до радіації.

№-	Блоки СЕП	Елементи РЕА	Найменування	$P_{гр.і}$ , р/год	$P_{гр}$ , р/год
1	Блок керування СВП-4	Конденсатори	К50-35, К10-17	$10^5$	$10^4$
		Резистори	С2-23	$10^6$	
		Транзистори	КТ3102А	$10^5$	
		Мікросхеми	FT232RL, АТ24С512	$10^4$	
2	Блок живлення	Діоди	АЛ307	$10^5$	$10^5$
		Кнопки	SB1— SB6	$10^5$	

Аналізуючи дані таблиці 5.1, 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 блоків СЕП використовують значення рівня радіації гамма-випромінювання, яке розраховується за формулою:

$$p'_{гран} = p_{гран} \cdot K_H \cdot K_{посл} [Rad/c], \quad (5.3)$$

де  $p_{гран}$  – межа стійкості роботи блоку, 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:  $K_{посл} = 3$ .

Тоді:

$$p'_{гран} = 10^4 \cdot 0,92 \cdot 3 = 2,76 \cdot 10^4 (Rad / год).$$

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

$$t_{\text{доп}} = \frac{D_{\text{зр}} \cdot K_{\text{посл}} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2P_1} \quad (5.4)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{10^4 \cdot 3 + 2 \cdot 17,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 17,8} = 1967,21 \text{ год}$$

### 5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» в умовах дії електромагнітного імпульсу

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

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{\Gamma}} \geq 40 [\text{дБ}], \quad (5.5)$$

де  $U_{\Gamma}$  – напруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу горизонтальних струмопровідних частин плати, В;

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

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення

$$U_{\partial} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot \Delta \quad (5.6)$$

де  $U_{\text{ж}}$  – напруга живлення приладу ( $U_{\text{ж}} = 380\text{В}$ );

$\Delta$  – допустиме коливання напруги живлення ( $\Delta = \pm 5\%$ ).

$$U_{\partial} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 25 = 475 \text{ (В)}.$$

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

$$20 \cdot 1g \frac{U_{\delta}}{U_{\Gamma}} = 40 \quad (5.7)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\delta}}{100} [B], \quad (5.8)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{475}{100} = 4,75 (B).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

$$U_{\Gamma} = E_B \cdot l_{\Gamma}, \quad (5.9)$$

звідки

$$E_B = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} [B / m], \quad (5.10)$$

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

$$E_B = \frac{0,475}{0,1} = 4,75 (B / m).$$

Згідно з розрахунками прилад здатний працювати в умовах дії електромагнітного випромінювання при напруженості вертикальної складової електричного поля  $E_B \leq 4,75$  В / м.

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що даний прилад здатний стійко працювати в середині будівлі, яка має коефіцієнт послаблення радіації 3, в умовах дії іонізуючого випромінювання протягом 1967 годин.



Також в даному розділі було визначено безпеку роботи системи електропостачання ВОЖК в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено граничну потужність експозиційної дози для кожного елементу, яка в цілому для СЕП є граничною і складає:

$$p_{гран}=2,76*10^4 \text{ Рад/год.}$$

## ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі розроблена система електропостачання Вінницького ВАТ олієжировий комбінат. Проведені розрахунки електричних навантажень підприємства в цілому, виконане автоматизоване проектування системи електропостачання Вінницького ОЖК від джерел живлення до шин 0,4 кВ шляхом математичного моделювання, цехових трансформаторних підстанцій з використанням технічних, математичних та програмних засобів автоматичного проектування. Виконані задачі, які демонструють методи автоматизованого прийняття техніко-економічних та оптимізаційних рішень.

За допомогою методів коефіцієнтів попиту та коефіцієнтів використання і електронного процесора Excel, було визначено середні і розрахункові навантаження цехів та підприємства загалом, а саме повна середня потужність підприємства 4688 кВА, а повна розрахункова потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності 5120 кВА. Також визначена питома густина навантаження підприємства ( $0,17 \text{ кВА/м}^2$ ), за допомогою якої були визначені оптимальні, з економічної точки зору, потужності цехових ТП та перерізи живлячих кабельних ліній.

Вінницький олієжировий комбінат має досить розгалужену мережу підземних інженерних комунікацій, до яких відносяться системи водо та теплопостачання, газові мережі, системи електричних кабельних каналів та різні технологічні лінії. Всі ці мережі прокладені в ґрунтах, які мають різний хімічний склад, що накладає особливі умови при їх експлуатації. Складність останньої полягає ще і в тому, що підприємство має досить потужну систему залізничного сполучення.

Досвід експлуатації таких мереж показує, що на території підприємства можуть виникати блукаючі електричні струми, які негативно впливають на надійність та довговічність роботи підземних інженерних металевих споруд, знижуючи їх стійкість до корозії, що приводить до передчасного руйнування останніх. Тому в спеціальному розділі магістерської роботи було проаналізовані засоби захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів.

Розглянуті питання охорони праці, прийняті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки. Дана оцінка безпеки роботи системи електропостачання Вінницького ОЖК в умовах дії сейсмічних коливань та електромагнітного імпульсу. Основним технічним засобом автоматизованого проектування, використаним в роботі, є ПЕОМ. Серед програмних засобів, що використані в роботі для автоматизованого проектування, найголовнішим є електронний процесор EXCEL та текстовий процесор WORD. Для визначення оптимальних проектних рішень використані математичні методи теорії прийняття рішень, реалізовані в електронному процесорі EXCEL.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: Навчальний посібник / М. Й. Бурбело. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 154 с.
2. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
3. ДСТУ 3463-96 (ГОСТ 14209-97). Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів
4. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах : навчальний посібник / В. О. Козловський. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
5. Веников В. А. Экономические интервалы при выборе оптимальных вариантов энергетических объектов и их применение при технико-экономических расчетах электропередач : учебное пособие для вузов / В. А. Веников, Ю. Н. Астахов. – Энергетика и автоматика. – 1962. – №3 – С. 13-15.
6. Правила устройства электроустановок. - Х.: Из-во “Форт”, 2009. -704 с.
7. ДСТУ 3582-97 “Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила”.
8. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. –122 с.
9. Мокін Б. І. Комп'ютерне моделювання процесу пошуку оптимальних перерізів кабельних ліній / Б. І. Мокін. А. В. Камінський. – Вісник ВПІ. – 2001. – №5 – с. 49–54.
10. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.:ЭНАС.- 2009. – 456 с.
11. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М. : Энергоатомиздат, 2004. 358 с.

12. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В. Современные методы улучшения качества электроэнергии (аналитический обзор)// Электротехника, 1998, №3, С.10-17.

13. Солодухо Я.Ю. Тенденции компенсации реактивной мощности. Ч.1.: Реактивная мощность при несинусоидальных режимах работы: Обзор, информ. М.: Информэлектро, 1987, вып.2, 51с.

14. Бурбело М. Й. Математичні задачі електроенергетики. Математичне моделювання електропостачальних систем [Текст] : навчальний посібник / М. Й. Бурбело. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 185 с.

15. Бурбело М. Й. Сучасні проблеми електроенергетики [Текст] : навчальний посібник / М. Й. Бурбело. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 105 с.

16. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

17. РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии.

18. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

19. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв – Електронні текстові дані (1 файл: 8,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.

20. Антропов Л. І. Теоретична електрохімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. І. Антропов – К.: Либідь, 1993.–544 с.

21. Прикладная электрохимия / под ред. А. П.Томилова. – М.: Химия, 1984.–520 с.

22. Саакян Л. С., Ефремов А. П. Защита нефтегазопромыслового оборудования от коррозии / Л. С.Саакян, А. П. Ефремов– М.: Недра, 1982.– 227 с.

23. ГКД 340.000.002-97. Определение экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. Энергосистемы и электрические сети.

24. ГКД 340.000.001-95. Загальні методичні положення визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику.

25. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

26. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

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

28. ДБН В.1.2-10-2008. Захист від шуму.

29. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.

30. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

31. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

32. ДБН В. 2.5-23-2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

## Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020р.ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ЕСЕМд.т.н., проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення якості електропостачання нетягових споживачів відокремленого підрозділу «Дослідження системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» з розробкою захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів»

Науковий керівник:

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

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 18м

Пустовий І. А. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2020 р.

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

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .20.

Дата початку роботи \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .20р.

Дата закінчення роботи \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .020.

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

а) мета – розробка захисту підземних комунікацій від блукаючих струмів.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Генплан підприємства (рисунок А.1); відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства (таблиця А.1); відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

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

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

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

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

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



#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

#### 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

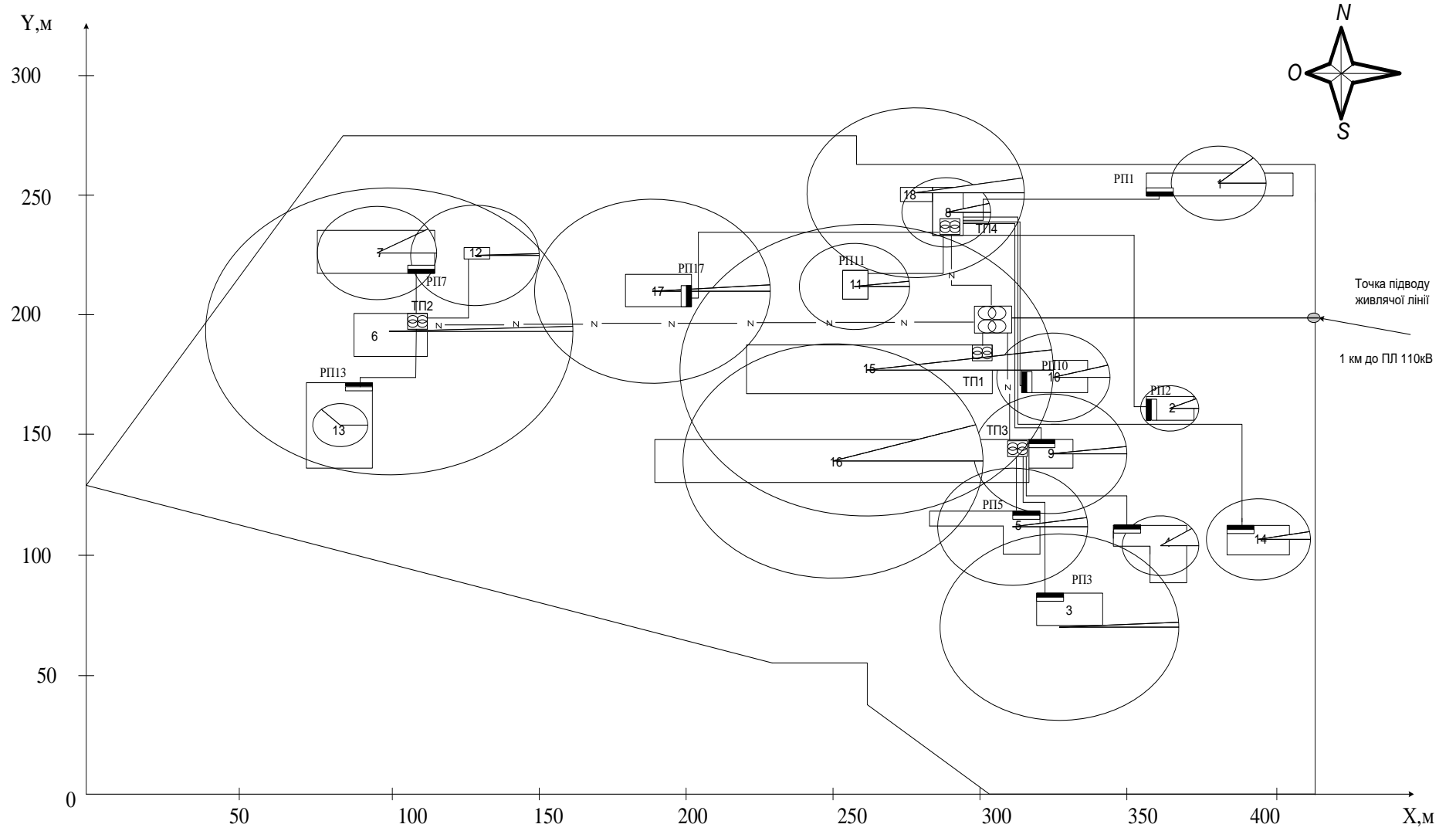


Рисунок А.1 – Генплан підприємства

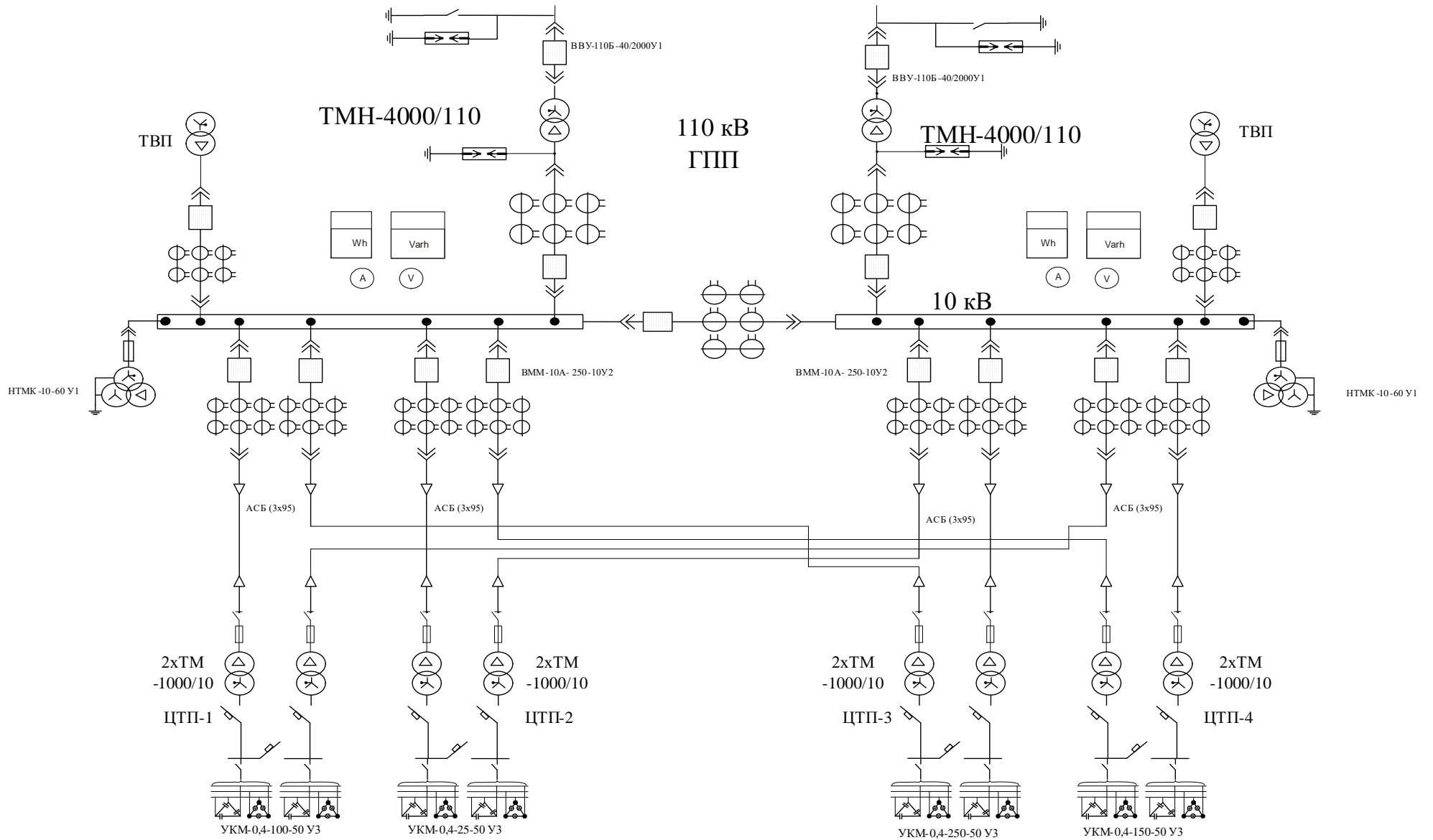
Таблиця А.1 – Відомості про електричні навантаження заводу

№	Вузли живлення ЕП	Рн,кВт
1	Пожежне депо	130
2	Медпункт	70
3	Гараж,рембудцех зі складами	30
4	Склад готових виробів	150
5	Насосна станція	130
6	Електролізний цех	780
7	Будівля очистки стоків	90
8	Склад №4	150
9	Будівля відділення флотації	110
10	Їдальня	80
11	Адміністративний корпус	50
12	Дільниця монтажу устаткування	70
13	Електроцех	285
14	Склад	110
15	Склад – модуль	120
16	Склад №7	150
17	Гідрозавод з прибудовами	805
18	Механічна майстерня	390
19	Екстракційний завод	890
20	Насосна станція	125
21	Склад – модуль	180
22	Адмінбудівля тепловозного депо	70
23	Тепловозне депо	50
24	Тарний цех	170
25	Миловарний завод	750
26	Цех фасування олії	120
28	Насосна станція бензосховища	120
29	Залізнична вагова	20
30	Будівля залізничної вагової	45
31	Олієзливна станція	240
32	Елеватор шрота	355
33	АЗС	800
34	Склад насіння	655
35	Елеватор насіння	453
36	Котельня	540
37	Місця від важення відходів	180
38	Автогараж №1	135
39	Побутовий корпус	105

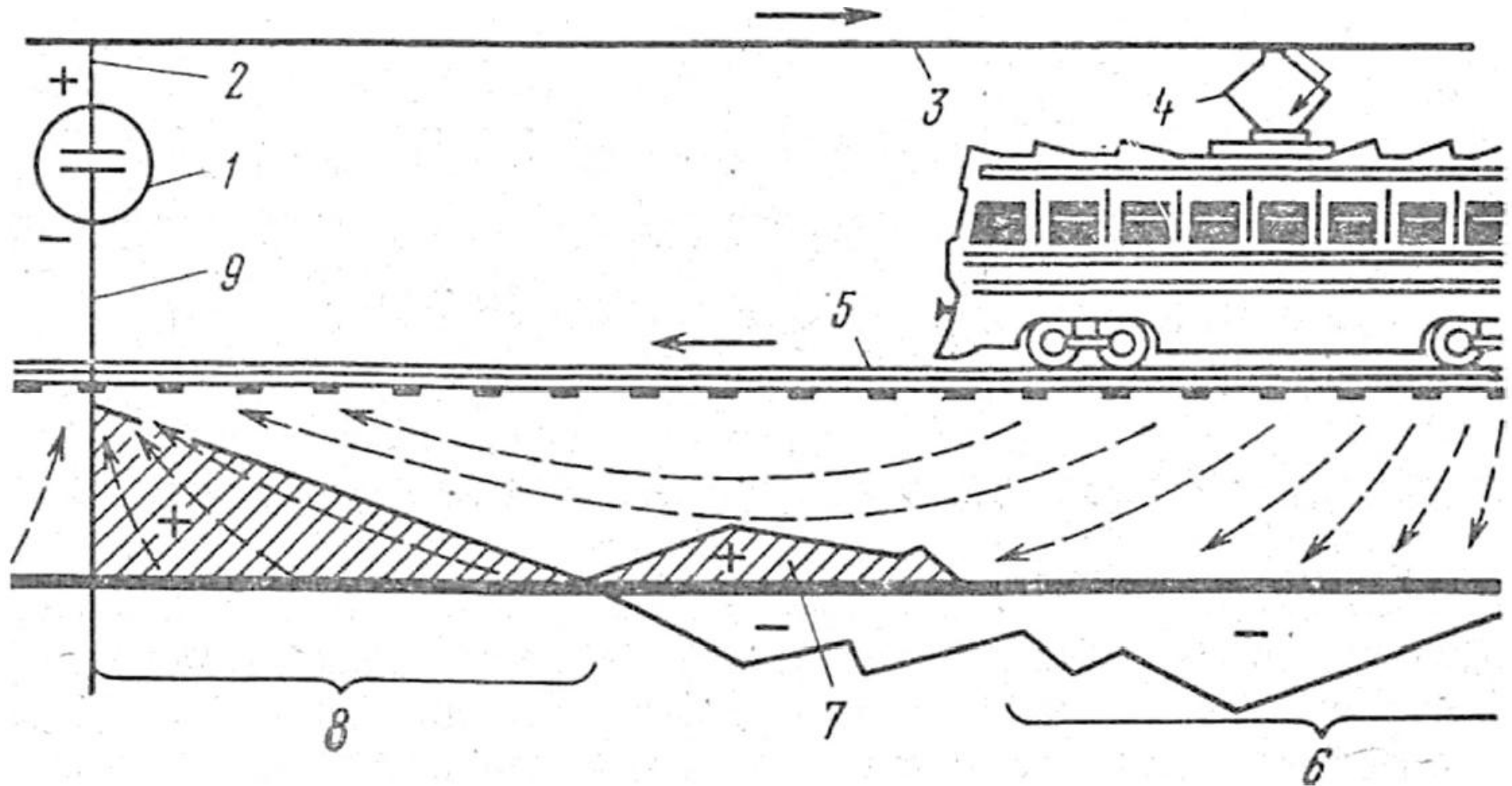
Додаток Б – Генплан підприємства



Додаток В – Однолінійна схема підприємства

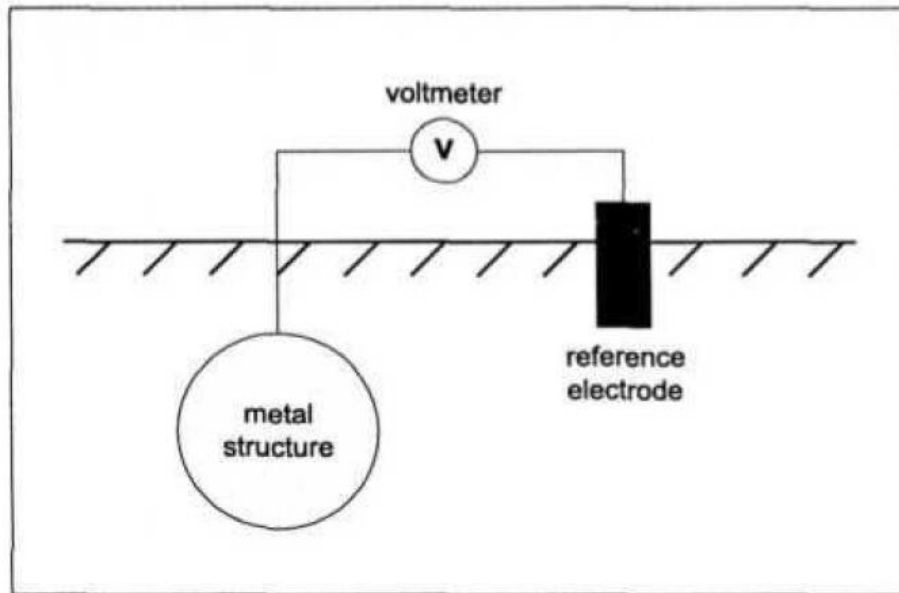


## Додаток Г – Корозія підземної труби під дією блукаючих струмів

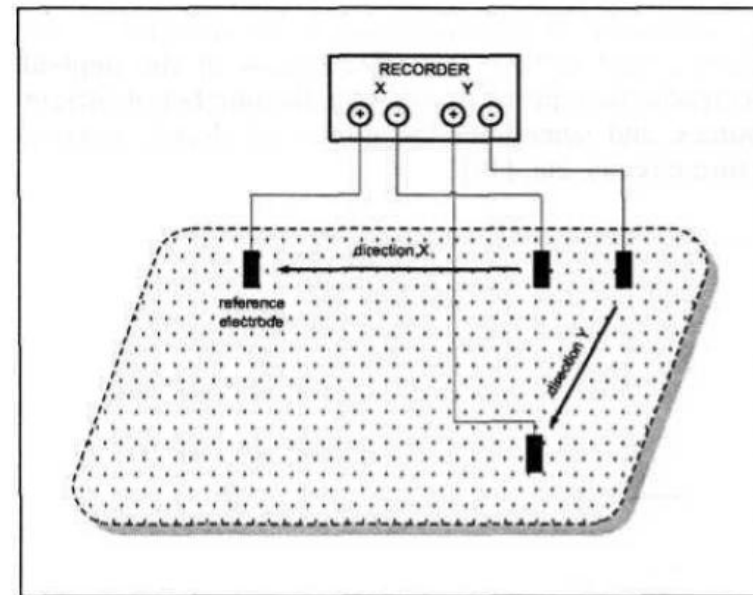


штрихові стрілки — блукаючі струми ; суцільні стрілки — тяговий струм — тягова підстанція; 2—основна лінія; 3 — контактний провід; 4 — струмоприймач; 5 — рельси; 6— катодна зона; 7 —знакозмінна зона; 8—анодна зона; 9 — втягуюча лінія.

## Додаток Д - Методи визначення присутності блукаючих струмів в ґрунті

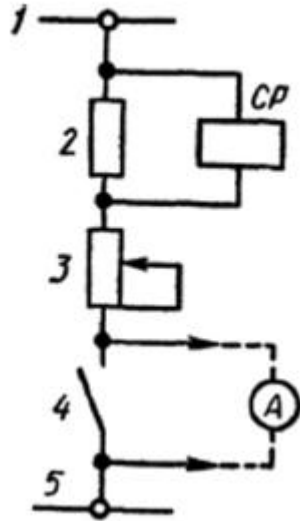


Вимірювання потенціалу підземних споруд

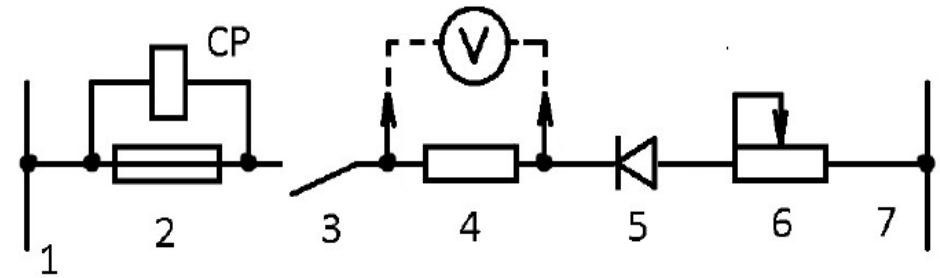


Вимірювання розподілу електричного поля в ґрунті

## Додаток Е – Установки для електродренажу



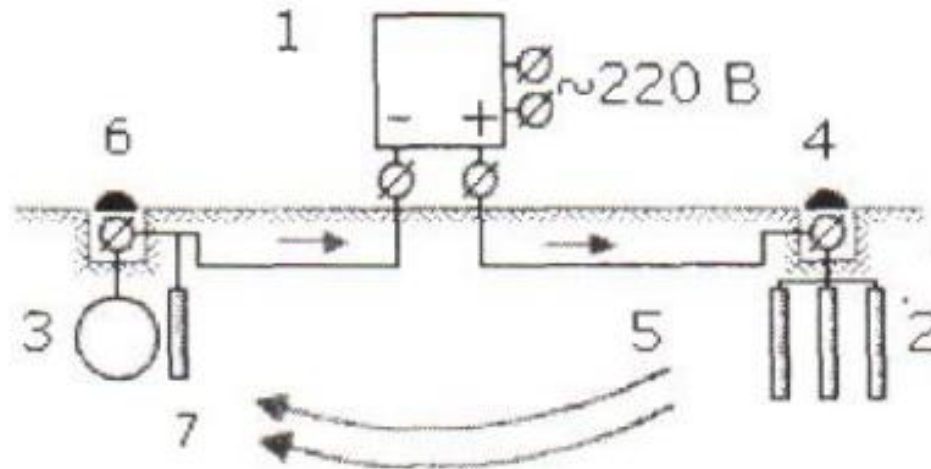
Принципова схема прямого електричного дренажу: 1 – реліс; 2 – запобіжник; 3 – змінний резистор; 4 – рубильник; 5 – споруда, що захищають; CP – сигнальне реле; А – амперметр



Принципова схема поляризованого електричного дренажу: CP – сигнальне реле; V – вольтметр; 1 – реліс; 2 – запобіжник; 3 – вимикач; 4 – шунт; 5 – діод; 6 – змінний опір; 7 – споруда

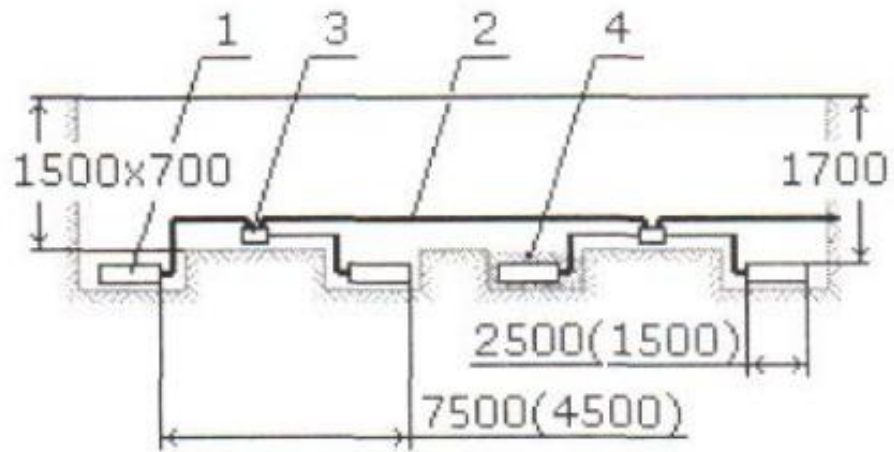


## Додаток Ж – Схема з'єднань катодного станції



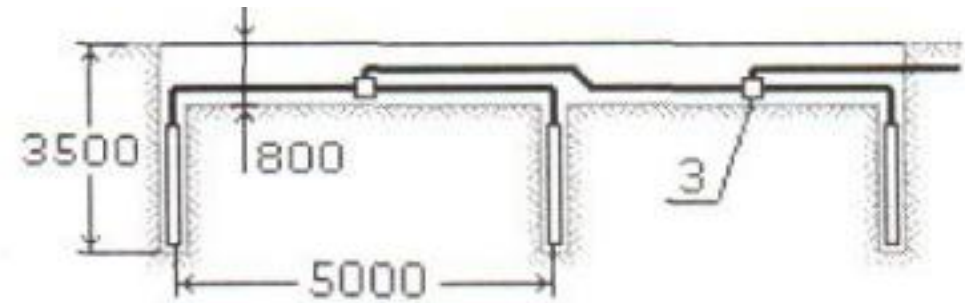
1 - перетворювач змінного струму в постійний; 2 – анодний заземлювач; 3 - захищений трубопровід; 4 - контактний пристрій на анодному заземленні; 5 - кабельний модем 6 - контрольно-вимірювальний пункт; 7 - електрод порівняння

## Додаток 3 – Види анодних заземлювачів



Горизонтальний анодний заземлювач:

- 1 - електрод; 2 - кабель;
- 3 - розгалужувальна коробка;
- 4 - дріб'язок засипка в прямку



Вертикальний анодний заземлювач

Додаток 3 – Принцип дії протектора марки ПМР: а - в початковий період; б - після експлуатації

