

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 ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІЗ МО-  
ДЕРНІЗАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ»**

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ксенчук С. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: Кригуль Р. Є.

(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**

Ксенчук Степан Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Електропостачання фермерського господарства із модернізацією електроприводу насосної установки»

керівник роботи к.т.н., доцент Кригуль Р. Є.

( 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 фермерського господарства

2 Електропостачання фермерського господарства

3 Модернізація електроприводу насосної станції

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>Дробот І. М., старший викладач</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>Модернізація електроприводу насосної станції</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 \_\_\_\_\_ Ксенчук С. Р.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Кригуль Р. Є.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

УДК 621.313:63(075.8)

Ксенчук С. Р. «Електропостачання фермерського господарства із модернізацією електроприводу насосної установки». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 48 с. текстової частини, 17 таблиць, 6 рисунків, 18 джерел.

**Мета роботи:** здійснити розрахунок електропостачання фермерського господарства із модернізацією електроприводу насосної установки.

**Завдання роботи:** подати характеристику фермерського господарства, обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи, здійснити розрахунок системи електропостачання фермерського господарства, провести модернізацію електроприводу насосної станції, розглянути питання охорони довкілля та праці, провести економічний розрахунок.

У кваліфікаційній роботі розкрито питання характеристики фермерського господарства. Дано обґрунтування теми роботи. Проаналізовано потреби фермерського господарства в електроенергії, запропоновано електричну схему мережі живлення фермерського господарства, розраховано електропостачання. Розраховано потужність електродвигуна насосу. Запропоновано модернізацію електроприводу насосу. Розглянуто питання охорони довкілля та праці. Проведено економічний розрахунок.

Ключові слова: фермерське господарство, розрахунок електропостачання, вибір трансформатора, проводів живлення, модернізація, насос, електродвигун, станція керування, пристрій плавного пуску.

## ЗМІСТ

ВСТУП _____	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА _____	8
1.1 Загальна характеристика _____	8
1.2 Огрунтування теми роботи _____	10
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА _____	11
2.1 Вибір електричної мережі та місця розташування підстанції _____	11
2.2 Визначення розрахункового навантаження _____	12
2.3 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ _____	14
2.4 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж _____	17
2.5 Вибір трансформаторної підстанції _____	21
РОЗДІЛ 3 МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ _____	22
3.1 Схема керування водонасосною установкою _____	22
3.2 Розрахунок та вибір привідного двигуна та пристрою плавного пуску _____	24
3.3 Пристрій плавного пуску _____	25
3.4 Розрахунок механічної характеристики двигуна _____	31
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ _____	33
4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу електрозабезпечення _____	33
4.2 Обгрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу _____	35
4.2.1 Інструкція з охорони праці для працівників енергетичної служби при проведенні робіт _____	35
4.2.2 Протипожежні заходи _____	37
4.2.3 Розрахунок штучного заземлення _____	37
4.3 Захист цивільного населення _____	39
4.4 Охорона довкілля _____	40
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ _____	42
ВИСНОВКИ _____	45
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК _____	46

## ВСТУП

Більш комплексне задоволення постійно зростаючих потреб країни в електроенергії вимагатиме не тільки збільшення електроенергії, а й раціонального використання кожної кіловат-години електроенергії в сільському господарстві, промисловості, комунальних і приватних підприємствах, транспорті, перевезеннях тощо.

Основними напрямками раціонального використання електричної енергії в сільськогосподарських, торгових і харчових підприємствах є:

- 1) усунення втрат електроенергії внаслідок порушення технічного режиму;
- 2) усунення втрат потужності в теплотехнічних процесах в печах опору;
- 3) усунення втрат електроенергії при експлуатації технічного обладнання;
- 4) усунення втрат потужності при використанні стисненого повітря;
- 5) усунення втрат електроенергії в електромережах та розподільчих мережах;
- 6) вжити заходів для підвищення коефіцієнта потужності електричної системи;
- 7) нормування споживання електроенергії;
- 8) регулювання споживання електроенергії на освітлення.

Перш за все, необхідно суворо дотримуватись технічної дисципліни на виробництві та забезпечувати оптимальне функціонування технічного та енергетичного обладнання.

Слід зазначити, що електроенергетичний і технологічний режим більшості виробничих процесів взаємопов'язані. Тому удосконалення технології та організації виробництва зазвичай також призводить до економії електроенергії.

Дотримання технічної дисципліни на всіх етапах виробничого процесу є однією з найважливіших умов виробництва якісної продукції, а тому виправлення браку вимагає підвищених витрат електроенергії, тому необхідно раціональне використання електроенергії.

Надмірні втрати електроенергії при експлуатації технічного обладнання були пов'язані з неякісним ремонтом, незадовільним технічним станом обладнання, тривалим простоем, низькою продуктивністю та коефіцієнтом використання часу обладнання.

Відомо, що найбільші втрати в механізмах мають механічний характер.

Величина їх визначається значенням коефіцієнта тертя, тобто якістю обробки, складання та ремонту поверхонь деталей, що труться, а також доглядом за пристроєм.

Основними заходами щодо усунення втрат електроенергії в механізмах і обладнанні є підтримання належного технічного стану обладнання шляхом проведення планових ремонтів, експлуатації технічно справного обладнання та організації мастил.

Важливими заходами щодо економії споживання електроенергії є усунення втрат електроенергії в електромережах, переведення силових навантажень на напругу 380 В та освітлення на 220 В, пристосування торговельних та електромереж.

## РОЗДІЛ 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

#### 1.1 Загальна характеристика

Основний напрямок господарства – тваринництво, утримуються свині, велика рогата худоба. Також господарство вирощує зернові і цукровий буряк.

Для більш повної організаційно-економічної характеристики господарства розглянемо деякі дані, які більш повніше охарактеризують стан розвитку господарства.

Таблиця 1.1 – Баланс земельних угідь

Земельні угіддя	Площа, га	Баланс, %
Загальна площа земельних угідь	1236	100
З них: - рілля	1005	81,3
- сінокоси	135	10,9
- пасовища	35	2,83
- сади	45	3,64
- інші угіддя	16	1,29

Таблиця 1.2 – Розвиток галузі рослинництва

Назва культури	Посівні площі, га	Валовий збір, ц	Врожайність, ц/га
Озима пшениця	300	8100	27
Яра пшениця	140	3500	25
Жито	80	2240	28
Ячмінь	270	4590	17



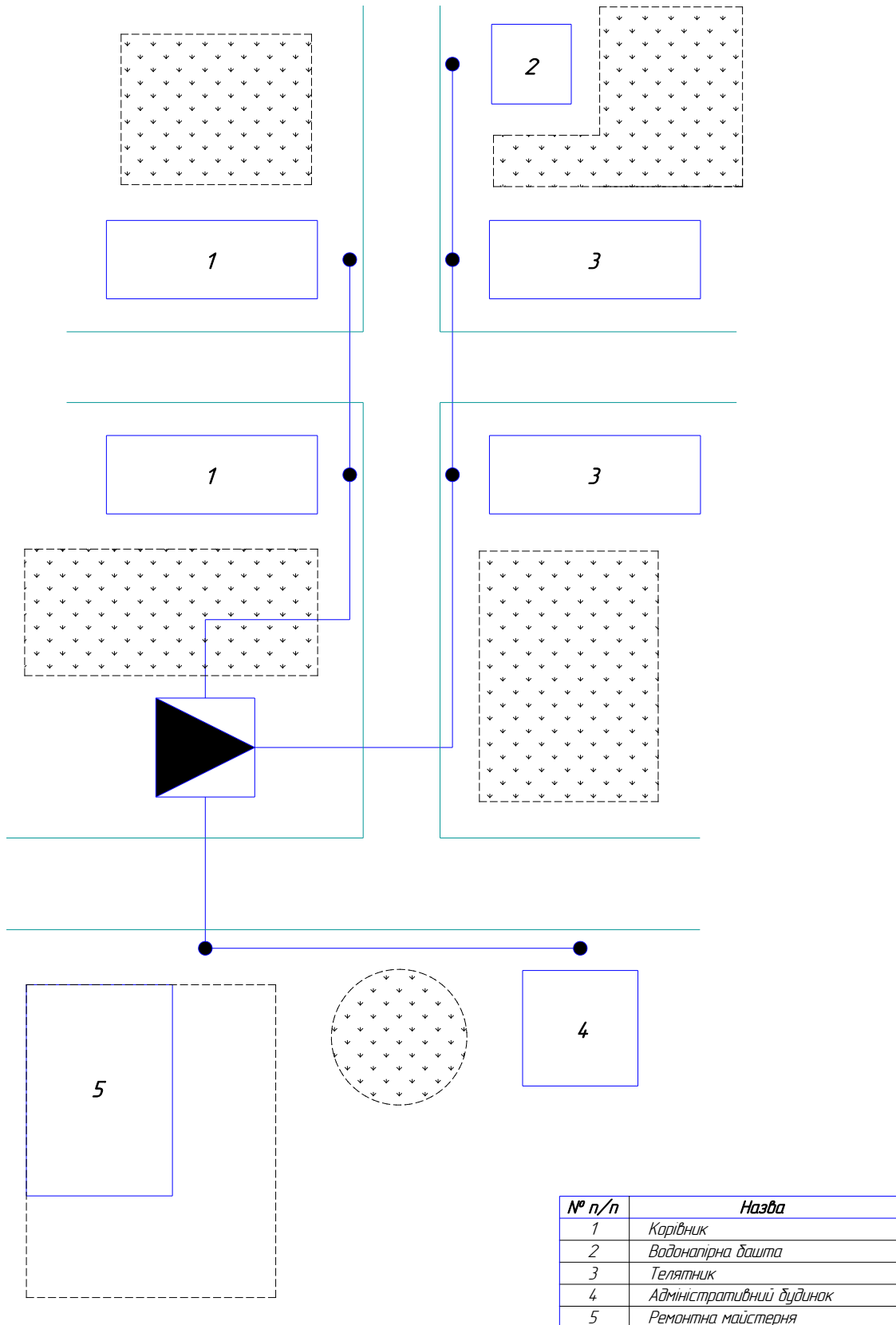


Рисунок 1.1 – План-схема фермерського господарства

В господарстві є ще й підсобні господарства, такі як: майстерня по ремонту сільськогосподарської техніки, млин, пилорама.

Таблиця 1.3 - Розвиток галузі тваринництва

Вид тварин	Кількість голів
Велика рогата худоба:	280
- основне стадо	156
- тварини на вирощуванні	124
Свині: - основне стадо	107

### 1.3 Обґрунтування теми роботи

В даний час інтенсивний розвиток силової електроніки переводить багато систем некерованих електроприводів в категорію керованих. У більшості випадків це відбувається хоча б частково. Це означає, що запуск і зупинка контролюються.

На сьогодні частка нерегульованих електроприводів у сільському господарстві становить понад 60%. Це означає, що кожен раз, коли ви запускаєте асинхронний двигун безпосередньо, в мережі створюється стрибок струму близько 5-7 номінальних значень.

Щоразу, коли виникає перевантаження мережі, напруга на лініях електропередачі падає, знижуючи якість електроенергії. Це призведе до передчасного виходу з ладу самого двигуна і комутаційного пристрою. Тому запуску асинхронних двигунів слід приділити особливу увагу. Існує багато схем пуску, кожна з яких має свої переваги та недоліки.

Багато провідних фірм електротехнічного спрямування випускають пристрої для плавного пуску асинхронних двигунів на основі тиристорних регуляторів напруги. Такі пристрої забезпечують довговічність двигуна і знижують стрибки напруги у мережі. Ці пристрої стандартизовані в багатьох галузях промисловості, особливо для турбомеханізмів. Зазвичай такі пристрої встановлюються на двигуни, які часто запускаються або використовують прямий запуск на високій потужності.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

#### 2.1 Вибір схеми електричної мережі та місця розташування підстанції

На топографічній карті визначається місце розташування споживачів і відстані між ними та підстанцією. На основі отриманих даних групуємо об'єкти по лініях з урахуванням сумарного електричного навантаження.

У цьому випадку необхідно забезпечити безперебійне електропостачання виробничого обладнання підприємства. До господарських об'єктів відносяться виробничі та допоміжні будівлі.

При складанні схеми постачання враховується потужність споживача, споживана потужність, коефіцієнт одночасності навантаження. Оскільки загальне навантаження незначно змінюється протягом зміни, в розрахунку використовується визначена потужність виробничого обладнання.

Схема вузлів електричної мережі 0,38 кВ і розрахункові навантаження наведені на рисунку 2.1.

Побудована підстанція КТП 10/0,4 кВ розташована в центрі електричного навантаження мережі. Цей вузол живить три фідери.

Розрахункове навантаження на вузол знаходимо за такою формулою:

$$P = \Sigma P_{\Sigma} \cdot k_o, \text{кВт}, \quad (2.1)$$

де  $P_{\Sigma}$  – сумарне значення навантаження споживачів вузла;

$k_o$  – коефіцієнт одночасності.

Таблиця 2.1 - Розрахункові навантаження вузлів

Вузол	1	2	3	4
P, кВт	15	3	21	30

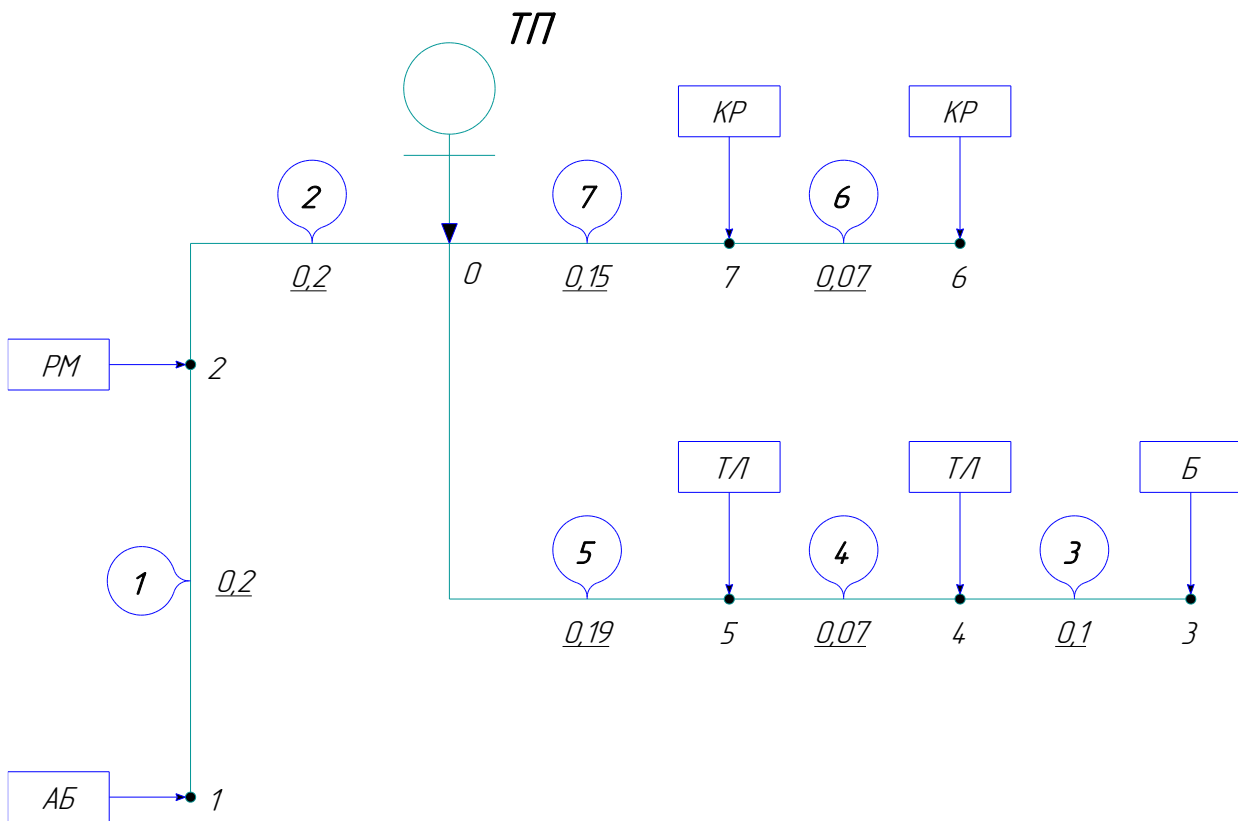


Рисунок 2.1 – Схема розміщення вузлів навантаження

## 2.2 Визначення розрахункового навантаження

Розрахувати визначене значення навантаження замість денного та вечірнього значень навантаження з урахуванням незначних відмінностей електричних навантажень протягом робочої зміни.

Активне навантаження мережі визначаємо:

$$P_{\Sigma} = \Sigma P = 18 + 21 + 30 = 69 \text{ кВт.}$$

Зовнішнє освітлювальне навантаження входить до загальних проектних характеристик об'єкта і окремо не розраховується.

Визначте повне розрахункове навантаження, взявши значення відповідного значення коефіцієнта корисної дії ( $\cos \varphi = 0,82$ ):

$$S_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{\cos \varphi} = \frac{69}{0,82} = 84,2 \text{ кВА .}$$

Для визначення розрахункового ефективного навантаження кожної лінії використовується підхід, аналогічний тому, що застосовується для визначення розрахункового ефективного навантаження трансформаторних підстанцій.

Визначаємо розрахункове активне навантаження лінії 2:

$$P_2 = P_1 + P_2 = 15 + 3 = 18 \text{ кВт.}$$

Аналогічний розрахунок виконуємо для всіх інших ліній. Результати розрахунків показано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові активні навантаження мережі 0,38 кВ

Вузол	1	2	3	4
P, кВт	15	18	21	30

Сумарні розрахункові навантаження мережі 0,38 кВ визначаються відповідними значеннями коефіцієнта потужності.

Ці навантаження наведені в таблиці нижче.

Таблиця 2.3 - Розрахункові повні навантаження мережі 0,38 кВ

Вузол	1	2	3	4
S, кВА	18,3	21,9	25,6	36,6

Формула для реактивного навантаження на лінію електропередачі 0,38 кВ виглядає наступним чином:

$$Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{кВАр} . \quad (2.4)$$

Таблиця 2.4 – Розрахункові реактивні навантаження мережі 0,38 кВАр

Вузол	1	2	3	4
Q <sub>дн</sub> , кВАр	10,5	12,6	17,9	20,9

Струмове розрахункове навантаження

$$I_i = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \text{А.} \quad (2.5)$$

Таблиця 2.5 – Розрахункові струмові навантаження мережі 0,38 кВ

Вузол	1	2	3	4
$I_{дн}, А$	26,4	31,6	37	52,8

### 2.3 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ

Розрахувати потужність трансформатора для всієї трансформаторної підстанції на основі значення усталеного навантаження мережі 0,38 кВ:

$$S_{розр} = S_{\Sigma вч} = 84,2 \text{ кВА.}$$

Враховуючи, що до шин підстанції підключені лише споживачі II та III категорії, зовнішнє електропостачання може бути забезпечене однією повітряною лінією 10 кВ, а на підстанції може бути встановлений один трансформатор 10/0,4 кВ. Принципова схема мережі показана на рисунку 2.2.

Знайдемо потужність трансформатора за співвідношенням:

$$S_z \geq \frac{S_{розр}}{1,4} = \frac{84,2}{1,4} = 60,2 \text{ кВА.}$$

З додаткової літератури взято трансформатор типу ТМ-63-10/0,4 кВ. Цей трансформатор має п'ять відгалужень з боку високої напруги: 0,  $\pm 2,5\%$  і  $\pm 5\%$  від номінальної напруги цієї обмотки. Перемикання відгалужень можливе тільки при вимкнених всіх обмотках трансформатора (перемикання без напруги).

Таблиця 2.6 - Паспортні дані трансформатора ТМ-63-10/0,4 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	%	%
63	10	0,4	Y/Y <sub>н</sub> -0	0,22	2,0	4,5	2,8

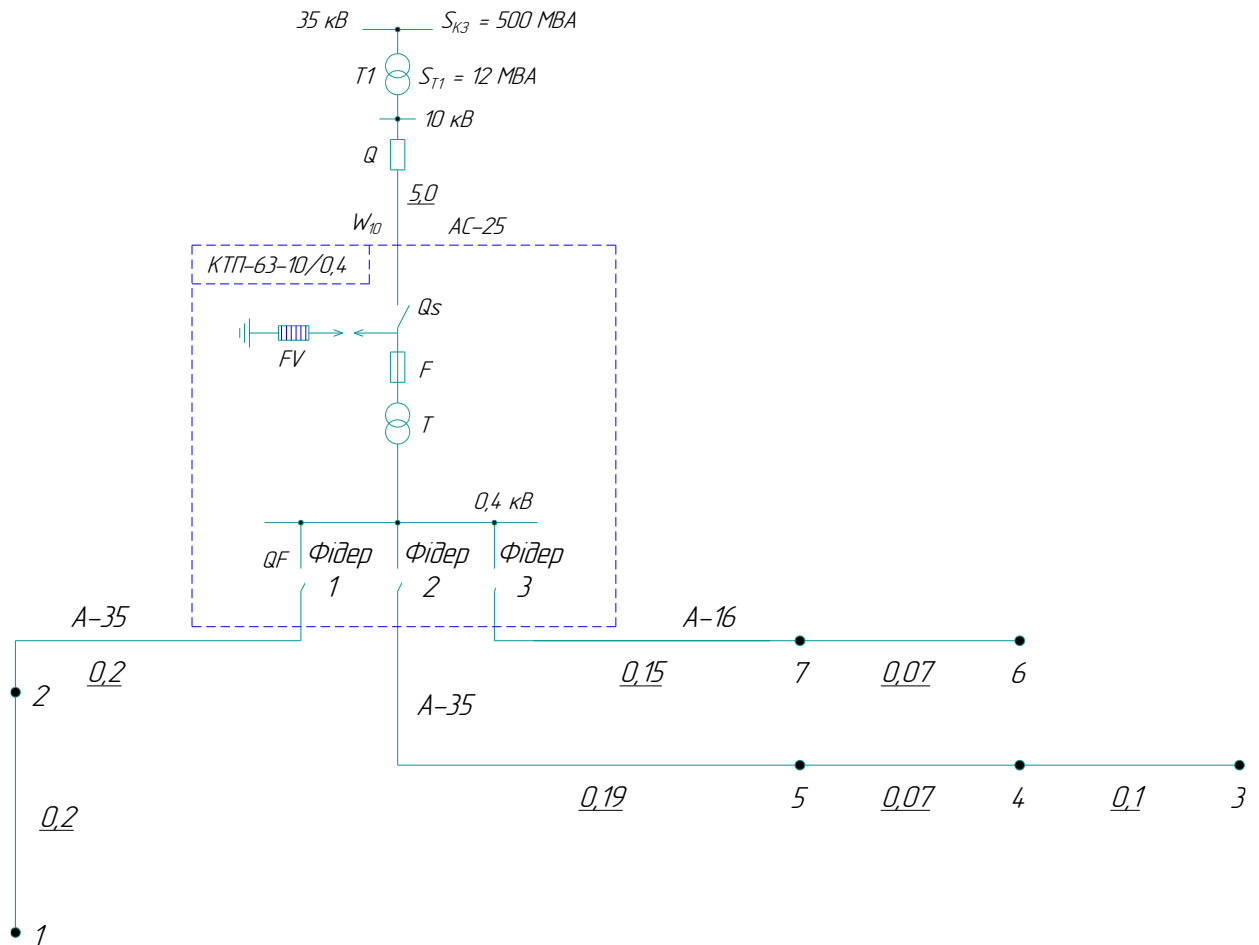


Рисунок 2.2 – Принципова схема проектованої мережі

Значення параметрів трансформатора, приведені до вищої напруги трансформатора :

- повний опір –  $z_T = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном} \cdot 10^{-3}} = 71,4 \text{ Ом};$
- активний опір –  $r_T = P_{кз} \cdot \frac{U_{Вном}^2}{S_{ном}^2 \cdot 10^{-3}} = 32,25 \text{ Ом};$
- реактивний опір –  $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 63,73 \text{ Ом}.$

### Визначення відхилень напруги на шинах споживачів

Відповідно до наведених вище зауважень, таблиця для оцінки відхилень напруги у вузлах проектованої електричної мережі представлена у вигляді табл. 2.7 (стовпці - розрахункові значення).

Після вибору параметрів трансформаторів, ліній електропередачі 10 кВ і 0,38 кВ заповнюються стовпчики цієї таблиці (позначені як розрахункові), щоб зробити остаточні висновки про правильність вибору відгалужень трансформаторів і перерізів проводів для ліній електропередачі 10 кВ і 0,38 кВ.

Таблиця 2.7 – Відхилення напруги в елементах електричної мережі

Елемент електропередачі	Відхилення напруги , %							
	На шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ				У найбільш віддаленому вузлі			
	Навант. 100%		Навант. 25%		Навант. 100%		Навант. 25%	
	оцінка	розрах	оцінка	розрах	оцінка	розрах	оцінка	розрах
Шини 10 кВ ТП 110/10 кВ	+5	+5	0	0	+5	+5	0	0
Втрата в ЛЕП 10 кВ	-4	-0,3	-1	0	-4	-0,3	-1	0
Трансформатор 10/0,4 кВ:								
втрата	-4	-3,5	-1,0	-1	-4	-3,5	-1	-1
добавка	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5
Мережа 0,38 кВ	0	0	0	0	-5	-4,0	-1,2	-1,0
Споживач	+0,5	+3,7	+2,5	+1,5	-5,5	-0,3	+1,8	+0,5

Примітка: Найбільш електрично віддаленим вузлом є вузол 4.



## 2.4 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж

### Розрахунок мережі 10 кВ

Розрахувати активну складову втрат напруги у високовольтних лініях електропередач:

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{ном}} Q \cdot l, \text{ В}, \quad (2.6)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{10000} 51,4 \cdot 5000 = 9 \text{ В}.$$

Допустима активна складова напруги наведена нижче:

$$\Delta U_{ад} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p, \text{ В}. \quad (2.7)$$

$$\Delta U_{ад} = 400 - 9 = 391 \text{ В}.$$

Розраховані поперечні перерізи магістральної лінії 10 кВ є наступними:

$$F_{розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_a \cdot g}, \text{ мм}^2. \quad (2.8)$$

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

$$F_{розр} = \frac{69 \cdot 5000}{10000 \cdot 391 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 3 \text{ мм}^2$$

Згідно з вимогами ПУЕ, мінімальний переріз за механічною міцністю сталевалюмінієвого проводу змінного струму для ліній 10 кВ повинен становити 25 мм<sup>2</sup>. Тому для ліній 10 кВ слід приймати проводи АС-25 з параметрами, наведеними в таблиці 2.9.

Таблиця 2.8 – Параметри проводів електричної мережі 10 кВ.

Лінія мережі 10 кВ	Марка проводу	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	Допустимий струм, А
ТП 35 кВ - ТП 10 кВ	АС-25	1,146	0,377	136

$$\Delta U = \sqrt{3} \left( r_o \cdot \cos \varphi + x_o \cdot \sin \varphi \right) \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i, \text{ В}, \quad (2.9)$$

де  $n$  - кількість ділянок магістралі;  $I_i, l_i$  - струм і довжина  $i$ -ї ділянки магістралі;  $r_o, x_o$  - питомий активний і реактивний опір лінії електропередачі;  $\Delta U_a, \Delta U_p$  - активна і реактивна складові втрат напруги.

$$\Delta U = \sqrt{3} (1,146 \cdot 0,82 + 0,377 \cdot 0,53) \frac{121,4}{25} \cdot 5,0 = 28 \text{ В (0,3\%)}$$

Втрати напруги в обмотці трансформатора 10/0,4 кВ в режимі максимального навантаження є наступними.

$$\Delta U = \frac{I_H}{k_{mp}} \cdot Z_m = \frac{121,4}{25} \cdot 71,4 = 347 \text{ В (3,5\%)}$$

### Розрахунок мережі 0,38 кВ

Нехай реактивна складова втрат напруги на лінії 0-1 розраховується за наступною формулою:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{ном}} (Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2), \text{ В}, \quad (2.10)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{380} (10,5 \cdot 0,05 + 12,6 \cdot 0,1) = 1,6 \text{ В}$$

Допустимі значення ефективних складових напруги отримують з формули:

$$\Delta U_{ад0-1} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p = 19 - 1,6 = 17,4 \text{ В}$$

Розрахована площа поперечного перерізу магістральної лінії 0-1 визначається за формулою:

$$F_{0-1розр} = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2}{U_{ном} \cdot \Delta U_{ад0-1} \cdot g}, \text{ мм}^2 \quad (2.11)$$

$$F_{0-1розр} = \frac{15 \cdot 0,05 + 18 \cdot 0,1}{0,38 \cdot 17,4 \cdot 32 \times 10^{-6}} = 11 \text{ мм}^2$$

Вибираємо дрiт А-16 на основі мінімальної механічної міцності.

Перерахунок обраних проводів.

$$\Delta U = \sqrt{3}(0,82 \cdot 0,98 + 0,57 \cdot 0,402) \cdot (26,4 \cdot 0,05 + 31,6 \cdot 0,1) = 4,5 \text{ В.}$$

Аналогічно розраховуються магістральні лінії 0-3 та 0-4.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.9.

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

Магістраль	$U_p$ , В	$U_{ад}$ , В	Грозр. , мм <sup>2</sup>
0-1	1,6	17,4	11,0
0-3	4,0	15,0	24,0
0-4	6	13	34,0

Приймаємо відповідні номінальні перерізи проводів мережі 0,38 кВ згідно з номенклатурою стандартних марок проводів. Результати вибору представлені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Параметри проводів електричних мереж ліній 0,38 кВ.

Лінія мережі 0,38 кВ	Марка проводу	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	Допустимий струм, А
1,2	A-16	0,98	0,402	98
3	A-25	1,146	0,377	125
4	A-35	0,92	0,308	135

На основі обраних параметрів кабелю за допомогою рівняння (2.9) визначаються фактичні втрати напруги в лінії електропередачі 0,38 кВ. Результати розрахунку представлені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Дійсні спади напруг у магістралях.

Магістраль	0-1	0-3	04
$\Delta U$ , В	4,5	12,0	15,5

### Витрати електроенергії в електричній мережі

Очікувані втрати електроенергії в мережі складаються з втрат в мережі 10 кВ, втрат в мережі 0,38 кВ та втрат в трансформаторі 10/0,4 кВ.

Втрати в мережі 10 кВ:

$$\Delta W_{10} = \sum_{i=1}^n 3 \cdot I_{\max,i}^2 \cdot r_i \cdot \tau, \text{кВт}\cdot\text{год}, \quad (2.12)$$

де:

$$I_{л.10\max} = \frac{S_{\sum \text{вч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{84,1}{\sqrt{3} \cdot 10} = 4,9 \text{ А.}$$

$\tau = 1400$  годин, а максимальний час використання становить 2500 годин.

Втрати електричної енергії в мережі 10 кВ є наступними:

$$\Delta W_{10} = 3 \cdot 4,9^2 \cdot 5,0 \cdot 1,146 \cdot 1500 \cdot 10^{-3} = 619 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Втрати електроенергії в мережі 0,38 кВ є наступними:

$$\Delta W_{0,38} = \sum_{i=1}^{11} 3 \cdot I_{\max,i}^2 \cdot r_i \cdot \tau = 4431 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Втрати потужності трансформатора 10/0,4 кВ складаються з постійних втрат (незалежно від потужності навантаження):

$$\Delta W_c = \Delta P_{нх} \cdot 8760 = 0,24 \cdot 8760 = 2102 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

і змінні втрати (залежать від потужності навантаження):

$$\Delta W_o = \Delta P_{кз} \left( \frac{S_{\sum \text{вч}}}{S_{т.НОМ}} \right)^2 \cdot \tau = 1,28 \cdot \left( \frac{84,1}{63} \right)^2 \cdot 1500 = 3422 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Очікувані втрати електроенергії в мережі:

- постійні –  $\Delta W_{пост} = \Delta W_c = 2102 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$
- змінні –  $\Delta W_{зм} = \Delta W_{10} + \Delta W_{0,38} + \Delta W_o = 8472 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$

- сумарні –  $\Delta W = \Delta W_{пост} + \Delta W_{зл} = 10574$  кВт·год.

## 2.5 Вибір трансформаторної підстанції 10/0,4кВ.

Для живлення проектованої мережі 0,38 кВ приймаю комплектну трансформаторну підстанцію КТП-63-10/0,4 кВ. Підстанція запроектована у вигляді блоку з наступними основними елементами: розподільчий пристрій 10 кВ, розподільчий пристрій 0,38 кВ і трансформатор 63 кВА. Ввідний розподільчий пристрій 10 кВ складається з трифазного роз'єднувача з заземлюючим ножем, який встановлюється на найближчій опорі ПЛ 10 кВ, та бокового барометричного і комутаційного перенапруги 10 кВ на опорі 0,38 кВ. Для захисту обладнання використовується вентильний розрядник. Для захисту трансформатора від багатозазних коротких замикань на вводах трансформатора 10 кВ встановлені запобіжники.

Розподільчий пристрій 0,38 кВ розташований у нижній шафі. На вводах 0,4 кВ силового трансформатора встановлені автоматичні вимикачі, а на вводах ліній 0,38 кВ - вентильні розрядники для захисту від перенапруги. Далі підключено 3-фазний трансформатор струму для живлення схеми вимірювання активної енергії та 2-фазний трансформатор струму (фази А і С) з тепловим реле для захисту силового трансформатора від перевантаження. Дві лінії 0,38 кВ вмикаються та вимикаються автоматичним вимикачем ВА і захищені від коротких замикань захищені від короткого замикання. Виходи живлення ліній вуличного освітлення захищені запобіжниками. Лінії вуличного освітлення вмикаються вручну або при отриманні сигналу від фотодатчика.

## РОЗДІЛ 3

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

#### 3.1 Схеми керування водонасосною установкою

Як правило, системи водопостачання для сільськогосподарських виробничих об'єктів надаються у вигляді повного комплексу обладнання, що включає електронасоси, станції управління, датчики і спеціальну електропроводку.

Наприклад, комплектний пристрій Kaskad виконує наступні функції, в залежності від типу блоку управління.

- автоматичний запуск і зупинка електронасосів для підйому (L) і водовідведення (D);

- автоматичний запуск електронасосів в режимі перекачування відповідно до тиску водяного стовпа у водонапірній башті та автоматичне вимкнення через заданий оператором проміжок часу (5-90 хвилин);

- локальний пуск і зупинка електронасосів незалежно від рівня води і тиску у водонапірній башті (положення SA2-MU);

- дистанційний пуск/зупинка електронасоса (позиція SA2 - дистанційне керування). Станція попередньо обладнана двома реле, RIO (реле вимкнення) і RIO (реле ввімкнення);

- селективний запуск електронасоса з регульованою витримкою часу (від 2 до 30 секунд), місцевим і автоматичним управлінням в залежності від рівня води;

- захист електродвигуна від перевантаження, короткого замикання і переполюсовки фаз;

- захист електродвигунів від "сухого ходу" протягом 0,5 с для контролерів електродвигунів потужністю 4,5 кВт і вище;
- пам'ять несправностей, тобто функція захисту не може самостійно деактивуватися після її активації;
- оптичний сигнал для декодування перевантаження та аварійної зупинки "сухого ходу";
- контроль струму навантаження двигуна (1-фазний амперметр);
- передача сигналів тривоги за межі пристрою.
- у разі короткочасного зникнення напруги в електромережі електронасос запускається автоматично, а напруга в мережі відновлюється протягом 2-30 секунд.

На функціональній схемі обладнання (рис. 3.1) показані основні блоки: БЖ - блок живлення, БЗ - блок захисту, БРВ - блок регулювання рівня води, БРД - блок регулювання тиску, ВУ-ПЗ - пристрій виведення блоку захисту, ДДВ - датчик тиску води, ДСХ - датчик сухого ходу.

Режим управління насосною установкою вибирається перемикачем SA2: AUTO - автоматичне управління, REM - дистанційне управління, LOC - місцеве (ручне) управління, з двома положеннями "увімкнено" і "вимкнено". Режим перекачування і зливу для окремих станцій вибирається тумблером або відповідними перемичками В і D.

Всі функції управління, сигналізації та захисту цих пристроїв виконує блок управління BON 9200. Каскадні пристрої керують електронасосними агрегатами потужністю від 1 до 65 кВт.

Система каскадного приводу не пропонує плавного пуску, але асинхронні двигуни можуть запускатися часто, там, де використовується прямий пуск. З цієї причини рекомендується встановлення пристрою плавного пуску AltiStart 48 від Schneider Electric.

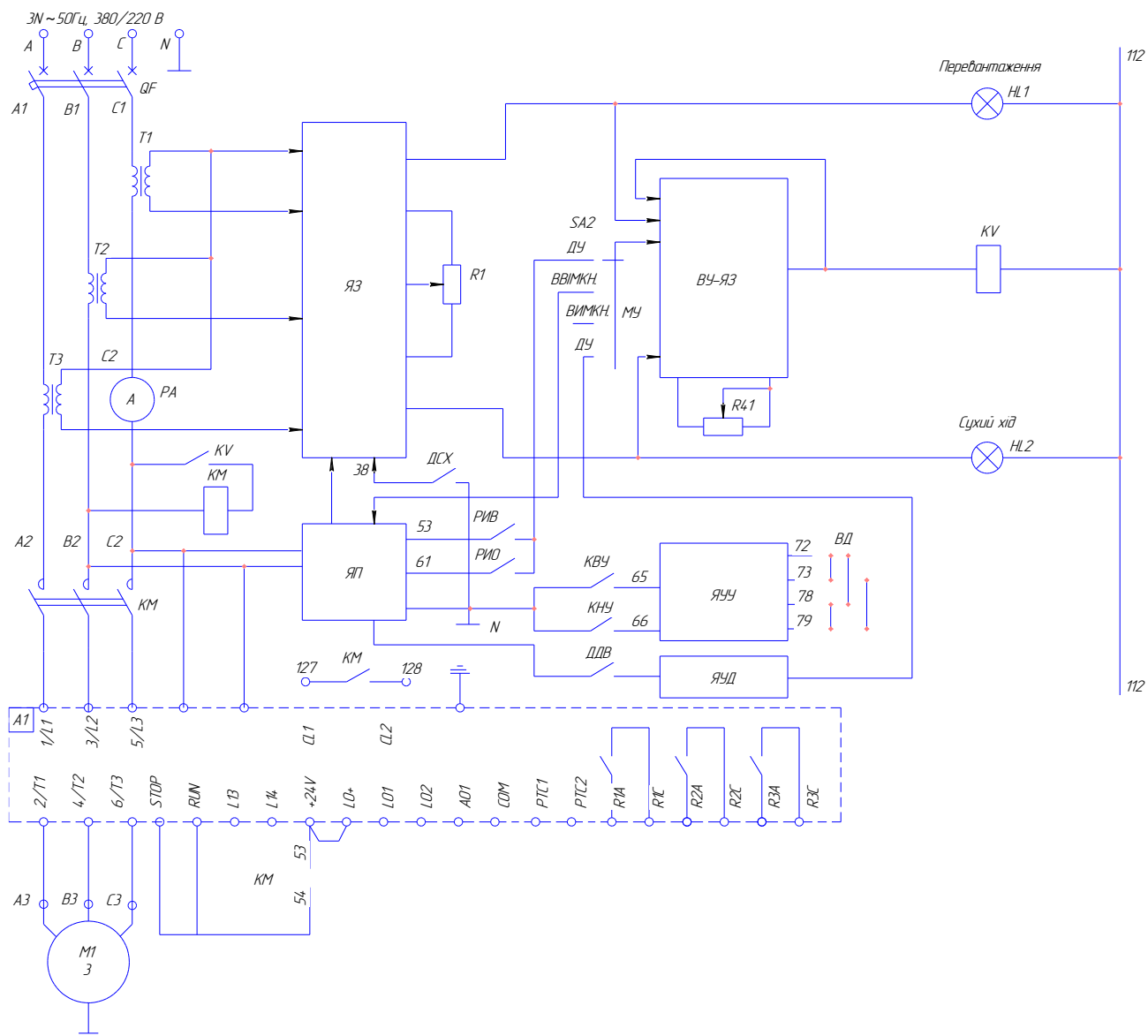


Рисунок 3.1 – Модернізована схема керування електроприводом насосу

### 3.2 Розрахунок та вибір привідного двигуна та пристрою плавного пуску

Для вибору потужності двигуна необхідно визначити потужність насосу.

Потужність насоса  $P_n$ , Вт:

$$P_n = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta}, \quad (3.1)$$



де  $\rho$  - густина води,  $=1000\text{кг/м}^3$ ;

$H$  – напір 25 м;

$Q$  – витрата води  $0,043\text{ м}^3/\text{с}$ ;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії насоса,  $\eta = 0,6 \dots 0,7$ .

$$P_n = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 25 \cdot 0,043 \cdot 10^{-3}}{0,65} = 10\text{кВт}.$$

За цими значеннями вибираємо насос, з такими характеристиками:

- Тип насоса – 6КМ – 12;
- Потужність на валу – 11,9 кВт;
- Потужність електродвигуна – 14 кВт;
- Напір – 45 м;
- Подача –  $0,055\text{ м}^3/\text{сек.}$ .

Для даного насоса вибираємо двигун:

- Тип – 4АК160S2У3.
- Потужність 15 кВт.
- ККД 88%.
- $\cos\varphi = 0,91$ .
- Струм статора 28,5А.
- $M_{\text{макс}}/M_{\text{н}}=2,2$ .
- Частота обертання 2940 об/хв.

Для даного двигуна вибираємо пристрій плавного пуску Altistart модель 48АТS48D32Q. Максимально допустимий струм в усталеному режимі становить 32А.

### 3.3 Пристрій плавного пуску

Пристрій плавного пуску і гальмування Altistart 48 - це тиристорний комутаційний пристрій (стабілізатор напруги) для плавного пуску і зупинки

трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором потужністю від 4 до 1200 кВт.

Пристрій поєднує в собі функції плавного пуску і гальмування, захисту машини і двигуна, а також зв'язку з системами автоматизації. Ці функції задовольняють найпоширеніші застосування в будівельній, харчовій та хімічній промисловості, головним чином центрифуги, насоси, вентилятори, компресори та конвеєри. Особливості алгоритму керування м'якого пускача Altistart 48 забезпечують високу надійність, безпеку і простоту введення в експлуатацію.

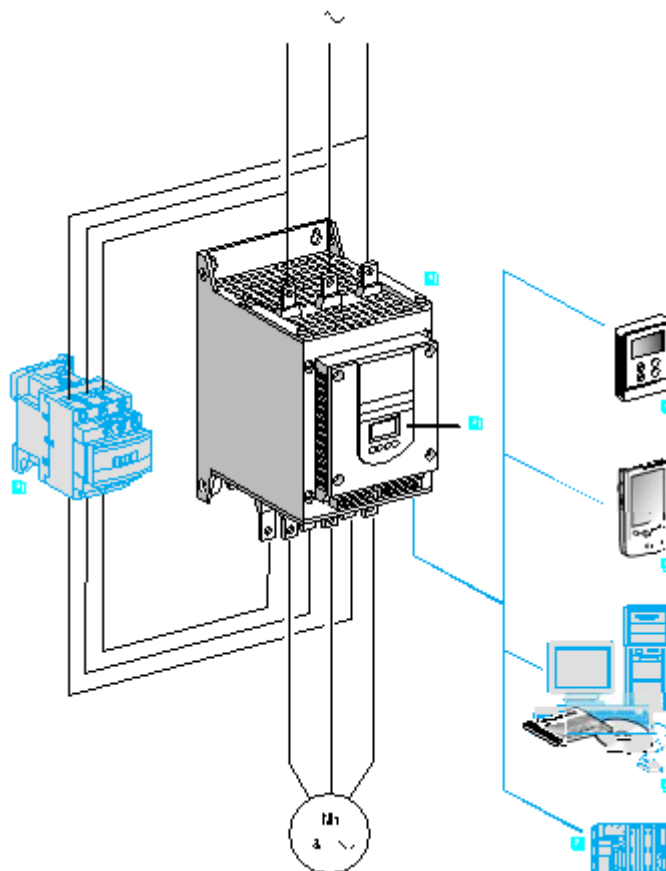


Рисунок 3.2 – Пристрій плавного пуску та гальмування

Пускач Altistart 48 - це економічне рішення, яке дозволяє

- Знизити витрати на експлуатацію обладнання за рахунок зменшення механічних впливів і підвищення коефіцієнта готовності обладнання;

- Зменшити вплив пуску двигуна на електричну мережу за рахунок обмеження стрибків струму і провалів напруги в мережі; і

Пускач поставляється готовим до використання в звичайних умовах і має програмовані функції, налаштування та клеми, які дозволяють змінювати конфігурацію захисту відповідно до ваших потреб.

Особливості приводу:

- Спеціальний алгоритм контролю крутного моменту (патент Schneider Electric), реалізований в пристрої плавного пуску Altistart 48;

- Підтримує крутний момент, що генерується двигуном під час прискорення і гальмування (значно знижені ударні навантаження);

- Легко регулюється крутний момент під час розгону та пуску;

- Підтримка електронного захисту дає можливість закортити пристрій за допомогою обхідного контактора після закінчення пуску.

- Широкий допуск до перепадів частоти при використанні електричних агрегатів;

- можливість підключення пускача до електродвигуна зі з'єднанням обмоток трикутником і послідовним з'єднанням кожної обмотки.

Функції захисту двигуна та механізмів

- Вбудований непрямий тепловий захист двигуна

- Обробка інформації від термістора (позистора);

- Контроль часу запуску;

- Попередній нагрів двигуна;

- Захист від низького навантаження і перевантаження в заданому режимі.

Функції для легкої інтеграції в системи автоматизації:

- 4 цифрові входи, 2 цифрові виходи, релейний вихід, 1 аналоговий вихід;

- Знімні клеми для вхідних і вихідних ланцюгів управління;

- Функція налаштування другого двигуна, легка адаптація налаштувань;
  - Відображення електричних параметрів, стану навантаження та часу роботи;
  - Послідовний порт RS 485 для підключення до шини Modbus.
- Функції налаштування.
- Номінальний струм двигуна (макс. заданий струм). Номінальний струм пристрою можна встановити на значення номінального струму двигуна відповідно до поточних даних. Діапазон налаштування становить від 0,4 до 1,3 номінального струму стартера.
  - Обмеження струму Можна налаштувати максимальне значення пускового струму. Діапазон налаштування становить 150-700% від номінального струму двигуна, а межа - 500% від максимального встановленого струму, визначеного відповідно до розміру пускача.
  - Час розгону (прискорення). Під час розгону пускач AI-tistart 48 забезпечує постійний закон крутного моменту для двигуна. Встановлене значення відповідає часу, необхідному для зміни крутного моменту від 0 до номінального значення. Діапазон налаштування становить 1-60 секунд.
  - Початковий пусковий момент. Початковий момент, що генерується двигуном, дозволяє йому миттєво подолати момент опору під час запуску. Діапазон налаштування - від 0 до 100% від номінального моменту.
  - Вибір типу зупинки Можна вибрати три типи зупинки: зупинка двигуна, що вибігає, зупинка двигуна, що розганяється, і зупинка двигуна, що розганяється:
    - Зупинка двигуна з вибігом.
    - Зупинка двигуна уповільнення з керуванням крутним моментом (для насосів). Цей тип зупинки дозволяє відцентровому насосу плав-

но виходити на задану швидкість, уникаючи різкої зупинки. Це гарантує, що гідравлічні перехідні процеси демпфуються, а гідравлічні удари значно зменшуються. Час уповільнення можна регулювати. Під час уповільнення напір насоса знижується до рівня

- нижче якого контрольоване уповільнення більше не потрібно продовжувати. Можна встановити поріг крутного моменту, при якому двигун починає працювати вільно, таким чином уникаючи непотрібного нагрівання двигуна і насоса.

- Зупинка двигуна в режимі динамічного гальмування (застосування: механізми з високим моментом інерції). Цей тип зупинки гарантує, що високий момент інерції надійно сповільнить двигун. Рівень гальмівного моменту можна регулювати. Час динамічного гальмування відповідає часу уповільнення від 100 до 20 % від номінальної швидкості двигуна. Для поліпшення гальмування в кінці уповільнення стартер подає постійний струм на обмотку статора двигуна протягом заданого періоду часу.

Функція захисту. Пускачі Altistart 48 оснащені функціями захисту для збереження двигуна і механізму.

- Тепловий (струмовий) захист двигуна. Пристрій безперервно розраховує тепло, що виділяється двигуном, виходячи із заданого значення номінального струму і фактичного споживання струму.

- Тепловий захист двигунів за допомогою термісторів. Пускач обробляє сигнал від термістора (позистора) без використання зовнішнього пристрою.

- Вентиляція пускача. Вентилятор охолодження вмикається, коли температура радіатора досягає 50°C, і вимикається, коли температура падає до 40°C.

- Тепловий захист стартера. Аналоговий терморезистор захищає від теплового перевантаження.

- Захист від перевантаження двигуна. Пускач визначає перевантаження двигуна, якщо крутний момент двигуна падає нижче порогового значення протягом певного періоду часу. Поріг перевантаження двигуна регулюється в діапазоні від 20 до 100% від номінального моменту. Допустимий час перевантаження регулюється від 1 до 60 секунд.

- Захист від відкладеного пуску. Ця функція захисту дозволяє користувачеві реєструвати пуски, які відбуваються за несприятливих умов, наприклад, коли ротор заблокований або двигун не досяг номінальної швидкості. Якщо час запуску перевищує встановлене значення (від 10 до 999), пристрій блокується. Цей захист можна відключити.

- Захист від перевантаження по струму. Якщо струм двигуна перевищує порогове значення протягом певного періоду часу, пускач виявляє стан перевантаження по струму. Поріг перевантаження по струму регулюється в діапазоні від 50 до 300 % від номінального струму двигуна. Час затримки регулюється від 0,1 до 60 с.

- Захист від переполюсовки фаз.

- Затримка часу перед перезапуском.

- Виявлення обриву фази.

- Автоматичний перезапуск.

Спеціальні функції налаштування.

- Обмеження крутного моменту. Ця функція призначена для механізмів з великим моментом інерції і постійним моментом навантаження. Ця функція дозволяє обмежити крутний момент до постійного значення на всій ділянці пуску. Діапазон налаштування - 10-200% від номінального моменту двигуна.

- Рівень перенапруги. Ця функція дозволяє подолати моменти опору, які можуть виникнути під час запуску двигуна.

- Увімкнення пристрою з підключенням обмотки двигуна трикутником. Пускач AltiStart 48 можна вмикати послідовно, з'єднавши обмотки двигуна трикутником. Таке увімкнення зменшує струм пускача в 1,7 рази і дозволяє використовувати пристрої меншої потужності. Інші особливості.

### 3.4 Розрахунок механічної характеристики двигуна

Для розрахунку механічної характеристики двигуна використовуються паспортні дані.

Номінальна кутова швидкість двигуна становить

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = \frac{\pi \cdot 2940}{30} = 308,7 \text{ с}^{-1}.$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{15 \cdot 10^3}{308,7} = 48,6 \text{ Нм}.$$

Максимальний (критичний) момент двигуна:

$$M_k = \lambda \cdot M_{ном} = 2,2 \cdot 48,6 = 106,7 \text{ Нм}.$$

Ковзання двигуна при  $M=M_k$

$$s_k = s_n \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,017(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,07,$$

де 
$$s_n = \frac{\omega_o - \omega_n}{\omega_o} = \frac{314,15 - 308,7}{314,15} = 0,017,$$

$$\omega_k = \omega_o(1 - s_k) = 314,15 \cdot (1 - 0,07) = 292,16 \text{ с}^{-1}.$$

Розрахунок механічної характеристики проводимо за формулою Клосса

$$M = \frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}},$$

де  $M_k$  – максимальний момент, що розвиває електродвигун;

$s$  – поточне ковзання;

$s_k$  – критичне значення ковзання;

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Механічна характеристика асинхронного двигуна

	$S$	$M, Hm$
$0,01s_H$	0,0017	0,52
$0,5s_H$	0,0085	25,59
$s_H$	0,017	49,04
$1,25s_H$	0,021	59,44
$1,5s_H$	0,026	68,77
$0,9s_k$	0,063	106,33
$s_k$	0,07	106,92
$1,2s_k$	0,084	105,17
0,5	0,5	29,36
1	1	14,9

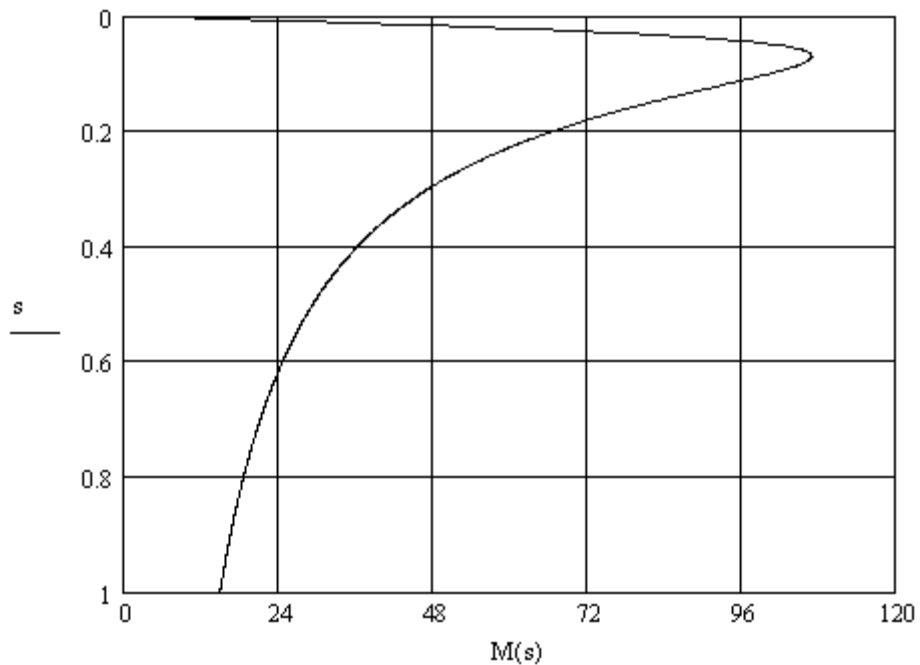


Рисунок 3.3 – Механічна характеристика двигуна насоса.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРАНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

#### 4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу електрозабезпечення

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечних 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 статичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані.

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій при виконанні різних робіт

Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобіг. небезпеч. ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Роботи по ремонту трансформаторної підстанції.	Опір заземлюючого контура перевищує допустимі норми. НУ1. Опір ізоляції обмоток трансформатора не відповідає	Проведення ремонтних робіт несправним і не пристосованим для проведення даного виду робіт,	Вихід з ладу електрообладнання. НС1. Ураження струмом НС2.	Аварійна ситуація. Травма.	Забезпечення обслуговуючого персоналу необхідним і справним інструментом.

	нормі НУ2.	інструментом. НД1 Працюючий знаходиться у небезпечній зоні НД2			
<p>Модель процесу.</p> <p>НУ1 → НД1 → НС1 → АС+Т</p> <p>НУ2 → НД2 → НС2 → АС+Т</p>					
Робота на верстаті	Пасова передача від ел.двигуна до виробничого механізму немає огородження	Можливий випадковий контакт працюючого з відкритим приводом	Захват одягу (рук) працюючого	Травма	Огородити відповідним щитком ел привід
<p>НУ → НС → Т</p> <p>НД → НС</p>					

## **4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу**

### **4.2.1 Інструкція з охорони праці для працівників енергетичної служби при проведенні робіт**

#### **Загальні положення**

1. Інструкція встановлює основні вимоги охорони праці і техніки безпеки при монтажі та експлуатації електрообладнання і засобів автоматики. До роботи по експлуатації допускаються особи, які пройшли інструктаж по техніці безпеки, інструктаж на робочому місці і підписались в журналі реєстрації по техніці безпеки.

2. Працівник повинен виконувати тільки ту роботу, яку доручив керівник.

3. При умові, що відомі безпечні методи її виконання. Не виконувати розпорядження, якщо вони суперечать правилам техніки безпеки і їх виконання, що може призвести до нещасних випадків.

4. Якщо виник нещасний випадок, установку необхідно відключити, подати першу медичну допомогу і доповісти про це керівника підрозділу.

5. Якщо потерпілий при свідомості, то необхідно забезпечити йому повний спокій до прибуття лікаря.

6. При відсутності у потерпілого ознак життя, негайно викликати лікаря та до приходу лікаря робити потерпілому непрямий масаж серця.

#### **Вимоги безпеки перед початком роботи**

1. Перед початком роботи робіт працівник повинен уважно ознайомитися з роботою, яка йому доручається.

2. Працівник, який знаходиться поблизу електрообладнання повинен бути уважним, привести в порядок робочу одягу і оглянути засоби індивідуального захисту.

3. Одежа працівника не повинна мати вільно звисаючих кінців, а головний убір повинен виключати можливість звисання кіс.
4. Установка повинна бути обов'язково заземлена та зануленна.
5. Робочий інструмент повинен бути у справному стані та з ізоляційними ручками.

### **Вимоги безпеки під час роботи**

1. Під час роботи забороняється виконувати перемикання в схеми під напругою.
2. Не виконувати робіт несправним інструментом, що може призвести до щасних випадків.
3. Про всі виявленні несправності та порушення вимог з техніки безпеки повідомляти головного енергетика та інженера з охоронні праці.
4. На вимкнених вимикачах напруги, на лініях яких проводиться ремонт обладнання, вивішувати плакати з попереджувальними надписами.

### **Вимога безпеки по закінченню роботи**

1. Після закінчення роботи, працівник повинен привести в порядок робоче місце.
2. Робочі інструменти скласти у відповідні місця.
3. Про виконану роботу повідомити керівника підрозділу
4. Прибрати лишні предмети з місць проходу та не закидати прохід засобів гасіння пожежі.

### **Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях**

1. При ураженні електричним струмом, негайно відключити установку надати потерпілому першу медичну допомогу.
2. При винесенні пожежі вимкнути установки, евакуювати працівників та приступити до гасіння пожежі.
3. В приміщенні повинна бути обов'язково аптечка та вогнегасник.

#### 4.2.2 Протипожежні заходи

Для запобігання пожежам на підприємстві розробляють організаційні, експлуатаційні, технічні, режимного характеру, тактико-профілактичні заходи.

До організаційних заходів відносяться правильне технічне розміщення машин, обладнання. Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації машин і обладнання в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор, полум'я при роботі машин. До технічних належать заходи, що стосується правильного монтажу та експлуатації електрообладнання. До заходів режимного характеру відносяться заборона куріння, запалювання вогню, сірників, правильне зберігання та контроль за зберіганням запасів вугілля, торфу та інших матеріалів. Тактико - профілактичні заходи передбачають швидку дію пожежних команд, своєчасне встановлення первинних засобів пожежогнегасіння, а також підтримка в справному стані водопровідної системи. Заходи запобігання пожежам від розрядів статичної та атмосферної електрики зводяться до влаштування заземлення та встановлення блискавкозахисту об'єкту.

#### 4.2.3 Розрахунок штучного заземлення

Вибір штучного 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 50 А.

В відповідності з діючими правилами, опір заземлюючого пристрою повинен становити

$$R = \frac{125}{I_3} = \frac{125}{50} = 2,5 \text{ Ом} \quad (4.1)$$

де  $I_3$  – 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 50x50x5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40x4 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 проводитися спеціальний комплекс заходів.

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

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.

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

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.

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

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

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно – господарських, режимно – обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

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**

Найбільших збитків ґрунтам завдають водна і вітрова ерозії, безповоротні втрати гумусу і поживних речовин, засолення і закиснення ґрунтів, висушення і перезволоження, в тому числі і заболочування, забруднення промисловими відходами і викидами, забруднення отрутохімікатами.



Заходи щодо підвищення продуктивності земель та їх охорони дуже різноманітні і повинні здійснюватись комплексно, як єдина система, взаємно доповнюючи один одного і посилюючи дію всіх інших. Тому, перш за все, потрібно, щоб кожний клаптик землі, кожне поле мало дбайливого господаря, освідченого, розсудливого, щоб від стану поля залежала не тільки його доля, а й доля його дітей та онуків.

Для того, щоб зберегти фізичні властивості ґрунтів — структуру, пористість, оптимальний водно-повітряний режим — потрібно різко скоротити повторність обробітку ґрунтів, перейти на прогресивні та ефективні його форми, легкі машини і механізми.

Руйнування людиною місць проживання тварин, як і рослин, сьогодні стає надто небезпечним.

Значення рослинності в житті людини дуже велике. Рослинність надає необхідне середовище для життя людей і розведення нею організмів. Багато рослин служать їжею домашніх тварин, рослини беруть участь в утворенні корисних копалин і захищають ґрунти від руйнування потоками води і вітром, від засипання піском.

При охороні лісу передбачається охорона багаторічних дерев і цінних ділянок лісового біоценозу, охорона існуючих та перспективних місць відпочинку, боротьба з лісовими пожежами. Одним із важливих факторів охорони лісу є правильна організація лісової промисловості та раціоналізація використання деревини. Велику роль у підвищенні продуктивності лісів відіграє боротьба з лісовими пожежами, шкідниками і хворобами деревних порід.

Важливою частиною біосфери нашої планети є тваринний світ. Разом із рослинами тварини відіграють виключну роль у міграції хімічних елементів, яка лежить в основі існуючих в природі взаємозв'язків.

Значної шкоди тваринам завдає пряме знищення. В результаті переслідування з боку людини було знищено повністю ряд тварин.

## РОЗДІЛ 5

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Порівняльні економічні розрахунки проводяться для двох систем: існуючої системи на основі «Каскад» системи та запропонованої системи, що включає пристрої плавного пуску та «Каскад».

Додаткова вартість запропонованої системи - це вартість пристрою плавного пуску. Наразі такий пристрій коштує 26 800 грн для двигуна потужністю 15 кВт.

Потім за допомогою рівняння розраховуються втрати потужності для базового та запропонованого варіантів:

$$P' = P((1 - \eta)/\eta), \quad (5.1)$$

де  $\eta$  – ККД системи електропривода.

Ефективність системи в цілому визначається як ефективність окремих елементів системи. У базовому варіанті

$$\eta_6 = \eta_n \eta_d \eta_{СК1}, \quad (5.2)$$

де  $\eta_n$ ,  $\eta_d$ ,  $\eta_{СК1}$  – ККД відповідно насоса, двигуна та системи керування базової.

Для проектного електроприводу:

$$\eta_{пр} = \eta_n \eta_d \eta_{СК2}, \quad (5.3)$$

де  $\eta_n$ ,  $\eta_d$ ,  $\eta_{СК2}$  – ККД відповідно насоса, двигуна та системи керування проектною.

Ефективність спроектованої системи вища, оскільки значення струму і напруги регулюються на постійному рівні, так що завжди споживається мінімальний струм. У таких системах ККД збільшується на 7-43% залежно від навантаження. Вищі значення відповідають меншому навантаженню, а нижчі - більшому.

Розраховуємо ККД:

$$\eta_6 = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 0,91 = 0,68;$$

$$\eta_{пр} = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 0,98 = 0,73;$$

Потужності базового варіанта та проектного електроприводу  $P=15$ кВт.  
Тоді втрати потужності у обох варіантах:

$$P^6 = 15 \cdot ((1 - 0,68)/0,68) = 7,06 \text{ кВт},$$

$$P^{пр} = 15 \cdot ((1 - 0,73)/0,73) = 5,55 \text{ кВт}.$$

Значення втрат енергії, кВт\*год:

$$\Delta P = P \cdot K_3 \cdot F_d, \quad (5.4)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт завантаження по потужності, рівний 0,8;

$F_d$  – фактичний річний час роботи приводу, який приймається рівним 4000 годин для двозмінної роботи.

Отже втрата енергії:

$$\Delta P_6 = 7,06 \cdot 0,8 \cdot 4000 = 22592 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{пр} = 5,55 \cdot 0,8 \cdot 4000 = 17760 \text{ кВт}.$$

Вартість втрат електроенергії:

$$V_{втр} = \Delta P \cdot v, \quad (5.5)$$

де  $v$  – роздрібний тариф на електроенергію, відпущену споживачу, 4,32 грн. за кВт.

Вартість втрат електроенергії

$$V_{втр6} = 22592 \cdot 4,32 = 97\,597 \text{ грн};$$

$$V_{втрпр} = 17760 \cdot 4,32 = 76\,723 \text{ грн}.$$

Період окупності капітальних інвестицій порівняно з економією електроенергії лише за рахунок підвищення ефективності приводної системи.

$$T = \frac{K_{eП}}{V_{втрБ} - V_{втрП}}, \quad (5.6)$$

де  $K_{eП}$ , – капітальні вкладення проектного електроприводу;

$V_{втрБ}$  та  $V_{втрП}$  – вартість електричних втрат у базовому та проектованому електроприводах.

$$T = \frac{26800}{97597 - 76723} = 1,3 \text{ року.}$$

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показник	Величина	
	базовий	проектований
Капітальні вкладення, грн		26 800
ККД, %	68	73
Втрати енергії, кВт год	22 592	17 760
Вартість втрат енергії, грн	97 597	76 723
Термін окупності, років		1,3

Згідно з проведеними розрахунками та порівняннями, як економічні показники, так і технічні характеристики цієї системи є кращими за базовий варіант, що дозволяє прийняти обґрунтоване рішення запропонувати систему електроприводу з пристроєм плавного пуску. Економічні розрахунки не враховують зниження витрат на експлуатацію та ремонт двигунів, які при прямому пуску швидше виходять з ладу.

## ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі дано характеристику фермерського господарства та обґрунтовано тему роботи.
2. В другому розділі було проаналізовано встановлені потужності споживачів та розраховано електропостачання господарства та вибрано КТП 63 кВА та переріз проводів живлення.
3. У спеціальній частині висвітлено роботу існуючої системи електроприводу насосної установи «Каскад», запропоновано модернізацію, а саме використання пристрою плавного пуску асинхронного двигуна, розраховано потужність двигуна та вибрано пристрій плавного пуску Altistart48 модель 48ATS48D32Q фірми Шнайдер Електрик і описано його основні функції.
4. В розділі охорони праці розроблено інструкцію з охорони праці а також розраховано штучне заземлення, розглянуто питання охорони довкілля.
5. В економічній оцінці ми визначили загальні витрати на запропоноване вдосконалення, та визначили термін окупності за рахунок економії електроенергії, який становить 1,3 року. Хоча, якщо врахувати вартість додаткового ремонту електродвигуна та зменшення простою, а також можливість підняття цін на електроенергію, то термін окупності зменшиться.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Василега П.О. Електропостачання. Суми. Університетська книга, 2008. 415 с.
2. Варецький Ю.О. Методичні настанови та завдання до проекту для студентів спеціальності 6.091.900. Львів. ЛНАУ, 2004 р. 54 с.
3. Електромеханичні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч.посібник. М.Г.Попов іч, О.Ю.Лозинський, В.Б.Клепиков та ін.; За ред. М.Г.Поповіча, О.Ю.Лозинського. Київ: Либідь, 2005 р. 680 с.
4. Видмиш А.А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний посібник. А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. Вінниця: ВНТУ, 2012 р. 96 с.
5. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній (за ред. Жулая Є.Л.). Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.
6. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум/ Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003 р. 135 с.
7. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. Вінниця: ВНАУ, 2016 р. 320 с.
8. Колб А. А. Теорія електроприводу. Навчальний посібник. Донецьк: Національний гірничий університет, 2006 р. 511 с.
9. Браславський І.Я., Ішматов З.Ш. Реалізація енергоощадних технорлогій на основі регульованих асинхронних електроприводів. Київ: Електроінформ. 2003 р. 15 с.
10. Ю. М. Лаврієнко Електропривод. Підручник. Київ: Ліра-К 2009 р. 504с.
11. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.

12. Ярошенко Л.В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання: Навчальний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010 р. 192 с.
13. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993 р. 267 с.
14. Основи охорони праці. Купник М.П. і ін. Київ: Основа, 2000 р. 41с.
15. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц.вид. К. Держбуд України, 2001 р. 24 с.
16. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.
17. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.
18. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003 р. 135 с.