

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

**«ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КАР'ЄРУ ЗАВОДУ СИЛКАТНОЇ ЦЕГЛИ З  
РОЗРОБКОЮ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОС-  
ТІ ЗБУДЖЕННЯМ СИНХРОННОГО ДВИГУНА»**

Виконав: студент IV курсу  
групи Ен – 41 спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та елек-  
тромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

\_\_\_\_\_ Щербатюк Р. І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ Боярчук В. М.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_ Гречин Д.П.  
(прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ 2024**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С. В.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Щербатюк Руслан Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Електропостачання кар'єру заводу силікатної цегли з розробкою системи регулювання коефіцієнта потужності збудженням синхронного двигуна»

керівник роботи к.т.н., професор Боярчук В.М.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НАУ 641/к-с від 27.11.23 р.

2. Строк подання студентом роботи 14.06.24 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

1 Характеристика підприємства

2 Розрахунок електропостачання кар'єру

3 Система регулювання коефіцієнта потужності

4 Охорона праці та довкілля

5 Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Перелік джерел посилання

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

*Графічний матеріал подається у вигляді презентації*

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	<i>Чабан А. В., д.т.н., професор</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 27.11.23 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Виконання аналізу вихідних даних для проектування</i>	<i>27.11.2023 – 31.01.2024</i>	
2	<i>Розроблення та розрахунок схеми електропостачання</i>	<i>1.02.2024 – 17.03.2024</i>	
3	<i>Система регулювання коефіцієнта потужності</i>	<i>20.03.2024 – 21.04.2024</i>	
4	<i>Виконання структурно-функціонального аналізу процесу та розробка моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій</i>	<i>24.05.2024 – 5.05.2024</i>	
5	<i>Вивчення питання охорони довкілля та здійснення техніко-економічної оцінки прийнятих рішень</i>	<i>8.05.2024 – 19.05.2024</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	<i>22.05.2024 – 2.06.2024</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>5.06.2024 – 14.06.2024</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Щербатюк Р. І.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Боярчук В. М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

УДК 621.313 (076.1)

Щербатюк Р. І. «Електропостачання кар'єру заводу силікатної цегли з розробкою системи регулювання коефіцієнта потужності збудженням синхронного двигуна». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 40 с. текстової частини, 13 таблиць, 6 рисунків, 11 джерел.

**Мета роботи:** реалізувати систему електропостачання кар'єру заводу силікатної цегли та розроблення системи регулювання коефіцієнта потужності збудженням синхронного двигуна.

**Завдання роботи:** дати коротку характеристику заводу силікатної цегли, обґрунтувати тему роботи, розрахувати системи електропостачання кар'єру заводу силікатної цегли та розробити систему регулювання коефіцієнта потужності збудженням синхронного двигуна, розглянути питання охорони праці та довкілля, визначити термін окупності удосконалення.

У кваліфікаційній роботі дано коротку характеристику заводу силікатної цегли та обґрунтовано тему роботи. Здійснено розрахунок електропостачання кар'єру заводу силікатної цегли. Вибрано трансформаторну підстанцію та провиди живлення. Запропоновано систему регулювання коефіцієнта потужності збудженням синхронного двигуна. Розглянуто питання охорони праці та довкілля. Визначено термін окупності.

Ключові слова: кар'єр, електропостачання, трансформаторна підстанція, переріз проводів, синхронний двигун, електропривод, компенсація реактивної потужності, система збудження.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	7
1.1 Загальна характеристика	7
1.2 Обґрунтування теми роботи	8
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КАР'ЄРУ	12
2.1 Визначення розрахункових навантажень	12
2.2 Розрахунок та вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ	13
2.3 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж	15
РОЗДІЛ 3 СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ	19
3.1 Система автоматичного регулювання збудження синхронного двигуна	19
3.2 Розрахунок та побудова характеристик синхронного двигуна	25
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	28
4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу виробництва	28
4.2 Обґрунтування організаційно – технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу	29
4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання	29
4.2.2 Протипожежні заходи на об'єкті	31
4.2.3 Розрахунок заземлення	32
4.3 Захист цивільного населення	33
4.4. Охорона довкілля	35
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	37
ВИСНОВКИ	49
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	40

## ВСТУП

Землеснаряд це розбірний плавучий пристрій з чотирьох понтонів, зібраних на між понтонному з'єднанні, з напорним спайним ходом, ґрунто-забірним пристроєм з механічним та гідравлічним спущувачем.

Землеснаряд призначений: для добування піщано-гравійної суміші; для розробки обводнених вторинних техногенних родовищ, гірсько збагачувальних комбінатів методами гідромеханізації; для очистки водосховищ, ставів, озер, рік від мулу, піску та інших відкладень; для очистки промислових і сільськогосподарських відстійників; для наміву площадок під забудову, наміву гребель та насипів і пляжів. Головний насос приводився в рух асинхронним двигуном.

Використання замість асинхронних синхронних забезпечує зменшення споживання реактивної потужності. Проте це не завжди можливо реалізувати через технічні умови, найчастіше через умови пуску. Крім того, слід вважати на те, що синхронний двигун значно дорожчий. Тому така заміна може бути доцільною лише тоді, коли одночасно досягається збільшення продуктивності агрегату за рахунок збільшення швидкості приводного механізму на величину ковзання, або це надає інші переваги.

Синхронні компенсатори використовуються в системних мережах і лише з дозволу енергосистеми можуть використовуватись в промислових мережах. За своїми технічними характеристиками, крім недостатньої в ряді випадків швидкості регулювання, синхронні компенсатори є майже ідеальними пристроями. Вони мають великий діапазон регулювання реактивної потужності від номінального значення  $Q_n$  при її генерації до (50...60%)  $Q_n$  в режимі споживання. Крім того, в умовах режимів короткого замикання, коли виникає значний дефіцит реактивної потужності, синхронні машини здатні на короткий час існування такого режиму в декілька разів збільшити генерацію своєї реактивної потужності, тобто здійснити так зване "форсування". Такі можливості синхронних машин суттєво підвищують динамічну стійкість системи. [1-11].

## РОЗДІЛ 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

#### 1.1 Загальна характеристика

Ладизинський завод силікатної цегли – це потужне підприємство яке має велику кількість виробничих та допоміжних приміщень, а також велику кількість виробничого силового обладнання. На рисунку 1.1 зображено схематичне представлення основної території підприємства, а також основні виробничі приміщення. Серед них:

- будівельний цех;
- гаражі;
- транспортний цех;
- склад паливно-мастильних матеріалів;
- ремонтно-механічна майстерня;
- заправка АЗС;
- прохідна;
- їдальня;
- адміністративно-побутовий корпус;
- малярний склад;
- матеріальний склад;
- вапняний цех;
- котельня;
- склад готової продукції;
- крани;
- та ін.

Окрім перерахованих об'єктів підприємство має свій кар'єр на якому працює земле снаряд.

Для забезпечення електроенергією на підприємстві є ряд трансформаторів:

- ТП1 – 2 трансформатора по 1000 кВА напруга 10/0,4 кВ, живить головний корпус та крани;
- ТП2 – 1 трансформатор 630 кВА напруга 10/0,4 кВ живить АБК1, АБК2 РММ, гаражі, будівельний цех;
- ТП3 – 2 трансформатора 250 кВА напруга 10/0,4 кВ, живить котельню, автоклав, депо ХВО;
- ТП4 – 2 трансформатора 1000 кВА напругою 10/0,4 кВ, живить синхронні двигуни, два двигуни по 400 кВт;
- ТП6 – 630 кВА напругою 10/0,4 кВ, живить на кар'єрі землеснаряд (гідронамив);
- ТП8 – 1 трансформатор 630 кВА, напругою 10/0,4 кВ живить вапняний цех.

Всі крани на заводі мостові, вантажопідйомністю 5 т.

Кількість робочих на заводі 530 осіб.

Підприємство споживає за рік електроенергії більше 7,5 млн. кВт·год електроенергії, питної води 36000 м<sup>3</sup> питної води, а також технічної води 180000 м<sup>3</sup>.

Основним об'єктом даного дипломного проекту є кар'єр та землеснаряд, на якому використовується двигун потужністю 250 кВт.

## 1.2 Обґрунтування теми роботи

Використання замість асинхронних замість асинхронних двигунів замість асинхронних забезпечує зменшення споживання реактивної потужності. Проте це не завжди можливо реалізувати через технічні умови, найчастіше через умови пуску. Крім того, слід вважати на те, що синхронний двигун значно дорожчий. Тому така заміна може бути доцільною лише тоді, коли одночасно



досягається збільшення продуктивності агрегату за рахунок збільшення швидкості приводного механізму на величину ковзання, або це надає інші переваги.

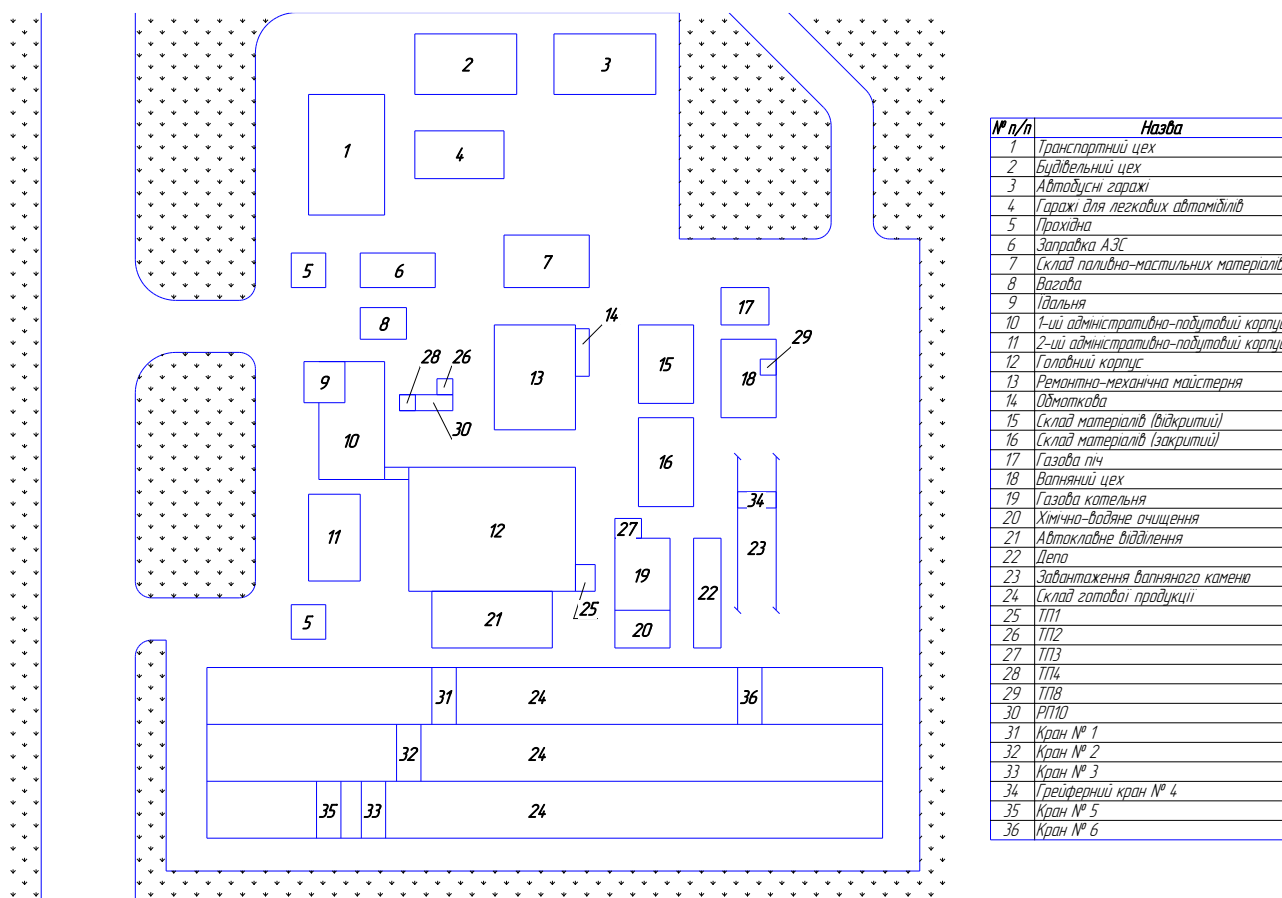


Рисунок 1.1 – План схема підприємства

В 30-ті - 40-і роки починають застосовувати для покриття місцевих реактивних навантажень спеціальні синхронні машини - синхронні компенсатори, а також компенсувальну здатність синхронних двигунів, які разом складають в класифікації окремий клас - динамічні компенсувальні пристрої. В той же час в місцях дефіциту реактивної потужності починають застосовувати конденсаторні батареї (переважно на низькій напрузі), а в місцях її надлишку - шунтові реактори (на довгих лініях енергосистем). Ці два типи компенсувального обладнання характеризуються, як нерегульовані статичні компенсувальні пристрої.

Розвиток пристроїв компенсації здійснюється на базі реакторів та конденсаторних батарей, що застосовують різноманітні схемами їх з'єднань та використання різних шляхів регулювання.

Компенсувальні пристрої діляться на:

- динамічні (синхронні компенсатори, синхронні двигуни);
- комбіновані;
- статичні (регульовані і нерегульовані, на базі конденсаторних батарей та реакторів).

Синхронні компенсатори використовуються в системних мережах і лише з дозволу енергосистеми можуть використовуватись в промислових мережах. За своїми технічними характеристиками, крім недостатньої в ряді випадків швидкості регулювання, синхронні компенсатори є майже ідеальними пристроями. Вони мають великий діапазон регулювання реактивної потужності від номінального значення  $Q_n$  при її генерації до (50...60%)  $Q_n$  в режимі споживання. Крім того, в умовах режимів К.З., коли виникає значний дефіцит реактивної потужності, синхронні машини здатні на короткий час існування такого режиму в декілька разів збільшити генерацію своєї реактивної потужності, тобто здійснити так зване “форсування”. Такі можливості синхронних машин суттєво підвищують динамічну стійкість системи.

Синхронні компенсатори виготовляються на 50, 100, 160 МВАр і встановлюються на великих підстанціях з автотрансформаторами потужністю 125 МВА і більше. Для лінії надвисокої напруги пропонується застосовувати підключення через конденсаторні установки послідовного включення. Така комплексна схема “синхронний компенсатор - конденсаторна установка” дозволяє спростити ведення режимів.

Для синхронних компенсаторів вартість на одиницю потужності в два-три рази більша від базової вартості КБ СН, а питомі витрати активної потужності дорівнюють 20 кВт/МВАр і більше. Останній фактор різко знижує економічну ефективність синхронних компенсаторів. Таким чином, основними перевагами синхронних компенсаторів є:

1. Плавне та глибоке регулювання від номінальної потужності  $Q_n$  в режимі генерації до (0,5. . .0,6) $Q_n$  в режимі споживання.
2. Можливість короткочасного форсування генерації реактивної потужності.

Основні недоліки:

1. Висока вартість.
2. Значні значення втрат активної потужності.
3. Складність експлуатації, яка пов'язана з необхідністю побудови приміщення, налагодження олійного господарства, необхідністю циркуляційної води для охолоджувачів, а при водневому охолодженні - наявності відповідного досить складного газового господарства.
4. Недостатня швидкість регулювання в уставах з ударними навантаженнями (прокатні реверсивні стани, тощо).
5. Для СК великої потужності виникають труднощі при передачі реактивної потужності через третинні обмотки автотрансформаторів.

При використанні синхронних двигунів для компенсації реактивної потужності одночасно із роботою його у певному технологічному процесі необхідно проводити економічний порівняльний розрахунок із іншими засобами. За такого порівняння витрати на двигун не враховують, оскільки він встановлений за технологічними вимогами і через це економічно доцільне його використання.

До переваг синхронних двигунів можна віднести аналогічні переваги у синхронних компенсаторів, а як основний недолік слід відмітити великі витрати активної потужності на вироблення реактивної складової потужності.

В зв'язку з цим ми пропонуємо у даній кваліфікаційній роботі встановити на синхронний двигун систему регулювання збудження синхронного двигуна з метою підтримання коефіцієнта потужності в мережі на заданому рівні без використання компенсувальних конденсаторних батарей.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КАР'ЄРУ

Основним об'єктом електропостачання кар'єру є землеснаряд. Для електричного живлення земснаряду на території кар'єру встановлюємо окрему трансформаторну підстанцію. Живлення ТП 10/0,4 отримує за допомогою ПЛ-10 кВ від районної трансформаторної підстанції. Відстань до якої становить 4,0 км.

В зв'язку з тим що ТП призначена виключно для одного споживача то зі сторони 0,4 кВ вона має тільки одну лінію виконану гнучким мідним кабелем.

Силовий кабель під'єднаний до ввідного щитка, що безпосередньо встановлений на земснаряді. Аналогічно від ввідного щитка за допомогою кабелів живлення подається до розподільних щитків. До складу розподільного щитка входить як апаратура захисту так і керуючі пристрої та під'єднані силові кабелі які безпосередньо живлять встановлені електроприводи.

#### 2.1 Визначення розрахункових навантажень

Для визначення розрахункових навантажень, користуючись усталеними значеннями потужностей наведених об'єктів. Усталені значення потужності споживачів отримали користуючись технологічними картами виробничого процесу. Окрім того було враховано їх завантаженість та послідовність ввімкнення.

Таблиця 2.1 – Усталені значення потужності

Вузол	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{уст}$	250	13	5	5	13	20	20	5

Визначення розрахункових навантажень ліній електропередач

Для визначення розрахункових навантажень ліній попередньо складемо таблицю під'єднання навантажень до різних ліній мережі. Кожний стовпчик

таблиці відповідає порядковому номеру, а також показує суму максимальних активних навантажень, які живить ця лінія. Ця таблиця дозволяє визначити розрахункові навантаження кожної з ліній електричної мережі 0,38 кВ:

Таблиця 2.2 – Розрахункові навантаження ліній

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{\text{розр}}$	250	13	5	5	13	20	20	5

Значення повних розрахункових навантажень мережі 0,38 кВ визначаємо за значеннями відповідних величин коефіцієнтів потужності навантажень мережі таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові повні навантаження мережі 0,38 кВ.

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8
$S$ , кВА	271	14,1	5,4	5,4	14,1	21,7	21,7	5,4

Значення розрахункових реактивних навантажень ліній мережі 0,38 кВ визначимо:

$$Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{кВАр} \quad (2.1)$$

Таблиця 2.4 – Розрахункові реактивні навантаження мережі 0,38 кВАр

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8
$Q$ ,кВАр	106,5	6,0	2,3	2,3	6,0	9,2	9,2	2,3

Значення струмових розрахункових навантажень:

$$I_i = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{А} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.5 – Розрахункові струмові навантаження мережі 0,38 кВ

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8
$I$ , А	391	20,4	7,8	7,8	20,4	31,3	31,3	7,8

## 2.2 Розрахунок та вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ

Розрахунковою величиною для вибору потужності трансформаторів трансформаторної підстанції є величина сумарного навантаження мережі 0,38 кВ:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 = 250 + 13 + 5 + 5 + 13 + 20 + 20 + 5 = 331 \text{ кВт}$$

Визначимо сумарну повну потужність мережі. Оскільки ми плануємо встановити систему автоматичної стабілізації коефіцієнта потужності на базі керованого збудження синхронного двигуна, в розрахунках приймаємо коефіцієнт потужності  $\cos\varphi=0,92$  знайдемо:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{\cos\varphi}, \text{кВА} \quad (2.3)$$

$$S_{\Sigma} = \frac{331}{0,92} = 360 \text{ кВА}$$

Враховавши допустиме тривале допустиме перевантаження трансформатора визначимо розрахункове значення потужності:

$$S_{розр} = S_T, \text{кВА} \quad (2.4)$$

$$S_{розр} = S_T = 360 \text{кВА}$$

Зовнішнє живлення можна здійснити лише по одній 10 кВ повітряній лінії, а на трансформаторній підстанції встановити один трансформатор 10/0,4 кВ. Принципова схема мережі зображена на рис. 2.1.

Вибираємо трансформатор типу ТМ-630-10/0,4 кВ.

Таблиця 2.6 - Паспортні дані трансформатора ТМ-630-10/0,4 кВ.

$S_{ном}$	$U_{В ном}$	$U_{Н ном}$	Схема та група з'єднань	$\Delta P_{нх}$	$\Delta P_{кз}$	$U_{кз}$	$I_{нх}$
кВА	кВ	кВ		кВт	кВт	%	%
630	10	0,4	Y/Y <sub>н</sub> -0	1,5	8,0	5,5	2,5

Параметри трансформатора, зведені до вищої напруги трансформатора :

- активний опір  $r_T = P_{кз} \cdot \frac{U_{Вном}^2}{S_{ном}^2 \cdot 10^{-3}} = 2,0 \text{ Ом};$
- повний опір  $z_T = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном} \cdot 10^{-3}} = 9,0 \text{ Ом};$
- реактивний опір  $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 8,8 \text{ Ом}.$

Для здійснення живлення зпроектованої мережі 0,38 кВ вибираємо комплектну трансформаторну підстанцію КТП-630-10/0.4 кВ. Підстанція виконана у вигляді блоку із такими основними елементами: силовий трансформатор по-

тужністю 630 кВА, розподільний пристрій 10 кВ, розподільний пристрій 0,38 кВ.

### Визначення відхилень напруги на шинах споживачів

У таблиці 2.7 оцінки відхилень напруги у вузлах проектованої електричної мережі (стовпці – оцінка).

Таблиця 2.7 - Відхилення напруги в елементах електричної мережі

Елемент електропередачі	Відхилення напруги , %			
	У найбільш віддаленому вузлі			
	Навант. 100%		Навант. 25%	
	оцінка	розрах	оцінка	розрах
Шини 10 кВ ТП 110/10 кВ	+5	+5	0	0
Втрата в ЛЕП 10 кВ	-4	-1,9	-1	-0,5
Трансформатор 10/0,4 кВ:				
втрата	-4	-1,0	-1	-0,25
добавка	+7,5	+7,5	+7,5	+7,5
Мережа 0,38 кВ	-5	-11,0	-1,2	-5,0
Споживач	-0,5	-1,4	-4,3	+1,75

Примітка: Найбільш електрично віддаленим вузлом є вузол 1.

## 2.3 Вибір перерізу проводів і розрахунок мереж

### Розрахунок мережі 10 кВ.

Розрахуємо активну складову втрати напруги у магістралі високовольтної мережі:

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{ном}} Q \cdot l, \text{В} \quad (2.5)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{10000} 143,8 \cdot 4000 = 20 \text{ В}$$

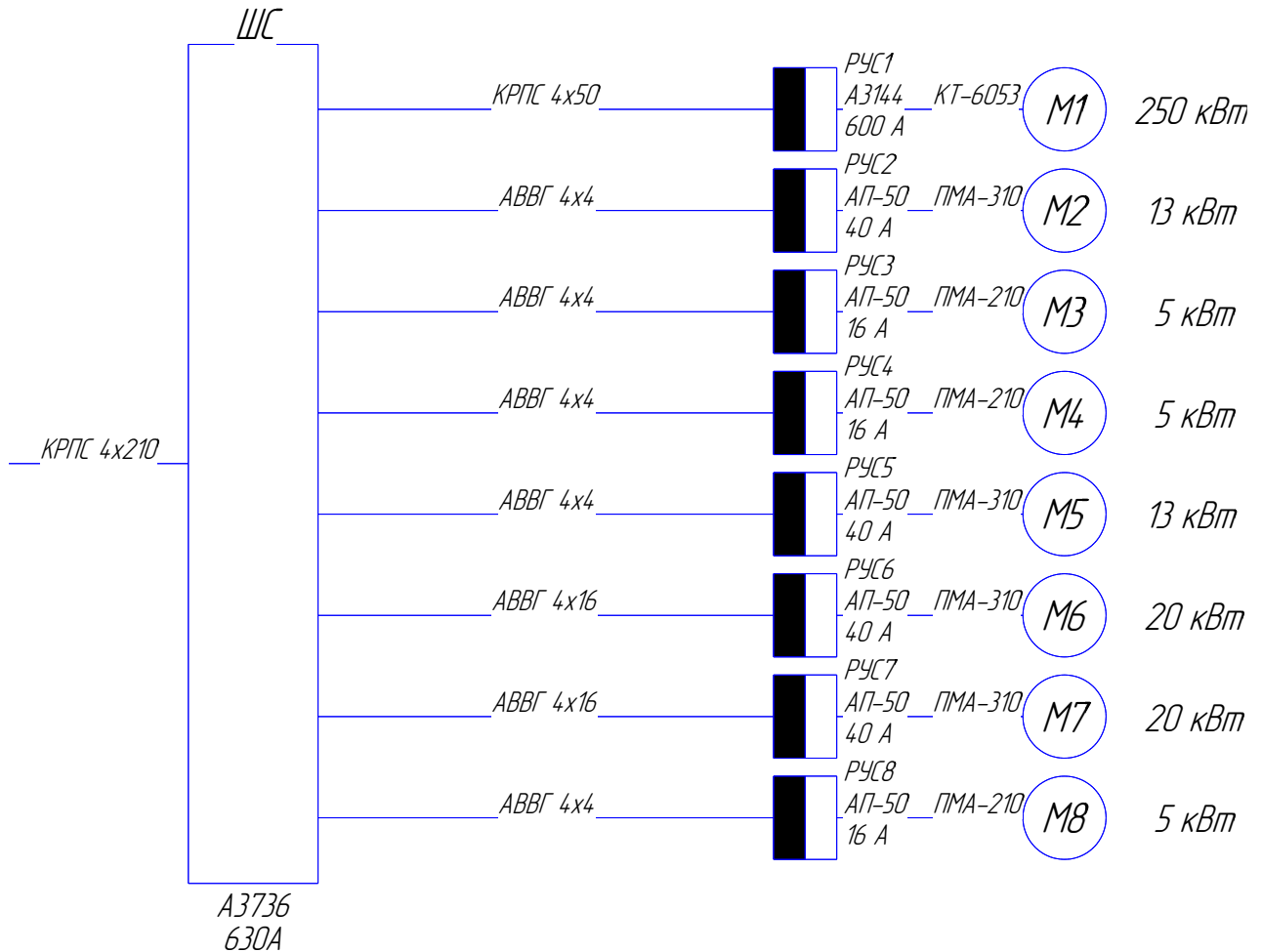


Рисунок 2.1 – Принципова схема проектованої мережі

Значення допустимої активної складової напруги буде:

$$\Delta U_{ад} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p, \text{В} \quad (2.6)$$

$$\Delta U_{ад} = 400 - 20 = 380 \text{ В}$$

Визначаємо розрахунковий переріз проводу магістралі 10 кВ:

$$F_{розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_a \cdot g}, \text{мм}^2 \quad (2.7)$$

де:  $g=32 \cdot 10^{-6}$  См/м – питома провідність алюмінію.



$$F_{розр} = \frac{331 \cdot 1000}{10000 \cdot 380 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 3,0 \text{ мм}^2$$

Згідно з ПУЕ мінімальний переріз сталевалюмінієвого проводу марки АС на лінію 10 кВ становить 25 мм<sup>2</sup>. Отже виберемо для лінії 10 кВ провід марки АС-25 табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Параметри проводів електричної мережі 10 кВ

Лінія мережі 10 кВ	Марка про- воду	r <sub>0</sub> , Ом/км	x <sub>0</sub> , Ом/км	Допустимий струм, А
ТП 35 кВ - ТП 10 кВ	АС-25	1,146	0,377	136

$$\Delta U = \sqrt{3} \left( r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \right) \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i, \text{В} \quad (2.8)$$

де:  $\Delta U_a, \Delta U_p$  – активна і реактивна втрата напруги;  $r_0, x_0$  – питоме значення активного та реактивного опорів лінії живлення;  $n$  – кількість ділянок мережі;  $I_i, l_i$  – значення струму і довжина  $i$ -ї ділянки мережі.

$$\Delta U = \sqrt{3} (1,146 \cdot 0,92 + 0,377 \cdot 0,39) \frac{517,8}{25} \cdot 4,0 = 100 \text{ В (1,0 \%)}$$

При максимальному навантаженні втрата напруги в обмотках трансформатора 10/0,4 кВ:

$$\Delta U = \frac{I_H}{k_{тр}} \cdot Z_m = \frac{517,8}{25} \cdot 9,0 = 187 \text{ В (1,9\%)}$$

### Розрахунок мережі 0,38 кВ.

Визначаємо значення реактивної складової втрати напруги у магістралі 0-1:

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{НОМ}} (Q \cdot l), \text{В} \quad (2.9)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{0,38} (143,8 \cdot 0,3) = 39,6 \text{ В}$$

В зв'язку з тим, що реактивне навантаження є значним і втрати напруги в лінії є також дуже великі встановлюємо добавку +7,5.

Допустиме значення активної складової напруги отримаємо з виразу:

$$\Delta U_{ад0-1} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_{p} = 47,5 - 39,6 = 8,3 \text{ В}$$

Отже розрахункове значення перерізу проводів магістралі 0-1:

$$F_{0-1розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_{ад0-1} \cdot g}, \text{ мм}^2 \quad (2.10)$$

$$F_{0-1розр} = \frac{331 \cdot 0,3}{0,4 \cdot 8,3 \cdot 32 \cdot 10^6} = 200 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U = \sqrt{3}(0,24 \cdot 0,92 + 0,128 \cdot 0,39) \cdot 517,8 \cdot 0,3 = 41,9 \text{ В}$$

Результати розрахунків наведені у табл.2.9.

Таблиця 2.9 – Втрати напруги в магістралях і визначення їх поперечних перерізів проводів.

Магістраль	$U_p$ , В	$U_{ад}$ , В	$F_{розр.}$ , мм <sup>2</sup>
0-1	39,6	8,3	200

Із переліку стандартних марок проводів вибираємо відповідні номінальні перерізи проводів електричної мережі 0,38 кВ таблиця 2.10.

Таблиця 2.10 – Параметри проводів електричних мереж ліній 0,38 кВ

Лінія мережі 0,38 кВ	Марка прово- ду	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	Допустимий струм, А
1	КРПС 4×210	0,24	0,128	850

Таблиця 2.11 – Дійсні спади напруг у магістралях.

Магістраль	0-1
$\Delta U$ , В	41,9

За параметрами вибраних проводів визначимо дійсні втрати напруги в лініях електричної мережі напругою 0,38 кВ за формулою (2.10). Результати розрахунків занесені до табл.2.11.

## РОЗДІЛ 3

### СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

#### 3.1. Система автоматичного регулювання збудження синхронного двигуна

Землеснаряд це розбірний плавучий пристрій з чотирьох понтонів, зібраних на між понтонному з'єднанні, з напорним спайним ходом, ґрунто-забірним пристроєм з механічним та гідравлічним спущувачем. Землеснаряд обладнаний ґрунтонасосом ГРУ 800/40 продуктивністю 800 м<sup>3</sup>/год по пульпі з напором 40 м.

Землеснаряд призначений:

- для добування піщано-гравійної суміші;
- для розробки обводнених вторинних техногенних родовищ, гірсько збагачувальних комбінатів методами гідромеханізації;
- для очистки водосховищ, ставів, озер, рік від мулу, піску та інших відкладень;
- для очистки промислових і сільськогосподарських відстійників;
- для намиву площадок під забудову, намиву гребель та насипів і пляжів.

Головний насос приводився в рух асинхронним двигуном.

Ми пропонуємо встановити на його місце синхронний двигун

- Тип СД2-85/29-10
- Потужність  $P_n=250$  кВт;
- Напруга живлення  $U_n=0,38$  кВ;
- Номінальна швидкість обертання  $n_n=750$  об/хв;
- Коефіцієнт корисної дії  $\eta=93,2\%$ ;
- Кратність максимального моменту  $M_{max}/M_n=1,7$ ;
- Кратність пускового струму  $I_n/I_p=5,5$ ;
- Кратність пускового моменту  $M_n/M_n=1,2$ ;

- Напруга збудження  $U_{fn}=33$  В;
- Струм збудження  $I_{fn}=133$  А;
- Момент інерції  $J=45$  кг·м<sup>2</sup>.
- Маса  $m=2,14$  т.

З заміною асинхронного двигуна на синхронний ми пропонуємо встановити систему автоматичного регулювання коефіцієнта потужності мережі, в зв'язку з низьким його значенням.

Електротехнічною промисловістю випускаються комплектні тиристорні збудники з автоматичними регуляторами збудження серій ТЕ8-320 і КТУ. Збудники серії ТЕ8-320 випускаються двох видів, з яких ТЕ8-320-4 призначені для збудження СД, що працюють зі спокійним характером навантаження й не потребуючого автоматичного регулювання струму збудження, а ТЕ8-320-5 призначені для збудження СД, що працюють з різкозмінним навантаженням і потребуючих АРВ.

У збудниках ТЕ8-320-4 передбачені ручний й аварійний режими керування струмом збудження, а в збудниках серії ТЕ8-320-5 - ще й автоматичний режим.

При роботі в режимі ручного керування збудник забезпечує: пуск синхронного двигуна з автоматичною подачею збудження з контролем струму статора; плавне регулювання струму збудження від 0,3 до 1,4 номінального з можливістю підстроювання граничних меж; обмеження напруги збудження по мінімуму в межах 0-0,5 номінального значення; обмеження струму збудження по максимуму в межах 0,8-1,75 номінального значення; захист обмотки ротора від тривалого перевантаження по струму; форсування по напрузі, рівне 1,75 номінального значення при номінальній напрузі мережі, що живить збудник, причому форсування збудження спрацьовує при спаданні напруги мережі статора на 15-20 % від номінального значення; форсоване гасіння поля ротора при відключенні двигуна, а також при перервах живлення двигуна й наявності додаткового сигналу на гасіння поля.

При роботі в режимі автоматичного керування збудник, додатково до функцій ручного керування, забезпечує стабілізацію струму збудження, а також

автоматичне регулювання по кожному з нижче перелічених законів або їхніх комбінацій: по струму збудження; по напрузі статора; по повному струму статора; по куті  $\phi$  вузла навантаження; по реактивному струму статора; по активному струму статора; по внутрішньому куті машини.

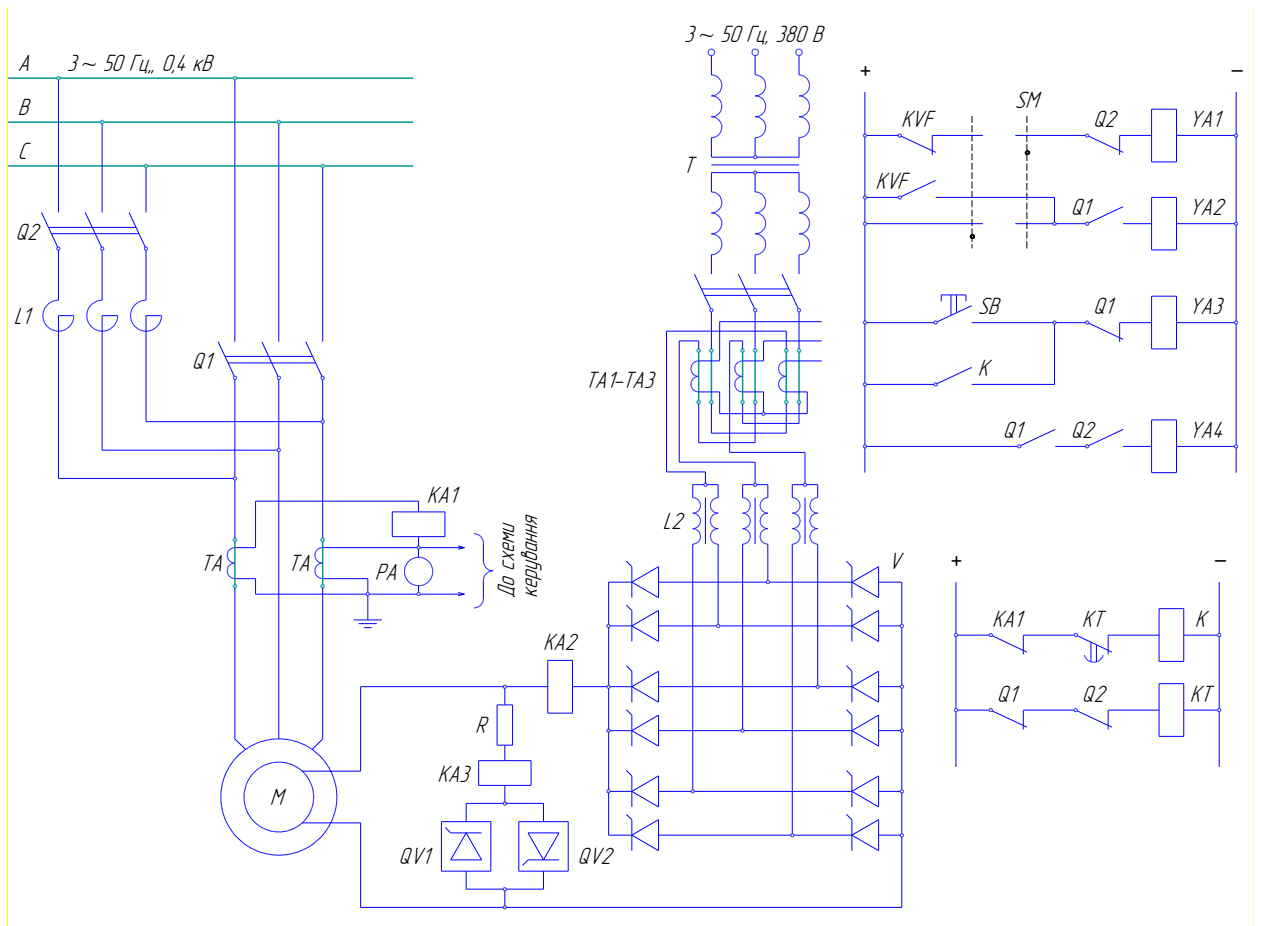


Рисунок 3.1 – Спрощена принципова схема пуску електроприводу

При роботі в режимі аварійного керування збудник забезпечує тільки повне регулювання струму збудження від нуля до форсованого значення з можливістю підстроювання граничних меж.

Збудник має наступні електричні захисти: від внутрішніх і зовнішніх коротких замикань; від перегріву пускового опору й тривалого асинхронного ходу двигуна.

Збудник конструктивно виконаний у вигляді металевої шафи двостороннього обслуговування й окремо встановлюваного силового трансформатора типу ТСЗВ.

Шафа збудника містить: тиристорний випрямляч; пусковий опір з тиристорним ключем; релейну панель керування; електронну систему керування - ЭСУ й автоматичний регулятор збудження.

Спрощена принципова схема керуванням пуском СД наведена на рис.3.1. Вона здійснює прямий або реакторний пуск і подачу збудження після закінчення процесу пуску з контролем струму статора і завданням часу. Підключення обмотки статора СД  $M$  к мережі живлення прямо або через реактори  $L1$  здійснюється вимикачами  $Q1$  й  $Q2$ . Включаються вимикачі електромагнітами  $YA1$  й  $YA3$ , а відключаються електромагнітами  $YA2$  й  $YA4$ . Команди на включення й відключення подаються ключем керування  $SM$  і кнопкою  $SB$ .

Тиристорний випрямляч збудження  $V$  зібраний по трифазній нульовій або мостовій схемах із шістьма або дванадцятьма тиристорами, захищеними RC-ланками. Живлення випрямляча здійснюється від мережі змінного струму напругою 380 В і частотою 50 Гц через трансформатор  $T$ . У коло живлення включені ділянки струму  $L2$ , які вирівнюють струми між паралельно включеними тиристорами однієї фази. Керування тиристорами випрямляча здійснюється по вертикальному принципі з кутом регулювання, що змінюється в діапазоні  $0-90^\circ$  — у режимі випрямлення й  $150-170^\circ$  — у режимі інвертування. Пусковий (розрядний) резистор  $R$  підключається паралельно обмотці збудження СД на період пуску або асинхронного ходу безконтактними тиристорними ключами  $QV1$ ,  $QV2$ . Контроль струму збудження двигуна при пуску й роботі здійснюється струмовими реле  $KA2$  і  $KA3$ .

При відключенні обмотки статора синхронного двигуна від мережі живлення (при його зупинці), тобто при відключенні  $Q1$  командою ключа  $SM$  або реле захисту  $KVF$ , включається реле інвертування  $KT$  і забезпечує інверторний режим тиристорного збудника (на схемі не показано). При цьому забезпечується форсоване гасіння поля двигуна.

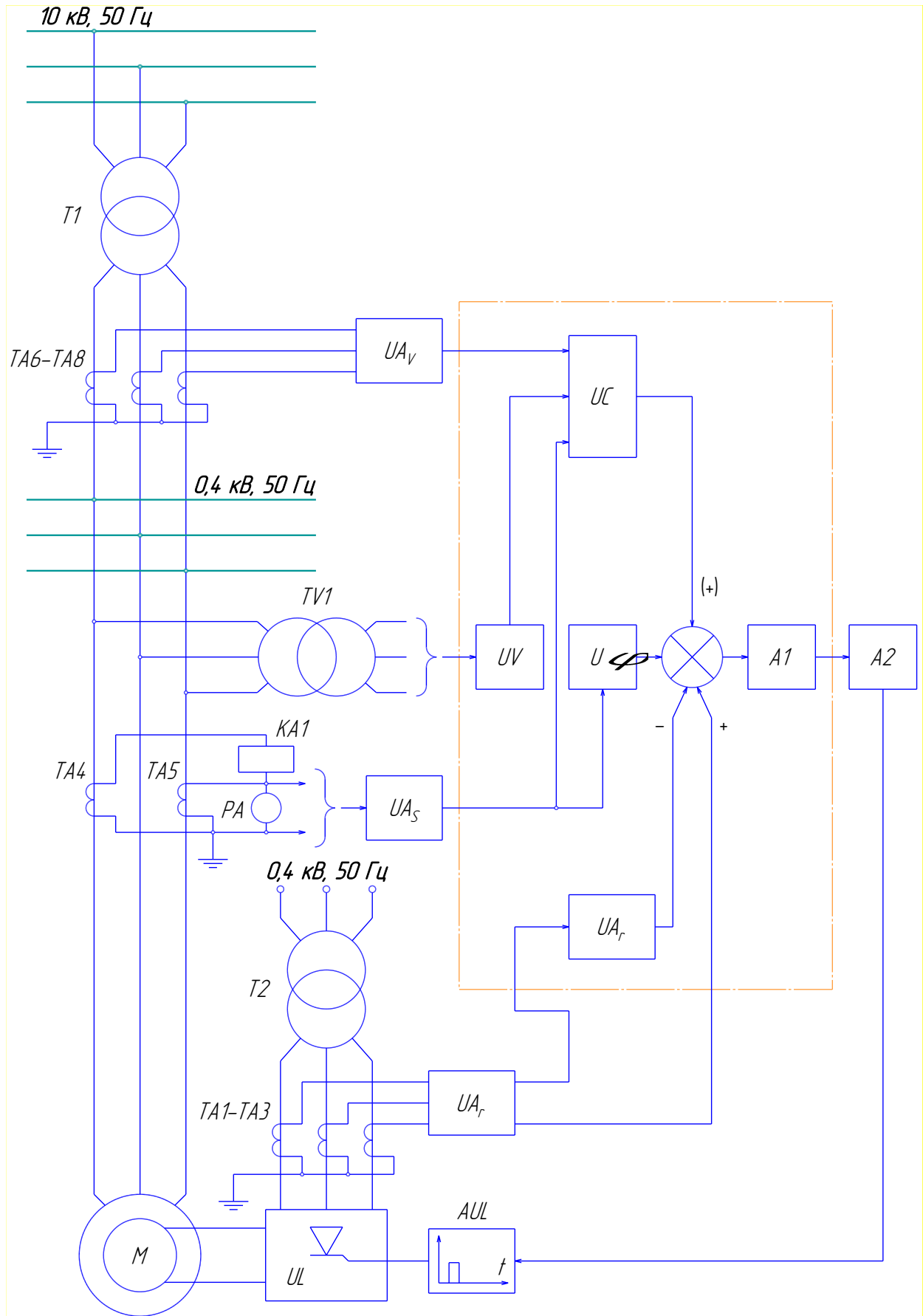


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи регулювання збудження синхронного двигуна з АРЗ типу ТЕ8

Функціональна схема системи регулювання збудження двигуна наведена на рис. 3.2.

Схема включає СД  $M$ , що живиться від шин високої напруги трансформаторної підстанції із трансформатором  $T1$ , тиристорний збудник  $UL$  із системою імпульсно-фазового керування  $AUL$ , що живиться від мережі напругою 380 В, 50 Гц через трансформатор  $T2$ , і автоматичний регулятор збудження.

Регулятор збудження містить: підсилювальний пристрій з підсилювачами напруги  $A1$  і струму  $A2$ , функціональні перетворювачі у вигляді датчика статичного режиму  $UC$ , датчика кута  $U\varphi$  і обмежувача струму ротора  $AA_r$ , що формують сигнали параметрів регулювання, і вимірювальні пристрої напруг і струмів статора й ротора двигуна. У вимірювальні пристрої входять: датчик напруги статора  $UV$ , підключений через трансформатор напруги  $TV 15$ ; датчик струму мережі живлення  $UA_v$  і датчик струму статора  $UA_s$ , підключені до трансформаторів струму  $TA4-TA8$ ; датчик струму ротора  $VA_r$ , підключений до трансформаторів струму  $TA1 — TA3$ .

Датчик статичного режиму виробляє сигнали керування постійного струму, які пропорційні напрузі статора й однієї з наступних величин: повному, реактивному й активному струму статора; кутам зсуву фаз мережі  $\varphi_n$  і двигуна  $\varphi_d$  і реактивному струму вузла навантаження мережі. Датчик кута  $U\varphi$  працює аналогічно  $UC$  і призначений для виміру кута навантаження, коли  $UC$  вимірює інші параметри.

Обмежувач струму ротора  $AA_r$  обмежує струм при перевищенні його номінального значення. У цьому випадку він з витримкою часу, відлічуваної реле часу, включає від'ємний зворотний зв'язок по струму ротора, що знижує струм ротора до номінального значення.

Підсумовування сигналів керування з виходів датчиків  $UC$ ,  $UV$ ,  $U\varphi$ ,  $UA_r$  здійснює підсумовуючий підсилювач напруги  $A1$ . Сумарний сигнал керування, посилений підсилювачем струму  $A2$ , надходить на систему фазового керування  $AUL$ , що забезпечує необхідні кути керування тиристорами збудника й відповідно струм ротора синхронного двигуна.



Залежно від включень регулятора збудження можуть здійснюватися різні алгоритми (закони) керування збудженням. Загальним для всіх алгоритмів є стабілізація струму збудження СД при зміні напруги живлення збудника й температури навколишнього середовища. Тому в АРВ завжди включені датчик статичного режиму  $UC$  і підсилювачі напруги  $A1$  і струму  $A2$ . Інші пристрої й датчики використовуються залежно від призначення регулятора збудження й забезпечення необхідного алгоритму керування відповідно до варіантів включення.

В тиристорному збуднику ТЕ8-320/5 передбачені захисти СД і схеми керування й збудження від зовнішніх і внутрішніх коротких замикань, від тривалого асинхронного ходу й від обриву кіл обмотки ротора з контролем струму ротора (реле  $KA1$  —  $KA3$  й  $KVF$  — рис. 3.1) і від випадання СД із синхронізму. Всі захисти діють на відключення СД від мережі, тому що при дії кожного із захистів включається реле захисту  $KVF$ , що включає електромагніт  $YA2$ , що відключає вимикач  $Q1$ .

### 3.2. Розрахунок та побудова характеристик синхронного двигуна

Для побудови навантажувальної характеристики нам необхідно визначити максимальний момент двигуна, номінальний момент двигуна та номінальну кутову частоту обертання двигуна.

Номінальне значення кутової частоти обертання

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} \quad (3.1)$$

$$\omega_n = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,75 \text{ рад/с.}$$

Номінальний момент синхронного двигуна

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} \quad (3.2)$$

$$M_n = \frac{250000}{78,75} = 3174,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Максимальний момент

$$M_{\max} = 1,7 \cdot M_H \quad (3.3)$$

$$M_{\max} = 1,7 \cdot 3174,6 = 5396,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Навантажувальна характеристика описується рівнянням

$$M(\Theta) = M_{\max} \cdot \sin \Theta \quad (3.4)$$

Розрахунок та побудову графіка проводимо в математичному пакеті MathCad (рис.3.3).

Механічна характеристика синхронного двигуна має лінійну характеристику, яка не залежить від швидкості обертання (рис. 3.4).

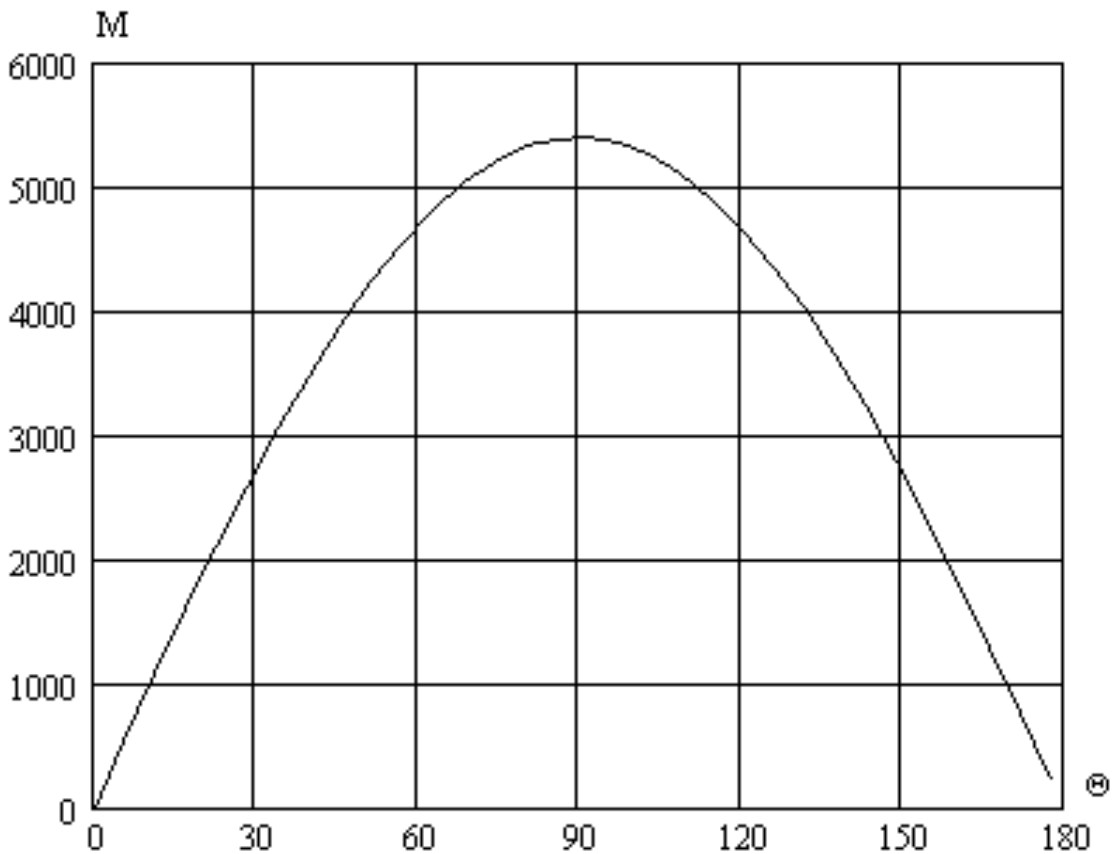


Рисунок 3.3 – Навантажувальна характеристика синхронного двигуна

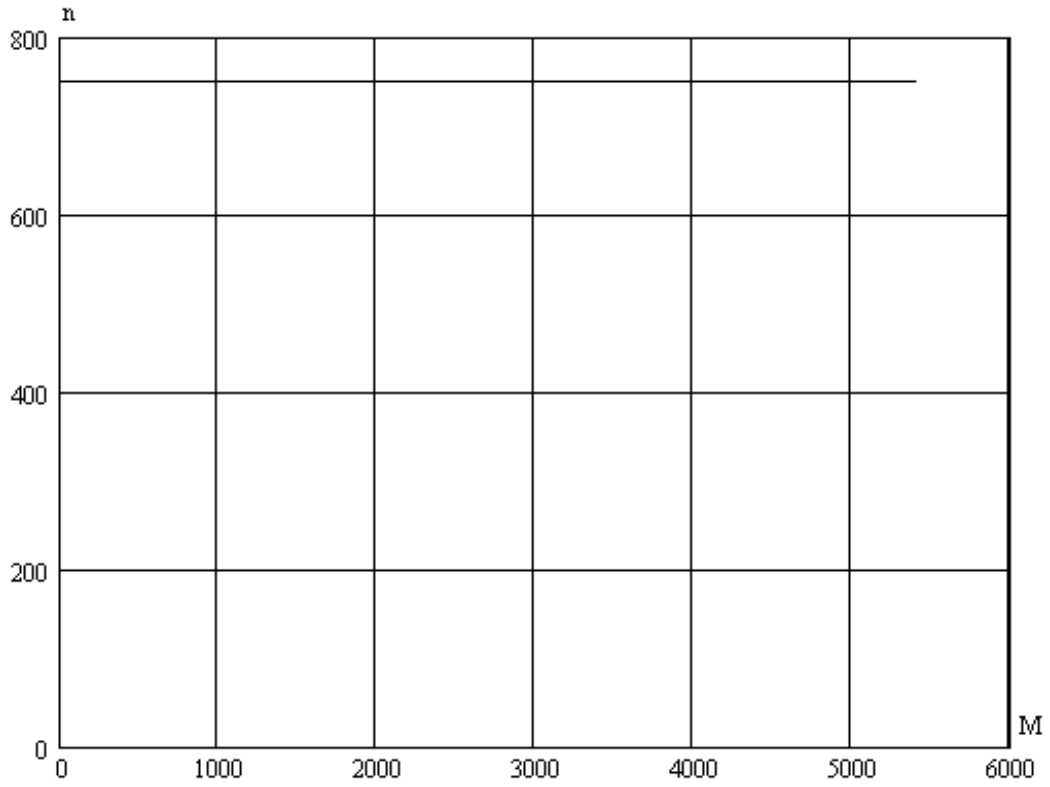


Рисунок 3.4 – Механічна характеристика синхронного двигуна  
Кут навантаження міняється в межах від 0 - 180°.

## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

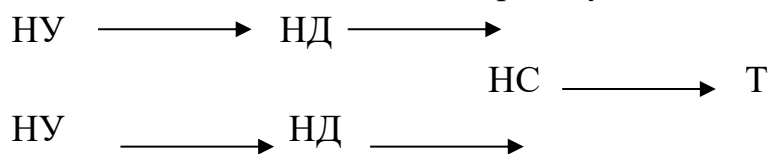
## 4.1 Структурно – функціональний аналіз процесу електропостачання

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмо-небезпечним ситуаціям можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно можна виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статистичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані.

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення аварійних та травмо-небезпечних ситуацій при виконанні різних робіт

Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобіг. небезпеч. ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Проведення ремонту повітряної лінії	не проведено закорочення жил кабеля після вимкнення напруги. НУ1 Відсутність необхідних вимірювальних приладів НУ2.	Нехтування правилами ТБ НД1. Користування невідповідним інструментом. НД2.	Ураження струмом	Травма	Проведення додаткових інструктажів з ТБ

Модель процесу



Роботи по ремонту трансформаторної підстанції.	Опір заземлюючого контура перевищує допустимі норми. НУ1. Опір ізоляції обмоток трансформатора не відповідає нормі НУ2.	Проведення ремонтних робіт несправним і непристосованим для проведення даного виду робіт, інструментом. НД1 Працюючий знаходиться у небезпечній зоні НД <sub>2</sub>	Вихід з ладу електрообладнання. НС1.  Ураження струмом НС2.	Аварійна ситуація.  Травма.	Забезпечення обслуговуючого персоналу необхідним і справним інструментом.
<p style="text-align: center;">Модель процесу.</p> <pre>     graph LR       NU1 --&gt; ND1       ND1 --&gt; NS1       NS1 --&gt; AS_T[АС+Т]       NU2 --&gt; ND2       ND2 --&gt; NS2       NS2 --&gt; AS_T       </pre>					

## 4.2 Обґрунтування організаційно – технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

### 4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання

#### *1. Загальні положення*

Безпечна і безаварійна робота споживчих трансформаторних підстанцій забезпечується своєчасним проведенням встановленого експлуатаційного обслуговування та ремонтних робіт – технічних доглядів та поточних ремонтів, які є складовою частиною системи планово-запобіжного ремонту електрообладнання.

Всі роботи, ремонтні і пов'язані з лабораторними вимірюваннями, для проведення яких необхідно підніматись на площадку трансформатора, повинні виконувати два висококваліфікованих електрики, які добре обізнані з правилами

ми технічної експлуатації електроустановок споживачів, і мають кваліфікацію з техніки безпеки: один не нижче 4 групи, другий – не нижче 3 групи.

## ***2. Вимоги правил техніки безпеки перед початком роботи***

Для початку роботи на площадці трансформатора спочатку вимикають рубильники або автоматичні вимикачі щита низької напруги, виймають плавкі вставки запобіжників, запирають шафу і вивішують попереджувальні плакати. Потім, одягши діелектричні рукавиці і калоші, вимикають привод роз'єднувача і, впевнившись із землі в тому, що роз'єднувач дійсно вимкнувся, закривають його на замок.

## ***3. Вимоги правил техніки безпеки під час***

Виконавши ці операції, підніміться на площадку, надівають діелектричні рукавиці і за допомогою покажчика напруги перевіряють відсутність напруги на всіх фазах трансформатора, після чого виймають плавкі вставки запобіжників високої напруги. Потім, приєднавши один кінець переносного заземлення до заземлюючого пристрою, накладають його на струмоведучі частини високовольтних запобіжників. Після цього можна приступити до роботи на площадці трансформатора.

Якщо для виконання ремонтних чи експлуатаційних робіт треба піднятися вище трансформатора до роз'єднувача, то необхідно лінію, що живить дану підстанцію, вимкнути роз'єднувачем, якщо він є на цій лінії, або відімкнути лінію від джерела живлення. Тільки після цього виконують зазначені роботи.

Якщо на підстанції необхідно замінити трансформатор, то пред опусканням і підніманням його треба повністю вимкнути напругу з підстанції, заземлити лінію живлення і переконатись у міцності конструкції підстанції.

## ***4. Вимоги правил техніки після закінчення роботи***

Після закінчення всіх робіт на трансформаторній підстанції перед її вмиканням необхідно виконати такі технічні операції: встановити запобіжники високої напруги, зняти переносні тимчасові заземлення; коли всі працівники зйдуть з трансформаторної підстанції, закрити і замкнути складувану металеву драбину; відімкнути щит низької напруги підстанції і зняти плакати з техніки

безпеки; якщо тимчасове переносне заземлення встановлене на лінії, його також треба зняти і після цього доповісти черговому на живильній підстанції про те, що всі роботи закінчені, тимчасове заземлення зняте, можна подавати напругу; одержавши на це дозвіл, ввімкнути роз'єднувач і з землі перевірити, чи всі ножі роз'єднувача зайшли в затискачі.

Перевірити покажчиком напруги наявність струму на всіх трьох фазах головного рубильника розподільного щита низької напруги, вмикають всі рубильники або автоматичні вимикачі споживачів і замикають розподільчий щит на замок.

#### **4.2.2 Протипожежні заходи на об'єкті**

Для запобігання пожеж на об'єкті розроблено організаційні, експлуатаційні, технічні режимного характеру, пожежно-евакуаційні, профілактичні заходи.

До організаційних заходів відносяться правила розміщення машин, що обслуговують виробничий процес, обладнання, матеріалів з дотримання певних проходів, не допускається захаращення приміщень, проходів і т.д.; навчання працівників протипожежної безпеки.

Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації установок, в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор і полум'я при роботі установок, контакт нагрітих деталей обладнання з легкозаймистими матеріалами.

До технічних належать заходи, що стосуються правильного монтажу та експлуатації обладнання.

До засобів, що мають режимний характер відносять заборону куріння, запалювання сірників, правильного зберігання легкозаймистих матеріалів, постійний контроль за вогнебезпечними матеріалами.

Профілактичні заходи передбачають своєчасне встановлення первинних заходів вогнегасіння, а також підтримання в справному стані водопровідної системи. Заходи запобігання пожеж від розрядів статичної та атмосферної енергії, зводиться до встановлення заземлення і блискавкозахисту.

### 4.2.3 Розрахунок заземлення

Проводиться в залежності від характеру ґрунту і способу забивання стержнів. Розраховуємо заземлюючий контур підстанції напругою 10/0,4 кВ з глохозаземленою нейтралю. Характер ґрунту – чорнозем з  $\rho = 2 \cdot 10^4$  Ом·см. Кліматична зона – IV ( $K_c = 1,2$ ,  $K_n = 1,5$ ). Струм замикання на землю в мережі становить 50А.

В відповідності з діючими правилами, опір заземлюючого пристрою повинен становити

$$R = \frac{125}{I_z} = \frac{125}{50} = 2,5 \text{ Ом}, \quad (4.1)$$

де  $I_z$  – струм замикання на землю, А.

Приймаємо 3 Ом.

Контур заземлення розміщуємо в ряд з  $a = 5$  м,  $l = 2,5$  м. В якості стержневого заземлювача приймаємо кутникові сталь 50х50х5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40х4 мм.

Опір одиночного стержня становить:

$$R_o = 0.00318 \rho \cdot K_c, \text{ Ом}, \quad (4.2)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт сезонності для стержневого заземлювача ( $K_c = 1,2$ ).

$$R_o = 0.00318 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 1.2 = 76.32 \text{ Ом}.$$

Число стержнів приймаємо 15. При цьому коефіцієнт використання стержневих заземлювачів становить  $\eta_c = 0,7$ . Опір всіх стержнів розтікання струму становить:

$$R_c = \frac{R_o}{n \cdot \eta_c}, \text{ Ом}, \quad (4.3)$$

де  $n$  – число стержнів, шт.

$$R_c = \frac{76.32}{15 \cdot 0.7} = 7.3 \text{ Ом}.$$



Довжина протяжного заземлювача становить  $l = 35$  м (3500 см); приймаємо  $t = 50$  см,  $b = 0,4$  см. Опір протяжного заземлювача становить:

$$R_{np} = \frac{0,366}{l} \cdot \rho \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot l^2}{t \cdot b}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

$$R_{np} = \frac{0,366}{3500} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot 3500^2}{0,4 \cdot 50} = 3,2 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт використання протяжного заземлювача  $\eta_n = 0,71$ .

Дійсний опір протяжного заземлення становить:

$$R_n = \frac{R_{np}}{\eta_n} = \frac{3,2}{0,71} = 4,5 \text{ Ом} . \quad (4.5)$$

Опір всього заземлюючого пристрою становить:

$$R_u = \frac{R_c \cdot R_n}{R_c + R_n} = \frac{4,5 \cdot 7,3}{4,5 + 7,3} = 2,78 < 3 \text{ Ом} \quad (4.6)$$

Отже, число стержнів вибрано вірно.

### 4.3 Захист цивільного населення

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо – техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно – технічних, санітарно – гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів.

Принципи захисту впливають з основних положень Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводити спеціальні заходи.

1. Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

2. Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості.

3. Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

4. Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом

захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

5. Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

6. Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

7. Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно –

господарських, режимно – обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

8. Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

#### 4.4 Охорона довкілля

Найбільшими забрудниками поверхневих вод є великі целюлозно-паперові, хімічні, нафтопереробні, харчові і текстильні підприємства, гірничорудні і металургійні комбінати, а також сільськогосподарське виробництво.

Великі хімічні, нафтохімічні, металургійні, машинобудівні підприємства мають спільні очисні споруди, які складаються з установок первинного, вторинного і третинного очищення. При первинній обробці механічні методи відділяють великі частини твердих речовин, при вторинній (з допомогою біохімічних процесів) — основну масу органічних речовин. Після цього стічні води можна скидати в моря, річки, озера, де даліше очищення відбувається природним шляхом. Третинна обробка дає можливість повторно використовувати воду в технологічних процесах або в системах зворотного водопостачання.

Метод механічного очищення полягає в механічному вилученні із стічних вод нерозчинних домішок з допомогою флотаційних і фільтраційних установок, решіток, сит, жировловлювачів, нафтовловлювачів та вловлювачів піщаної фракції. У відстійниках осідають важкі частинки, а легкі речовини спливають на поверхню. Цим способом очищення можна вилучити з побутових вод до 60 %, а з промислових до 95 % нерозчинних домішок.

Далі вода очищається переважно хімічними способами. Хімічні методи очищення ґрунтуються на поверхні різноманітних хімічних реакцій, які нейтралізують токсичні речовини, руйнують їх, переводять у газоподібний

стан або осад. Для цього застосовують реагентні методи (коагуляцію, флокуляцію, відсадження), а також адсорбцію, іонний обмін, електроліз, екстракцію, озонування, термічний метод. Метод біологічного очищення полягає в мінералізації органічних забруднень з використанням діяльності різних мікроорганізмів, як у природних, так і штучних умовах.

Сьогодні проблема захисту вод Світового океану стала однією із найактуальніших, бо стосується всіх країн світу. Через це в ООН розроблено і прийнято кілька важливих угод, що регулюють рибальство, судноплавство, добування корисних копалин з морських родовищ тощо.

Атмосфера має здатність самоочищатись, але в багатьох випадках ця можливість уже вичерпалась. Очищення повітря від пилу (рекуперація) дає лише частковий ефект. Необхідні кардинальні заходи. Це передусім перехід на екологічно чисті види енергії, тобто на такі енергоносії, які не дають речовинного і теплового (надлишкового) забруднення. АЕС являють собою напіввихід, оскільки дають додаткову до сонячної теплоту.

Для зменшення забруднення повітря треба:

- вдосконалити технології виробництва і спалювання палива;
- ширше застосовувати ті види палива, які виділяють менше сірки, попелу та ін. шкідливих речовин;
- встановити на всіх трубах енергетичних установок пилогазовловлювачі, вдосконалювати їх;
- створити безвідходні та маловідходні технологічні підприємства;
- переходити на централізоване опалення;
- будувати транспортні підприємства за межами міст;
- переводити міський транспорт на електроенергію, природний газ;
- озеленення міста і села, створювати захисні зелені смуги вздовж транспортних магістралей;
- суворо дотримуватися правових норм відповідальності за порушення загальноприйнятих правил роботи промислових підприємств.

## РОЗДІЛ 5

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Нам необхідно зробити економічну оцінку запропонованих технічних рішень. Кар'єр з гідронамивом на рік споживає  $W=1029411$ кВт·год. Вартість 1 кВт·год. становить  $C=4,32$  грн. Тому плата за електроенергію становить

$$B = W \times C. \quad (5.1)$$

Підставимо значення

$$B = 1029411 \times 4,32 = 4\,447\,056 \text{ грн.}$$

За умови низького значення коефіцієнта потужності, орієнтовно 0,8 – нараховують надбавка при оплаті електроенергії у розмірі 7%, що становить

$$H = 4447056 \times 0,07 = 311\,294 \text{ грн.}$$

За умови відсутності потреби у оплаті надбавки, при належному значенні коефіцієнта потужності, то відповідно ці кошти залишаться на підприємстві.

Орієнтовна вартість запропонованої системи керування:

- синхронний двигун близько 416 000 грн;
- система регулювання збудження синхронного генератора близько 120 000 грн.

Отже сумарна вартість встановленого обладнання становить

$$K=416\,000+120\,000=536\,000 \text{ грн.}$$

Час окупності можна визначимо як відношення капітальних вкладень до зекономлених коштів:

$$T = \frac{K}{H}, \quad (6.2)$$

Підставимо значення

$$T = \frac{536000}{311294} = 1,7 \text{ року.}$$

Розрахункові значення представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Кількість спожитої електроенергії, кВт·год/рік	1029411
Вартість 1 кВт·год, грн.	4,32
Вартість спожитої електроенергії в рік, грн.	4 447 056
Значення коефіцієнта потужності, до компенсації	0,8
Надбавка, при платі за електроенергію, %	7
Грн..	311 294
Вартість системи регулювання збудження двигуна, грн.	536 000
Значення коефіцієнта потужності, після компенсації	0,92
Надбавка, при платі за електроенергію, %	0
грн	0
Термін окупності, років	1,7

## ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи було розглянуто актуальні питання для нашого підприємства.

1. Коротко дано характеристику підприємства та обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи.

2. Розраховано мережу електропостачання кар'єру з гідроснарядом, навантаження трансформаторної підстанції 10/0.4 кВ, навантаження ліній електропередачі, вибрано трансформаторну підстанцію КТП-630-10/0,4 кВ, переріз проводів.

3. Дано характеристику гідроснаряду. Основний двигун гідроснаряду має потужність 250 кВт. В зв'язку з цим ми запропонували встановити синхронний двигун з регулюванням струму збудження в функції коефіцієнта потужності мережі. У цьому ж розділі ми описали схему пуску синхронного двигуна та функціональної схеми регулювання збудження двигуна. У цьому ж розділі провели розрахунок та побудову навантажувальної і механічної характеристики синхронного двигуна.

4. Було розглянуто питання охорони праці та довкілля.

5. Проведено наближений економічний розрахунок ефективності прийнятих рішень, що показав – основний ефект ми отримуємо від отримання належного рівня коефіцієнта потужності, а саме 0,92 та більше. Оскільки при низькому значенні коефіцієнта потужності необхідно платити надбавку при оплаті за електроенергію, а коли коефіцієнт потужності не опускається нижче дозволеної межі, то надбавку платити не потрібно. Згідно проведеного укрупненого розрахунку ми отримали термін окупності, який становить 1,7 року.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Василега П.О. Електропостачання. Суми. Університетська книга, 2008. 415 с.
2. Варецький Ю.О. Методичні настанови та завдання до курсового проекту для студентів спеціальності 6.091.900 Львів ЛНАУ 2004.
3. Гончарук В.Є., Качан С. І., Орел С. М., Пуцило В. І. Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях. Навч. посіб. Львів, 2004. 136с.
4. Дурняк Б.В., Чумакевич В.О., Лях І.М., Яцун А.М Основи електропостачання агропромислового комплексу. Навч.посіб. Львів. Українська академія друкарства. 2017. 544 с.
5. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник. Є.Л. Жулай та ін. К. Вища освіта, 2001. 288 с.
6. Злобін Ю. А. Основи екології. Київ. Лібра, 1998, 246с.
7. Зорін В.В., Тисленко В.В. Системи електропостачання загального призначення: навч. Посібник. Чернігів 2005.
8. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001.
9. Маліновський А. А. Основи електропостачання. Навч. посіб. А. А. Маліновський, Б.К. Хохулін. Львів. Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005.
10. Основи охорони праці. Купник М.П. і ін. Київ. Основа, 2000. 416с.
11. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник В. Є. Шестеренко – Вінниця : Нова книга, 2004. 656 с.