

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

**«ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АГРОТЕХСЕРВІСУ З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ
ПЕРЕМІЩЕННЯ МОСТОВОГО КРАНА»**

Виконав: студентка IV курсу
групи Ен – 42сп спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пундор І. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: Михайлович Т. І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Пташник В. В.
(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2025 року

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

Пундор Ігор Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема «Електропостачання агротехсервісу з модернізацією електроприводу механізму переміщення мостового крана»

керівник роботи к. т.н., в. о. доцента Михайлович Т. І.

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

затверджені наказом Львівського НАУ 123/к-с від 25.02.2025 року.

2. Строк подання студентом роботи 13.06.25 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

РОЗДІЛ 1 Характеристика господарства

РОЗДІЛ 2 Електропостачання господарства

РОЗДІЛ 3 Електропривод вентиляції свинарника

РОЗДІЛ 4 Охорона праці

РОЗДІЛ 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	
3	<i>Дробот І. М., старший викладач</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 25.02.25 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Виконання аналізу вихідних даних для проектування та здійснення обґрунтування актуальності кваліфікаційної роботи</i>	<i>25.02.2025 – 15.03.2025</i>	
2	<i>Розрахунок електропостачання</i>	<i>16.03.2025 – 16.04.2025</i>	
3	<i>Реалізація системи електроприводу</i>	<i>17.04.2025 – 12.05.2025</i>	
4	<i>Виконання питань охорони праці</i>	<i>13.05.2025 – 25.05.2025</i>	
5	<i>Розрахунок ефективності прийнятих рішень</i>	<i>26.05.2025 – 2.06.2025</i>	
6	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>3.06.2025 – 13.06.2025</i>	

Студент _____ *Пундор І. Р.*
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ *Михайлович Т. І.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 631.3-52:621.31 (075.3)

Пундор І. Р. «Електропостачання агротехсервісу з модернізацією електроприводу механізму переміщення мостового крана». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького. 2025 р. 51 с. текстової частини, 12 таблиць, 6 рисунків, 23 джерела.

Мета роботи: здійснити електропостачання агротехсервісу та модернізувати електропривод механізму переміщення мостового крана.

Завдання роботи: надати коротку характеристику агротехсервісу, обґрунтувати тему роботи, розрахувати електропостачання агротехсервісу, провести розрахунок електроприводу механізму переміщення та запропонувати модернізовану схему електроприводу, розглянути питання охорони праці та визначити термін окупності.

У кваліфікаційній роботі дано коротку характеристику агротехсервісу та обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи. Розраховано та запропоновано електричну схему мережі електропостачання агротехсервісу, вибрано трансформаторну підстанцію, типи електропроводів живлення високої і низької сторони. Проведено розрахунок електроприводу механізму переміщення мостового крана, запропоновано модернізовану схему електроприводу. Розкрито питання охорони праці, визначено термін окупності.

Ключові слова: агротехсервіс, електропостачання, трансформаторна підстанція, проводи живлення, електропривод механізму переміщення мостового крана, пристрій плавного пуску.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА	9
1.1 Виробнича характеристика	9
1.2 Характеристика електротехнічної служби	10
1.3 Обґрунтування теми роботи	11
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	13
2.1 Визначення розрахункових навантажень	13
2.2 Вибір трансформатора підстанції 10/0,4 кВ	17
2.3 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж	19
2.4 Втрати електроенергії в електричній мережі	22
2.5 Вибір трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ	23
2.6 Розрахунок аварійних режимів	24
2.7 Вибір і розрахунки захисту від аварійних режимів	27
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОСТОВОГО КРАНА	33
3.1 Розрахунок і побудова спрощеної тахограми руху	33
3.2 Розрахунок та вибір двигуна	34
3.3 Розрахунок навантажувальної діаграми	36
3.4 Перевірка двигуна	39
3.5 Схема керування електроприводом механізму переміщення	39
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1 Структурно-функціональний аналіз виробничого процесу електрозабезпечення	41
4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу	42
4.2.1 інструкція з охорони праці для працівників енергетичної служби при проведенні робіт в майстерні	42

4.2.2. Протипожежні заходи	43
4.2.3. Розрахунок штучного заземлення	44
4.3. Захист цивільного населення	44
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	46
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ПОСИЛАННЯ	52

ВСТУП

Електрифікації аграрного виробництва розпочалась у двадцятих роках минулого століття. У п'ятдесятих роках електрифікація стала основною частиною усіх галузей виробництва. В цей час виникло питання раціонального виробництва електроенергії, її розподілу і споживання у аграрному виробництві.

Не менш важливе надійне і безперебійне електропостачання. З'явилося поняття електрозабезпечення об'єктів, яке узгоджує машинну технологію виробництва, її автоматизацію та ефективну організацію праці з оптимальним використанням електроенергії в економічно вигідних умовах.

Електроенергія є однією з найбільш універсальних форм енергії, яка дозволяє отримувати майже всі інші види енергії. Тому основним завданням електропостачання є раціональний розподіл та ефективне використання електроенергії для її економії, що також сприяє зниженню витрат у господарській діяльності.

Переваги електроенергії порівняно з іншими видами енергії включають простоту та економічність її передавання на великі відстані, а також легкість поділу між споживачами різної потужності.

Сучасна електрифікація характеризується централізацією електропостачання, що виражається у створенні єдиної енергетичної системи країни. Енергосистеми забезпечують надійність постачання, маневровість у розподілі навантаження між електростанціями при виконанні експлуатаційних заходів, оптимальне використання незбігу пікових навантажень у різних часових поясах, скорочення резервів потужностей і підвищення рівня завантаження обладнання на електропідстанціях.

На сьогодні спостерігається тенденція до заміни некерованих електроприводів на керовані. Зокрема, приділяється значна увага забезпеченню плавного пуску асинхронних електродвигунів. У випадках, де раніше застосовували прямий пуск або реостатний, зараз встановлюються пристрої

плавного пуску, які базуються на тиристорних регуляторах напруги змінного струму.

У сільському господарстві частка некерованих електроприводів все ще перевищує 60%. Це означає, що при кожному прямому пуску асинхронного двигуна виникає стрибок струму величиною в 5–7 номінальних значень. Такі запускання призводять до перевантажень у мережі, провалів напруги в лініях та погіршення якості електроенергії. Для підприємств це обертається пришвидшеним зносом як самих двигунів, так і комутаційної апаратури. Тому питання організації плавного пуску асинхронних двигунів є надзвичайно актуальним.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.1 Виробнича характеристика

Одне із повідних місць у сільськогосподарському виробництві займає ремонт сільськогосподарської техніки та обладнання. Для цього створені спеціалізовані підприємства, як ДЧП «Литво» ВАТ «Самбірський РТП «Агротехсервіс», яке знаходиться за адресою Львівська область м. Самбір вул. Шевченка 55. Дане підприємство спеціалізується безпосередньо на ремонті, технічному обслуговуванні, монтажі машин та устатаування для сільського та лісового господарства.

В складі автотракторного парку підприємство має техніку, яка призначена для задоволення потреб господарства. За її допомогою підприємство здійснює як внутрішньогосподарські так і зовнішні перевезення сільськогосподарської техніки, яка потребує ремонту.

Всі роботи по ремонту техніки механізовані. До обладнання, яке застосовується для ремонту сільськогосподарської техніки та машин належать різні верстати.

У даній ремонтній майстерні є такі цехи і приміщення у яких виконуються різні операції щодо ремонту тракторів та автомобілів.

Приймання та розбирання машин на різні складальні одиниці проводиться у головному приміщенні.

Потім розібрані вузли направляються на окремі ділянки (спеціалізовані цехи) для детального діагностування та ремонту (при необхідності). Всі деталі, які потребують заміни, беруться із складу чи придбані із магазину. Переважна більшість деталей, які підлягають ремонту, ремонтуються у майстернях. Там же проходить процес збирання та діагностування і налагодження роботи механізму.

Робота по ремонту техніки проводиться дуже швидко, у зв'язку з тим, що задіяно багато спеціалістів.

1.2 Характеристика електротехнічної служби

Провідне місце у господарстві займає електротехнічна служба, так як всі агрегати, які використовуються при ремонті, мають електропривод та й освітлення для обслуговуючого персоналу також є важливим фактором. А для підтримання даного обладнання в належному стані потрібні кваліфіковані спеціалісти електротехнічної служби. Вона складається з інженера-електрика та двох техніків-електриків, які мають великий стаж роботи та відповідну освіту. Технічна документація, яку веде інженер-електрик, знаходиться в належному стані та періодично перевіряється комісією.

Всі роботи із електрообладнанням ведуться згідно із графіком ТО і ПР, який знаходиться в інженера-електрика. Він був розроблений інженером-електриком та затверджений іншими висококваліфікованими працівниками підприємства.

Залежно від електроозброєності господарства, кількості енергетичного обладнання, його складності, забезпеченості кваліфікованими кадрами, наявності виробничої бази, необхідних приладів та технічних засобів, а також з врахуванням територіального розміщення виробничих об'єктів існують три форми обслуговування енергетичного обладнання.

Господарча (індивідуальна) характерна тим, що всі роботи виконує персонал енергетичної служби господарства. Для виконання капітального ремонту обладнання, проведення контрольно-вимірювальних та налагоджувальних робіт можна залучити інші організації. Ця форма рекомендується для господарств з обсягом робіт по обслуговуванню енергетичного обладнання більше 800 умовних одиниць.

Спеціалізована (змішана) форма передбачає передачу господарством стороннім організаціям на договірних основах на повне обслуговування окремих

виробничих об'єктів — тваринницьких комплексів та ферм, птахофабрик, кормоцехів та ін. Можна також передавати окремі види обладнання — електричне, теплотехнічне, газове, засоби диспетчерського зв'язку та ін. або ж залучати ці організації до виконання окремих видів робіт — технічного обслуговування, поточного ремонту, налагоджувальних та контрольно-вимірювальних робіт. Таку форму використовують у господарствах з обсягом робіт 300—800 ум. од. Енергетична чи електротехнічна служба господарства у цьому випадку обслуговує обладнання, яке не передане на обслуговування стороннім організаціям.

Енергетична служба господарства ВАТ «Самбірський РТП «Агротехсервіс» обслуговує електричне обладнання з обсягом робіт більше 800 умовних одиниць (всі роботи виконує персонал енергетичної служби господарства). З урахуванням територіального розміщення об'єкта енергетична служба господарства відноситься до господарчої форми обслуговування.

Енергетична служба господарства складається із п'яти чоловік. Бригаду очолює інженер електрик, також один технік електрик і три електромонтери, які працюють по III та IV розрядах. За технічними нормами на одну особу повинно припадати 100 умовних одиниць, а на господарстві в загальному 800 умовних одиниць.

Господарство на виробничі потреби в рік використовує 269070 кВт год. електроенергії. На території господарства розташовані 2 ТП 10/0,4 кВ різної потужності і одна ЗТП 10/0,4 кВ від якої живиться РП. На балансі господарства знаходиться 170 електродвигунів різної потужності. Лінії електропередач виконано на залізобетонних опорах, та перебуває у відмінному стані.

1.3 Обґрунтування теми роботи

На сьогоднішній день спостерігається тенденція заміни некерованих електроприводів на керовані. Особлива увага приділяється забезпеченню плавного пуску асинхронних електродвигунів. Якщо раніше частіше

використовували прямий пуск або реостатний, то тепер впроваджуються пристрої плавного пуску двигунів, які працюють на основі тиристорних регуляторів напруги змінного струму.

Станом на сьогодні у сільському господарстві частка некерованих електроприводів перевищує 60%. Це означає, що під час кожного прямого пуску асинхронного двигуна у мережі відбувається стрибок струму, який може в 5-7 разів перевищувати номінальні значення. Як наслідок, виникає перевантаження в мережі, просадка напруги в лініях та погіршення якості електроенергії. Для підприємств це призводить до прискореного зношування двигунів і комутаційної апаратури. Тому питання оптимізації запуску асинхронних двигунів потребує особливої уваги.

Електропривод кранового механізму зазвичай оснащений двигуном змінного струму. Вибираючи схему керування ним, необхідно враховувати технічні вимоги процесу. У випадках, коли для задоволення цих вимог підходить декілька варіантів, перевагу слід віддавати схемам із кращими техніко-економічними показниками. Сучасні рішення для керування асинхронними двигунами значно перевершують прямий пуск у плані ефективності.

Керування асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором у механізмах мостових кранів зазвичай передбачає часті запуски. Через це прямий пуск є небажаним, оскільки викликає значні навантаження. Реостатний пуск також має недоліки, зокрема низький коефіцієнт корисної дії та контактне керування. Сучасні технології забезпечили створення пристроїв, які полегшують експлуатацію асинхронних машин і сприяють продовженню їх ресурсу.

У межах цієї кваліфікаційної роботи було обрано пристрій плавного пуску (ППП), який призначений для механізмів із легкими та середніми умовами роботи. Потужність керованих такими пристроями двигунів не перевищує 30 кВт. Впровадження пристроїв плавного пуску в схеми з прямим пуском забезпечує продовження строку служби асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором. Завдяки цьому двигуни працюють стабільніше, а негативний вплив частих запусків під час переміщення вантажів мінімізується.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Визначення розрахункових навантажень

Користуючись формулою, визначаємо розрахункові навантаження:

$$P_I = N_I P_{\text{ном}}; \quad (2.1)$$

$P_{\text{I ном}}$ – значення номінальної потужності кожного споживача, кВт.

N_I – величина кількості споживачів у кожній групі.

Отриманий результат розрахунку для електроспоживачів вносимо у таблицю 2.1.

За результатами таблиці 2.1. визначаємо значення середнього коефіцієнта використання електроприймачів I групи.

$$K_{\phi_1} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}} \cdot K_{\phi i}}{\sum_{s=1}^n P_{\text{ном}}}; \quad (2.2)$$

$$K_{\phi_1} = \frac{32,2 \cdot 0,14 + 15,5 \cdot 0,14 + 11,0 \cdot 0,14 + 3,4 \cdot 0,14 + 12,9 \cdot 0,14 + 12,7 \cdot 0,14 + 5,8 \cdot 0,14}{32,2 + 15,5 + 11,0 + 3,4 + 12,9 + 12,7 + 5,8}$$

$$\frac{4,8 \cdot 0,06 + 7,0 \cdot 0,25 + 15,7 \cdot 0,23 + 25 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,22 + 3,0 \cdot 0,26 + 5,0 \cdot 0,1}{4,8 + 7,0 + 15,7 + 25,0 + 7 + 3 + 5} = 0,2.$$

Розраховуємо значення середньої активної потужності за максимально завантаженою зміну

$$P_{\text{роз.с}} = K_{\phi_1} \cdot \sum P_{\text{ном}}, \quad (2.3)$$

$$P_{\text{роз.с}} = 0,2 \cdot 161 = 32,2 \text{ кВт.}$$

Щоб визначити $\text{tg}\varphi$ розраховуємо середньозважений

$$\cos \varphi = \frac{\sum P_{\text{ном}} \cos \varphi_1}{\sum P_{\text{ном}}}; \quad (2.4)$$

$$\cos \varphi = \frac{32,2 \cdot 0,6 + 15,5 \cdot 0,6 + 11,0 \cdot 0,6 + 3,4 \cdot 0,6 + 12,9 \cdot 0,6 + 12,7 \cdot 0,6 + 5,8 \cdot 0,6}{32,2 + 15,5 + 11,0 + 3,4 + 12,9 + 12,7 + 5,8 +}$$

$$\frac{+12,9 \cdot 0,6 + 5,8 \cdot 0,6 + 4,8 \cdot 0,45 + 7,0 \cdot 0,65 + 15,7 \cdot 0,35 + 7,0 \cdot 0,6 + 3,0 \cdot 0,55 + 5,0 \cdot 0,45}{+4,8 + 7,0 + 15,7 + 25 + 7 + 3 + 5} = 0,56$$

$$\arccos 0,56 = 56^\circ,$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} 56^\circ = 1,49.$$

Таблиця 2.1 – Інформація по електроприймачах ремонтного цеху

№ п/п	Назви електроприймача	$P_{\text{ном}},$ кВт	n, шт	P_n , кВт	K_B	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	Токарно-гвинторізний верстат	4,6	7	32,2	0,14	0,6	1,33
2	Токарно-револьверний верстат	15,5	1	15,5	0,14	0,6	1,33
3	Поперечно- строгальний верстат	11,0	1	11,0	0,14	0,6	1,33
4	Горизонтально- фрезерний верстат	3,4	1	3,4	0,14	0,6	1,33
5	Вертикально- фрезерний Верстат	12,9	1	12,9	0,14	0,6	1,33
6	Плоскошліфувальний верстат	12,7	1	12,7	0,14	0,6	1,33
7	Вертикально- свердильний верстат	2,9	2	5,8	0,14	0,6	1,33
8	Кран-балка електрична підвісна	4,8	1	4,8	0,06	0,45	1,98
9	Ножиці електричні	7,0	1	7,0	0,25	0,65	1,17
10	Прес листоагинальний	15,7	1	15,7	0,23	0,65	1,17
11	Трансформатор зварювальний	25,0	1	25	0,3	0,35	2,68
12	Довбальний верстат	7	1	7	0,22	0,6	1,33
13	Заточний верстат	3	1	3	0,26	0,55	1,52
14	Механічна пила	5	1	5	0,1	0,45	1,98

Розраховуємо значення середньої реактивної потужності за максимально завантаженою зміну:

$$Q_{PO3.C} = P_{PO3} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.5)$$

$$Q_{PO3.C} = 32,2 \cdot 1,49 = 48 \text{ кВАр.}$$

Враховуючи значення коефіцієнта максимуму активної потужності $K_{MAX.}=2,5$ визначимо значення розрахункової активної потужності

$$P_{\Sigma} = K_{max} \cdot P_{PO3}, \quad (2.6)$$

$$P_{\Sigma} = 2,5 \cdot 32,5 = 80,5 \text{ кВт.}$$

Визначаємо значення розрахункової реактивної потужності за формулою:

$$Q_{\Sigma} = 1,1 \cdot Q_{PO3.C}, \quad (2.7)$$

$$Q_{\Sigma} = 1,1 \cdot 48 = 52,8 \text{ кВАр.}$$

Визначаємо значення розрахункової повної потужності:

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

$$S_{\Sigma} = \sqrt{80,5^2 + 52,8^2} = 96,3 \text{ кВА.}$$

Для нормальної роботи майстерні за недостатнього рівня природного освітлення скористаємось системою комбінованого штучного освітлення. Основне виробниче приміщення майстерні освітлюють люмінісцентними лампами, а допоміжні приміщення за допомогою світлодіодних ламп.

Скориставшись типовими розрахунками штучного освітлення знайшли значення сумарної потужності освітлення ремонтної майстерні, що становить 5800 Вт.

Отже, значення сумарного навантаження становить:

$$S_{\Sigma} = 96,3 + 5,8 = 102,1 \text{ кВА.}$$

Аналогічно розраховуємо і інші будівлі господарства, результат представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика електроприймачів майстерні

№п/п	Назва приміщення	P_{Σ} , кВт	$\cos \varphi$	Q_{Σ} , кВт	S_{Σ} , кВт
1	Склад	12	0,7	12,2	17,1
2	Автомобільний гараж	5	0,85	3,1	5,9
3	Автомобільний гараж	7	0,85	4,3	8,2
4	Ремонтна майстерня	80,5	0,56	52,8	102,1

Розраховуємо величину електричного навантаження зовнішнього освітлення

Загальна площа підприємства по плану:

$$F = a \cdot b \text{ (м}^2\text{)} . \quad (2.9)$$

де a, b — розміри території підприємства згідно плану, м

ТП 10/0,4 кВ

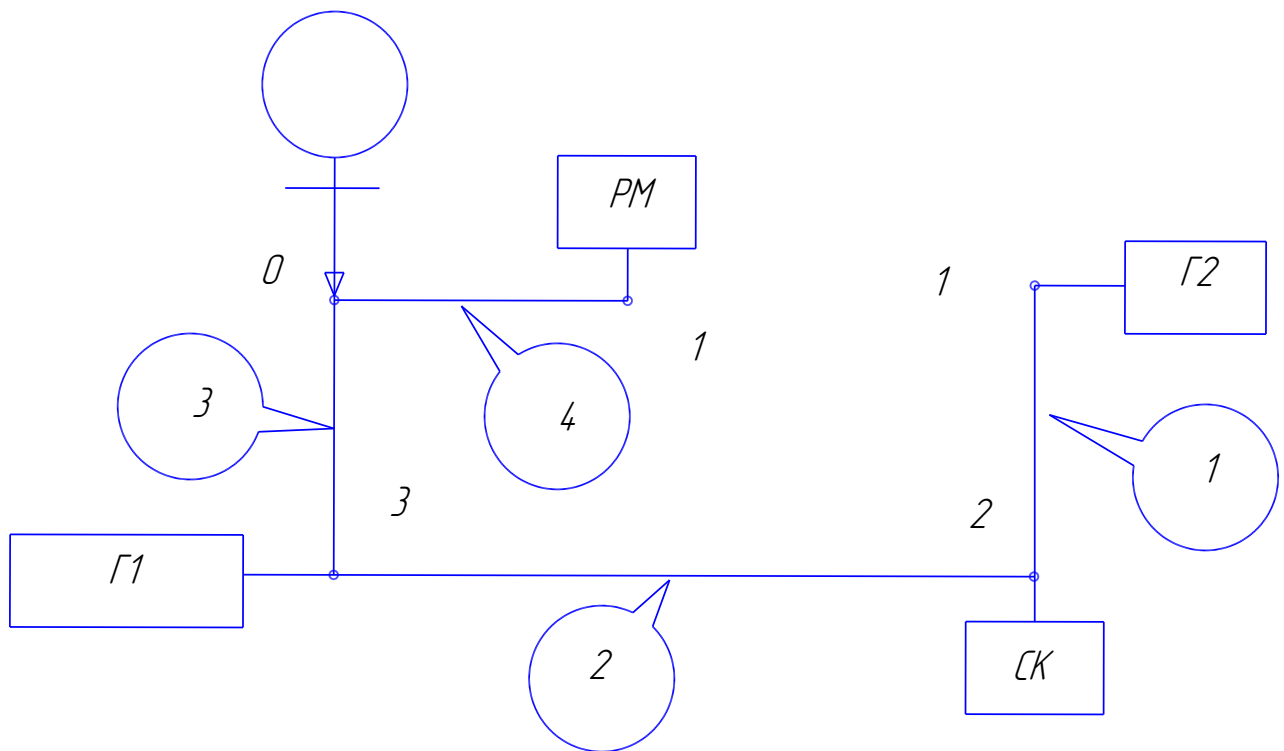


Рисунок 2.1 – Схема розташування вузлів електричної мережі

$$F_{\Sigma} = 150 \cdot 320 = 48000 \text{ м}^2.$$

Величина сумарної площі споруд:

$$F_C = 1800 + 700 + 1100 + 2100 = 5700 \text{ м}^2.$$

Величину площі підприємства, що потребує освітлення

$$F_{O3} = F_{\Sigma} - F_C \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.10)$$

$$F_{O3} = 48000 - 5700 = 42300 \text{ м}^2.$$

Розраховуємо величину зовнішнього освітлення:

Активна потужність

$$P_{O3} = F_{O3} \cdot \beta \cdot K_B, \text{ (кВт)} \quad (2.11)$$

де $\beta = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ кВт/м}^2$;

$K_B = 1,0$ — коефіцієнт використання.

$$P_{O3} = 42300 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 21,2 \text{ кВт};$$

Значення реактивної потужності

$$Q_{O3} = P_{O3} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.12)$$

$$Q_{O3} = 21,2 \cdot 0,33 = 7,0 \text{ кВАр};$$

Повна потужність:

$$S_{O3} = \sqrt{21,2^2 + 7,0^2} = 22,3 \text{ кВА}.$$

Величина загального навантаження на трансформаторну підстанцію:

$$S = S_{\Sigma 1} + S_{\Sigma 2} + S_{\Sigma 3} + S_{\Sigma 4} + S_{O3} \text{ (кВА)} \quad (2.13)$$

$$S = 17,1 + 5,9 + 8,2 + 102,1 + 22,3 = 155,6 \text{ кВА}.$$

2.2 Вибір трансформатора підстанції 10/0,4 кВ

На основі розрахунків з каталогу обираємо комплектну трансформаторну підстанцію з трансформатором ТМ – 160/10. Трансформатор оснащений п'ятьма відгалуженнями на стороні високої напруги: 0, $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$ від номінальної напруги цієї обмотки. Перемикання відгалужень здійснюється лише під час вимкненого стану всіх обмоток трансформатора, тобто без збудження (ПБЗ).

Таблиця 2.3 – Паспортні дані трансформатора ТМ-160-10/0,4 кВ

$S_{\text{ном}}$	$U_{\text{В ном}}$	$U_{\text{Н ном}}$	Схема та група з'єднань	$\Delta P_{\text{нх}}$	$\Delta P_{\text{кз}}$	$U_{\text{кз}}$	$I_{\text{нх}}$
кВА	кВ	кВ		кВт	кВт	%	%
160	10	0,4	Y/Y _н -0	0,5	3,0	4,5	2,4

Визначаємо значення параметрів трансформатора, які приведені до сторони вищої напруги трансформатора :

- активний опір – $r_T = P_{\text{кз}} \cdot \frac{U_{\text{В ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2 \cdot 10^{-3}} = 11 \text{ Ом};$

- повний опір – $z_T = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном} \cdot 10^{-3}} = 28 \text{ Ом};$
- реактивний опір – $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 25 \text{ Ом}.$

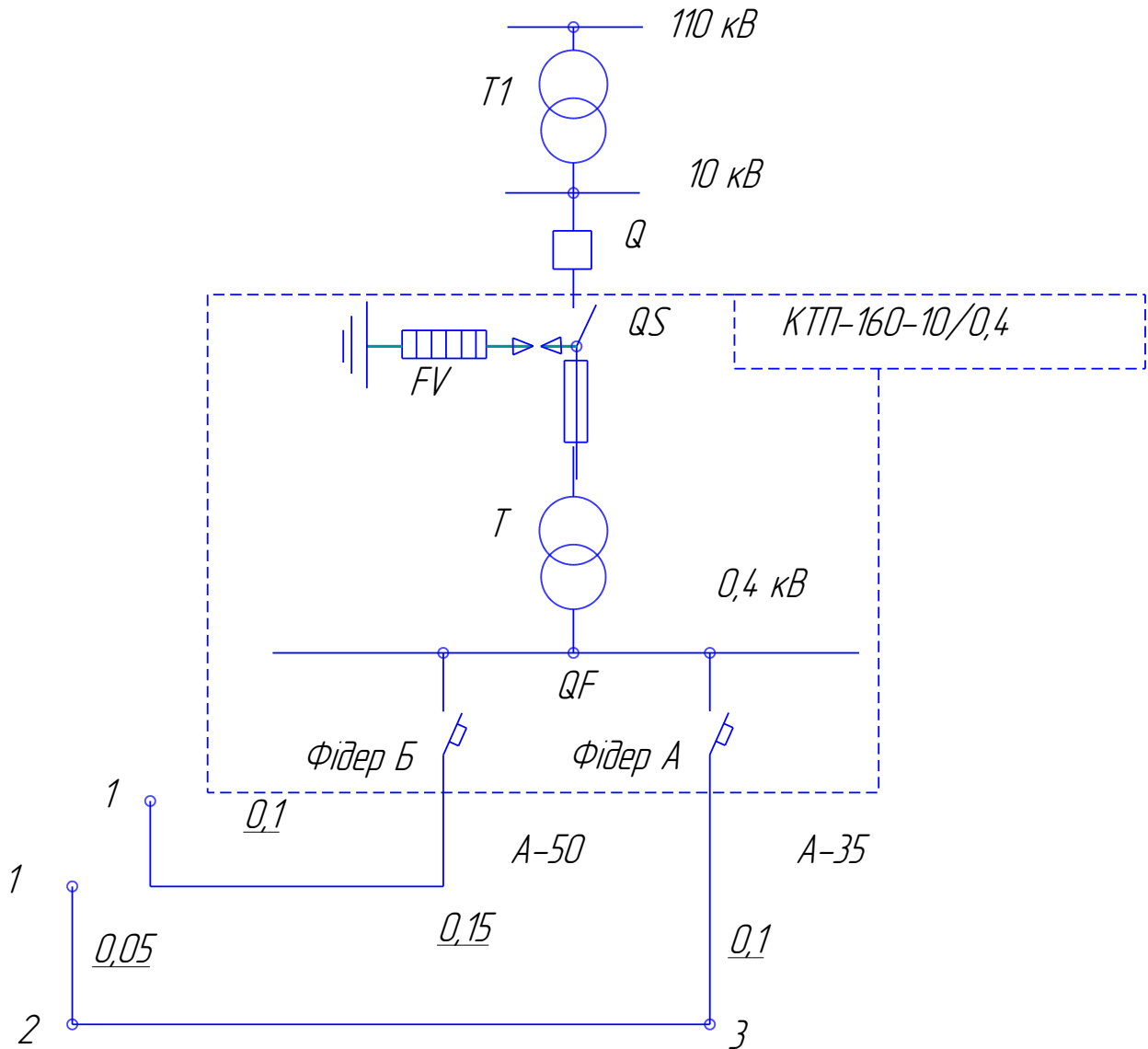


Рисунок 2.2 –Принципова схема проекрованої мережі

Для зменшення втрат напруги в лінії та зменшення перерізу проводів, усіх споживачів було розподілено на дві групи. Фідер А включає споживачів 1, 2, 3, а фідер Б — споживача 4. Лінії зовнішнього освітлення є узгодженими із силовою мережею, тому на схемі вони не зазначаються.

2.3 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж

Розрахунок мережі 10 кВ

Проводимо розрахунок активної складової втрати напруги у магістралі високовольтної мережі:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{ном}} Q \cdot l, \text{В} \quad (2.14)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{10000} 129 \cdot 1500 = 7 \text{ В.}$$

Визначаємо допустиме значення активної складової напруги:

$$\Delta U_{a\partial} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p, \text{В} \quad (2.15)$$

$$\Delta U_{a\partial} = 400 - 7 = 393 \text{ В.}$$

Визначаємо розрахунковий переріз проводу магістралі 10 кВ:

$$F_{розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_a \cdot g}, \text{мм}^2 \quad (2.16)$$

де: $g = 32 \cdot 10^{-6}$ См/м – значення величини питомої провідності алюмінію.

$$F_{розр} = \frac{87,2 \cdot 1500}{10000 \cdot 393 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 2 \text{ мм}^2.$$

Відповідно до вимог ПУЕ, мінімальний переріз сталевалюмінієвого проводу марки АС для лінії напругою 10 кВ має становити 25 мм². Тому для лінії 10 кВ будемо використовувати провід марки АС-25 з характеристиками, зазначеними в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – 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

$$\Delta U = \sqrt{3} \left(r_o \cdot \cos \varphi + x_o \cdot \sin \varphi \right) \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i, \text{В} \quad (2.17)$$

де: n — загальна кількість секцій магістралі; I_i, l_i — струм і довжина i -ї секції магістралі; r_0, x_0 — питомий активний та реактивний опори лінії електропередачі; $\Delta U_a, \Delta U_p$ — активна та реактивна складові втрат напруги.

$$\Delta U = \sqrt{3}(1,146 \cdot 0,56 + 0,377 \cdot 0,83) \frac{224}{25} \cdot 1,5 = 25 \text{ В (0,25 \%)}.$$

Розраховуємо значення втрати напруги в обмотках трансформатора 10/0,4 кВ при максимальному навантаженні:

$$\Delta U = \frac{I_H}{k_{tr}} \cdot Z_m = \frac{224}{25} \cdot 28 = 250 \text{ В (2,5\%) }.$$

Розрахунок мережі 0,38 кВ

Складаємо таблицю навантажень кожного фідера (у відповідності до схеми мережі).

Таблиця 2.5 - Навантаження фідерів

Фідер	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	I, А
А	27,2	40,2	48,5	70,0
Б	60,0	88,8	107,2	154

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

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{ном}} (Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2 + Q_3 \cdot l_3), \quad (2.18)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{380} (12,2 \cdot 0,05 + 15,3 \cdot 0,15 + 19,6 \cdot 0,1) = 4,9 \text{ В.}$$

Значення допустимого значення активної складової напруги:

$$\Delta U_{a\partial 0-1} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p = 19 - 4,9 = 14,1 \text{ В.}$$

Розрахункове значення перерізу проводів магістралі 0-1 визначаємо:

$$F_{0-1 \text{ розр}} = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3}{U_{ном} \cdot \Delta U_{a\partial 0-1} \cdot g}, \text{ мм}^2 \quad (2.19)$$

$$F_{0-1розр} = \frac{12 \cdot 0,05 + 17 \cdot 0,15 + 24 \cdot 0,1}{0,4 \cdot 14,1 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 32 \text{ мм}^2.$$

Аналогічно здійснюємо розрахунок магістралі 0-4.

Результати розрахунку наведено у табл.2.6.

Таблиця 2.6 – Втрати напруги в магістралях і визначення їх поперечних перерізів проводів

Магістраль	U _р , В	U _{ад} , В	F _{розр.} , мм ²
0-1	4,9	14,1	32
0-4	5,0	14,0	47

На основі номенклатури стандартних марок проводів обрані відповідні номінальні перерізи для електричної мережі напругою 0,38 кВ. Результати цього вибору наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – 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
1,2,3	A-35	0,92	0,308	170
4	A-50	0,64	0,297	215

Відповідно до параметрів обраних проводів розраховуємо фактичні втрати напруги в лініях електромережі з напругою 0,38 кВ за формулою (2.10). Результати обчислень наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.9 – Дійсні спади напруг у магістралях

Магістраль	0-1	0-4
ΔU, В	15,5	17,1

2.4 Втрати електроенергії в електричній мережі

Втрати електроенергії в проектованій електромережі включають втрати у високовольтній мережі 10 кВ, низьковольтній мережі 0,38 кВ та у трансформаторі 10/0,4 кВ.

Розрахунок втрат електроенергії в мережі з напругою 10 кВ:

$$\Delta W_{10} = \sum_{i=1}^n 3 \cdot I_{\max,i}^2 \cdot r_i \cdot \tau, \text{кВт} \cdot \text{год.} \quad (2.20)$$

де:

$$I_{л.10\max} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{155,6}{\sqrt{3} \cdot 10} = 9 \text{ А.}$$

$\tau = 1300$ год. для часу використання максимуму 2500 год.

Величина втрат електричної енергії в мережі 10 кВ:

$$\Delta W_{10} = 3 \cdot 9^2 \cdot 1,5 \cdot 1,146 \cdot 1300 \cdot 10^{-3} = 543 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Величина втрат електроенергії в мережі 0,38 кВ:

$$\Delta W_{0,38} = \sum_{i=1}^{11} 3 \cdot I_{\max,i}^2 \cdot r_i \cdot \tau = 488 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Величина втрат електричної енергії у трансформаторі 10/0,4 кВ складається із постійних втрат (які не залежать від величини потужності навантаження):

$$\Delta W_c = \Delta P_{нх} \cdot 8760 = 0,5 \cdot 8760 = 4380 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

та із змінних втрат (їх величина залежить від потужності навантаження):

$$\Delta W_o = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_{\sum вч}}{S_{т.ном}} \right)^2 \cdot \tau = 3,0 \cdot \left(\frac{155,6}{160} \right)^2 \cdot 1300 = 3688 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Величина втрат електроенергії електричній мережі, що проектується:

- змінні – $\Delta W_{зм} = \Delta W_{10} + \Delta W_{0,38} + \Delta W_o = 4719 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$;
- постійні – $\Delta W_{пост} = \Delta W_c = 4380 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$;
- сумарні – $\Delta W = \Delta W_{пост} + \Delta W_{зм} = 9099 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

2.5 Вибір трансформаторної підстанції 10/0,4кВ

Для забезпечення живлення проектованої мережі напругою 0,38 кВ заплановано використання комплектної трансформаторної підстанції КТП-160-10/0,4 кВ. Підстанція створена у вигляді блоку, що включає основні вузли: розподільчий пристрій 10 кВ, розподільчий пристрій 0,38 кВ та силовий трансформатор потужністю 160 кВА. Розподільчий пристрій 10 кВ оснащений трифазним роз'єднувачем із заземлюючими ножами, який монтується на найближчій опорі ліній 10 кВ. Також передбачено встановлення вентильних розрядників для захисту обладнання від атмосферних і комутаційних перенапруг з боку високої напруги. Для захисту трансформатора від багатofазних коротких замикань на вводах напругою 10 кВ передбачені запобіжники. Розподільчий пристрій 0,38 кВ розташований у нижній шафі. На виводах 0,4 кВ трансформатора встановлено рубильник, який обладнано вентильними розрядниками з боку ліній 0,38 кВ для захисту від перенапруг. Після рубильника підключено трифазний комплект трансформаторів струму, який призначений для живлення кола обліку активної енергії. Крім того, присутній двофазний (у фазах А і С) комплект трансформаторів струму, до якого підключено теплове реле для захисту трансформатора від перевантажень. Керування, захист та комутація двох ліній 0,38 кВ здійснюються автоматичними вимикачами типу ВА, які забезпечують захист від коротких замикань. Виводи, що забезпечують живлення ліній вуличного освітлення, додатково захищені запобіжниками. Роботу лінії вуличного освітлення можна здійснювати у ручному режимі або автоматично за допомогою сигналу від фотодатчика.

2.6 Розрахунок аварійних режимів

Розрахункова схема для визначення струмів короткого замикання подана на рис. 2.3.

Трансформаторна підстанція напругою 10/0,4 кВ отримує живлення від районної трансформаторної підстанції, характеристики якої є наступними: $SK3 = 350 \text{ МВА}$, $P = 5000 \text{ кВт}$, $U_{ВН} = 35 \text{ кВ}$.

Для обчислення струмів короткого замикання на стороні 10 кВ у випадку замикання в точках Ка та Кб параметри опор будуть перераховані до напруги 10 кВ:

- значення еквівалентного опору системи 35 кВ:

$$x_s = \frac{U_{ном}^2}{S_{кз}} = \frac{10^2}{350} = 0,29 \text{ Ом.}$$

- величина реактивного опору трансформатора 35/10 кВ:

$$x_{m1} = \frac{U_{кз} \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{m1}} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 5} = 0,9 \text{ Ом.}$$

- значення опорів лінії 10 кВ:

$$x_{л10} = 0,57 \text{ Ом,}$$

$$r_{л10} = 1,7 \text{ Ом.}$$

- значення опорів трансформатора 10/0,4 кВ:

$$x_m = 25 \text{ Ом,}$$

$$r_m = 11 \text{ Ом.}$$

Значення сумарного опору і струму трифазного і двофазного короткого замикання на початку лінії 10 кВ (точка К_о):

$$Z_{\Sigma o} = x_s + x_{m1} = 0,29 + 0,9 = 1,19 \text{ Ом,}$$

$$I_{ко}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma o}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,19} = 4852 \text{ А,}$$

$$I_{ко}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{ко}^{(3)} = 0,87 \cdot 4852 = 4221 \text{ А.}$$

Величина сумарного опору і струму на стороні обмотки високої напруги трансформатора 10/0,4 кВ за трифазного і двофазного короткого замикання у точці К_а:

$$Z_{\Sigma a} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10})^2 + r_{л10}^2} = 2,4 \text{ Ом},$$

$$I_{\kappa a}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma a}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 2,4} = 2406 \text{ А},$$

$$I_{\kappa a}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa a}^{(3)} = 0,87 \cdot 2406 = 2093 \text{ А}.$$

у точці Кб:

$$Z_{\Sigma б} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10} + x_m)^2 + (r_{л10} + r_m)^2} = 30,2 \text{ Ом},$$

$$I_{\kappa б}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma б}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 30,2} = 191,2 \text{ А},$$

$$I_{\kappa б}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa б}^{(3)} = 0,87 \cdot 191,2 = 166,3 \text{ А}.$$

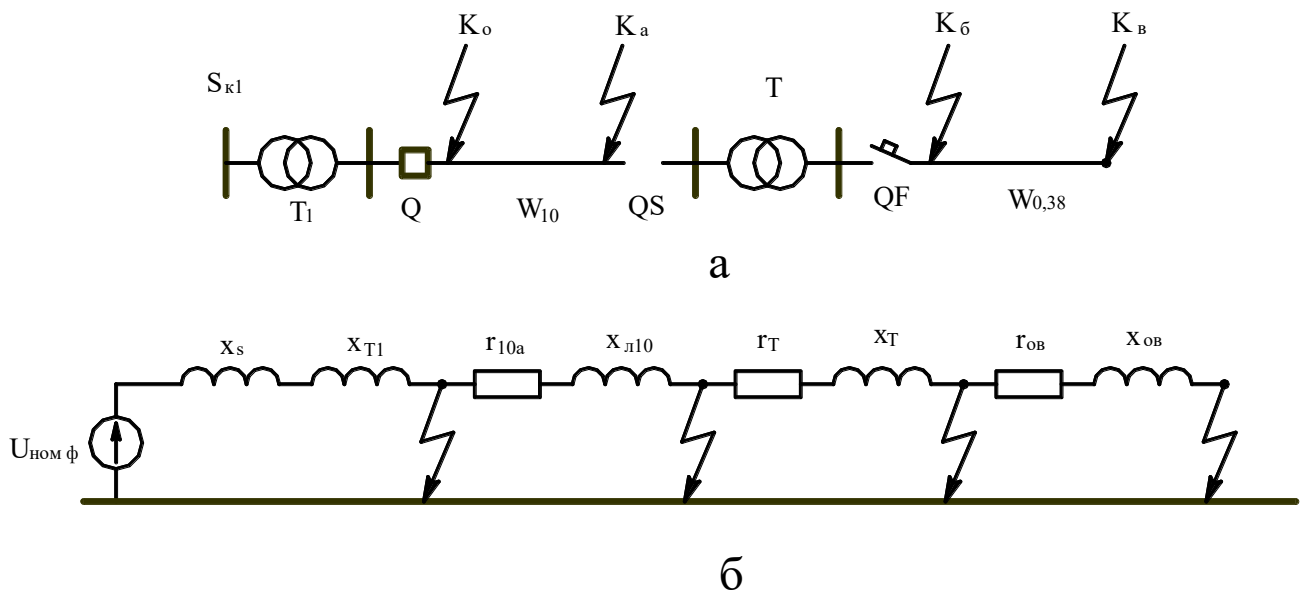


Рисунок 2.3 – Принципова (а) та заступна (б) схеми для розрахунку струмів короткого замикання

Відповідно значення струмів зі сторони виводів 0,4 кВ трансформатора 10/0,4 кВ при короткому замиканні у точці б:

$$I_{\kappa бн}^{(3)} = \frac{U_{B.ном}}{U_{H.ном}} \cdot I_{\kappa б}^{(3)} = \frac{10}{0,4} \cdot 191,2 = 4780 \text{ А},$$

$$I_{\kappa бн}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa бн}^{(3)} = 0,87 \cdot 4780 = 4159 \text{ А}.$$

Порахуємо значення струмів короткого замикання у найбільш електрично віддалених вузлах (вузли 1,4), для них визначаємо значення сумарних опорів короткого замикання:

$$Z_{\Sigma 6} = Z_{\Sigma 6} \cdot \left(\frac{U_{H.ном}}{U_{B.ном}} \right)^2 + Z_{об}, \text{ Ом}, \quad (2.21)$$

$$Z_{0-1} = \sqrt{(r_{л.0,38})^2 + (x_{л.0,38})^2} = 0,32 \text{ Ом}.$$

$$Z_{0-4} = 0,08 \text{ Ом}.$$

$$Z_{\Sigma 1} = 30,2 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 + 0,32 = 0,37 \text{ Ом}.$$

$$Z_{\Sigma 4} = 0,13 \text{ Ом}.$$

Значення струмів короткого замикання у цих вузлах:

$$I_{\kappa 1H}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{1000 \cdot 0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,37} = 593 \text{ А}.$$

$$I_{\kappa 1H}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 1H}^{(3)} = 0,87 \cdot 593 = 516 \text{ А}.$$

$$I_{\kappa 4H}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 4}} = \frac{1000 \cdot 0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,13} = 1688 \text{ А}.$$

$$I_{\kappa 4H}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 4H}^{(3)} = 0,87 \cdot 1688 = 1468 \text{ А}.$$

Розраховуємо струми однофазних коротких замикань:

$$I_{\kappa вн}^{(1)} = \frac{U}{\sqrt{3} \left(\frac{Z_{То}}{3} + Z_{ПВ} \right)}, \text{ А} \quad (2.22)$$

де:

$Z_{То} = 1,63 \text{ Ом}$ – величина опору нульової послідовності трансформатора за замикання фази на корпус;

$Z_{ПВ}$ – опір петлі “фаза-нуль” для відповідного вузла короткого замикання (1,4):

$$Z_{ПВ} = \frac{Z_{об}}{3} (2 + 3,5), \text{ Ом} \quad (2.23)$$

$$Z_{\Pi 1} = \frac{0,32}{3}(2 + 3,5) = 0,59 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Pi 4} = \frac{0,08}{3}(2 + 3,5) = 0,15 \text{ Ом}.$$

Визначаємо значення струмів однофазних замикань на землю:

$$I^{(1)}_{K1n} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,59 \right)} = 194 \text{ А}.$$

$$I^{(1)}_{K4n} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,15 \right)} = 316 \text{ А}.$$

2.7 Вибір і розрахунки захисту від аварійних режимів

Захист трансформаторів 10/0,4 кВ потужністю до 630 кВА здійснюється за допомогою плавких запобіжників, встановлених на стороні напруги 10 кВ.

Вибір запобіжника для захисту трансформатора базується на наступних критеріях: - Номінальна напруга мережі повинна відповідати $U_{\text{зап}} = U_{\text{ном}}$. - Номінальний струм вимкнення має бути не меншим за максимальний струм короткого замикання у точці встановлення запобіжника: $I_{\text{н.вимк}} \geq I_{\text{кз.мах}}$. - Номінальний струм плавкої вставки повинен співвідноситися з номінальним струмом трансформатора: $I_{\text{вст}} \approx 2 I_{\text{Т.ном}}$. Для трансформаторів 10/0,4 кВ з потужністю 160 кВА рекомендується використовувати запобіжники зі струмом плавкої вставки $I_{\text{вст}} = 20 \text{ А}$.

Відповідно до зазначених вимог, для захисту трансформатора в цій електричній мережі було обрано плавкий запобіжник ПКТ-10-20-31,5УЗ, що характеризується такими параметрами:

Таблиця 2.10 - Параметри запобіжника

Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Номінальний струм вимкнення, Ка
10	20	31,5

Оскільки, мінімальне значення струму к. з. у точці (а) становить 2093 А, то вибраний запобіжник відповідає критеріям вибору.

Релейний захист електричної мережі 0,38 кВ

Захист електричної мережі напругою 0,38 кВ для вибраної схеми комплектної трансформаторної підстанції (КТП), де в нульових проводах фідерів встановлені струмові реле, котрі при спрацюванні впливають на обмотку незалежного розчеплювача, здійснюється за допомогою автоматичних вимикачів типу АЗ710Б.

Вибір таких вимикачів проводиться відповідно до наступних критеріїв: - Номінальна напруга автоматичного вимикача повинна дорівнювати напрузі електричної мережі: $U_{авт} = U_{ном}$.

- Номінальний струм вимикача має перевищувати струм навантаження:
 $I_{р.в.} \geq I_{нав}$.

- Струм спрацювання напівпровідникового розчеплювача повинен бути більшим за максимальний робочий струм магістралі: $I_{сн.} \geq 1,4 \cdot I_{мр}$.

- Струм спрацювання незалежного розчеплювача повинен бути більшим за струм однофазного короткого замикання в кінцевій точці магістралі: $I_{с.рн.} \geq 1,25 \cdot 0,3 \cdot I_{мр}$.

- Коефіцієнт чутливості напівпровідникового розчеплювача має відповідати співвідношенню: $k_{ч} = I(2)_{кз} / I_{сн.} \geq 1,1$.

Перевірка дії автоматичних вимикачів при перевантаженнях у даній мережі, згідно з вимогами ПУЕ, не проводиться.

$$U_{авт}=660 \text{ В} > U_{ном}=380 \text{ В}.$$

Вибераємо значення номінальних струмів напівпровідникових розчеплювачів (вони є номінальними струмами автоматичних вимикачів) для фідерів:

$$A \Rightarrow I_{нав \text{ А}}=70 \text{ А}$$

$$I_{рв \text{ А}}=80 \text{ А}.$$

$$Б \Rightarrow I_{нав \text{ Б}}=154 \text{ А}$$

$$I_{рв \text{ Б}}=200 \text{ А}.$$

Значення струмів спрацювання напівпровідникових розчеплювачів для усіх фідерів:

$$A \Rightarrow I_{сн \text{ А}}=160 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{мр \text{ А}}=98 \text{ А}.$$

$$Б \Rightarrow I_{сн \text{ Б}}=400 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{мр \text{ Б}}=216 \text{ А}.$$

Величина коефіцієнтів чутливості напівпровідникових розчеплювачів для фідерів:

$$A \Rightarrow k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к1н}}^{(2)}}{I_{\text{снА}}} = \frac{516}{160} = 3,2.$$

$$Б \Rightarrow k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к5н}}^{(2)}}{I_{\text{снБ}}} = \frac{1468}{400} = 3,7.$$

Значення розрахункових струмів спрацювання реле незалежного розчеплювача при однофазному к. з.:

$$A \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 1,25 \cdot 0,3 \cdot I_{\text{мр}} = 27 \text{ А.}$$

$$Б \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 1,25 \cdot 0,3 \cdot I_{\text{мр}} = 58 \text{ А.}$$

Приймаємо:

$$A \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 40 \text{ А} < \frac{I_{\text{к1н}}^{(1)}}{2} = \frac{194}{2} = 97 \text{ А.}$$

$$Б \Rightarrow I_{\text{с.рн}} = 80 \text{ А} < \frac{I_{\text{к1н}}^{(4)}}{2} = \frac{316}{2} = 158 \text{ А.}$$

Величина струму спрацювання електромагнітного розчіплювача – $I_{\text{сн}} = 1600 \text{ А}$. При трифазному к. з. на початку ліній 14 спрацьовують електромагнітні розчіплювачі автоматичних вимикачів, швидко вимикаючи відповідний фідер.

Релейний захист електричної мережі 10 кВ

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), на повітряних лініях 10 кВ із одностороннім живленням передбачається встановлення двоступінчастого струмового захисту.

Перший ступінь виконується у вигляді струмової відсічки, а другий – як максимальний струмовий захист із залежною або незалежною витримкою часу.

Двоступінчастий струмовий захист реалізовано за схемою, наведеною на рисунку 2.4. Для лінії 10 кВ, що живиться з підстанції 35/10 кВ і постачає ТП 10/0,4 кВ, вибираємо трансформатори струму типу ТПЛК-10 для фаз А та С. Їх коефіцієнт трансформації становить 10/5 ($I_{\text{ІТС}} = 20 \text{ А} > I_{\text{Т.НОМ}} = 9,2 \text{ А}$).

Значення струму спрацювання відсічки вибирають за умовою:

$$I_{\text{с.р.в.}} = k_{\text{Н}} \cdot I_{\text{к.зовн}} = 1,2 \cdot 191,2 = 229 \text{ А.}$$

де ,

$I_{к.зовн}$ - значення максимального зовнішнього струму к. з., який визначають як струм у місці ввімкнення захисту при к. з. на стороні низької напруги трансформатора 10/0,4 кВ;

k_H – коефіцієнт надійності, $k_H=1,2$ для реле РТ-40.

Величину струму спрацювання реле визначаємо:

$$I_{с.р.в.} = \frac{I_{с.з.в.}}{n_{mc}} = \frac{229}{10/5} = 114,5 \text{ А.}$$

За струмом двофазного к. з. в кінці лінії перевіряємо чутливість спрацювання відсічки:

$$k_{ч.в.} = \frac{I^{(2)}_{к. \min}}{I_{с.з.в.}} = \frac{2093}{229} = 9,1 > 1,5.$$

згідно з ПУЕ, у цьому випадку, відсічку можна застосовувати як основний захист лінії.

Другим ступенем захисту лінії 10 кВ розрахованої електромережі приймаємо максимальний струмовий захист виконаний на основі реле непрямої дії РТ-40 і реле часу РВ-122.

Величина струму спрацювання захисту:

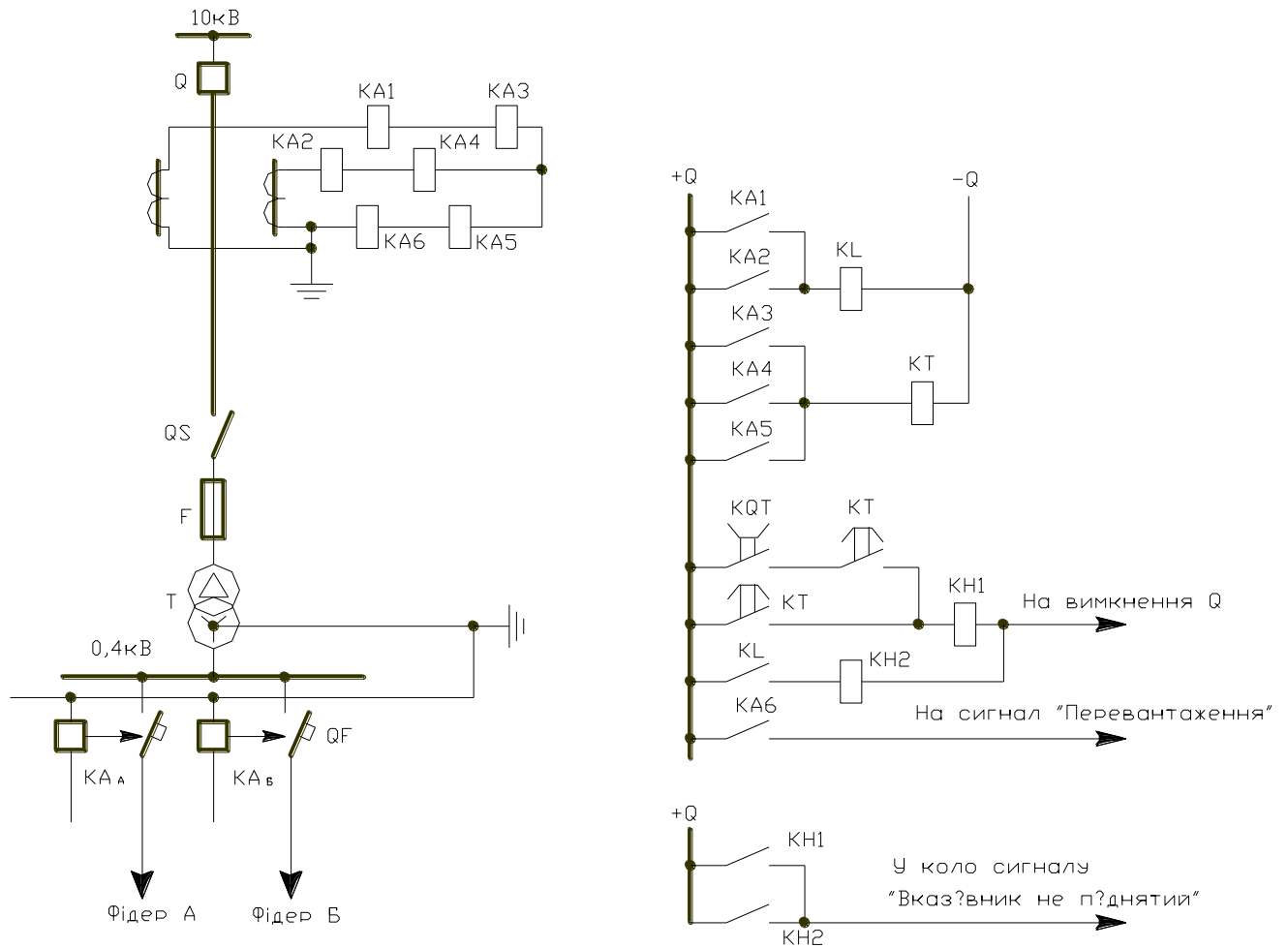
$$I_{с.з.} = \frac{k_H \cdot k_3}{k_H} \cdot I_{\max.p} = \frac{1,2 \cdot 1}{0,8} \cdot 9,0 = 13,5 \text{ А.}$$

де:

k_H - коефіцієнт повернення;

$I_{\max.p}$ – значення максимального робочого струму лінії.

$$I_{\max.p} = \frac{S_{\Sigma вч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{155,6}{\sqrt{3} \cdot 10} = 9,0 \text{ А.}$$



ТС	Трансформатори струму ТПЛК-10
КQT	Контакт реле положення “вимкнено” вимикача Q
КА1-КА6	Реле струму типу РТ-40
КН1, КН2	Вказівне реле типу РУ-1
KL	Проміжне реле типу РН-23 чи РН-251
КТ	Реле часу типу РВ-122
КАА, КАБ	Реле струму в нейтралах ліній 0,38 кВ

Рисунок 2.4 – Принципова схема релейного захисту електричної мережі

Визначаємо струм спрацювання реле за умови:

$$I_{c.p} = \frac{I_{c.з.}}{n_{mc}} = \frac{13,5}{10/5} = 7,8 \text{ А.}$$

Розглянемо чутливість максимального струмового захисту, який виконує функцію резервного захисту для трансформатора, виходячи з умов к. з. на стороні нижчої напруги трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.б.}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{166,3}{13,5} = 12,3 > 1,2.$$

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОСТОВОГО КРАНА

На підприємстві мостовий кран використовується для підйому та транспортування різноманітних вантажів. Основними компонентами цього механічного обладнання є: механізм переміщення крана, механізм переміщення візка по фермі та механізм підйому, розташований на візку. Кожен із цих механізмів має окремий привід. Режим роботи механізму переміщення характеризується повторно-короткочасною дією. Кран прискорюється і зупиняється з постійним прискоренням, величину якого обмежують технологічні фактори, необхідність уникнення пробуксовки коліс і допустиме перевантаження двигуна.

3.1 Розрахунок і побудова спрощеної тахограми руху

Вихідні дані для розрахунку:

Шлях переміщення, м	$S = 40$
Маса механізму, кг	$m_m = 7000$
Швидкість переміщення, м/с	$V = 2$
Маса вантажу, кг	$m_g = 5000$
Діаметр ходових коліс, м	$D = 0,5$
Граничне прискорення, м/с ²	$a = 0,25$
Діаметр цапфи, м	$d = 0,15$
Тривалість ввімкнення, %	$TB = 25$
К.к.д. механізму	$\eta = 0,8$

Визначаємо час протягом якого здійснюється розгін і гальмування

$$tp = \frac{V}{a}, \quad (3.1)$$

$$tp = \frac{2}{0,25} = 8 \text{ c},$$

$$tz = tp = 8 \text{ c}.$$

Визначаємо відстань яку кран долає при розгоні та гальмуванні

$$Sp = \frac{a \cdot tp^2}{2}, \quad (3.2)$$

$$Sp = \frac{0,25 \cdot 8^2}{2} = 8 \text{ м},$$

$$Sz = Sp = 8 \text{ м}.$$

Відстань руху мостового крана із усталеною швидкістю

$$Syc = S - Sp - Sz, \quad (3.3)$$

$$Syc = 40 - 8 - 8 = 24 \text{ м}.$$

Час руху із усталеною швидкістю

$$tyc = \frac{Syc}{V}, \quad (3.4)$$

$$tyc = \frac{24}{2} = 12 \text{ c}.$$

Загальний час руху

$$t_{\text{загал}} = tp + tyc + ts, \quad (3.5)$$

$$t_{\text{загал}} = 8 + 12 + 8 = 28 \text{ c}.$$

Після проведеного розрахунку будуємо тахограму руху.

3.2 Розрахунок та вибір двигуна

Величина прискорення вільного падіння

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

Визначаємо вагу навантаженого крана

$$Q = (m_m + m_g) \cdot g, \quad (3.6)$$

$$Q = (7000 + 5000) \cdot 9,81 = 11770 \text{ Н}.$$

Значення коефіцієнта ухилу

$$\alpha = 0,002.$$

Зусилля нахилу визначаємо за формулою

$$F_{yx} = \alpha \cdot Q, \quad (3.7)$$

$$F_{yx} = 0,002 \cdot 11770 = 235,44 \text{ Н}.$$

Величина коефіцієнта тертя в підшипниках

$$\mu = 0,04.$$

Величина коефіцієнта тертя кочення

$$f = 0,001.$$

Величину зусилля, що виникає через тертя

$$Fm = Q \cdot \left(f \cdot \frac{\mu \cdot d}{D} \right) \quad (3.8)$$

$$Fm = 11770 \cdot \left(0,001 \cdot \frac{0,04 \cdot 0,15}{0,5} \right) = 1530 \text{ Н}.$$

Значення коефіцієнта, що враховує тертя в ребордах коліс

$$kp = 1,4.$$

Значення сили статичного опору рухові мостового крана

$$Fc = kp \cdot Fm + F_{yx}, \quad (3.9)$$

$$Fc = 1,4 \cdot 1530 + 235,44 = 2378 \text{ Н}.$$

Значення потужності статичного навантаження визначається за формулою

$$Pc = \frac{Fc \cdot V}{\eta}, \quad (3.10)$$

$$Pc = \frac{2378 \cdot 2}{0,8} = 5945 \text{ Вт}.$$

Розрахункову потужність двигуна визначаємо за формулою

$$Pp = \frac{Pc}{1,75} + \frac{0,66 \cdot (m_m + m_o) \cdot a \cdot V}{\eta}, \quad (3.11)$$

$$Pp = \frac{5945}{1,75} + \frac{0,66 \cdot (7000 + 5000) \cdot 0,25 \cdot 2}{0,8} = 8347 \text{ Вт}.$$

Із довідника вибираємо асинхронний двигун з ТВ=25% МТ-41-8

Номінальна потужність, Вт

$$P_n = 11000,$$

швидкість, об/хв.	$n_n = 715,$
напруга, В	$U_n = 380,$
струм статора, А	$I_{cn} = 30,8,$
$\cos \varphi$	$\cos \varphi = 0,67,$
λ_m	$\lambda_m = 2,9,$
ККД, %	$\eta_\partial = 0,85,$
ЕРС ротора, В	$E_{pn} = 155,$
Момент інерції, $кг \cdot м^2$	$J_\partial = 0,465,$
Струм ротора, А	$I_{pn} = 46,7.$

Величина номінальної кутової частоти обертання двигуна

$$W_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30}, \quad (3.12)$$

$$W_n = \frac{3,14 \cdot 715}{30} = 74,875 \text{ рад/с}.$$

Величина усталеної частоти обертання барабана визначаємо за формулою

$$W_\partial = \frac{2 \cdot V}{D}, \quad (3.13)$$

$$W_\partial = \frac{2 \cdot 2}{0,5} = 8 \text{ рад/с},$$

Визначаємо передавальне число редуктора

$$i = \frac{W_n}{W_\partial}, \quad (3.14)$$

$$i = \frac{74,875}{8} = 9,359.$$

3.3 Розрахунок навантажувальної діаграми

Визначаємо масу крана із вантажем

$$m = m_m + m_\partial, \quad (3.15)$$

$$m = 7000 + 5000 = 12000 \text{ кг}.$$

Величина сумарного приведенного до вала двигун моменту інерції визначаємо за формулою

$$J = J_o + m \cdot \left(\frac{V}{\omega m} \right)^2, \quad (3.16)$$

$$J = 0,465 + 12000 \cdot \left(\frac{2}{74,875} \right)^2 = 9,027 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Величина кутового прискорення

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a \cdot i}{D}, \quad (3.17)$$

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 9,359}{0,5} = 9,359 \text{ рад/с}^2.$$

Значення динамічного моменту на валу електродвигуна

$$M_{o1} = J \cdot \varepsilon \quad (3.18)$$

$$M_{o1} = 9,027 \cdot 9,359 = 84,486 \text{ Нм},$$

$$M_{o2} = 0 \text{ Нм},$$

$$M_{o3} = -M_{o1} \text{ Нм}.$$

$$M_{o3} = -84,486 \text{ Нм}.$$

Значення статичного моменту на валу електродвигуна

$$M_c = \frac{F_c \cdot V}{\omega n \cdot \eta \cdot \eta_d}, \quad (3.19)$$

$$M_c = \frac{2378 \cdot 2}{74,875 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 93,409 \text{ Нм}.$$

Величина сумарного моменту навантаження на кожній ділянці тахограми руху

$$M_1 = M_c + M_{o1}, \quad (3.12)$$

$$M_1 = 93,409 + 84,486 = 177,895 \text{ Нм},$$

$$M_2 = M_c + M_{o2},$$

$$M_2 = 93,409 + 0 = 93,409 \text{ Нм},$$

$$M_3 = M_c + M_{o3},$$

$$M_3 = 93,409 + (-84,486) = 8,923 \text{ Нм}.$$

За результатами розрахунку будемо навантажувальну діаграму рис.3.1.

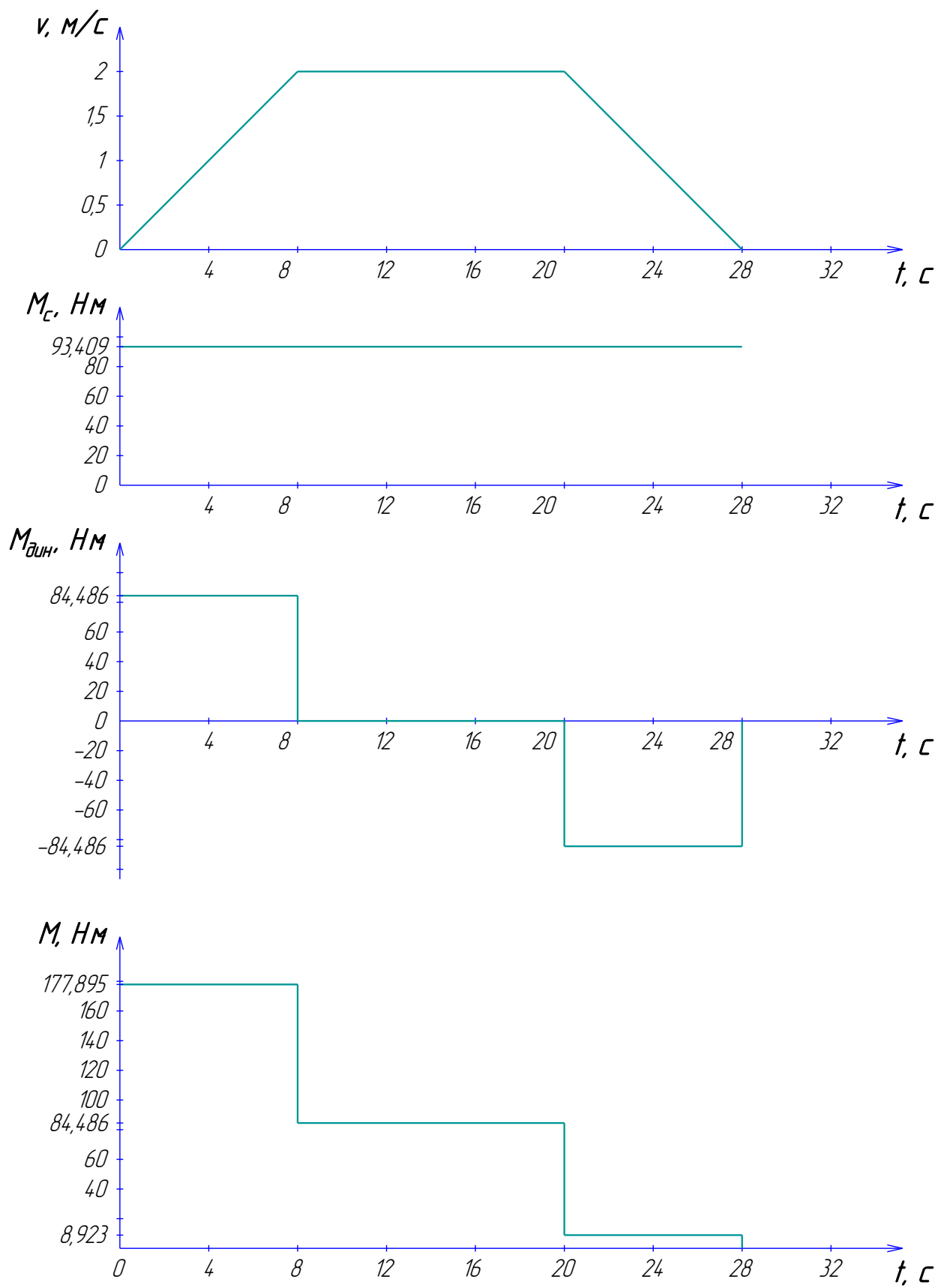


Рисунок 3.1 – Тахограма руху та діаграма навантаження двигуна

3.4 Перевірка двигуна

Величину еквівалентного моменту визначаємо за формулою

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_p + M_2^2 \cdot t_{yc} + M_3^2 \cdot t_e}{t_{заг}}}, \quad (3.13)$$

$$M_e = \sqrt{\frac{177,895^2 \cdot 8 + 93,409^2 \cdot 12 + 8,923^2 \cdot 8}{28}} = 113,155 \text{ Нм}.$$

Визначаємо величину номінального моменту

$$M_n = \frac{P_n}{\omega n}, \quad (3.15)$$

$$M_n = \frac{11000}{74,875} = 146,912 \text{ Нм}.$$

Визначаємо величину еквівалентного моменту

$$M_e \leq M_n,$$

$$113,155 \leq 146,912.$$

Визначаємо величину критичного моменту

$$M_k = \lambda m \cdot M_n,$$

$$M_k = 2,9 \cdot 146,912 = 426,046 \text{ Нм}.$$

Максимальний момент діаграми навантаження має бути меншим з критичний момент, який розвиває електродвигун

$$M_1 \leq M_k,$$

$$177,895 \leq 426,046 \text{ Нм}.$$

3.5 Схема керування електроприводом механізму переміщення

Електропривод може рухати механізм у двох напрямках, тому застосовується реверсивна схема керування, а для зупинки використовуються механічні гальма.

Ми пропонуємо встановити пристрій плавного пуску Altistart U01 для двигуна переміщення, як показано на рисунку 3.2. Часті прямі запуски при русі вперед і назад призводять до швидкої зношеності двигуна і збільшення споживання електроенергії. Пристрій Altistart U01 дозволяє обмежити пусковий момент або забезпечити плавний запуск і зупинку асинхронних двигунів, взаємодіючи з інтелектуальним автоматичним реверсивним пускачем TeSys моделі U. Використання Altistart U01 покращує характеристики запуску асинхронних двигунів, забезпечуючи контрольований безударний плавний пуск. Це допомагає уникнути механічних ударів, що спричиняють передчасне зношення, зменшити витрати на ремонт і скоротити простої обладнання. Altistart U01 обмежує момент та струмові кидки під час запуску механізмів, які не потребують великих пускових моментів.

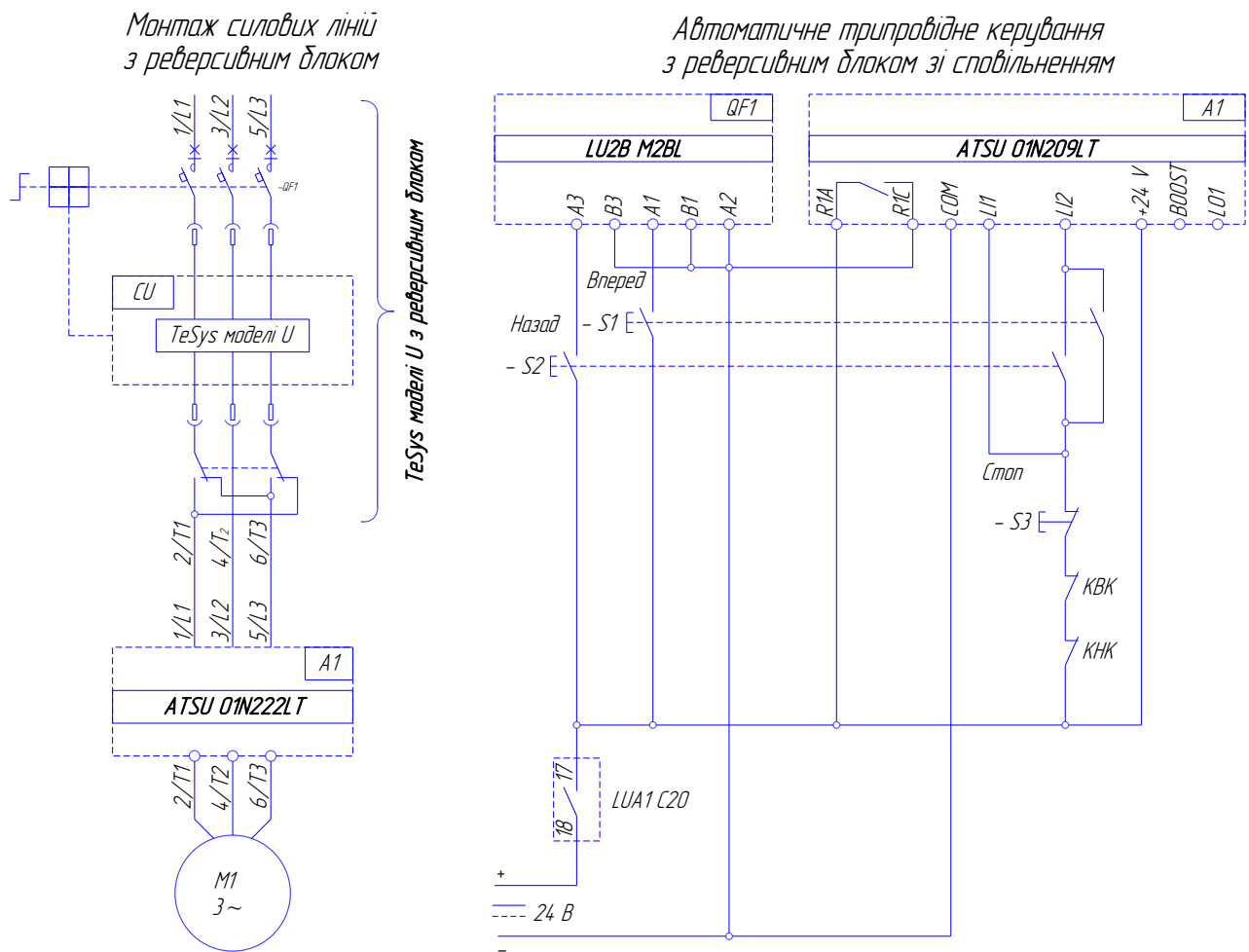


Рисунок 3.2 – Схема електроприводу переміщення мостового крана із пристроєм плавного пуску

Модель Altistart U01 (ATSU01N222LT для двигуна потужністю 11 кВт) забезпечує керування двома фазами живлення двигуна для обмеження пускового струму і плавного гальмування. Він розрахований на двигуни потужністю від 0,75 до 15 кВт.

РОЗДІЛ 4

ОХОРАНА ПРАЦІ

4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу електрозабезпечення об'єкта

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 небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобіг. небезпеч. ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Проведення ТО електрообладнання в цеху	Не вимкнено живлення на ел.обладнанні	Нехтування правилами ТБ	Ураження струмом	Травма	Проведення додаткових інструктажів з ТБ
НД ↓ НУ → НС → Т					
Робота з електроприводом	Пасова передача від ел.двигуна до виробничого механізму немає огороження	Можливий випадковий контакт працюючого з відкритим приводом	Захват одягу (рук) працюючого	Травма	Огородити відповідним щитком ел.привід
НУ НД ↘ ↗ → НС → Т					

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 в майстерні

Загальні положення

1. Дана інструкція розповсюджується на працівників, що обслуговують майстерню. 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. Одяга працівника не повинна мати вільно звисаючих кінців, а головний убір повинен виключати можливість звисання кіс.

4. Установка повинна бути обов'язково заземлена та занулена.
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 пожежогасіння, 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 глухозаземленою 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

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

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 випливають 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.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Проведемо порівняльний економічний розрахунок двох систем: існуючої, та запропонованої системи яка передбачає пристрій плавного пуску.

Додаткові затрати на запропоновану систему – це вартість пристрою плавного пуску. Такий пристрій на сьогоднішній день для двигуна потужністю 11 кВт коштує 32 500 грн.

Величину втрат потужності визначаємо для базового та проектного електроприводу за формулою:

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

де η – значення ККД системи електропривода.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) системи в цілому визначається як добуток ККД окремих компонентів системи. Для основного варіанту:

$$\eta_{\sigma} = \eta_m \eta_d \eta_{CK1}, \quad (5.2)$$

де η_m , η_d , η_{CK1} – коефіцієнти корисної дії відповідно механізму, асинхронного електродвигуна та базової системи керування.

Коефіцієнт корисної дії проектного електроприводу:

$$\eta_{\sigma} = \eta_m \eta_d \eta_{CK2}, \quad (5.3)$$

де η_m , η_d , η_{CK2} – коефіцієнти корисної дії відповідно механізму, асинхронного електродвигуна та проектного системи керування.

Коефіцієнт корисної дії проектного системи підвищується завдяки постійному регулюванню струму та напруги, що дозволяє мінімізувати споживання струму. Це забезпечує зростання ефективності системи від 7 до 43% залежно від навантаження. Вищі показники ефективності спостерігаються при меншій інтенсивності навантаження, а нижчі – при більшій.

ККД для базової і проектного систем електроприводу становить:

$$\eta_{\sigma} = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 0,544;$$

$$\eta_{np} = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,612.$$

Величина потужності базового варіанту і проектного $P=11 \text{ кВт}$.

Отже величина втрат потужності для двох варіантів:

$$P'_\delta = 11 \cdot ((1 - 0,544) / 0,544) = 9,221 \text{ кВт},$$

$$P'_{np} = 11 \cdot ((1 - 0,612) / 0,612) = 6,974 \text{ кВт}.$$

Значення величини втрат енергії, кВт*год:

$$\Delta P = P' \cdot K_3 \cdot F_\delta, \quad (5.4)$$

де K_3 – значення коефіцієнта завантаження по потужності становить 0,8;

F_δ – величина дійсного річного фонду часу роботи електроприводу, при двозмінній роботі становить 2000 год.

Визначаємо втрату електроенергії у базовій і проектній схемі електроприводу:

$$\Delta P_\delta = 9,221 \cdot 0,8 \cdot 2000 = 14\,750 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta P_{np} = 6,974 \cdot 0,8 \cdot 2000 = 11\,160 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Значення величини вартості втрат електроенергії:

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

де v – тариф оплати за електроенергію, 4,32 грн. за кВт.

Вартість втрат електроенергії

$$B_{втр \delta} = 14\,750 \cdot 4,32 = 63\,720 \text{ грн};$$

$$B_{втр np} = 11\,160 \cdot 4,32 = 27\,903 \text{ грн}.$$

Величина терміну окупності вкладених коштів при врахуванні лише економії електроенергії від підвищення коефіцієнта корисної дії системи електроприводу

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

де $K_{eП}$ – значення капітальних вкладень проектного електроприводу;

$B_{втрБ}$ та $B_{втрП}$ – значення величини вартості втрати електроенергії базового та проектного електроприводу.

$$T = \frac{32\,500}{63\,720 - 27\,903} = 0,9 \text{ року}.$$

На основі проведених розрахунків і порівняльного аналізу можна зробити обґрунтований вибір на користь запропонованої системи електроприводу з

пристроєм плавного пуску. Це рішення пояснюється тим, що як економічні показники, так і технічні характеристики цієї системи перевершують базовий варіант. При цьому в економічних розрахунках не враховано можливе скорочення витрат на експлуатацію та ремонт двигуна, адже при прямих пусках двигун зазвичай швидше виходить з ладу.

Таблиця 5.1 – Економічні показники

Показник	Величина	
	Базовий електропривод	Проектований електропривод
Капітальні вкладення, грн		<i>32 500</i>
ККД, %	<i>54,4</i>	<i>61,2</i>
Втрати електроенергії, кВт год	<i>14 750</i>	<i>11 160</i>
Вартість втрат електроенергії, грн	<i>63 720</i>	<i>27 903</i>
Термін окупності, років		<i>0,9</i>

ВИСНОВКИ

1 У кваліфікаційній роботі подано коротку характеристику підприємства та здійснено обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.

2 Проведено розрахунок системи електропостачання підприємства, за результатами розрахунку вибрано трансформатор живлення, лінії живлення високої і низької сторони, проаналізовано аварійні режими та запропоновано схему захисту.

3 У конструктивній частині розраховано тахограму руху та діаграму навантаження механізму переміщення мостового крана. За цими результатами вибрано двигун та проведено його перевірку. Запропонували використати пристрій плавного пуску у схемі керування трифазним асинхронним двигуном.

4 В роботі висвітли питання охорони праці та захисту населення.

5 Провівши порівняльний економічний розрахунок визначено термін окупності, який становить 0,9 року. Виходячи з вище сказаного бачимо що дане удосконалення є ефективним та доцільним.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Левонюк В. Р. Методичні рекомендації для виконання курсової роботи з дисципліни «Основи електропостачання» на тему: «Розрахунок електропостачання населеного пункту». Львів. 2023. 43 с.
2. Голота А. Д. Автоматика в електроенергетичних системах. Київ. Вища школа. 2006. 366 с.
3. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23-2003. Державний комітет України з будівництва та архітектури. Київ. 2004.
4. В. Шевчук, М. Пилипчук, Н. Карпенко, та ін. Довідник з питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності. Видавництво «Геопринт». Київ. 2000. 412 с.
5. Правила улаштування будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. ДНАОП 0.00-1.32-01. Київ 2001.
6. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен Дніпропетровськ. Національний гірничий університет. 2002. 597 с.
7. Шелепетень Т.М. Захисна автоматика електричних мереж. Львів. Вид-во «Дичандр», 2002. 157 с.
8. Основи електроенергетики та електропостачання. А.А. Маліновський, Б.К. Хохулін. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007. 380 с.
9. «Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах». Київ 2006. 190 с.
10. «Правила технічної експлуатації магістральних і внутрішньо зонових мереж». Міністерство палива та енергетики. Київ 2007. 230 с.
11. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.

12. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.
13. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003 р. 135 с.
14. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електропостачання. Львів. Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2005. 324 с.
15. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання. Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2009 р. 436 с.
16. Малинівський С. М. Загальна електротехніка. Львів. НУ «Львівська політехніка», 2001 р. 596 с.
17. Мірошник О. В., Трунова І. М. Організація технічної експлуатації енергетичного устаткування підприємств АПК. Харків. ПП ЧЕРВЯК. 2005 р. 128 с.
18. Паначевський Б. І. Загальна електротехніка. Київ. Каравела. 2004 р. 440 с.
19. Правила улаштування електроустановок. Харків. Форт. 2009 р. 736 с.
20. Сегеда М.І Теоретичні основи електротехніки. Навч. посіб. Тернопіль. ТДУ. 2003. 350 с.
21. Тимочко В., Городецький І., Мазур І. та ін. Оцінка професійного ризику працівників під час обслуговування та ремонту електричного обладнання. *Вісник Львівського НУП. Серія Агроінж. дослідж.* Львів, 2024. № 28. С. 227–235. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.127>.
22. Тимочко В.О., Городецький І. М., Березовецький А. П. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці: *навч. посібн.* Львів: Сполом, 2022. 376 с.
23. Титаренко М. В. Електротехніка: навч. посіб. для студентів інженерно-технічних (не електротехнічних) спеціальностей вузів. Київ: Кондор, 2015 р. 240 с.